



วารสารโรงเรียนนายเรือ

ห้องสมุด รร.นร.

บทความ

- ✦ บรรณาธิการแถลง..... พล.ร.ต.ศ. วสันต์ แจ้ยยอดสุข
- ✦ การเกยตื้นของเรือเนื่องจากการเกิดสควอท (SQUAT)..... น.ต. วัฒนา น้อยทอง
- ✦ โฉมใหม่ของสงครามยุคดิจิทัล..... ร.อ. นฤพล วีระจิตต์
- ✦ การเปรียบเทียบค่า BOD ในน้ำทิ้งจากอาคารโดยการใช้ถังกรองไร้อากาศกับ
ถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ..... น.อ. สบสุข ลีละบุตร
- ✦ Fuel Cells ขุมพลังแห่งอนาคต..... น.ต. ธนพงษ์ สุริยะ
- ✦ Benchmarking อีกหนึ่งเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพการอุดมศึกษา....น.อ.ผศ.ดร. กิตติ กิตติศัพท์
- ✦ Lo : ที่.....ไฟฟ้า..... น.ท.ผศ. วันทวิ ปาลโมกษ์
- ✦ รายงานผลการวิจัย การประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ
พ.ศ. ๒๕๔๕..... น.อ.หญิง ดร. ประอร สุนทรวิภาต,
ร.อ.หญิง จุฬาวลัย สุนทรวิภาต,
ร.ท.หญิง ธรรมรส ช่างไม้งาม
- ✦ ข่าวนายเรือ..... กองบรรณาธิการวารสารโรงเรียนนายเรือ

วารสารโรงเรียนนายเรือ

วารสารโรงเรียนนายเรือ
วัตถุประสงค์

โรงเรียนนายเรือเป็นเจ้าของ
เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้และวิทยาการ เป็นแหล่งแลกเปลี่ยนความรู้
ระหว่างนักวิชาการ และประชาสัมพันธ์โรงเรียนนายเรือ
เป็นวารสารราย ๓ เดือน

วาระที่ออก

ที่ปรึกษา

พล.ร.ท.อภิชาติ เพ็งศรีทอง พล.ร.ต.นิคม หอมเจริญ พล.ร.ต.ดำรงศักดิ์ หัวเจริญ พล.ร.ต.ประสาน สุขเกษตร

คณะผู้จัดทำ

พล.ร.ต.ศ.วสันต์	แจ้งยอดสุข	บรรณาธิการ
น.อ.หญิง กาญจนา	พุทธนิมิตต์	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.ศ.มนต์ชัย	กาทอง	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.ตุลา	เกตุเชษฐ	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.หญิง กมเลิศ	อิมโอชา	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.หญิง เกศริน	มาร์ตนะ	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.หญิง ประอร	สุนทรวิภาต	ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ประจำกองบรรณาธิการ

น.อ.วีระ	แป้นสุขเย็น	น.อ.หญิง ชนิตา	เดชชา	น.อ.สมมาตร	กูปกระบี่
น.อ.จักรชัย	น้อยหัวหาด	น.อ.รศ.ดร.นเรศ	พีชรินทร์	น.ท.หญิง ผศ.ชนิษนาฏ	รัตนพฤกษ์
น.ท.ปิยะศักดิ์	นิลนิมิตร	น.ต.ผศ.दनัย	ปฎิยุทธ์	พ.จ.อ.หญิง สิริกร	นิยมแจ้ง
จ.อ.คมสันต์	เฮียนชาศรี	จ.อ.หญิง ยุวภา	สุขอุดม	จ.อ.ปราโมทย์	เปี่ยมอรุณ

ฝ่ายประสานงานการพิมพ์

น.อ.เผด็จ	ลิ้มราภิรมย์	น.ต.สันติพงษ์	สายแก้ว	ร.อ.เชิดชาย	ครุฑา
พ.จ.อ.ประวิทย์	เกียรติมีผล	พ.จ.อ.จิรายุ	ปลั่งวงศ์	จ.อ.อมร	คงสีเชียว
จ.อ.มณฑล	อุณหะนันท์	จ.อ.สมสมัย	จันทร์รอด	จ.อ.อำนาจ	ไชยรัตน์
จ.อ.ชัยรัตน์	จงจิตร	จ.อ.อรุณ	พันธุ์เอี่ยม		

ฝ่ายแจกจ่าย

น.ต.หญิง นวลเพ็ญ	กลีบบัว	จ.อ.อำพล	บุษบกอ่อน	นายถิรวิทย์	คำจวนจันทร์
------------------	---------	----------	-----------	-------------	-------------

ผู้ใดประสงค์จะส่งบทความลงในวารสารฉบับนี้ ส่งได้ที่ผู้จัดทำตามที่อยู่ของสำนักงาน

สำนักงาน

โรงเรียนนายเรือ ต.ปากน้ำ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ๑๐๒๗๐
โทร. ๐๒-๔๗๕-๓๘๘๗, ๐๒-๔๗๕-๓๘๐๖, ๐๒-๔๗๕-๓๘๖๒

ขอคิดเห็นในบทความที่นำลงในวารสารโรงเรียนนายเรือเป็นของผู้เขียน มิใช่ข้อคิดเห็นหรือ
นโยบายของหน่วยงานใด และมีได้ผูกพันต่อทางราชการ การกล่าวถึงคำสั่ง กฎ ระเบียบ เป็นเพียง
ข่าวสารเบื้องต้นเพื่อประโยชน์แก่การค้นคว้าเท่านั้น

สารบัญ

ISSN 1513-7627 วารสารโรงเรียนนายเรือ ปีที่ ๕ ฉบับที่ ๕ ตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๕๘

- บรรณาธิการแถลง..... พล.ร.ต. ศ. วสันต์ แจ่มยงค์ ๑
- การเกยตื้นของเรือเนื่องจากการเกิดสควอท (Squat) น.ต. วัฒนา น้อยทอง ๑
- โฉมใหม่ของสงครามยุคดิจิทัล ร.อ. นฤพล วีระจิตต์ ๑๕
- การเปรียบเทียบค่า BOD ในน้ำทิ้งจากอาคารโดยการใช้ถังกรองไร้อากาศกับ
ถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ น.อ. สบสุข สีสบุตร ๒๒
- Fuel Cells ขุมพลังแห่งอนาคต น.ต. ธนพงษ์ สุริเย ๓๐
- Benchmarking อีกหนึ่งเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพการอุดมศึกษา น.อ.ผศ.ดร. กิตติ กิตติศัพท์ ๔๒
- Lo : ที่..... ไฟฟ้า น.ท.ผศ. วันทวิ ปาลโมกษ์ ๕๓
- รายงานผลการวิจัย การประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕
น.อ. หญิง ดร. ประอร สุนทรวิภาต, ร.อ. หญิง จุฬาวลัย สุนทรวิภาต, ร.ท. หญิง ธรรมรส ช่างไม้งาม ๖๑
- ข่าวนายเรือ กองบรรณาธิการวารสารโรงเรียนนายเรือ ๗๓



บรรณาธิการเปิดเผย

สวัสดีครับ

วารสารโรงเรียนนายเรือฉบับนี้มีบทความที่น่าสนใจให้ท่านผู้อ่านติดตาม 🌟 ขอเริ่มต้นด้วยบทความเรื่อง การเกยตื้นของเรือ เนื่องจากการเกิดสควอท (Squat) โดย น.ต.วัฒนา น้อยทอง นำเสนอการปฏิบัติเพื่อลดการเกิดสควอท ซึ่งจะทำให้ผู้บังคับการเรือสามารถนำเรือในน้ำตื้นได้อย่างปลอดภัย 🌟 โฉมใหม่ของสงครามยุคดิจิทัล โดย ร.อ.นฤพล วีระจิตต์ ซึ่งผู้เขียนนำเสนอให้เราทราบถึงรูปแบบของสงครามที่เปลี่ยนแปลงไปและการใช้ประโยชน์จากการสื่อสารข้อมูลในระบบดิจิทัลเป็นหลัก 🌟 การเปรียบเทียบค่า BOD ในน้ำทิ้งจากอาคาร โดยการใช้ถังกรองไร้อากาศกับถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ โดย น.อ.สบสุข ลีละบุตร นำเสนอผลการทดลองโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศเป็นตัวเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำทิ้ง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้สร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศต้นทุนต่ำ อันจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่าต่อไป 🌟 Fuel Cells ขุมพลังแห่งอนาคต โดย น.ต.ธนพงษ์ สุริเยะแนะนำ Fuel Cells หรือ “เซลล์เชื้อเพลิง” ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันของเราได้ในอนาคต 🌟 และบทความที่น่าสนใจ **Benchmarking** อีกหนึ่งเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพการอุดมศึกษา โดย น.อ.ผศ.ดร.กิตติ กิตติศัพท์ กล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องวิธีการหนึ่ง ตรงกับหลักของพระพุทธศาสนา ว่าด้วยวิถีการพัฒนาชีวิต อันจะนำไปสู่การเรียนรู้ที่จะพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลการปฏิบัติที่ดีกว่าผู้ที่ดีที่สุด 🌟 **Lo : ที่ไผ่หา** โดย น.ท.ผศ.วันทวิ ปาลโมกษ์ นำแนวคิดในเรื่องขององค์การเอื้อการเรียนรู้ซึ่งไม่ใช่เรื่องที่ยากและไม่ใช่ว่าจะยากสำหรับผู้บริหารองค์การที่มีศักยภาพ ในการที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาองค์การมุ่งสู่การเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ต่อไป 🌟 รายงานผลการวิจัย การประเมินหลักสูตรการศึกษา โรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ โดย น.อ.หญิง ดร.ประอร สุนทรวิภาต, ร.อ.หญิง จุฬาวลัย สุนทรวิภาต และ ร.ท.หญิง ธรรมรส ช่างไม้งาม นำเสนอรายงานผลการวิจัยการประเมินหลักสูตรการศึกษา โรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ ซึ่งประเมินหลักสูตรการศึกษาของโรงเรียนนายเรือเพื่อรับทราบปัญหาและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรโรงเรียนนายเรือ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรให้เหมาะสมต่อไป 🌟 และปิดท้ายด้วย ข่าวนายเรือ นำเสนอรายละเอียดการจัดทำโครงการทางวิศวกรรมของนักเรียนนายเรือสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ และพบกันใหม่ในฉบับต่อไป.....สวัสดีครับ

บรรณาธิการ

การยกตัวของเรือเนื่องจากการ เกิดสควอท (SQUAT)

น.ต.วัฒนา น้อยทอง
อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

บทนำ

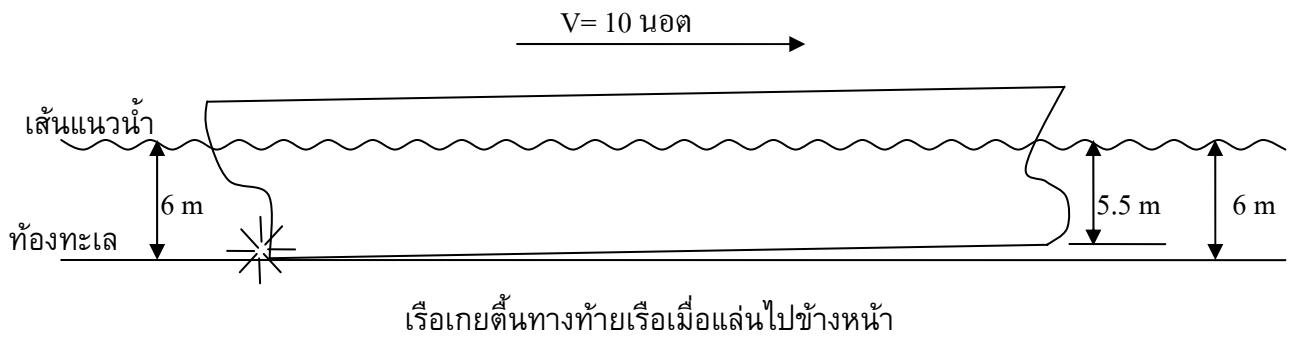
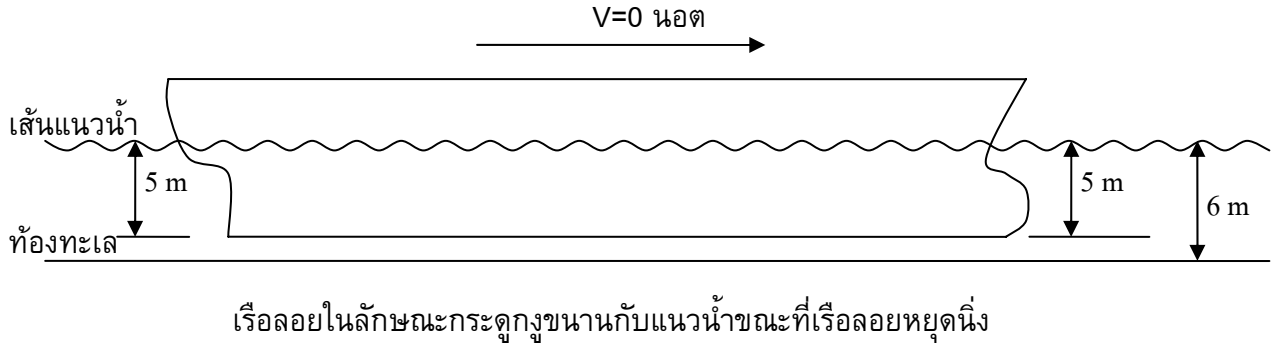
บทความเรื่องนี้ผู้เขียนได้เรียบเรียงขึ้นโดยมีจุดประสงค์ เพื่อให้ ผู้บังคับการเรือ กัปตันเรือหรือ ผู้นำเรือได้ทราบถึงการปฏิบัติและข้อระมัดระวังการนำเรือในน้ำตื้น ซึ่งถ้าขาดความรู้ความเข้าใจอาจทำให้เรือยกตัวโดยคาดไม่ถึงได้ การยกตัวแบบนี้เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ทาง Hydrodynamic ซึ่งทำให้เรือกินน้ำลึกมากขึ้นเมื่อแล่นเข้าบริเวณน้ำตื้น หรือที่เรียกว่าการเกิด 'สควอท'

สควอท (Squat) คืออะไร?

โดยทั่วไปแล้วเมื่อเรือแล่นไปข้างหน้า เรือจะกินน้ำลึกมากกว่าตอนที่เรือลอยหยุดนิ่ง เนื่องจากเมื่อเรือเคลื่อนที่ไปในน้ำ เรือจะผลักน้ำที่อยู่ข้างหน้า น้ำบริเวณดังกล่าวจะไหลย้อนไปด้านหลังผ่าน ด้านข้างและท้องของเรือ ความเร็วการไหลของน้ำจะเพิ่มขึ้นภายใต้ตัวเรือ ซึ่งทำให้ความดันต่ำลงและเป็นสาเหตุให้เรือตกลงในแนวตั้งหรือเรือกินน้ำลึกเพิ่มขึ้นนั่นเอง ถ้าเรือแล่นไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง ๆ ในน้ำตื้นที่มีระยะระหว่างกระดูกงูกับพื้นท้องน้ำเหลือแค่ ๑ - ๑.๕ เมตร เรืออาจจะเกิดการยกตัวได้

สควอท หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่ากินน้ำลึกเมื่อเรือลอยหยุดนิ่งกับเมื่อเรือแล่นไปข้างหน้า จะขอยกตัวอย่างเช่นในแม่น้ำที่มีความลึก ๖ เมตร ขณะเรือลอยหยุดนิ่งมีระดับกินน้ำลึกหัว ๕ เมตร ท้าย ๕ เมตร เมื่อเรือแล่นไปข้างหน้าด้วยความเร็ว ๑๐ นอต ทำให้เรือกินน้ำลึกหัว ๕.๕ เมตร ท้าย ๖ เมตร

	ระดับกินน้ำลึกหัว	ระดับกินน้ำลึกท้าย
ขณะเรือลอยหยุดนิ่ง	๕ เมตร	๕ เมตร
เมื่อเรือแล่นไปข้างหน้า	๕.๕ เมตร	๖ เมตร
สควอท (δ)	๐.๕ เมตร(หัว)	๑ เมตร(ท้าย)
เรือจะมีค่าสควอทสูงสุด(δ_{max}) = ๑ เมตร ทางท้ายเรือ		



รูปที่ ๑ เรือเกิดการสควอทเมื่อเรือแล่นไปข้างหน้า

นอกจากการตกลงในแนวตั้งของหัวเรือและท้ายเรือเท่า ๆ กันแล้วเรือยังเกิดทริม (Trim) (การเอียงของเรือตามแนวยาวของเรือ) ทางหัวหรือทางท้ายด้วยแล้วแต่กรณี ดังนั้นการเกิดสควอท ประกอบด้วย ๒ องค์ประกอบคือการจมลงแบบขาน (หัวและท้ายเรือจมลงเท่า ๆ กัน) รวมกับการเกิดทริม ถ้าเรือลอยในลักษณะกระตุกขานกับแนวน้ำขณะที่เรือลอยหยุดนิ่ง เมื่อเรือจะแล่นไปข้างหน้า การเกิดทริมจะขึ้นอยู่กับค่า C_B (Block Coefficient) ของเรือ

$$C_B = \frac{\nabla}{L \times B \times T}$$

∇ = ปริมาตรใต้แนวน้ำของเรือ

L = ความยาว

B = ความกว้าง

T = ระดับกินน้ำลึก

ถ้าเรือมีค่า $C_B > 0.7$ จะเกิดทริมทางหัวเรือผลที่ตามมาคือเกิดสควอทมากที่สุดทางหัวเรือ

ถ้าเรือมีค่า $C_B < 0.7$ จะเกิดทริมทางท้ายเรือผลที่ตามมาคือเกิดสควอทมากที่สุดทางท้ายเรือ

ถ้าเรือมีค่า C_B ใกล้เคียง 0.7 จะไม่เกิดทริมผลที่ตามมาคือเกิดสควอทเท่ากันตลอดลำ

ค่า C_B จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความอ้วนเพรียวของเรือ เรือที่มีค่า C_B มากเรื่อนั้นจะมีรูปร่างอ้วนกว่าเรือที่มีค่า C_B น้อย เรือที่มีรูปร่างค่อนข้างอ้วน เช่น เรือบรรทุกน้ำมันมีค่า $C_B = 0.800-0.850$ การเกยตื้นเนื่องจากสควอทจะเกิดที่หัวเรือ ส่วนเรือที่รูปร่างค่อนข้างผอมเช่น เรือตู้คอนเทนเนอร์มีค่า $C_B = 0.560 - 0.600$ การเกยตื้นจะเกิดที่ท้ายเรือ เมื่อเรือเหล่านี้ลอยในลักษณะกระดุกงูขนานกับแนวน้ำขณะที่เรือลอยหยุดนิ่งก่อนที่จะแล่นไปข้างหน้า

ชนิดของเรือ	ค่า C_B โดยทั่วไป เมื่อบรรทุกเต็มที	ชนิดของเรือ	ค่า C_B โดยทั่วไป เมื่อบรรทุกเต็มที
ULCC	0.850	General Cargo	0.700
Supertanker	0.825	Passenger Liner	0.625
Oil Tanker	0.800	Container Ship	0.565
Bulk Carrier	0.775-0.825	Coastal Tug	0.500

ตารางที่ ๑ ค่า C_B โดยทั่วไปของเรือแต่ละชนิดเมื่อบรรทุกเต็มที

ทำไมการเกิดสควอทมีความสำคัญมากในปัจจุบัน

การเกิดสควอทสามารถเกิดกลับเรือขนาดเล็กและเรือที่แล่นด้วยความเร็วต่ำ ซึ่งค่าสควอทนี้มีค่าน้อยมากเพียงไม่กี่เซนติเมตร แต่ในปัจจุบันขนาดของเรือได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น เรือบรรทุกน้ำมันขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกถึง ๓๕,๐๐๐ ตัน นอกจากการเพิ่มของขนาดตัวเรือแล้ว ความเร็วใ้การของเรือยังเพิ่มขึ้นอีกด้วย เช่น เรือตู้คอนเทนเนอร์ ความเร็วได้ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก ๑๖ นอต จนถึง ๒๕ นอต ในปัจจุบัน

เมื่อเรือมีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะกินน้ำลึกมากขึ้นนั่นหมายถึงระยะระหว่างกระดุกกับพื้นท้องน้ำขณะที่เรือลอยหยุดนิ่งมีค่าน้อยลงและเมื่อเรือมีความเร็วใ้การเพิ่มขึ้นดังนั้นสควอทจะมีค่ามากขึ้นอาจถึง ๑.๕ - ๑.๗๕ เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ใช่น้อยเลยทีเดียว

สัญญาณที่บ่งบอกว่าเรือแล่นเข้าในเขตน้ำตื้นมีดังนี้

๑. คลื่นที่เกิดจากเรือจะมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยเฉพาะทางหัวเรือ
๒. การบังคับเรือทำได้ยากขึ้น
๓. เครื่องอ่านระดับกินน้ำลึกบนสะพานเดินเรือจะแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับกินน้ำลึก

๔. ความเร็วรอบของใบจักรจะลดลง ถ้าเรืออยู่ในที่เปิดโล่งความเร็วรอบใบจักรจะลดลงถึง ๑๕ % ของความเร็วรอบใบจักรในน้ำลึก ถ้าเรืออยู่ในร่องน้ำแคบ เช่น แม่น้ำ ความเร็วรอบใบจักรจะลดลงถึง ๒๐ % ของความเร็วรอบใบจักรในน้ำลึก
๕. ความเร็วเรือจะตกลง ถ้าเรืออยู่ในที่น้ำเปิดโล่งความเร็วจะตกลงจนถึง ๓๐ % ถ้าเรืออยู่ในร่องน้ำแคบความเร็วจะตกลงจนถึง ๖๐ %
๖. เรือจะเริ่มสั่น
๗. การเคลื่อนที่ของเรือแบบ Rolling (การโคลงตามขวาง), Pitching (การโคลงตามยาว) และ Heaving (การเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง) จะน้อยลง
๘. โคลนอาจปรากฏขึ้นรอบ ๆ ตัวเรือในกรณีที่เรือแล่นผ่านซากที่ทับถมไว้
๙. วงหันจะเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มขึ้นจนถึง ๑๐๐ % ในน้ำตื้น
๑๐. ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและเวลาหลังจากหยุดเครื่องจะเพิ่มขึ้น
๑๑. ประสิทธิภาพของหางเสือจะน้อยลง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสควอท

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสควอทคือ ความเร็วของเรือ สควอทแปรผันตรงตามความเร็วของเรือยกกำลังสอง นั่นคือถ้าเราเพิ่มความเร็วเป็นสองเท่าสควอทจะเพิ่มขึ้นเป็นสี่เท่า ความเร็วของเรือในที่นี้ หมายถึงความเร็วของเรือสัมพันธ์กับน้ำดังนั้นความเร็วของกระแสน้ำต้องนำมาพิจารณาด้วย

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดสควอทคือ C_B (Block Coefficient) สควอทแปรผันตรงกับ C_B (Block Coefficient) ดังนั้นเรือบรรทุกน้ำมันจะเกิดสควอทมากกว่าเรือตู้คอนเทนเนอร์

Blockage Factor (S) ก็เป็นอีกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเกิดการเกิดสควอท Blockage Factor (S) คือพื้นที่ภาคตัดขวางส่วนที่จมน้ำที่กลางลำของเรือ ทหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางของน้ำในคลอง หรือแม่น้ำ ถ้าเป็นในที่น้ำเปิดโล่ง (แหล่งน้ำที่มีความกว้างมากๆ เช่น ทะเล ทะเลสาบ บึงขนาดใหญ่) จะหาค่า Blockage Factor (S) ได้จากสูตรซึ่งจะกล่าวต่อไป ในร่องน้ำแคบ (แหล่งน้ำที่มีความกว้างไม่มากสามารถบอกรอบเขตได้ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง) จะทำให้เรือเกิดสควอทมากกว่าในที่น้ำเปิดโล่ง

อัตราส่วนความลึกของน้ำ (H) กับระดับกินน้ำลึกของเรือ (T) ก็มีผลกระทบต่อเกิดการเกิดสควอทด้วยซึ่งค่าสควอทจะแปรผกผันกับค่า H/T ดังนั้นที่น้ำตื้นจะทำให้เกิดสควอทมากกว่า

เรือลำอื่น ๆ ที่อยู่ใต้ม้า ลำคลอง หรือในร่องน้ำแคบก็มีผลกระทบด้วยไม่ว่าจะเป็นการวิ่งผ่านแซง หรือวิ่งสวนกันซึ่งอาจทำให้สควอทเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

ความคลาดเคลื่อนของการอ่านระดับกินน้ำลึกของเรือเนื่องจากการเกิดสควอท

ถ้าอ่านระดับกินน้ำลึกของเรือที่ผูกทุ่นอยู่ที่ท่าเทียบเรือในขณะที่มีความเร็วของกระแส น้ำ เช่น มีขนาด ๔ นอต ระดับกินน้ำลึกที่อ่านได้จะผิดจากความเป็นจริงซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดสควอท กรณีนี้ เหมือนกับเรือที่แล่นไปข้างหน้าด้วยความเร็ว ๔ นอต ในน้ำนิ่ง ซึ่งทำให้เรือมีระวางขับน้ำมากกว่าที่ควรจะเป็น

เป็น ถ้าอ่านระดับกินน้ำลึกที่เมืองท่าอื่นที่ไม่มีกระแส น้ำ ระวางขับน้ำของเรือจะลดลง เรือที่มีขนาดใหญ่ก็ จะมีความคลาดเคลื่อนมาก

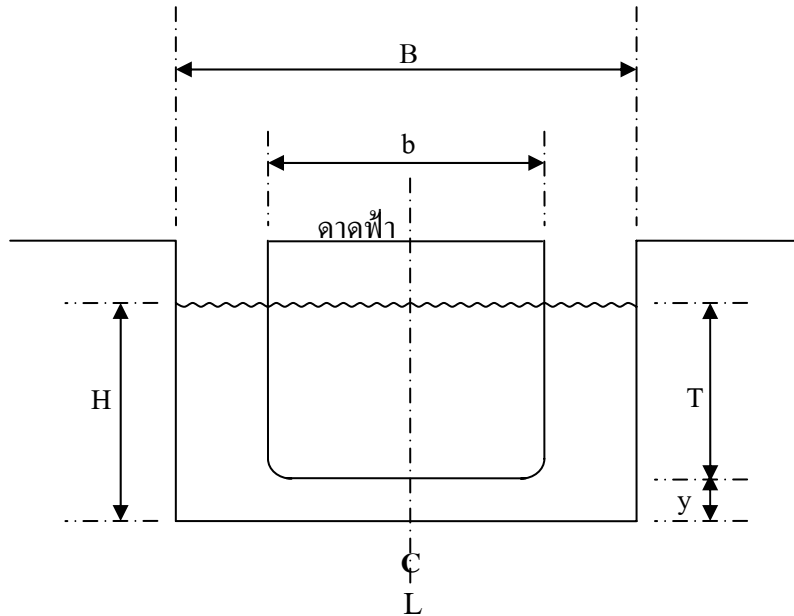
ระวางขับน้ำที่คลาดเคลื่อนจะมีค่าเท่ากับระยะที่เรือจมลงคูณกับค่า TPC (Ton per Centimeter immersion) สำหรับเรือขนาดใหญ่บรรทุกสินค้าที่ทำเรือที่มีค่า $H/T = 1.25$ ความเร็วกระแส น้ำ ๔ นอต ระวางขับน้ำของเรืออาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงถึง ๑,๒๕๐ ตัน

สูตรคำนวณหาค่าสควอท

สูตรต่าง ๆ ได้พัฒนาขึ้นเพื่อหาค่าสควอทสูงสุดของเรือที่แล่นอยู่ในน้ำที่เปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ โดยสูตรที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นผลมาจากการทดลองและวิเคราะห์มาจากเรือจริงและเรือจำลองมากกว่า ๖๐๐ ลำ

กำหนดให้

b	=	ความกว้างของเรือ
H	=	ความลึกของน้ำ
C _B	=	Block Coefficient
CSA	=	พื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional Area)
B	=	ความกว้างของแม่น้ำหรือคลอง
T	=	ระดับกินน้ำลึกขณะที่เรือลอยหยุดนิ่ง
V	=	ความเร็วของเรือสัมพันธ์กับน้ำ
Y	=	ระยะระหว่างกระดูกงูกับพื้นท้องน้ำ



สูตรหาค่าสควอทสูงสุดในน้ำที่เปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ

$$\text{ค่าสควอทสูงสุด} = \delta_{\max} = \frac{C_B \times S^{0.81} \times V^{2.08}}{20} \text{ เมตร}$$

โดย

$$\text{Blockage factor} = S = \frac{\text{CSA ของเรือ}}{\text{CSA ของแม่น้ำ}} = \frac{b \times T}{B \times H}$$

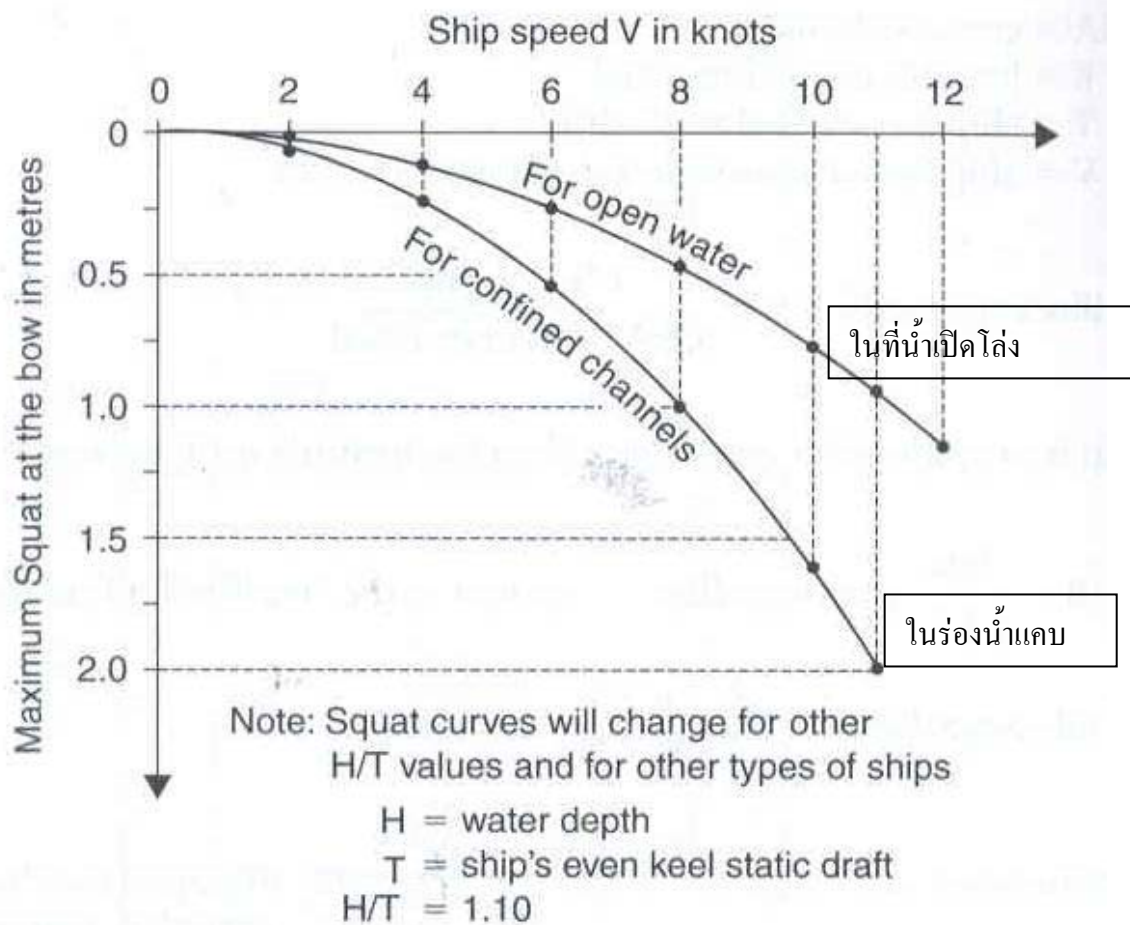
$$B = \frac{7.04}{C_B^{0.85}} \times b \quad \text{สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง}$$

สูตรลัดหาค่าสควอทสูงสุดในน้ำที่เปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ

$$\delta_{\max} = \frac{C_B \times V^2}{100} \text{ เมตร สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง โดย } \frac{H}{T} = 1.1 - 1.4$$

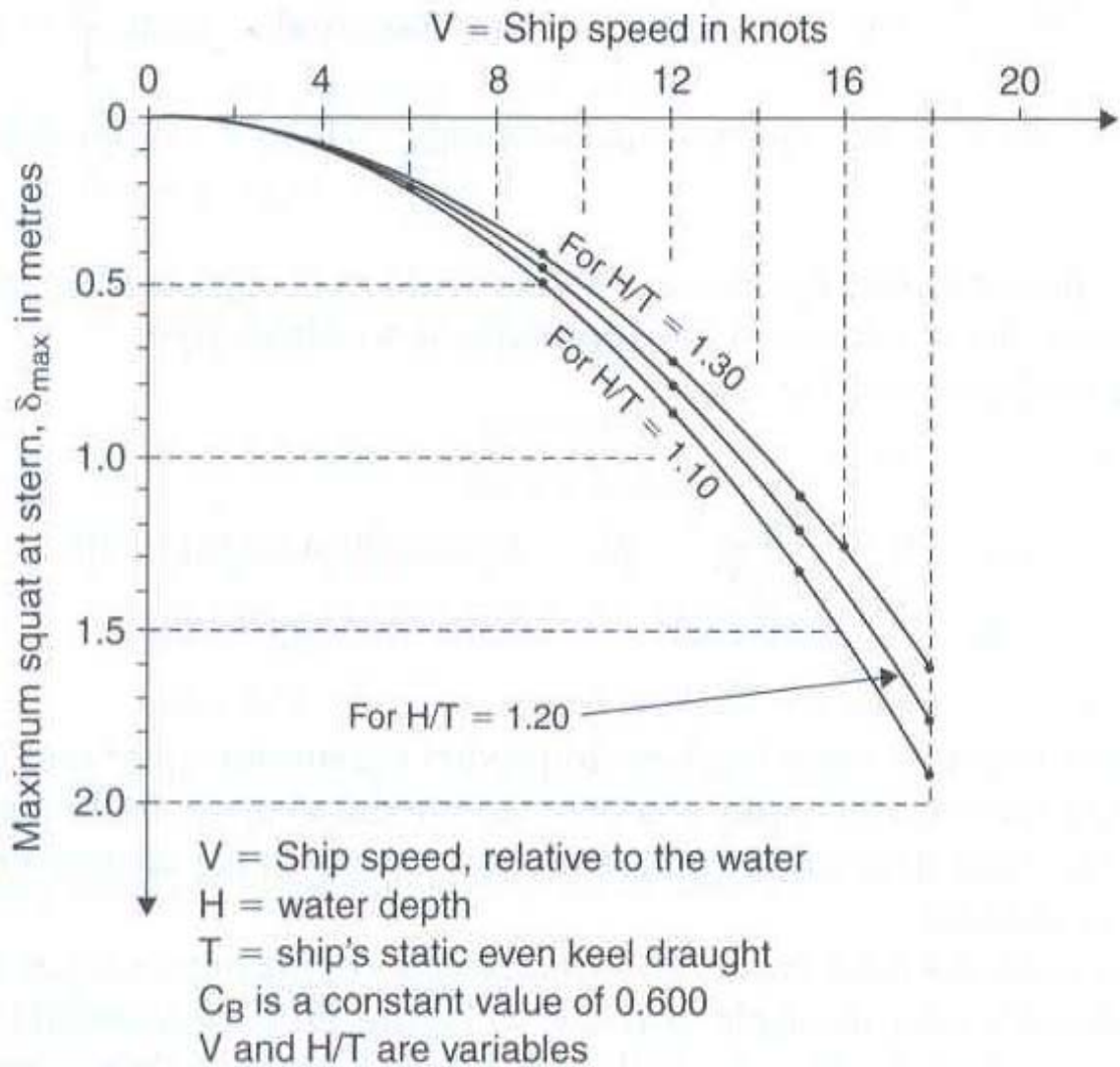
$$\delta_{\max} = \frac{C_B \times V^2}{50} \text{ เมตร สำหรับในร่องน้ำแคบ โดย } S = 0.100 - 0.266$$

รูปที่ ๒ เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสควอทสูงสุดกับความเร็วยานเรือของเรือบรรทุกน้ำมัน ขนาดน้ำหนักบรรทุก ๒๕๐,๐๐๐ ตัน จะเห็นได้ว่าสควอทสูงสุดจะเกิดที่หัวเรือเนื่องจากเรือบรรทุกน้ำมัน มีค่า C_B มากกว่า ๐.๗๐๐ เมื่อความเร็วของเรือเพิ่มขึ้นค่าสควอทจะเพิ่มขึ้นและที่ความเร็วของเรือเท่ากัน ในร่องน้ำแคบเรือจะเกิดสควอทมากกว่าในน้ำเปิดโล่ง



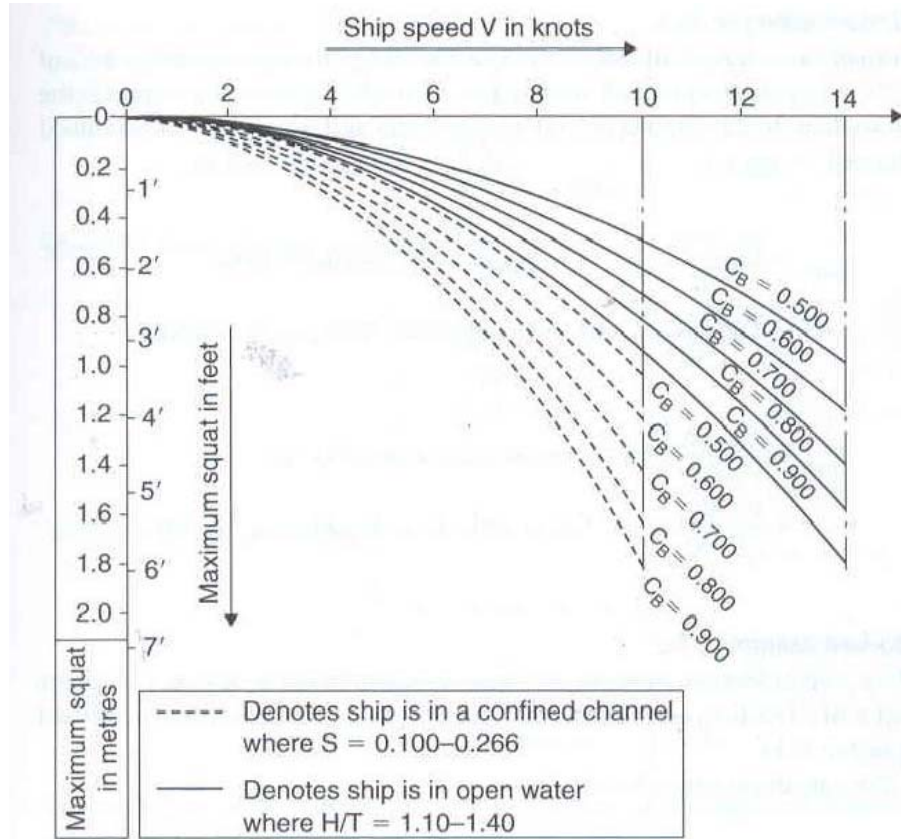
รูปที่ ๒ ค่าสควอทสูงสุดกับความเร็วยานเรือของเรือบรรทุกน้ำมัน มีค่า $H/T= ๑.๑$

รูปที่ ๓ เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสควอทสูงสุดกับความเร็วยานเรือของเรือตู้คอนเทนเนอร์ จะเห็นได้ว่าสควอทสูงสุดจะเกิดที่ท้ายเรือเนื่องจากเรือตู้คอนเทนเนอร์มีค่า C_B น้อยกว่า ๐.๗๐๐ เมื่อความเร็วของเรือเพิ่มขึ้นค่าสควอทจะเพิ่มขึ้นและที่ความเร็วของเรือเท่ากันสควอทจะแปรผกผันกับค่า H/T



รูปที่ ๓ ค่าสควอทสูงสุดกับความเร็วยานของเรือตัวคอนเทนเนอร์ ที่มีค่า $C_B = 0.6$ ในที่น้ำเปิดโล่ง

รูปที่ ๔ แสดงสควอทสูงสุดของเรือที่มีค่า C_B ตั้งแต่ ๐.๕ – ๐.๘ ในที่น้ำเปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ การจะหาสควอทจากกราฟนี้จะต้องทราบข้อมูล ๓ อย่างคือ ๑) ค่า C_B ๒) ความเร็วเรือและ ๓) เรือแล่นอยู่ในที่น้ำเปิดโล่งหรือในร่องน้ำแคบ ก็จะทำให้ทราบว่าระยะระหว่างกระดูกงูกับพื้นท้องน้ำที่หัวเรือและท้ายเรือขณะที่เรือลอยหยุดนิ่ง มีความปลอดภัยในการเดินเรือหรือไม่ ถ้าไม่ก็ต้องลดความเร็วลง



รูปที่ ๔ ค่าสควอทสูงสุดของเรือต่าง ๆ ในที่น้ำเปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ

ต่อไปเป็นตัวอย่างการคำนวณหาค่าสควอทสูงสุดในแต่ละกรณี

ตัวอย่างที่ ๑

เรือลำหนึ่งบรรทุกสินค้าเต็มที เรือมี C_B 0.75 ลอยหยุดนิ่งในลักษณะกระตุกขนานกับแนวน้ำ จงคำนวณหาค่าสควอทสูงสุดที่หัวเรือเมื่อแล่นด้วยความเร็ว 10 นอต ในที่น้ำเปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ

$$\begin{aligned}\delta_{\max} &= \frac{C_B \times V^2}{100} \text{ เมตร สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง} \\ &= \frac{0.750 \times 10^2}{100} = 0.75 \text{ เมตร ที่หัวเรือ เนื่องจาก } C_B > 0.70 \\ \delta_{\max} &= \frac{C_B \times V^2}{50} \text{ เมตร สำหรับในร่องน้ำแคบ} \\ &= \frac{0.750 \times 10^2}{50} = 1.50 \text{ เมตร ที่หัวเรือ เนื่องจาก } C_B > 0.70\end{aligned}$$

จะเห็นว่าในร่องน้ำแคบจะเกิดสควอทมากกว่าในน้ำเปิดโล่ง

ตัวอย่างที่ ๒

เรือบรรทุกน้ำมัน กว้าง ๕๕ เมตร มีค่า C_B ๐.๘๓๐ ลอยอยู่ในน้ำเปิดโล่งมีความลึก ๑๖ เมตร กินน้ำลึกหัวท้ายเท่ากัน ๑๓.๕ เมตร จงคำนวณหาสควอทสูงสุดเมื่อเรือแล่นด้วยความเร็ว ๑๑ นอต ทั้ง ๒ วิธีและระยะระหว่างกระดูกงูกับพื้นท้องน้ำที่เหลือน้อยที่สุด

วิธีที่ ๑

$$\begin{aligned}B &= \frac{7.04}{C_B} \times b \quad \text{สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง} \\ &= \frac{7.04 \times 55}{0.830} \times 55 = 8.248 \times 55 \\ &= 453.6 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\text{Blockage factor} = S = \frac{b \times T}{B \times H} = \frac{55 \times 13.5}{453.6 \times 16} = 0.102$$

$$\begin{aligned} \text{Maximum squat} = \delta_{\max} &= \frac{C_B \times S^{0.81} \times V^{2.08}}{20} \text{ สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง} \\ &= \frac{0.830 \times 0.102^{0.81} \times 11^{2.08}}{20} \\ &= 0.96 \text{ เมตร ที่หัวเรือเนื่องจาก } C_B > 0.700 \end{aligned}$$

วิธีที่ ๒ (วิธีลัด)

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= \frac{C_B \times V^2}{100} \text{ เมตร สำหรับในน้ำที่เปิดโล่ง} \\ &= \frac{0.83 \times 11^2}{100} = 1.00 \text{ เมตร ที่หัวเรือเนื่องจาก } C_B > 0.70 \\ \text{ค่าเฉลี่ยสควอทสูงสุด} &= \frac{0.96 + 1.00}{2} = 0.98 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่องว่างระหว่างกระดูกงูกับพื้นท้องน้ำที่หัวเรือ} &= H - T - \delta_{\max} \\ &= ๑๖ - ๑๓.๕ - ๐.๙๘ \\ &= ๑.๕๒ \text{ เมตร ที่ความเร็ว ๑๑ นอต} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ ๓

จงใช้กราฟจากรูปที่ ๔ ประมาณค่าสควอทสูงสุดของเรือบรรทุกสินค้าทั่วไป ที่มีค่า C_B ๐.๖๕ แล่นด้วยความเร็ว ๘ นอต เมื่อเรืออยู่ในที่น้ำเปิดโล่งและในร่องน้ำแคบ

ในที่น้ำเปิดโล่ง

ที่ความเร็ว ω นอตกจากแกน X ลากเส้นตรงลงมาในแนวตั้งจนกระทั่งถึงกึ่งกลางระหว่าง เส้นที่ C_B ที่มีค่า ๐.๖ และ ๐.๗ จากจุดนี้ลากเส้นตรงไปทางด้านซ้ายมือไปตัดกับแกน Y จะอ่านค่าสควอทสูงสุดได้ ๐.๕๒ เมตร ที่ท้ายเรือเนื่องจาก C_B น้อยกว่า ๐.๗

ในร่องน้ำแคบ

ที่ความเร็ว ω นอตกจากแกน X ลากเส้นตรงลงมาในแนวตั้งจนกระทั่งถึงกึ่งกลางระหว่างเส้นที่ C_B ที่มีค่า ๐.๖ และ ๐.๗ จากจุดนี้ลากเส้นตรงไปทางด้านซ้ายมือไปตัดกับแกน Y จะอ่านค่าสควอทสูงสุดได้ ๐.๘๔ เมตร ที่ท้ายเรือเนื่องจาก C_B น้อยกว่า ๐.๗

การเกิดสควอทกับเรือที่มีทริมอยู่แล้วขณะที่ลอยหยุดนิ่ง

ที่กล่าวมาก่อนหน้านั้นสมมุติให้เรือลอยในลักษณะกระดูกงูลอยขนานกับแนวน้ำ ขณะที่ลอยหยุดนิ่งหรือเรือไม่มีทริมนั่นเองขณะที่เรือลอยหยุดนิ่ง สควอทสูงสุดจะเกิดที่หัวเรือหรือท้ายเรือขึ้นอยู่กับค่า C_B ของเรือ ดังแสดงในรูปที่ ๕ กรณีที่ ๑ และ กรณีที่ ๒

ในกรณีที่เรือมีทริมหัวหรือท้ายอยู่แล้วขณะที่ลอยหยุดนิ่ง ค่าทริมดังกล่าวจะเป็นตัวตัดสินว่าสควอทสูงสุดจะเกิดขึ้นตรงไหนของเรือ การวัดค่าสควอทจากการทดลองของเรือจริงและเรือจำลองให้ผลดังต่อไปนี้

๑. ถ้าเรือมีทริมท้ายขณะที่เรือลอยหยุดนิ่งเมื่อเรือแล่นไปข้างหน้าเรือจะมีสควอทสูงสุดที่ท้ายเรือหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งเรือจะมีทริมท้ายเพิ่มขึ้นและอาจเกยตื้นทางท้ายเรือได้ เพราะว่าการไหลของน้ำใต้ตัวเรือทางท้ายเรือมีความเร็วมากกว่าทางหัวเรือ และพื้นที่ตัดขวางทางท้ายเรือน้อยกว่าทางหัวเรือเป็นสาเหตุให้เกิดการดูดทางท้ายเรือ ดังแสดงในรูปที่ ๕ กรณีที่ ๓

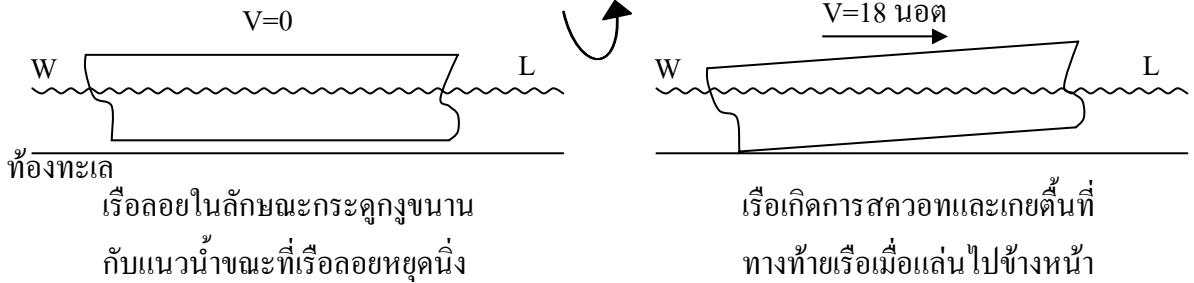
๒. ถ้าเรือมีทริมหัวขณะที่เรือลอยหยุดนิ่งเมื่อเรือแล่นไปข้างหน้าเรือจะมีสควอทสูงสุดที่หัวเรือหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งเรือจะมีทริมหัวเพิ่มขึ้นและอาจเกยตื้นทางหัวเรือได้ ดังแสดงในรูปที่ ๕ กรณีที่ ๔

ข้อควรระวัง

การที่ทำให้เรือบรรทุกน้ำมันมีทริมท้ายก่อนแล่นเข้าเขตน้ำตื้น เพราะคิดว่าเรือบรรทุกน้ำมันเป็นเรือที่ค่อนข้างอ้วนซึ่งมีค่า C_B มากกว่า ๐.๗๐๐ เมื่อเรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเรือจะเกิดทริมเปลี่ยนไปทางหัวเรือซึ่งจะทำให้เรือกลับมาลอยลักษณะกระดูกงูขนานกับแนวน้ำ การกระทำดังกล่าวไม่ถูกต้องเพราะจะทำให้เรือมีทริมท้ายมากขึ้นและเรืออาจเกยตื้นทางท้ายเรือได้ดังรูปที่ ๕ กรณีที่ ๓

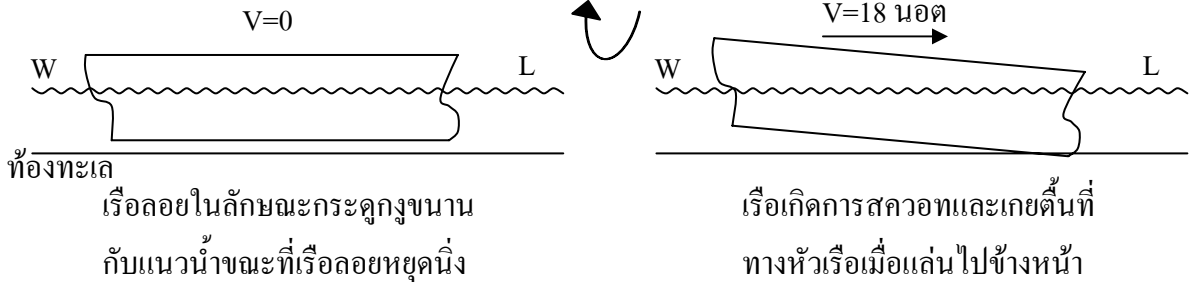
กรณีที่ ๑ $C_B < 0.70$

ทริมเปลี่ยนไปทางท้าย



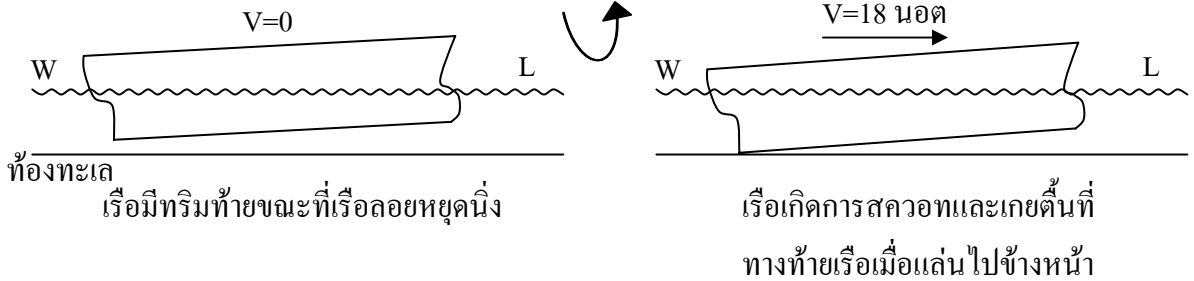
กรณีที่ ๒ $C_B > 0.70$

ทริมเปลี่ยนไปทางหัว



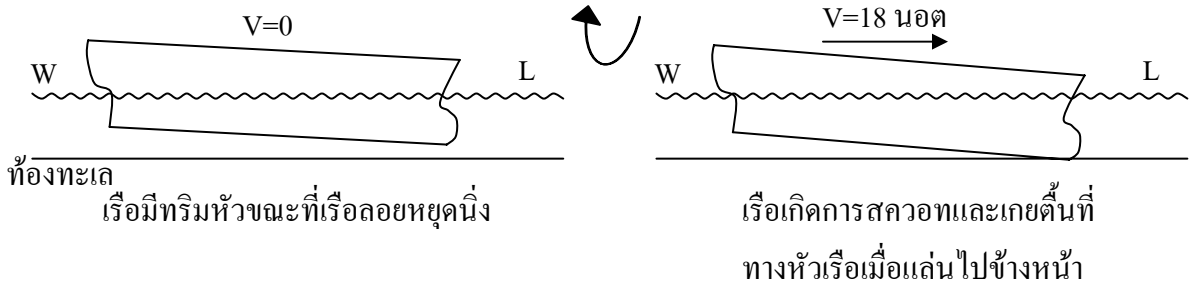
กรณีที่ ๓ เรือมีทริมท้าย

ทริมเปลี่ยนไปทางท้าย



กรณีที่ ๔ เรือมีทริมหัว

ทริมเปลี่ยนไปทางหัว



รูปที่ ๕ การเกิดสควอทของเรือที่ลอยลักษณะกระดุกงูขนานกับแนวน้ำและลอยลักษณะมีทริมก่อนจะแล่นไปข้างหน้า

การปฏิบัติเพื่อลดการเกิดสควอท

๑. ถ้าเป็นไปได้ทำให้ระดับกินน้ำลึกของเรือลดลงโดยการปล่อยทิ้งน้ำถ่วงเรือ ซึ่งจะทำให้เกิดการลดของสองสิ่งพร้อมกัน

ก) ที่ระดับกินน้ำลึกน้อยลง ค่า C_B ของเรือจะมีค่าน้อยลงเล็กน้อยนั้นก็ทำให้เกิดสควอทน้อยลง

ข) ที่ระดับกินน้ำลึกน้อยลง ค่า H/T จะมีค่าสูงขึ้นนั้นก็ทำให้เกิดสควอทน้อยลงเช่นกัน

๒. นำเรือไปยังบริเวณน้ำลึกกว่าดังนั้น ค่า H/T จะมีค่าสูงขึ้น

๓. ถ้าเรืออยู่ในแม่น้ำถ้าเป็นไปได้ให้หลีกเลี่ยงจากเรือที่กำลังเคลื่อนที่ และอยู่ห่างจากริมฝั่งแม่น้ำ ความกว้างของแม่น้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดสควอทน้อยลง

๔. วิธีที่รวดเร็วและได้ผลที่สุดที่จะลดการเกิดสควอทคือลดความเร็วของเรือ โปรดระลึกไว้ว่าถ้าลดความเร็วของเรือลงครึ่งหนึ่งจะทำให้สควอทจะลดลงสี่เท่า

สรุป

เมื่อท่านจะต้องนำเรือในร่องน้ำแคบเช่น แม่น้ำ ลำคลอง และน้ำตื้น ให้ระวังการเกยตื้นเนื่องจากการเกิดสควอท การลดความเร็วของเรือลงจะช่วยได้มาก สูตรการคำนวณพร้อมทั้งกราฟที่กล่าวมาแล้วเป็นเครื่องชี้แนะ (Guideline) ในการคำนวณหาสควอทได้เป็นอย่างดี ถ้าเราสามารถคำนวณหรือทำนายหาสควอทล่วงหน้าในแต่ละสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ก็จะเป็นผลดี หรือมีข้อได้เปรียบคือสามารถที่จะนำเรือในน้ำตื้นได้อย่างปลอดภัย ไม่ต้องเสียเงินค่าซ่อมแซมที่เกิดจากเรือเกยตื้นและไม่ต้องเสียเวลาในการซ่อมแซม ซึ่งจะช่วยให้เสียภารกิจหรือขาดรายได้เป็นเงินมหาศาลสำหรับเรือสินค้า และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือป้องกันการสูญเสียชีวิตของประจำเรือ และผู้โดยสาร

โฉมใหม่ของสงครามยุคดิจิทัล

ร.อ.นฤพล วีระจิตต์
อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

บทนำ

พัฒนาการด้านการทหารของโลกตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้ที่มีเทคโนโลยีเหนือกว่าจะเป็นฝ่ายชนะในสงครามในที่สุด แต่ในปัจจุบันนี้อาจไม่ใช่ เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าดังกล่าวทำให้การผลิตอุปกรณ์ในระบบต่าง ๆ สามารถทำได้ง่ายในราคาถูก ประกอบกับความเจริญทางการสื่อสารที่ไร้พรมแดนและความสามารถในการเจาะข้อมูลด้วยแล้ว ทำให้อุปกรณ์ที่ทันสมัยต่าง ๆ ถูกผลิตลอกเลียนขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในการทำสงครามอาจจะไม่ต้องใช้อาวุธที่ร้ายแรง ราคาแพงหรือแม่นยำ เพียงแค่ใช้ผู้ที่มีความสามารถในระบบคอมพิวเตอร์มาต่อเชื่อมระบบอินเทอร์เน็ต แล้วส่งโปรแกรมรบกวนข้อมูลทำให้ระบบปฏิบัติการ การควบคุมบังคับบัญชาของฝ่ายตรงข้ามใช้การไม่ได้ก็เพียงพอแล้ว จะเห็นว่าการปฏิบัติการดังกล่าวใช้เงินเพียงเล็กน้อย

วัตถุประสงค์ของบทความนี้จะให้ผู้อ่านได้ทราบถึง รูปแบบของสงครามที่เปลี่ยนแปลงไป และการใช้ประโยชน์จากการสื่อสารข้อมูลในระบบดิจิทัลเป็นหลัก

รูปแบบใหม่ของสงครามที่เปลี่ยนแปลงไป

จากความเจริญก้าวหน้าในโลกยุคปัจจุบันทำให้เกิดการพัฒนาทางด้าน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีใหม่ ๆ เสมอ ตั้งแต่กระบวนการผลิต การค้นพบวัสดุใหม่ และเทคนิคการประกอบ จนกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมขึ้น จึงเป็นผลให้การสงครามได้พัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทางการสื่อสารข้อมูลที่มีความสำคัญยิ่งในการควบคุมบังคับบัญชา ตลอดจนการดำเนินการต่าง ๆ ทั้งระดับ ยุทธศาสตร์ ยุทธการ และยุทธวิธี และได้กำเนิดสงครามสาขาใหม่ คือสงครามข้อมูลข่าวสาร สำหรับความหมายของสงครามข้อมูลข่าวสารนั้นมีผู้ให้ความหมายมากมาย เช่น Brown Commissions ให้คำจำกัดความสงครามข้อมูลข่าวสารไว้ว่า “คือการดำเนินการใด ๆ โดยรัฐบาลกลุ่มบุคคล หรือบุคคล เพื่อควบคุมระบบข่าวสารในประเทศอื่นด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งมาตรการป้องกันการกระทำดังกล่าว (activity undertaken by government, groups, or individuals to gain electronic access to information systems in other countries ...as well activities undertaken to protect against it.)”^๑

^๑ The commission on the Role and Capabilities of the U.S. Intelligence Community was charged with reviewing the efficacy and appropriateness of U.S. intelligence activities in the post-cold war global environment.

แต่มีบุคคลบางกลุ่มไม่เห็นด้วยกับคำจำกัดความนี้ เนื่องจากเป็นไปได้ว่ากระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา ทั้งกระทรวงต้องทำสงครามกับเด็ก ๑๓ ขวบคนหนึ่งที่สามารถทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา บั่นป่วนและมีการให้ความหมายจากเอกสารของประธานคณะเสนาธิการช่วย ฯ กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ค.ศ.๑๙๙๖ การสงครามข้อมูลข่าวสารไว้ว่า “สงครามข่าวสาร คือ การดำเนินการเพื่อให้เป็นฝ่ายได้เปรียบด้านข่าวสาร โดยการบ่อนทำลายข่าวสาร การดำเนินกรรมวิธีต่อข่าวสาร ระบบข่าวสาร และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของข้าศึก ในขณะที่เดียวกันก็ทำการป้องกันข่าวสาร การดำเนินกรรมวิธีต่อข่าวสาร ระบบข่าวสาร และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของตนจากการบ่อนทำลายของข้าศึก”^๒ ซึ่งในปัจจุบันการรับ-ส่ง ข้อมูลข่าวสารนั้นเป็นการส่งในระบบดิจิทัล คือ การแปลงข้อมูลต่าง ๆ เป็นฐานข้อมูลโดยใช้กลุ่มตัวเลข ๑ และ ๐ แทนที่จะส่งข้อมูลเลียนแบบข้อมูลเดิม (ระบบอนาล็อก) เครื่องส่งข้อมูลแบบดิจิทัลจะเอาข้อมูลต้นแบบมาเข้ารหัสเสียก่อน หรือ ในการปฏิบัติก็คือ คอมพิวเตอร์จะเขียนคำสั่งหรือข้อมูลนั้นในรูปตัวเลข ๐ หรือ ๑ แล้วต่อจากนั้นก็ส่งคำสั่งนั้นออกไป ซึ่งจากวิธีนี้ทำให้การส่งข้อมูลสามารถกระทำได้คราวละมาก ๆ ไม่เปลืองพลังงาน และส่งได้ในหลายสื่อกลาง เช่น ทางสายโทรศัพท์ สายใยแก้วนำแสงและทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านตัวกลางทางอากาศ และในปัจจุบันนี้ตามหลักการดังกล่าว ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ สามารถสื่อสารกันได้ กลายเป็นระบบเครือข่าย (Network) เชื่อมโยงกันไปทั่วโลก (Internet) ประกอบกับการสื่อสารดาวเทียมที่ประเทศต่าง ๆ ส่งดาวเทียมขึ้นไปในอวกาศ และใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่งข้อมูลในระบบดิจิทัลทำให้โลกในปัจจุบันเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) ซึ่งเป็นยุคแห่งการสื่อสารไร้พรมแดน เป็นผลให้รูปแบบของสงครามได้เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการควบคุมบังคับบัญชาสามารถกระทำได้ที่จุดใดจุดหนึ่งในโลกก็ได้ ประกอบกับกำลังทหารก็ไม่จำเป็นต้องอยู่เป็นกลุ่มก้อนในที่ใดที่หนึ่ง สามารถกระจายกำลังไปได้ทั่วโลก ทำให้ในการรบต่อไปจะไม่มีแนวรบที่แน่นอน ซึ่งแต่ก่อนในการรบต่าง ๆ จะมีการวางกำลังทหารมาก ๆ บริเวณแนวรบที่จะทำสงคราม แต่ปัจจุบันนี้จะไม่มีการวางแนวรบแบบนี้แล้วเนื่องจากการพัฒนาทางด้านการสื่อสารข้อมูลตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ประกอบกับเทคโนโลยีของระบบอาวุธ และ ระบบควบคุมสั่งการที่ทันสมัยสามารถควบคุม (การสั่งยิง) ที่ใดก็ได้ ระบบอาวุธมีระยะยิงไกลและ ความสามารถในการทำลายล้างสูง ถ้ายังมีการทำสงครามในลักษณะเดิม กล่าวคือ การมีแนวรบ ที่ใช้กำลังทหารไปรวมกันมาก ๆ จะเป็นเป้าหมายใหญ่ที่จะโดนโจมตีจากฝ่ายตรงข้ามที่เราไม่ทราบ

^๒ The Joint Chiefs of Staff Instruction No. 3210.0 Information Warfare (IW). Actions taken to achieve information superiority by affecting adversary information, information-base process, information system, and computer-base networks while defending one's own information, information base processes, information systems, and computer-base network.

ฝ่ายตรงข้ามอยู่ที่ใด การที่จะได้มาซึ่งความได้เปรียบของสงครามในรูปแบบนี้ เกิดจากหลักการ การกระจายกำลัง การซ่อนพราง และการล่องหน (หายไปจากจอร์แดร์) ถ้าไม่สามารถกระทำได้กล่าวได้ ก็ต้องฝังตัวอยู่ที่ดิน เช่น ที่รัสเซีย อิรัก เกาหลีเหนือ คิวบา ไต้หวัน ลิเบีย และสหรัฐอเมริกา (โดยการขุดหลุมลึกเพื่อหลบภัย) สำหรับตัวอย่าง การทำสงครามในลักษณะนี้ ได้แก่ “วิธีการที่ บิน ลาเต็น ลงมือจู่โจมในวันที่ ๑๑ กันยายน ด้วยการควบคุมสั่งการโดยใช้คอมพิวเตอร์ การสื่อสารผ่านดาวเทียมและระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งพวกอัลไกต้าได้เข้าไปฝังตัวในสหรัฐอเมริกา เพื่อเตรียมลงมือก่อนปฏิบัติการเป็นเวลานานแล้ว ทั้งในสหรัฐอเมริกา และแคนาดา แล้วบิน ลาเต็น ก็ควบคุมเด็กของเขาจากที่ไหนก็ไม่รู้ ที่ห่างกันครึ่งโลกเห็นจะได้”^๓ และในที่สุดสหรัฐอเมริกาก็โดนโจมตีที่ตึกเวิร์ลเทรดและตึกเพนตากอน ซึ่งการกระทำในลักษณะนี้ยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นปัญหาให้สหรัฐอเมริกาต้องปวดหัวจนถึงปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยเองก็เกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้เหมือนกัน เช่น เหตุการณ์ความไม่สงบที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีการวางระเบิดก่อวินาศกรรมจรวดจรวดจรวดจากโทรศัพท์มือถือ โดยการสั่งการทางระบบสื่อสารต่าง ๆ ซึ่งยังไม่สามารถหาผู้สั่งการได้เท่าที่ทราบอยู่ในประเทศที่สาม

จากการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านสื่อต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดสงครามอีกสาขาหนึ่งคือ สงครามเครือข่าย ซึ่งเกิดจากภายในหน่วยงานต่าง ๆ มีการใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายและเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ที่มีความสามารถทางด้านคอมพิวเตอร์ (แฮกเกอร์)^๔ ที่ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตสามารถล้วงข้อมูลที่สำคัญ หรือ ส่งไวรัสคอมพิวเตอร์เข้ากระทำกับระบบเครือข่ายของหน่วยงานต่าง ๆ ได้ เช่น “แฮกเกอร์ ของจีนได้วางแผนโจมตีต่อเว็บไซต์ของสหรัฐอเมริกา และระบบเน็ตเวิร์คเป็นเวลาหลายสัปดาห์ โดย เอฟบีไอ รายงานว่า จีน ใช้ไวรัสตัวใหม่ชื่อว่า เสือโคร่งเข้าระบบอินเทอร์เน็ตในการเล่นงานสหรัฐอเมริกา”^๕ และจากการที่ “จีนได้ขโมยระบบปฏิบัติการของดาวเทียมสหรัฐอเมริกาแล้ว ด้วยการแฮกเข้าไปในแล็บหนึ่งในหลาย ๆ แล็บที่ออกแบบมันขึ้นมา ให้เหมือนกับเป็นใครก็ไม่รู้มาจួយก็อปปี้อันหนึ่งของซอฟต์แวร์สำหรับดาวเทียมชื่อ OS/COMET ไปจากเซิร์ฟเวอร์ของแล็บวิจัยของกองทัพเรือในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ.๒๐๐๐ แล้วจีนยังส่งสายลับเข้าไปในสถานีสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินด้วย และได้สำเนาของอัลลิงค์ ซอฟต์แวร์สำคัญ รวมทั้งโค้ดของแท้ไป ตามมาจึงดำเนินการแฮกดาวเทียมสหรัฐอเมริกา เป็นผลให้ดาวเทียมสหรัฐอเมริกาเสีย

^๓ เบอร์โควิทซ์, บรูซ.: *The New Face of War*

^๔ การปฏิบัติการของสงครามแฮกเกอร์มีด้วยกันหลายระดับ ซึ่งกระทำกับคอมพิวเตอร์ ทั้งที่อยู่ในที่ตั้งและนอกที่ตั้ง มุ่งระดับความเสียหายตั้งแต่ให้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นอัมพาต เปิดๆ ปิดๆ เป็นระยะ หรือข้อมูลผิดพลาด ข้อมูลถูกขโมย เป็นต้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการทำการควบคุมได้ ตลอดจนพยายามบ่อนทำลายชื่อเสียงสถาบันหรือประเทศ ตลอดจนตัวผู้นำบุคคลสำคัญผ่านระบบอินเทอร์เน็ต อีกทั้งเพื่อมุ่งผลให้เกิดความเสียหาย หรือเข้าใจผิดได้ หรือระดับพื้นฐาน คือ ขโมยใช้บริการ ลักลอบใช้โทรศัพท์หรือเปลี่ยนตัวเลข

^๕ เบอร์โควิทซ์, บรูซ.: *The New Face of War*

การควบคุมไประยะหนึ่ง”^๖

จะเห็นว่าการบันทึกข้อมูลในระบบดิจิทัลนั้นมีจุดอ่อนในเรื่องการรักษาความปลอดภัย ที่จะต้องมีให้ข้อมูลรั่วไหลไปยังฝ่ายตรงข้าม มิเช่นนั้นข้าศึกจะล่วงรู้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ได้ เช่น “คัลลิสัน นักข่าวของสหรัฐอเมริกา อีริกได้เข้าไปทำข่าวแล้วคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กเสีย จึงไปหาซื้อคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่จากร้านขายคอมพิวเตอร์ในอิรัก ปรากฏว่าเจอคอมพิวเตอร์มือสองของพวก อัลไคด้า จึงซื้อมา และได้ทำการแกะข้อมูลเดิมที่อยู่ในเครื่อง ปรากฏว่าได้พบข้อมูลโดยละเอียดของการปฏิบัติการก่อการร้ายที่เก็บเอาไว้เป็นเวลานานสี่ปี ขององค์การก่อการร้าย ทั้งในอัฟกานิสถาน และในประเทศอื่น ๆ”^๗

การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ประโยชน์ในการสงคราม

ระบบการบังคับบัญชา ควบคุม สื่อสาร ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาระบบ C4ISR (Command Control Communication Computers Intelligence Surveillance and Reconnaissance) ในการบังคับบัญชา การควบคุม สื่อสาร บวกกับความรวดเร็วแม่นยำในการรวบรวมข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้ง และการเคลื่อนไหวของข้าศึก ซึ่งการสื่อสารจะเป็นในระบบคอมพิวเตอร์ไร้สาย และสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา มีความคล่องตัวสูง โดยการใช้เทคโนโลยี ๗ ด้าน คือ การจัดตั้งเครือข่ายเคลื่อนที่และยานความถี่ การเชื่อมโยงระบบเครือข่ายเซนเซอร์ ขีดความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่างดาวเทียม เครื่องบินสอดแนมไร้คนบิน และศูนย์บัญชาการ ระบบสายรับ-ส่งสัญญาณศักยภาพสูง ระบบปกป้องข้อมูลเครือข่าย และสุดท้ายระบบเครือข่ายประสานการยิงจรวดขีปนาวุธและอาวุธหนักต่าง ๆ

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก หรือ Global Positioning System (GPS) อันเป็นเทคโนโลยีการบอกตำแหน่งด้วยดาวเทียม เครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถบอกคุณได้ว่าอยู่ตรงไหนได้ในหน่วยของเมตร ด้วยการตีค่าสัญญาณที่ถูกส่งมาจากกลุ่มดาวเทียม ระบบนี้ก็จะทำงานด้วยวิธีการสามเหลี่ยม (Triangulation) เหมือนเดิม ด้วยหลักการเดิมไม่ผิดเพี้ยน ด้วยการคำนวณหาตำแหน่งแห่งที่ คุณเอาจุดที่ทราบตำแหน่งแล้วทั้งสามจุด และใช้คำนวณทางเรขาคณิต โดยครั้งแรกกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา เป็นผู้จัดส่งดาวเทียมชุดแรก โดยมีวัตถุประสงค์เบื้องต้นเพื่อสร้างระบบนำร่องและนำวิถีที่มีความแม่นยำสูง ใช้กับภารกิจทางทหารทุกด้านได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง และทุกสภาพอากาศ ในเวลาต่อมาจึงขยายระบบสู่ภาคเอกชน ปัจจุบันระบบจีพีเอสมีดาวเทียมในระบบ ๒๙ ดวง ซึ่งจะบอกตำแหน่งและแสดงบนแผนที่ดิจิทัลอย่างแม่นยำแน่นอน แล้วยังสามารถบอกความสูง (๓ มิติ) ได้อีกด้วย

^๖ เบอร์โควิทซ์, บรูซ.: *The New Face of War*

^๗ เบอร์โควิทซ์, บรูซ.: *The New Face of War*

จรวดความแม่นยำสูง ระบบอาวุธแบบ Joint Direct Attack Munition (JDAM) จรวดแบบนี้ประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณระบบจีพีเอส หน่วยวัดแรงเฉื่อยขนาดเล็ก และcriบบังคับทิศทางอีกหนึ่งชุด ไปติดบนระเบิดก็จะได้จรวดฉลาด (สมาร์ทบอมบ์) ในราคายอมเยา (ลูกละ ๑๖,๐๐๐ เหรียญ)^๘

เครื่อง Jam ระบบ GPS ในปี ค.ศ.๑๙๙๙ บริษัท Aviaconversia ของรัสเซียได้นำเอาอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ GPS ออกจำหน่าย “ราคาเครื่องละประมาณ ๔,๐๐๐ ดอลลาร์”^๙ ซึ่งสามารถสกัดสัญญาณ GPS ได้ในรัศมี ๑๕๐ – ๒๐๐ กิโลเมตร ด้วยกำลังส่งเพียง ๔-๘ วัตต์ ทำให้ยากในการตรวจพบและทำลาย หลังจากนั้นได้มีการเสนอขายชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าวในระบบอินเทอร์เน็ต “ในราคาเพียง ๔๐ ดอลลาร์”^{๑๐} ส่วนกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา ได้เร่งสร้างเครื่องตรวจจับระบบรบกวนสัญญาณ GPS ซึ่งสามารถระบุแหล่งที่มาได้อย่างชัดเจน ทางด้านออสเตรเลียก็กำลังจะพัฒนาวิธีป้องกันระบบสัญญาณ GPS แบบใหม่ วิธีการหนึ่งที่ใช้กันอยู่ในขณะนี้คือการเปลี่ยนย่านความถี่ของสัญญาณ แต่วิธีนี้ทำได้เฉพาะผู้ที่ควบคุมดาวเทียม GPS เท่านั้น ในช่วงต้นสงครามอิรักครั้งที่ ๒ สหรัฐอเมริกาได้โจมตีบริษัทเอกชนของรัสเซีย ว่าเป็นผู้ขายอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ GPS ให้กับอิรัก แต่บริษัทดังกล่าวได้ออกมาปฏิเสธว่าไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ระบบต่อต้านขีปนาวุธ รัฐบาลสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาระบบป้องกันขีปนาวุธ โดยประกาศถอนตัวจากสนธิสัญญา ABM ในสมัยประธานาธิบดี บุช ในช่วงกลางปี ค.ศ.๒๐๐๒ และเดินหน้าโครงการ National Missile Defense (NMD) เต็มตัวถึงแม้จะมีเสียงคัดค้านจากหลายฝ่ายก็ตาม ระบบป้องกันขีปนาวุธแห่งชาติ (NMD) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปกป้องดินแดนทั้ง ๕๐ รัฐของสหรัฐอเมริกา จากการโจมตีด้วยของฝ่ายศัตรู นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันประเทศพันธมิตรและกองกำลังของสหรัฐอเมริกา ที่ประจำการอยู่ในต่างประเทศอีกด้วย ส่วนประกอบของระบบประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๕ ส่วน ได้แก่

๑. Upgraded Early-warning Radar (UEWR) เป็นระบบตรวจจับขีปนาวุธและหัวรบที่พุ่งมายังสหรัฐอเมริกา ในช่วงกลางเส้นทาง ก่อนหน้าเรดาร์ XBR

๒. X-band/Ground-based Radar (XBR) เป็นระบบเรดาร์อเนกประสงค์ใช้สัญญาณเรดาร์ความถี่สูง ทำหน้าที่ตรวจจับและติดตามความเคลื่อนไหวของขีปนาวุธและหัวรบที่พุ่งเข้าใกล้ดินแดน

^๘ เบอร์โควิทซ์, บรูซ.: *The New Face of War*

^๙ รอฮีม ปรามาส : *FUTUREWAR & FIGHTING MACHINE สงครามอนาคต และนวัตกรรมทางทหาร*

^{๑๐} รอฮีม ปรามาส : *FUTUREWAR & FIGHTING MACHINE สงครามอนาคต และนวัตกรรมทางทหาร*

สหรัฐอเมริกา สามารถแยกแยะเป้าหมายได้ว่าเป็นหัวรบวงหรือหัวรบจริง และยังทำหน้าที่สนับสนุนกิจการของกระสวยอวกาศ และตรวจจับอุกกาบาตที่พุ่งมายังโลก

๓. Space-based Infrared System (SBIRS) เป็นระบบที่ใช้ดาวเทียมทั้งหมด ๒๔ ดวง แบ่งเป็น ๓ กลุ่มที่มีระดับวงโคจรเท่ากัน ดาวเทียม SBIRS จะสามารถตรวจจับขีปนาวุธได้ตลอดเส้นทาง ตั้งแต่ช่วงต้น ๆ ทำให้สามารถยิงอาวุธสกัดกั้นได้ก่อนหน้าที่ขีปนาวุธจะเดินทางเข้าถึงระยะทำงานของ XBR

๔. Ground-Based Interceptor (GBI) เป็นระบบอาวุธของ NMD ทำหน้าที่สกัดกั้นหัวรบของขีปนาวุธที่นอกชั้นบรรยากาศโลก

๕. Battle Management/Command , Control and Communication (BM/C3) เป็นเหมือนสมองของระบบ NMD ที่ควบคุมบัญชาการ ประสานการปฏิบัติต่าง ๆ ในระบบ สามารถสั่งการยิงสกัดกั้นขีปนาวุธได้ภายในเวลา ๒๐ นาที

บทสรุป

จะพบว่าการทำสงครามในขณะนี้ นั้น รูปแบบได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จะไม่มีการรบซึ่งหน้า ไม่มีแนวรบ กำลังรบต่าง ๆ กระจัดกระจายกันอยู่ ชัยชนะในสงครามไม่ชัดเจน เนื่องจากไม่สามารถทำลายเครือข่ายการสื่อสาร การบังคับบัญชา และกำลังรบทั้งหมดของฝ่ายตรงข้ามให้หมดสิ้นได้ จากการพัฒนาระบบอาวุธของประเทศมหาอำนาจที่มีทุนในการดำเนินการ ทำให้เทคโนโลยีทางการทหาร และระบบอาวุธมีศักยภาพสูง ใช้กำลังพลน้อย สามารถทำลายฝ่ายตรงข้ามได้โดยไม่ต้องเคลื่อนพล

เมื่อพิจารณาจากรูปแบบของสงครามที่เปลี่ยนแปลงไป และระบบอาวุธที่ทันสมัยของประเทศมหาอำนาจแล้วนั้น วิธีที่ประเทศเล็ก ๆ จะสามารถต่อสู้กับประเทศมหาอำนาจในอนาคตได้ ก็คงจะมีแต่การรบแบบแอบซุ่มโจมตี ซึ่งการรบในรูปแบบนี้ จะไปสนับสนุนในการทำสงครามที่เรียกว่า สงครามก่อการร้าย ที่ใช้อาวุธและเทคโนโลยีในราคาถูก แต่การต่อสู้กับมันอาจต้องใช้งบประมาณมหาศาล ซึ่งในความคิดของผู้เขียนแล้วการที่จะได้มาซึ่งชัยชนะในสงครามแบบนี้ นั้น ไม่ใช่การใช้กำลังทางทหารเข้าทำลายฝ่ายตรงข้ามแต่เพียงอย่างเดียว เพราะเมื่อศัตรูกลับมามีกำลังอีกจะต่อสู้กลับอย่างแน่นอน ดังนั้นเราต้องเอาชนะจิตใจและจิตใจสำนึกของเขาด้วย แล้วเราจะได้มาซึ่งชัยชนะอย่างสมบูรณ์

บรรณานุกรม

รอฮีม ปรามาส : สงครามอนาคต และนวัตกรรมทางการทหาร ๑. กรุงเทพฯ : มติชน ๒๕๕๗.

รอฮีม ปรามาส : **FUTUR & FIGHTING MACHINE WAR** สงครามอนาคต และนวัตกรรมทางการทหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน ๒๕๕๗

BERKOWITZ, BRUCE : **THE NEW FACE OF WAR** โฉมใหม่ของสงครามยุคดิจิทัล แปลโดย สรศักดิ์ สุนงกช กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ อนิเมท กรุ๊ป ๒๕๕๗.

<http://www.iwar.org.uk/iwar/resources/belvoir-iw-course/infocfront.htm>, November 24, 2004.

<http://www.fas.org/irp/wwwinfo.html>, November 24, 2004.

<http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/barnett/b5toc>, November 24, 2004.

<http://www.rand.org/publications/reviews.html>, December 2, 2004.



ประวัติย่อของผู้เขียน

ชื่อ ร.อ.นฤพล วีระจิตต์

วันเดือนปีเกิด ๔ พฤศจิกายน ๒๕๑๗

การศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย รร.สาธิต มหาวิทยาลัยบูรพา
นักเรียนเตรียมทหาร รุ่นที่ ๓๔
นักเรียนนายเรือ รุ่นที่ ๙๑
โรงเรียนนายทหารพรคนาวิน รุ่นที่ ๔๙

หลักสูตรการศึกษาที่สำคัญ นายทหารสื่อสาร ระยะเวลา ๑๐ สัปดาห์ สส.ทร
ต้นปืน กฝร.กร.
หลักสูตรการตรวจเรือชั้นต้น และชั้นสูง จัสแมคไทย

ประวัติการทำงาน ประจำแผนกข่าว กยพ.กร.
นสส.ร.ล.ปืนเกล้า
ตท.ร.ล.ส่องลม
นกว.ร.ล.ส่องลม
ตร.ร.ล.ส่องลม
ผบ.เรือ.ต.๑๓

ประวัติเกี่ยวกับการศึกษา เรื่อง Information Warfare

- หลักสูตรนายทหารสื่อสาร สส.ทร.

การเปรียบเทียบค่า BOD ในน้ำทิ้งจากอาคารโดยการใช้ถังกรองไร้อากาศกับ ถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ

(Comparison of BOD values in wastewater treated by Anaerobic Filter and by
wastewater storage tank of RTNA)

น.อ. สบสุข สิละบุตร
อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ.

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) ในน้ำทิ้งจากอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ โดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศเป็นตัวเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำทิ้ง กับการย่อยสลายโดยวิธีปกติธรรมดาทั่วไปในถังเก็บน้ำเสีย อาคารนอน ๓ ซึ่งผลการทดลองพบว่า ถังกรองไร้อากาศที่สร้างขึ้น (Model) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายทำให้การบำบัดน้ำเสียทำได้เร็วขึ้น และค่า BOD ลดต่ำกว่าในถังเก็บน้ำเสีย อาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ สามารถบำบัดน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ดีขึ้น โดยประสิทธิภาพของแบบจำลองถังกรองไร้อากาศในการกำจัดค่า BOD สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถังเก็บน้ำเสียอาคารนอน ๓ คิดเป็นร้อยละ ๔๖.๒ โดยใช้ช่วงเวลาการกักเก็บน้ำเสียในถังกรองไร้อากาศเป็นระยะเวลา ๒ วัน

๑. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้น้ำย่อมมากขึ้นตามโดยลำดับ ทำให้เกิดน้ำเสียจากการอุปโภคบริโภค เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน โดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ๘๕ ของการใช้น้ำทั้งหมด^๑ ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นหากมีปริมาณมากเกินกว่าระบบในทางธรรมชาติจะรองรับได้ ย่อมทำให้เกิดน้ำเน่าเสียทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่ลำธารสาธารณะ^๒

ค่า BOD เป็นค่าที่นิยมใช้แสดงความสกปรกของน้ำเสีย และยังมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโดยทางชีวภาพ สามารถบ่งชี้ถึงค่าภาระอินทรีย์ (Organic loading) และยังใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย^๓

^๑ การคำนวณน้ำทิ้งของ กทม. โดยใช้แฟกเตอร์ ๐.๘๕ คูณปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวัน

^๒ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๘ (พ.ศ. ๒๕๓๕) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

^๓ เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย. ๒๕๓๙. หน้า ๓๘.

โรงเรียนนายเรือมีการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยเดือนละ ๑๐,๐๘๒ ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นน้ำทิ้งในแต่ละวันโดยเฉลี่ยประมาณ ๒๕๐ – ๓๐๐ ลูกบาศก์เมตร^๔

ในกรณีศึกษาการเปรียบเทียบค่า BOD ในถังเก็บน้ำเสีย อาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือกับถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) โดยการออกแบบ (Model) ขนาด ๓๕ x ๕๐ x ๓๐ ซม.(กว้าง x ยาว x สูง) ตามรูปที่๑ ซึ่งในรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไป

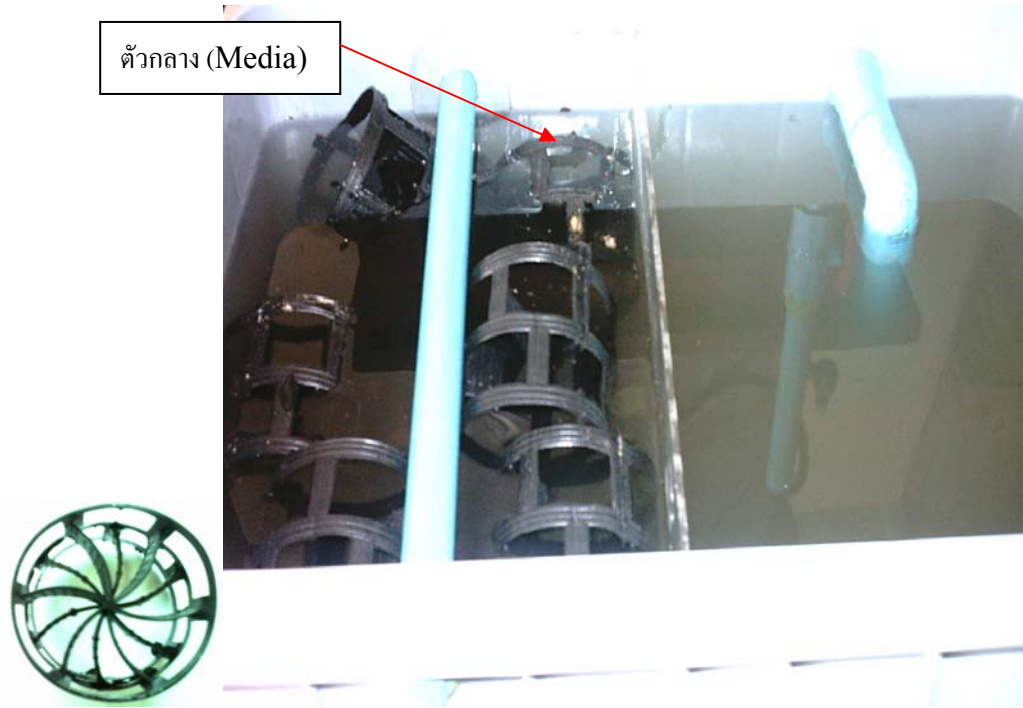


รูปที่ ๑ แสดงแบบจำลองถังไร้อากาศ

๒. หลักการออกแบบ

ถังกรองไร้อากาศ มีรูปลักษณะตามภาพที่ปรากฏ (รูปที่๑) โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์จะเกาะอยู่บนบริเวณผิวของตัวกลาง (Media) และบางส่วนจะอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียภายในถัง ตัวกลางที่สามารถใช้ได้คือ พวกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ ได้แก่ ก้อนหิน พลาสติก อิฐ ยาง ดินเผา เป็นต้น สำหรับขนาดของตัวกลางไม่ควรมีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย หากขนาดและปริมาณไม่เหมาะสม ในการทดลองนี้ใช้ตัวกลางทำจากพลาสติก มี เส้นผ่านศูนย์กลาง ๘.๕ ซม. สูง ๘.๕ ซม. ตามรูปที่๒ จำนวน ๑๒ อันต่อปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้ามาในถังจำนวนประมาณ ๕๐ ลิตร

^๔จากบทความ การนำน้ำทิ้งจากอาคารมาใช้ประโยชน์ วารสารโรงเรียนนายเรือ ปีที่ ๕ ฉบับที่๒ (เดือนเมษายน-มิถุนายน ๒๕๕๘) หน้า ๔๑.



รูปที่ ๒ แสดงแบบตัวกลาง (Media) ในถังกรองไร้อากาศที่ใช้ทดลอง

การทดลองใช้เวลาในการกักเก็บน้ำเสีย ๒ วัน (เวลากักเก็บน้ำของถังกรองไร้อากาศประมาณ ๗ วันขึ้นไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงขึ้น) โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ สามารถกำจัด BOD_5 ให้ลดลงเหลือได้ไม่ต่ำกว่า 30 mg/l^5 สำหรับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร มีค่าตามเกณฑ์ต่าง ๆ ดังตารางต่อไปนี้

^๕จากผลงานวิจัยของ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ และ เพ็ชรพร เขาวงกัจเจริญ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากถังบำบัดแบบแอนแอโรบิค

ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด						
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้ง				
		ก	ข	ค	ง	จ
๑. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	-	๕-๙	๕-๙	๕-๙	๕-๙	๕-๙
๒. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๓๐	ไม่เกิน ๔๐	ไม่เกิน ๕๐	ไม่เกิน ๒๐๐
๓. ปริมาณของแข็ง - ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน ๓๐	ไม่เกิน ๔๐	ไม่เกิน ๕๐	ไม่เกิน ๕๐	ไม่เกิน ๖๐
- ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน ๐.๕	ไม่เกิน ๐.๕	ไม่เกิน ๐.๕	ไม่เกิน ๐.๕	-
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	มก./ล.	ไม่เกิน ๕๐๐*	ไม่เกิน ๕๐๐*	ไม่เกิน ๕๐๐*	ไม่เกิน ๕๐๐*	-
๔. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน ๑.๐	ไม่เกิน ๑.๐	ไม่เกิน ๓.๐ -	ไม่เกิน ๔.๐	-
๕. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ทีเค เอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน ๓๕	ไม่เกิน ๓๕	ไม่เกิน ๔๐	ไม่เกิน ๔๐	-
๖. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๑๐๐
<p>หมายเหตุ : ๑.วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทั้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้</p> <p>๒. โรงเรียนทางราชการ มีพื้นที่ใช้สอยรวมตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตร.ม.ขึ้นไป จัดอยู่ในประเภท ก.</p> <p>*เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำตามปกติ</p> <p>แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทั้งจากอาคาร บางประเภท และบางขนาด ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม ๑๑๑ ตอนพิเศษ ๙๖ ลงวันที่ ๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๓๗</p>						

๓. ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยใช้ถังกรองไร้อากาศกับน้ำเสียในถังเก็บอาคารนอน ๓ ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะใช้ค่า BOD เป็นเกณฑ์หลักในการพิจารณา เนื่องจากจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสีย ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใดและมี ค่าเกินเกณฑ์จากค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารที่กำหนดหรือไม่อย่างไร เนื่องจากกิจกรรมการใช้น้ำใน แต่ละวันย่อมอาจทำให้คุณภาพน้ำเสียแตกต่างกันบ้าง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะทำการสูมตัวอย่างน้ำเสียเป็น Batch จำนวนทั้งหมด ๓ ครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

๓.๑ เก็บตัวอย่างน้ำจากถังเก็บน้ำเสียอาคารนอน ๓ แต่ละครั้งจะแบ่งตัวอย่างน้ำเสียออกเป็น ๒ ส่วน ส่วนที่หนึ่งเก็บไว้ในถังเก็บตัวอย่างปิดอย่างมิดชิด และอีกส่วนหนึ่งนำไปผ่านระบบถังกรองไร้อากาศที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้ระยะกักเก็บน้ำเสีย (HRT)^๖ ที่ทำการทดลอง ๒ วัน

๓.๒ ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์^๗ จำนวน ๑๐ กรัม ต่อ น้ำ ๑ ลูกบาศก์เมตร บริเวณที่บรรจุตัวกลาง ภายหลังจากน้ำเสียเข้าเต็มถังกรอง

๓.๓ เมื่อครบกำหนดการกักเก็บน้ำเสีย ๒ วัน ทำการดันน้ำเสียออกจากระบบทางท่อส่งออก เท่ากับจำนวนน้ำที่มีอยู่ในระบบพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังผ่านระบบถังกรองไร้อากาศและตัวอย่างน้ำเสียในถังเก็บส่วนที่หนึ่ง (ตามข้อ๓.๑) เพื่อนำไปทดสอบค่า pH, อุณหภูมิ และค่า BOD

๓.๔ ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ ๓.๑ – ๓.๓ รวมทั้งหมด ๓ ครั้ง

๔. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

รายการ	ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากอาคาร เดือน ธันวาคม ๒๕๕๘					
	ครั้งที่๑		ครั้งที่๒		ครั้งที่๓	
	*	**	*	**	*	**
๑. BOD (mg/l)	๓๑.๕	๒๐.๒	๓๐.๕	๒๒.๕	๖๔.๕	๒๕.๕
๒. pH (๕-๙)	๗.๐	๖.๘	๖.๙	๖.๙	๖.๘	๖.๙
๓. T °C	๓๒	๓๑	๒๗	๒๗	๒๔	๒๔

แหล่งที่มา : กรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ

หมายเหตุ : * เป็นตัวอย่างน้ำเสียส่วนที่หนึ่งที่เก็บไว้ในถังเก็บตัวอย่างปิดอย่างมิดชิด ซึ่งเป็นตัวแทนน้ำเสียในถังเก็บของอาคารนอน ๓

** เป็นตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ

^๖ HRT หมายถึง Hour retention Time

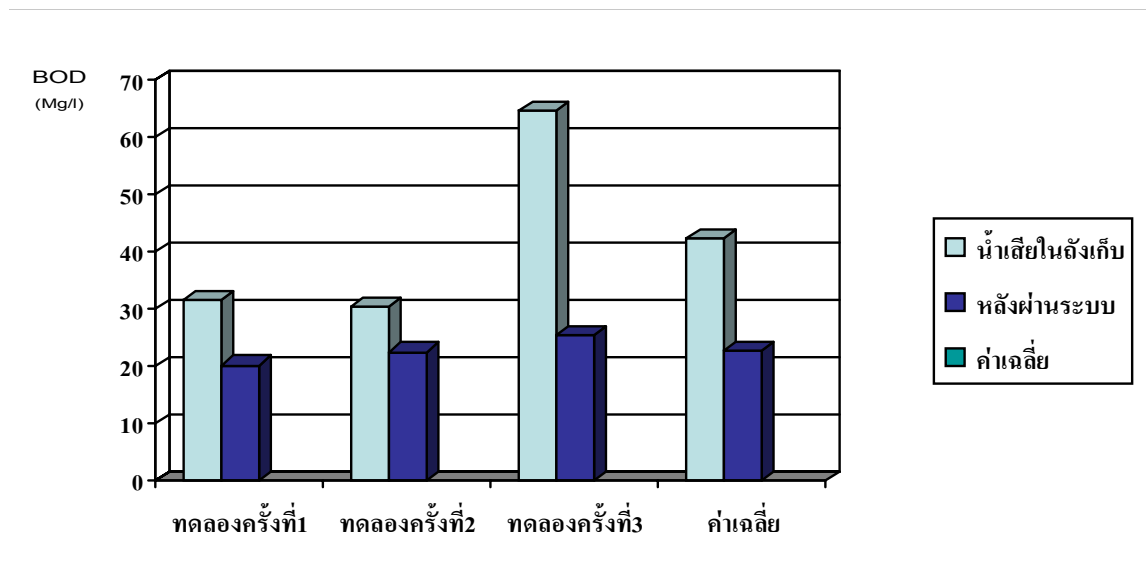
^๗ หัวเชื้อจุลินทรีย์ประกอบด้วย *Saccharomyces cerevisiae* , *Streptococcus faecium* , *Lactobacillus spp.* , *Bacillus spp.* , and *Organic enzyme*.

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า BOD ภายหลังจากผ่านระบบถังกรองไร้อากาศมีค่าลดต่ำกว่าน้ำเสียในถังเก็บตัวอย่างทั้ง ๓ ครั้งการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำเสียในถังเก็บตัวอย่าง ๔๒.๒ mg/l ค่าเฉลี่ยหลังผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ ๒๒.๗ mg/l และมีค่าลดลงโดยเฉลี่ย ๑๙.๕ mg/l

ค่า pH อยู่ในช่วงเกณฑ์กำหนด (๕-๙) โดยมีค่าใกล้เคียงกัน

ค่าอุณหภูมิ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองแต่ละ Batch โดยมีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่ากันในการทดลองแต่ละครั้ง

จากตารางสามารถเขียนกราฟเปรียบเทียบค่า BOD น้ำเสียในถังเก็บตัวอย่างและภายหลังจากผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ และค่าเฉลี่ย ดังแสดงตามแผนภาพที่ ๑



แผนภาพที่ ๑ แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า BOD น้ำเสียในถังเก็บตัวอย่างและหลังผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ

๕. สรุป

ผลการทดลองสรุปได้ว่าน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยผ่านถังกรองไร้อากาศและใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย จะทำให้ค่า BOD ของน้ำเสียนั้น ลดต่ำลงโดยเฉลี่ย ๑๙.๕ mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียในถังเก็บตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ โรงเรียนนายเรือ

ประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศที่สร้างขึ้น (Model) ในการกำจัดค่า BOD มีค่าเท่ากับ
ค่า BOD เฉลี่ย น้ำเสียในถังเก็บตัวอย่าง - ค่า BOD เฉลี่ยที่ผ่านระบบถังกรองฯ X ๑๐๐
 ค่า BOD เฉลี่ยน้ำเสียในถังเก็บตัวอย่าง

$$= \frac{๔๒.๒ - ๒๒.๗}{๔๒.๒} \times ๑๐๐$$

$$= ๔๖.๒ \%$$

∴ ถังกรองไร้อากาศ(Model)มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD สูงกว่า ร้อยละ ๔๖.๒ เมื่อเทียบกับน้ำเสียในถังเก็บตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓

๖. อภิปรายผล

๖.๑ อุณหภูมิ การทดลองนี้ได้ดำเนินการทดสอบในช่วงเดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๘ ซึ่งมีอากาศค่อนข้างเย็นจึงทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าช่วงเกณฑ์ที่เหมาะสม (๒๘-๓๒ °C) ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำลดต่ำลงด้วย ดังจะเห็นได้จากการทดลองครั้งที่ ๓ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำลงที่ ๒๔ °C ทำให้ค่า BOD จากผลการทดลองสูงกว่าการทดลองสองครั้งแรก แต่เนื่องจากการทดลองอยู่ในเงื่อนไขหรือสภาวะเดียวกัน จึงไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบค่า BOD ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำของทั้งสองระบบ

๖.๒ ค่า pH โดยเฉลี่ยมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงราว ๖.๘-๗.๐ ซึ่งเป็นผลดีต่อคุณภาพน้ำทิ้ง หากมีสภาพเป็นกรดมากจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของน้ำเสียนรุนแรงมากยิ่งขึ้น

๖.๓ ค่า BOD จากการผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ จะมีค่าน้อยกว่าที่ไม่ได้ผ่านระบบดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากระบบการออกแบบถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกลาง (Media) ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ ที่เติมลงไปในระบบ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่า น้ำเสียในถังเก็บน้ำเสียของอาคารนอน ๓ จึงทำให้ค่า BOD ที่ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศมีค่าลดลง ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยของคุณภาพและปริมาณของน้ำเสียในแต่ละวัน ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย และขนาดของถังบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะต้องออกแบบให้สอดคล้องกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด รวมทั้งลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำบัดให้น้อยที่สุด

๗. ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้สร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ ต้นทุนต่ำโดยไม่ต้องกวนน้ำหรือติดตั้งเครื่องเป่าอากาศ น้ำเสียที่ผ่านระบบการกรองนี้จะมีคุณภาพเป็นไป

ตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมที่เหมาะสมได้ต่อไป เท่ากับเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า ประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย รวมทั้งยังได้รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ยืนยาวสืบต่อไป

^๔ เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย. ๒๕๓๙. หน้า ๒๔๓.

เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย, มิตรนราการพิมพ์, ๒๕๓๙.

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, เสริมพล รัตสุข. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ๒๕๒๔.

Gasim, Syed R. Wastewater treatment plant.” 2 nd ed. Florida : CRC Press ; 1999.

Grady, C.P.Leslie ; Daiqger, Glen T. ; Lim, Henry C ; Biological wastewater treatment.

2 nd ed.Newyork : Marcel Dekker; 1998.

Fuel Cells ขุมพลังแห่งอนาคต

น.ต.ธนพงษ์ สุริยะ

อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

ปัจจุบันสถานการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ภายในประเทศ และใช้ทั่วโลกเข้าขั้นวิกฤตอย่างหนัก เพราะราคาน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซิน ค่าออกเทน ๙๕ น้ำมันเบนซินค่าออกเทน ๙๑ หรือแม้แต่ราคาน้ำมันดีเซล ได้ขยับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ยังไม่รวมราคาก๊าซหุงต้มที่มีทิศทางจะขยับตัวสูงขึ้นเช่นกัน จนถึงปัจจุบัน ราคาน้ำมันเบนซินออกเทน ๙๕ และ ๙๑ เขยิบราคาจากราคา ๙ บาทกว่าขึ้นมาอยู่ที่ราคาเกือบจะถึง ๒๕ บาทแล้ว เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะเห็นว่าราคาน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ ๒๗๕% ราคาน้ำมันดีเซลก็มีแนวโน้มที่จะไปในทางเดียวกัน และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่

เราทราบกันดีอยู่แล้วว่า น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักที่ใช้ในการพัฒนาประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง การค้าขายในอนาคต ถ้าสถานการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักยังเป็นเช่นนี้อยู่ ลองจินตนาการดูว่าอะไรจะเกิดขึ้น เราคงต้องปิดไฟในเวลาทำงานโดยใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์แทนแสงสว่างจากไฟฟ้า ใช้ลมธรรมชาติแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ ใช้รถจักรยานแทนการใช้รถยนต์ หรือแม้กระทั่งใช้แพในการขนส่งสินค้าแทนการใช้เรือและเครื่องบิน

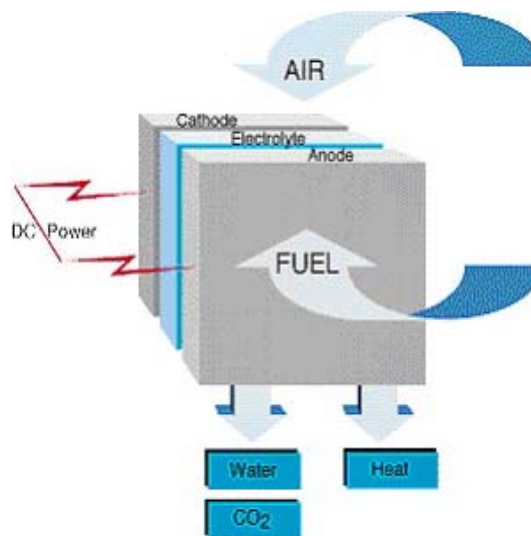
ปัจจุบันมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ปิดไฟดวงที่ไม่จำเป็น ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยง ขับรถให้มีความเร็วไม่เกิน ๙๐ กม./ชม. โครงการรวมพลังหาร ๒ หรือการหาพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการใช้แก๊สโซฮอลล์ ไบโอดีเซล แทนการใช้น้ำมันเบนซินและดีเซล ถึงแม้จะยังไม่เต็มรูปแบบก็ตามที

เมื่อไม่นานมานี้ในต่างประเทศไม่ว่าจะเป็นสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เยอรมัน สเปน ประเทศในแถบยุโรปต่าง ๆ หรือแม้แต่ประเทศญี่ปุ่น ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งที่มาของพลังงานทดแทน ซึ่งจะนำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักอยู่ชนิดหนึ่งนั่นคือ Fuel Cells หรือเรียกง่าย ๆ ว่า “เซลล์เชื้อเพลิง” ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ Fuel Cells เช่นกัน เช่น กฟผ. แต่อาจจะยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ผู้เขียนคิดว่า Fuel Cells เป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจจึงได้นำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับ Fuel Cells ให้ทราบ เพื่อจะได้ใช้เป็นพื้นฐานความรู้ และเป็นข้อมูลในการศึกษาอย่างละเอียดในอนาคตสำหรับผู้ที่มีความสนใจต่อไป

Fuel Cells คืออะไร

Fuel Cells คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical) ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์เตจต่ำ ประสิทธิภาพสูง (Fuel Cell ที่มีขนาดเล็กจะผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.5 – 0.9 Volts DC) โดยใช้กระบวนการ Oxidation พื้นฐานการทำงานของ Fuel Cells จะมีการทำงานเหมือนแบตเตอรี่ แต่จะแตกต่างจากแบตเตอรี่ตรงที่ แบตเตอรี่จะมีระยะเวลาการใช้งานที่ไม่ยาวนานนัก ต้องมีการชาร์จไฟใหม่เมื่อแบตเตอรี่เริ่มหมด รวมถึงมีการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ด้วย แต่สำหรับ Fuel Cells สิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นจะไม่เกิดขึ้น

Fuel Cell จะผลิตพลังงานในรูปของกระแสไฟฟ้าและความร้อนได้อย่างต่อเนื่องและยาวนาน ตราบเท่าที่มีเชื้อเพลิงซึ่งมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนและอากาศส่งให้กับระบบ ลักษณะพื้นฐานของ Fuel Cells จะประกอบด้วย แผ่นขั้วไฟฟ้า (Electrode) ๒ แผ่น ซึ่งประกอบด้วยแผ่นขั้วไฟฟ้าบวก (Anode) และแผ่นขั้วไฟฟ้าลบ (Cathode) ประกบกันอยู่รอบตัว Electrolyte ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ ๑

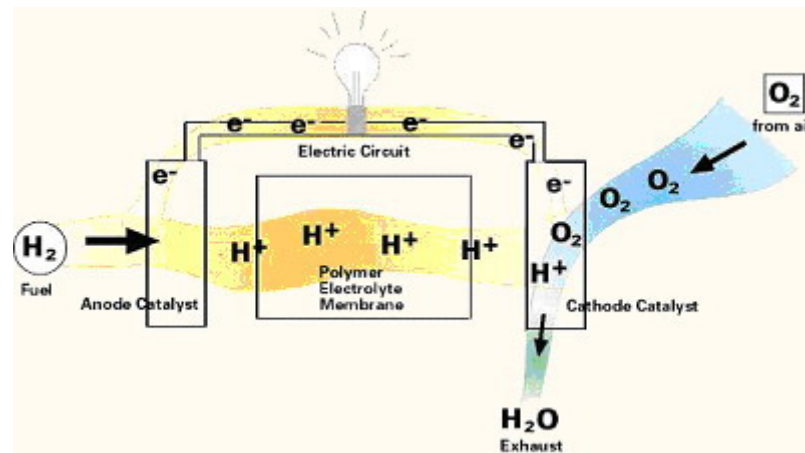


รูปที่ ๑ พื้นฐานของ Fuel Cells

Fuel Cell ทำงานอย่างไร

จากรูปพื้นฐานของ Fuel Cells จะเห็นว่าเชื้อเพลิงซึ่งจะมีไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบหลัก จะถูกส่งเข้าแผ่นขั้วไฟฟ้าขั้วบวกของ Fuel Cell และออกซิเจน ซึ่งได้จากอากาศจะผ่านเข้าสู่ Fuel Cell ทางแผ่นขั้วไฟฟ้าลบ ไฮโดรเจนจะถูกแยกออกเป็นไฮโดรเจนอะตอมบวก (Proton) และไฮโดรเจนอะตอมลบ (Electron) ซึ่งไฮโดรเจนอะตอมทั้งสองจะผ่านไปยังแผ่นขั้วไฟฟ้าบวก โดยไฮโดรเจนอะตอมบวกจะผ่านตัว Electrolyte ส่วนไฮโดรเจนอะตอมลบจะนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ก่อนที่จะไปยังแผ่นขั้วไฟฟ้าบวกเพื่อรวมตัวกับออกซิเจนที่แผ่นขั้วไฟฟ้าบวกทำให้ผลที่ได้จากการรวมตัวเกิดเป็นน้ำ ความร้อน

และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงและตัว Electrolyte ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน และผลที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวจะแตกต่างกันไปด้วย ลักษณะการทำงานของ Fuel Cells แสดงให้เห็นในรูปที่ ๒



รูปที่ ๒ การทำงานของ Fuel Cells

เชื้อเพลิงที่ใช้กับ Fuel Cells จะเป็นเชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเป็นหลัก ซึ่งอาจจะมาจากก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) เมทานอล (Methanol) น้ำมันเบนซิน หรือเชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเป็นหลักชนิดอื่นก็ได้ ระบบ Fuel Cells เป็นระบบที่ใช้พลังงานทางเคมีเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ระบบดังกล่าวจะไม่มีมลพิษเกิดขึ้น เมื่อไม่มีการเผาไหม้เกิดขึ้น ทำให้ปัญหามลพิษต่าง ๆ ที่ตามมา เช่น การเกิด CO , NO_x , CO_x ไม่เกิดขึ้น จึงนับได้ว่าระบบ Fuel Cells เป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด (Clean Energy)

ชนิดของ Fuel Cells

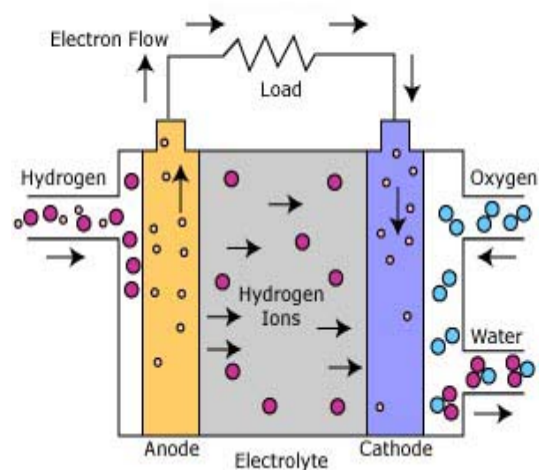
Fuel Cells ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกันตามลักษณะการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

- Phosphoric Acid Fuel Cells (PAFC)
- Proton Exchange Membrane or Solid Polymer Fuel Cells (PEMFC)
- Molten Carbonate Fuel Cells (MCFC)
- Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)
- Alkaline Fuel Cells (AFC)

- Methanol Fuel Cells (DMFC)
- Zinc Air Fuel Cells (ZAFC)
- Protonic Ceramic Fuel Cells (PCFC)
- Regenerative Fuel Cells

Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

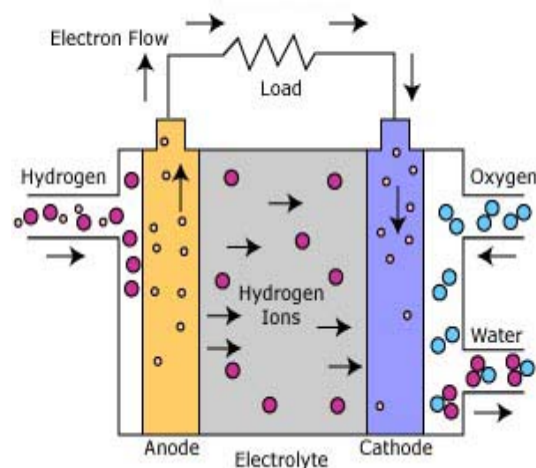
Fuel Cells ชนิดนี้ใช้กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) เป็นตัว Electrolyte ในปัจจุบันเป็นชนิดที่ได้รับการพัฒนามากที่สุด โดยระบบของ Fuel Cells ชนิดนี้ ปัจจุบันมีมากกว่า ๒๐๐ ระบบที่ถูกติดตั้งตามที่ต่างๆทั่วโลก โดยทั่วไปแล้ว Fuel Cells ชนิดนี้ถูกใช้งานในด้านอุตสาหกรรม และสามารถประยุกต์ใช้งานกับสถานที่ต่างๆ เช่น โรงพยาบาล โรงแรม โรงเรียน บ้านพัก โรงไฟฟ้า ห้างสรรพสินค้า ได้เช่นกัน Fuel Cells ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงได้มากกว่า ๔๐% และอาจจะสูงถึง ๘๕% ถ้าหากนำเอาไอน้ำที่เกิดจากระบบ Fuel Cells ชนิดนี้ไปใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าร่วม (Cogeneration) อุณหภูมิการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้อยู่ที่ 30 - 400 F (150 - 200 °C) เมื่อเปรียบเทียบกับ Fuel Cells ชนิดอื่น ๆ แล้ว Fuel Cells ประเภทนี้จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า ลักษณะของ Fuel Cells จะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากด้วย ลักษณะและการทำงานของ Phosphoric Acid Fuel Cell แสดงให้เห็นในรูปที่ ๓



รูปที่ ๓ Phosphoric Acid Fuel Cell

Proton Exchange Membrane or Solid Polymer Fuel Cells (PEMFC)

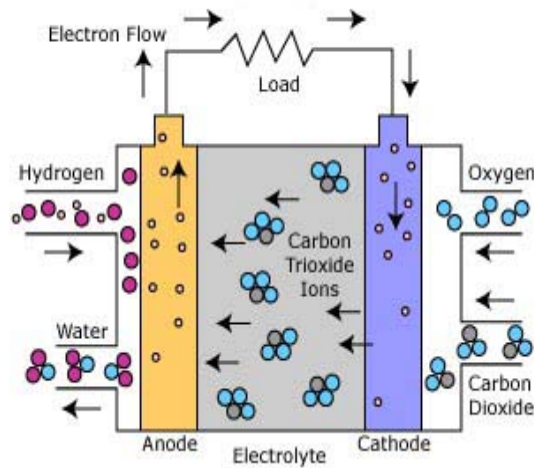
Fuel Cells ชนิดนี้จะมีอุณหภูมิในการทำงานที่ค่อนข้างต่ำประมาณ 175 F หรือ 80 °C แต่สามารถให้ความหนาแน่นของพลังงาน (High Power Density) ได้สูง ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานทางออกได้ทันทีตามความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า (พลังงานทางออกอยู่ที่ประมาณ 50-250 kW) Fuel Cells ชนิดนี้มักนิยมนำไปใช้งานกับรถยนต์ขนาดเล็กเบา อาคารสำนักงาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแบตเตอรี่ชาร์จไฟได้ Fuel Cells ชนิดนี้ใช้ Solid Organic Polymer ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกบางเป็นตัว Electrolyte การทำงานจะคล้ายกับ Phosphoric Acid Fuel Cell ลักษณะและการทำงานของ Proton Exchange Membrane or Solid Polymer Fuel Cells แสดงให้เห็นในรูปที่ ๔



รูปที่ ๔ Proton Exchange Membrane or Solid Polymer Fuel Cells

Molten Carbonate Fuel Cells (MCFC)

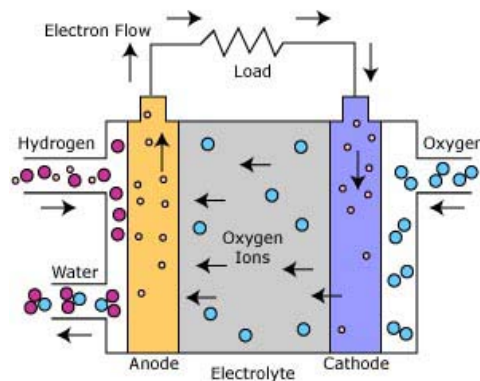
Fuel Cells ชนิดนี้ใช้สารละลายของเหลวของลิเทียม โซเดียม และหรือโปตัสเซียม คาร์บอเนต เป็นตัว Electrolyte ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าโดยตรงของ Fuel Cells ชนิดนี้มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงประมาณ ๖๐% และอาจสูงถึง ๘๕% ในระบบการผลิตไฟฟ้าร่วม อุณหภูมิการทำงานมีค่าสูงประมาณ 1200 F หรือประมาณ 650 °C สำหรับ Fuel Cells ชนิดนี้สามารถใช้เชื้อเพลิงในการทำงานได้หลายชนิด โดยพลังงานที่สามารถทำได้อยู่ที่ 10 kW ถึง 26 MW โดยเป้าหมายการใช้งานของ Fuel Cells ประเภทนี้จะเน้นการใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประเทศญี่ปุ่นและอิตาลี สามารถทำสำเร็จแล้ว ลักษณะและการทำงานของ Molten Carbonate Fuel Cells แสดงให้เห็นตามรูปที่ ๕



รูปที่ ๕ Molten Carbonate Fuel Cell

Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)

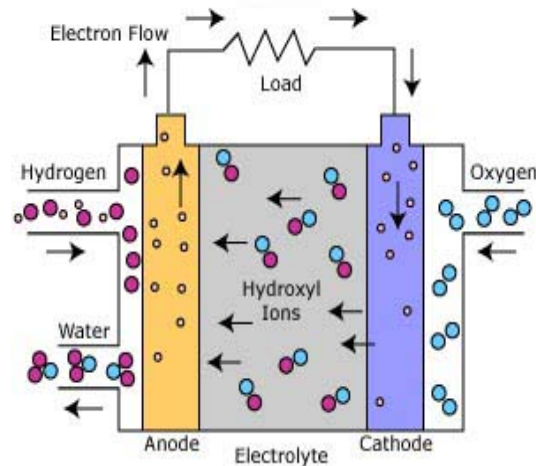
Fuel Cells ชนิดนี้ โดยทั่วไปจะถูกพัฒนานำไปใช้งานในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก หรือโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ผู้พัฒนาบางราย นำ Fuel Cells นี้มาใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ มักนิยมใช้โลหะ Ceramic ของ Solid oxide เป็นหลัก ร่วมกับ Yttria (ธาตุชนิดหนึ่ง) ในการประกอบกันเป็นตัว Electrolyte อุณหภูมิช่วงการทำงานอยู่ในช่วง 1830 F หรือประมาณ 1000 °C ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงประมาณ ๖๐% และอาจสูงถึง ๘๕% ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้ารวม กำลังงานที่ออกจาก Fuel Cells ชนิดนี้สูงถึง 100 kW แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนา Fuel Cells ชนิดนี้จนมีกำลังงานที่ส่งออกมาสูงถึง 220 kW แล้ว ลักษณะและการทำงานของ Solid Oxide Fuel Cells แสดงให้เห็นในรูปที่ ๖



รูปที่ ๖ Solid Oxide Fuel Cell

Alkaline Fuel Cells (AFC)

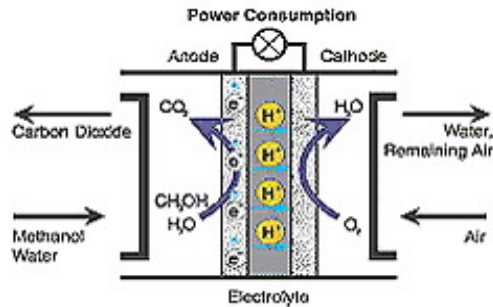
Fuel Cells ชนิดนี้ถูกใช้มาเป็นระยะเวลายาวนานในงานด้านการส่งยานอวกาศขององค์การ NASA Fuel Cells ชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพในด้านกำลังงานสูงถึง ๗๐% ในยานอวกาศ Apollo จะใช้ประโยชน์จาก Fuel Cells ชนิดนี้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และทำน้ำดื่ม อุณหภูมิการทำงานของ Fuel Cells ชนิดนี้อยู่ในช่วง 150 - 200 °C (300 - 400 F) Fuel Cells ชนิดนี้ใช้สารละลายของ Alkaline Potassium Hydroxide เป็นตัว Electrolyte กำลังงานที่ออกจาก Fuel Cells ชนิดนี้อยู่ระหว่าง 300 Watts ถึง 5 kW Fuel Cells ชนิดนี้มีค่าใช้จ่ายสูงในการนำไปประยุกต์ใช้งานทั่วไป ลักษณะและการทำงานของ Alkaline Fuel Cells แสดงให้เห็นในรูปที่ ๗



รูปที่ ๗ Alkaline Fuel Cells

Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)

Fuel Cells ชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับ Proton Exchange Membrane Fuel Cells คือใช้แผ่นโพลีเมอร์เป็นตัว Electrolyte อย่างไรก็ตาม ใน Fuel Cells ชนิดนี้ตัวมันเองจะทำหน้าที่เหมือนขั้วไฟฟ้าบวกโดยจะดูดไฮโดรเจนอะตอมจากเชื้อเพลิงเมทานอลเหลว ประสิทธิภาพด้านกำลังงานประมาณ ๔๐% ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานอยู่ในช่วง 120 - 170 F หรือประมาณ 90 - 100 °C ช่วงอุณหภูมิของการทำงานที่ต่ำนี้ จึงทำให้มักนิยมประยุกต์ใช้ Fuel Cells ชนิดนี้กับโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ Notebook Fuel Cells ชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงเพิ่มมากขึ้น ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานสูงขึ้นตามไปด้วย ในปัจจุบันได้มีการใช้งาน Fuel Cells ชนิดนี้ในทางทหารโดยการนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในสนามรบ ลักษณะและการทำงานของ Direct Methanol Fuel Cells แสดงให้เห็นในรูปที่ ๘



รูปที่ ๘ Direct Methanol Fuel Cells

Zinc-Air Fuel Cells (ZAFC)

Fuel Cells ชนิดนี้ใช้ของแข็ง Ceramic เป็นตัว Electrolyte สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในประสิทธิภาพที่สูงเมื่อใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอน Fuel Cells ชนิดนี้ทำงานที่อุณหภูมิ 700°C และใช้ Zinc เป็นขั้วไฟฟ้าบวก ขั้นตอนการทำงานของ Fuel Cells ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของ Proton Exchange Membrane Fuel Cells ถ้าจะกล่าวไปแล้ว Zinc-Air Fuel Cells เป็นเทคโนโลยีที่คล้ายกับการผลิตแบตเตอรี่ แต่มีความทนสมัยมากกว่าและให้พลังงานที่สูงกว่าพลังงานที่ได้จากแบตเตอรี่ การได้ประโยชน์จากอุณหภูมิการทำงานที่สูงนี้จะทำให้ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมีสามารถนำไปผลิตไอน้ำที่มีแรงดันสูงซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ได้ ในปัจจุบันได้นำ Fuel Cells ชนิดนี้ไปใช้งานด้านการทหารบ้างแล้วโดยการนำไปใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

Protonic Ceramic Fuel Cells (PCFC)

Fuel Cells ชนิดนี้เป็น Fuel Cells ชนิดใหม่ที่มีการพัฒนาขึ้น ใช้วัสดุ Ceramic เป็นตัว Electrolyte ใช้อุณหภูมิในการทำงานสูงประมาณ $700 - 750^{\circ}\text{C}$ การได้ประโยชน์จากอุณหภูมิการทำงานที่สูงนี้สามารถนำไปใช้ในลักษณะเดียวกันกับการใช้ประโยชน์ของ Molten Carbonate Fuel Cells และ Solid Oxide Fuel Cells

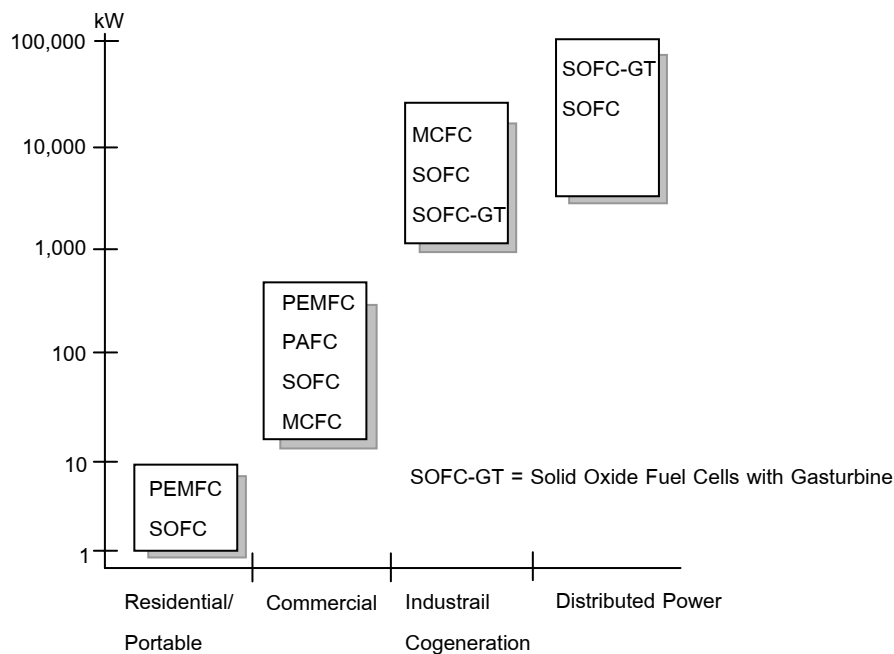
Regenerative Fuel Cells

ถือได้ว่าเป็น Fuel Cells น้อยใหม่ในตระกูล Fuel Cells ทั้งหลาย Fuel cells ชนิดนี้จะเป็น Fuel cells ที่ได้จากวัฏจักรปิด (Closed Loop) ในขั้นตอนการผลิตพลังงาน คือน้ำจะถูกทำให้แตกตัวเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนด้วย Solar Powered Electrolyser ไฮโดรเจนและออกซิเจนที่แตกตัวจะถูกส่งเข้าไปใน Fuel cells ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ผลิตไฟฟ้า ความร้อนและน้ำ ออกมาตามลำดับ น้ำที่ได้จะถูกส่งกลับไปยัง Solar Powered Electrolyser เพื่อที่จะแตกตัวเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน

ต่อไปอีกครึ่งหนึ่งเป็นวงจรอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ อาจกล่าวได้ในอีกลักษณะหนึ่งว่า Regenerative Fuel Cells เป็น Fuel Cells ที่ใช้น้ำเป็นเชื้อเพลิงก็คงไม่ผิดมากนัก ในปัจจุบัน Fuel Cells ชนิดนี้ได้รับการวิจัยอย่างกว้างขวางจากองค์กร กลุ่มวิจัยต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้ง NASA ด้วย

การประยุกต์ใช้งาน Fuel Cells

ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้งาน Fuel Cells ชนิดต่างๆมีการประยุกต์ใช้งานได้ ๔ ลักษณะใหญ่ๆขึ้นอยู่กับกำลังงานที่จะนำไปใช้ คือ การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย หรืออุปกรณ์พกพา การประยุกต์ใช้ในทางการค้า อุตสาหกรรม และการกระจายพลังงาน ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ ๘



รูปที่ ๘ การใช้งาน Fuel Cells ชนิดต่าง ๆ

การประยุกต์ใช้งาน Fuel Cells เกี่ยวกับที่อยู่อาศัยหรืออุปกรณ์พกพา

สำหรับ Fuel Cells ที่ถูกประยุกต์ใช้งานในด้านนี้จะส่งกำลังงานในช่วง 1 kW ถึง 10 kW ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น การนำ Fuel Cells มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับบริเวณพื้นที่ที่ไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึง ซึ่ง Fuel Cells ที่ใช้งานในลักษณะนี้จะต้องทำงานด้วยความเงียบทำให้เกิดมลพิษทางเสียงน้อย มลพิษทางอากาศก็ไม่เกิดขึ้นเนื่องจากไม่เกิดการเผาไหม้ ความร้อนทั้งหมดจาก Fuel Cells ที่ใช้งานในลักษณะนี้สามารถนำไปใช้ในการต้มน้ำร้อนสำหรับบ้านเรือนต่าง ๆ ได้อีกด้วย ในส่วนของ

อุปกรณ์พกพา Fuel Cells ชนิดนี้จะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่สำหรับคอมพิวเตอร์ Notebook เนื่องจากมีระยะเวลาใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ทั่ว ๆ ไป และอาจจะนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ในรูปแบบอื่น ๆ ได้อีก เช่น เครื่องมือบันทึกภาพ สัญญาณกันขโมย เป็นต้น

การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงในทางการค้า

สำหรับ Fuel Cells ที่ใช้ในทางการค้าขนาดเล็กมักจะส่งกำลังอยู่ในช่วง 25 kW ถึง 500 kW เช่น โรงแรม โรงเรียน โรงพยาบาลขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง ตึกสำนักงานหรือแม้กระทั่งศูนย์การค้า ตลอดจนการประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการขนส่ง เช่น ใช้งานกับรถยนต์ และรถบัส เป็นต้น

การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรม

Fuel Cells ที่ใช้งานด้านนี้จะให้กำลังงานอยู่ในช่วง 1 MW ถึง 25 MW ส่วนใหญ่แล้วจะเป็น Fuel Cells ชนิด MCFC และ SOFC โดยการใช้งานมักจะนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น โรงงานเคมี โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานทำโลหะ โรงงานผลิตอาหาร และโรงพลาสติก เป็นต้น

การประยุกต์ใช้งานในด้านการกระจายพลังงาน

สำหรับงานด้านนี้ Fuel Cells จะส่งกำลังขั้วอยู่ในช่วง 3 MW ถึง 100 MW เป็น Fuel Cells ที่ทำงานในช่วงอุณหภูมิสูง โดยมักใช้งานในการกระจายพลังงานสู่ชุมชนที่อยู่อาศัยหรืออาจจะเตรียมพลังงานสำหรับไว้ในกรณีฉุกเฉิน เป็นต้น

สำหรับการประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ในทางการทหาร Fuel Cells จะช่วยลดค่าการส่งกำลังบำรุงที่ไม่จำเป็นในสนามรบ ลดมลพิษที่จะเกิดขึ้นในทางทหาร เช่น มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เรือ ก๊าซเสียที่เกิดจากรถถัง และรถประเภทอื่น ล่าสุดราชนาวีเยอรมันได้มีการนำ Fuel Cells มาใช้เป็นพลังงานขับเคลื่อนให้กับเรือดำน้ำรุ่นใหม่ จำนวน ๒ ลำ แทนการใช้พลังงานนิวเคลียร์ Fuel Cells ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านสนามบิน ระบบบำบัดน้ำเสีย หรือแม้แต่ใช้งานในโรงกลั่นน้ำมัน ได้อีกด้วย

อนาคตเซลล์เชื้อเพลิง

จากแนวโน้มพลังงานในปัจจุบันพบว่า น้ำมันซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการกำเนิดพลังงานมีที่ทำว่าจะน้อยลงเรื่อย ๆ สำหรับพลังงานทดแทนที่คาดการณ์กันว่าจะมีการพัฒนานำมาประยุกต์ใช้มักจะมีข้อจำกัดหลาย ๆ ประการ เช่น พลังงานลม ในแต่ละประเทศค่าความเร็วลมย่อมมีค่าที่แตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ บางประเทศสามารถนำมาใช้ได้ บางประเทศไม่สามารถนำมาใช้ได้ เป็นต้น Fuel Cells

ก็มีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ใน Fuel Cells บางชนิดที่ต้องใช้ไฮโดรเจนบริสุทธิ์ ในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน การเก็บไฮโดรเจนบริสุทธิ์เป็นเรื่องที่ยุ่งยากมากเพราะต้องใช้ถังที่ทนแรงดันสูง รวมทั้งต้นทุนในการผลิตไฮโดรเจนยังมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพและกำลังงานที่ได้รับจากการใช้ Fuel Cells จะพบว่า Fuel Cells ให้พลังงานมากกว่าเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานอื่นๆและยังสามารถนำไปใช้ได้ในงานหลายๆด้านดังที่แสดงให้เห็นในตารางที่ ๑

	Type	Size	Efficiency
Fuel Cells	PEMFC (80 °C)	1-500 kW	40 %
	PAFC (200 °C)	50 kW-1.2 MW	40 %
	MCFC (650 °C)	1-20 MW	55 %
	SOFC (1000 °C)	1 kW-25 MW	45-65 %
Engines	Diesel	50 kW-6 MW	33-36 %
	Internal combustion Natural gas	5 kW-2 MW	33-35 %
	Stirling cycle	1-25 kW	20 %
Combustion Turbines	Microturbines	25-500 kW	26-30 %
	"small" Turbines	1-100 MW	33-45 %
Renewables	Solar (PV)	1-100 kW	10-20 %
	Wind		
	Biomass		

"small" Turbines include cascaded humidified air turbines, advanced turbine systems, and intercooled aeroderivative cycle.

PV efficiency is sunlight to AC power.

ตารางที่ ๑ เปรียบเทียบพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิงกับพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ

คาดการณ์ว่าในอนาคต Fuel Cells จะเป็นแหล่งพลังงานที่เข้ามาแทนที่แหล่งพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในหลาย ๆ รูปแบบ เมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับและหากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เราก็จะมีพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพสูงไว้ใช้ในยามที่พลังงานจากเชื้อเพลิงรูปแบบต่าง ๆ หมดไป



บรรณานุกรม

Peavey, Michael A. **FUEL FROM WATER** : Energy Independence With Hydrogen. United States of America : Merit, Inc., 2003.

REPORT, **FUEL CELLS FOR DISTRIBUTED GENERATION**. : A Technology and Marketing Summary, Madison, 2000.

Sorensen, Bent. **HYDROGEN AND FUEL CELLS**. United States of America : ELSEVIER ACADEMIC PRESS , 2004.

<http://www.fctec.com>

http://www.fuelcell_magazine.com

<http://www.fuelcelledu.com>

<http://www.fuelcells.org>

<http://www.fuelcellworld.org>

<http://www.fueleconomy.gov>

<http://www.h2fc.com>

Benchmarking

อีกหนึ่งเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพการอุดมศึกษา

น.อ.ผศ.ดร.กิตติ กิตติศัพท์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

ความเป็นเลิศทางวิชาการ คือ เป้าหมายสูงสุดของการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษา มรรควิธีที่จะนำไปสู่ความเป็นเลิศนั้น ก็คือ การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกระบวนการปรับปรุงคุณภาพนั้น อาจเกิดขึ้นได้จาก ๒ ทางหลัก คือ (๑) การเรียนรู้ภายใน อันเกิดจากการที่หน่วยงานริเริ่มสร้างสรรค์และคิดค้นวิธีปฏิบัติใหม่ ๆ ที่จะสามารถเพิ่มคุณภาพของผลการปฏิบัติให้สูงขึ้น และ (๒) การเรียนรู้จากภายนอก อันเกิดจากการเรียนรู้แนวคิด วิธีปฏิบัติ ประสบการณ์จากผู้ที่ปฏิบัติในลักษณะเดียวกันแต่มีผลการปฏิบัติที่ดีกว่า แล้วเลือกรับวิธีปฏิบัติที่ดีกว่านั้นมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนของการลองผิดลองถูก และที่สำคัญ ก็คือ สามารถยกระดับคุณภาพได้อย่างรวดเร็วและเป็นรูปธรรม ซึ่งวิธีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องดังกล่าวนี้ มีชื่อเรียกว่า “Benchmarking” ซึ่งตรงกับภาษาไทยว่า “การเปรียบเทียบสมรรถนะ” นั่นเอง

ความนำ

ในทางการอุดมศึกษานั้น ความเป็นเลิศทางวิชาการ (Academic Excellence) ก็คือ อีกคำหนึ่ง ของคำว่า “คุณภาพ” (Gardner: 1961 อ้างถึงใน อุไรพรรณ เจนวานิชยานนท์, ๒๕๓๗ : ๑๘) ซึ่งหมายถึง คุณลักษณะที่มีมาตรฐานสูงและตั้งใจจะให้เกิดผลสัมฤทธิ์ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานนั้น โดยคำนึงถึงผลสำเร็จและคุณลักษณะที่ทำให้เกิดผลสำเร็จนั้น

แนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพได้รับการกล่าวขานกันมากขึ้นในวงการอุดมศึกษาไทย ด้วยเหตุผล ๒ ประการหลัก คือ ภาวะการแข่งขันอย่างกว้างขวางและรุนแรงภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ และการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.๒๕๔๒ ซึ่งหมวด ๖ ว่าด้วย มาตรฐานและการประกันคุณภาพ ได้กำหนดไว้ว่า “...ให้มีระบบประกันคุณภาพการศึกษา เพื่อพัฒนาคุณภาพและมาตรฐาน การศึกษาทุกระดับ...” (มาตรา ๔๗) แต่ข้อจำกัดของ “การประกันคุณภาพการศึกษา (Quality Assurance)” ก็คือ แม้ว่า สถาบันการศึกษาจะได้ดำเนินการประกันคุณภาพการศึกษาเป็นการเรียบร้อยแล้ว ก็เป็นเพียงแต่ความคาดหวังว่า ผลผลิต น่าจะมีคุณภาพ เท่านั้น (อุทุมพร จามรมาน, ๒๕๔๓) ดังนั้น จึงมีผู้เสนอว่า ระบบการประกันคุณภาพการศึกษาที่ดี นอกจาก จะต้องมีการดำเนินการมาตรฐานในการควบคุม (Quality Control) การตรวจสอบ (Quality Audit) และการประเมิน (Quality Assessment) แล้ว ควรจะต้องมีขั้นตอนของ การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) รวมอยู่ด้วย

ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการคิดค้นวิธีการใหม่ๆ รวมทั้งการนำวิธีการที่มีใช้ในทางธุรกิจมาปรับใช้ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการจัดการอุดมศึกษาให้ดีขึ้น เช่น ระบบ มาตรฐาน ISO 9000 การจัดการคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (TQM : Total Quality Management) การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (CQI : Continuous Quality Improvement) และการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) เป็นต้น ซึ่งบทความนี้ขอเสนอรายละเอียดของการเปรียบเทียบสมรรถนะ เนื่องจาก วิธีการนี้ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปแล้วว่า ง่ายต่อการทำความเข้าใจ มีประโยชน์และเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการดำรงไว้ซึ่งความเป็นผู้นำในการแข่งขัน ซึ่งจะขอเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบสมรรถนะ คืออะไร?

การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) คือ กระบวนการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง วิธีการหนึ่ง ที่ใช้การพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูล กระบวนการ ผลผลิต การบริการกับหน่วยงานอื่น (ทั้งภายในและภายนอกองค์กร) ที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานการดำเนินงานที่ดีกว่า ซึ่งมักจะเรียกหน่วยงานดังกล่าวนี้ว่า “หลักเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark)” เพื่อค้นหาวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice) แล้วเลือกรับวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุดที่ได้นั้น มาปรับใช้อย่างเหมาะสม (Adopt & Adapt) ภายใต้บริบทของตนเอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของงานให้ดีขึ้น

คำถามสำคัญที่กระบวนการเปรียบเทียบสมรรถนะต้องการค้นหา ก็คือ

- ที่ผ่านมา เราทำได้ดีแค่ไหนเมื่อเทียบกับผู้อื่น?
- เราต้องการทำให้มีคุณภาพระดับไหน?
- ใครทำได้ดีที่สุดและเขาทำมันอย่างไร?
- เราจะนำสิ่งที่เขาทำดีแล้วมาปรับใช้กับสถาบันของเราได้อย่างไร? และ
- เราจะทำให้ได้ผลดีกว่าผู้ที่ทำดีที่สุดได้อย่างไร?

คำว่า “หลักเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark)” “การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking)” และ “วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice)”

คำว่า “หลักเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark)” นี้ได้มีการนำมาใช้นานมากแล้ว โดยเฉพาะในงานสำรวจเพื่อแทนหมวดเครื่องหมายหรือหลักหิน ที่ทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งมีความหมายกว้าง ๆ ที่หมายถึง จุดอ้างอิงหรือเกณฑ์เพื่อใช้ในการวัดสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และได้มีการนำพจน์นี้มาใช้เป็นครั้งแรกในทางการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความสามารถและผลการดำเนินงานของการจัดการอุดมศึกษาในช่วงต้นของคริสต์ทศวรรษที่ 1990 (Jackson and Lund, 2000)

สำหรับ คำว่า “การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking)” นั้น ได้เริ่มมีการนำมาใช้เป็นครั้งแรก ในช่วงต้นคริสต์ทศวรรษที่ ๑๙๘๐ โดย **Robert Camp** ได้เป็นผู้ริเริ่มนำกระบวนการเปรียบเทียบสมรรถนะมาใช้ในบริษัท แรงค์ ซีรอกซ์ (Rank Xerox) สหรัฐอเมริกา ขณะที่ประสบปัญหาความตกต่ำทางด้านส่วนแบ่งทางการตลาด ซึ่งทางบริษัทได้ส่งทีมงานเพื่อไปศึกษา วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับบริษัท Fuji Xerox ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นบริษัทคู่แข่งสำคัญและมีการดำเนินงานในด้านกระบวนการผลิต และการจัดจำหน่าย ที่ใช้เวลาและต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ามาก ทำให้สามารถตีตลาดด้วยสินค้าที่ราคาต่ำกว่าและคุณภาพดีกว่า ซึ่งการวิเคราะห์เปรียบเทียบนี้เองที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเปรียบเทียบสมรรถนะ และทำให้บริษัทแรงค์ ซีรอกซ์ สามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดได้เป็นอย่างมาก (Camp, 1989)

Robert Camp (1989) ได้กล่าวสรุปว่า การเปรียบเทียบสมรรถนะ ก็คือ การค้นหาและประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุดนั่นเอง (*Finding and implementing best practices*) และอาจพิจารณาการเปรียบเทียบสมรรถนะว่าเป็น

๑. กลยุทธ์ (Strategy) เพื่อกระตุ้นให้บุคคลหรือองค์กรคิดนอกกรอบ (Think out of the box) จากที่เคยเป็นมาแต่เดิม

๒. กระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) เพื่อเรียนรู้จากการศึกษาเปรียบเทียบตนเองกับผู้อื่นที่ดีกว่า ทั้งในด้านการให้บริการ กิจกรรมและผลผลิตต่าง ๆ เพื่อให้ทราบทั้งจุดอ่อน จุดแข็ง เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการปรับปรุงตนเอง (Self-improvement) และ/หรือ นำมาใช้จัดระเบียบตนเอง (Self-regulation) ให้ทำงานเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

๓. การนำเสนอแนวทางที่ดีกว่าและฉลาดกว่า (Better and smarter) ในการปฏิบัติ และเมื่อเกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถนำวิธีการเหล่านั้นไปปรับปรุงวิธีปฏิบัติและผลการดำเนินงาน (Practices and performance) ของตนให้ดีขึ้นต่อไป

สำหรับ คำว่า “**Best Practice**” นั้น แม้จะแปลเป็นภาษาไทยว่า “วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด” แต่จริง ๆ แล้ว หมายถึง วิธีปฏิบัติ องค์ความรู้ เทคนิควิธี (Know How) หรือประสบการณ์ใด ๆ ก็ได้ ที่ได้รับการพิสูจน์จากการทำจริงแล้วว่ามีคุณค่าและมีประสิทธิผลต่อผู้ที่นำไปใช้ ในการยกระดับมาตรฐานคุณภาพของการปฏิบัติให้สูงขึ้น

ดังนั้น คำทั้ง ๓ จึงมีความเชื่อมโยงกัน ดังนี้ การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking) คือ กระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ที่เกิดขึ้นโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการปฏิบัติของตนกับผู้อื่นที่มีผลการปฏิบัติดีกว่า หรือเรียก **หลักเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark)** เพื่อให้ได้มาซึ่ง **วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice)** และเมื่อนำวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุดดังกล่าวมาปรับแต่งและประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติของตนเองแล้ว จะทำให้ผลการปฏิบัติในเรื่องนั้น ๆ มีคุณภาพสูงขึ้น

ประเภทการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking Types)

การแบ่งประเภทการเปรียบเทียบสมรรถนะ จะช่วยให้เกิดความเข้าใจต่อกระบวนการและวัตถุประสงค์ของการทำการเปรียบเทียบสมรรถนะในแต่ละประเภทได้ดีขึ้น ได้มีผู้จัดแบ่งประเภทการเปรียบเทียบสมรรถนะไว้หลายแบบตามเกณฑ์พิจารณาที่แตกต่างกัน แต่ที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การจัดแบ่งของ Robert Camp (1989) ที่แบ่งการเปรียบเทียบสมรรถนะออกเป็น ๔ ประเภท ดังนี้

๑. การเปรียบเทียบสมรรถนะภายใน
(Internal Benchmarking: within institution)
๒. การเปรียบเทียบสมรรถนะกับคู่แข่ง
(Competitive Benchmarking: among external competitors)
๓. การเปรียบเทียบสมรรถนะหน้าที่การทำงาน/กิจกรรม
(Functional Benchmarking: with respect to industry functional leaders)
๔. การเปรียบเทียบสมรรถนะทั่วไป
(Generic Benchmarking: generic processes in dissimilar organizations)

ซึ่งการเปรียบเทียบสมรรถนะแต่ละประเภทมีรายละเอียด ข้อดีและข้อเสีย ดังแสดงในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ รายละเอียด, ข้อดีและข้อเสียของการเปรียบเทียบสมรรถนะแต่ละประเภท

ประเภท	รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย
การเปรียบเทียบสมรรถนะภายใน (Internal Benchmarking)	เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างหน่วยงานต่างๆ ในองค์กรเดียวกัน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาไปสู่การเปรียบเทียบสมรรถนะแบบอื่นต่อไป	- ถูกและง่ายต่อการเปรียบเทียบ - สนับสนุนให้มีการใช้ข้อมูลร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ - เป็นขั้นเริ่มต้นก่อนไปทำการเปรียบเทียบกับองค์กรภายนอก	- ยังได้ข้อมูลที่ให้ประโยชน์น้อยเนื่องจากการเปรียบเทียบกันเองภายในองค์กร

ประเภท	รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย
การเปรียบเทียบ สมรรถนะ กับคู่แข่ง (Competitive Benchmarking)	เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะกับองค์กรคู่แข่งที่มีลักษณะประกอบการเหมือนกันแต่มีศักยภาพสูงกว่า เพื่อลดช่องว่างการแข่งขันให้น้อยลงและก้าวไปสู่ความเท่าเทียมหรือเหนือกว่าคู่แข่งในที่สุด	- ได้ทราบข้อมูลใหม่ ๆ ในการปฏิบัติ - ทราบตำแหน่งของการแข่งขันที่ชัดเจน	- เป็นการยากที่จะได้รับความร่วมมือในการเปรียบเทียบจากองค์กรคู่แข่ง - เป็นวิธีการที่อ่อนไหวต่อความรู้สึกมากที่สุด (Most sensitive)
การเปรียบเทียบ สมรรถนะ หน้าที่การทำงาน/ กิจกรรม (Functional Benchmarking)	เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะที่พิจารณาในแต่ละหน้าที่ (Function) ที่สนใจกับองค์กรที่มีความเป็นเลิศในวงการนั้นๆ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดการปกปิดข้อมูลลงได้ เพราะไม่ใช่คู่แข่งกันโดยตรง	- เป็นการเปรียบเทียบในลักษณะของการให้ความร่วมมือ ดังนั้น จะเป็นการเปรียบเทียบในลักษณะของการร่วมเรียนรู้	- จะต้องปฏิบัติตามหลักปฏิบัติในการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Code of Conduct) อย่างเคร่งครัด มิฉะนั้น อาจเป็นการละเมิดความลับขององค์กรที่ให้ทำการเปรียบเทียบและอาจทำให้เกิดความบาดหมางระหว่างกันได้
การเปรียบเทียบ สมรรถนะ ทั่วไป (Generic Benchmarking)	เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะที่มุ่งค้นหาผู้มีวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice) จริง ๆ โดยไม่คำนึงว่าจะอยู่ในวงการใด ๆ ดังนั้น จึงเรียกการเปรียบเทียบสมรรถนะแบบนี้อีกอย่างหนึ่งว่า Best-in-Class ในการปฏิบัติ นั้นๆ ซึ่งกระทำได้ค่อนข้างยาก	- ได้มุมมองที่กว้างไกลที่สุด เพราะเป็นการเปิดกว้างในทุกๆ อุตสาหกรรมที่ทำงานในลักษณะเดียวกัน และสามารถพัฒนาวิธีปฏิบัตินั้นไปสู่ Best-in-Class ได้ในที่สุด	- มีค่าใช้จ่ายสูง - ในบางครั้ง เป็นการยากที่จะติดต่อกับองค์กรที่ดีที่สุดในระดับโลก (World Class Organization)

ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking Steps)

Robert Camp (1989) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะประกอบด้วย ๕ ระยะ (Phases) และ ๑๐ ขั้นตอนย่อย ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ ๒ ดังนี้

ตารางที่ ๒ รายละเอียดของขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะ

ระยะที่	ชื่อ	แนวคิดหลัก	ขั้นตอนย่อย
๑	การวางแผน (Planning)	กำหนดประเด็นและขอบเขตการดำเนินงาน	๑. ระบุประเด็นที่ต้องการเปรียบเทียบสมรรถนะ ๒. ระบุผู้ที่ต้องการศึกษาเปรียบเทียบด้วย ๓. กำหนดวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล
๒	การวิเคราะห์ (Analysis)	สร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติหรือกระบวนการของผู้ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบด้วย	๔. กำหนด “ช่องว่างของผลการปฏิบัติ” ที่เกิดขึ้น ๕. คาดการณ์ระดับผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
๓	การบูรณาการ (Integration)	กำหนดเป้าหมายในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนา เพื่อให้สอดคล้องกับแผนงานและกลยุทธ์ขององค์กร	๖. สื่อผลการศึกษาที่เกิดขึ้น เพื่อก่อให้เกิดการยอมรับ ๗. กำหนดเป้าหมายอย่างเป็นรูปธรรม
๔	การปฏิบัติ (Action)	เลือกรับและปรับใช้ (Adopt & Adapt) ผลการศึกษา (Best Practice) ให้เป็นวิธีปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม	๘. พัฒนาแผนปฏิบัติ ๙. ประยุกต์การปฏิบัติที่เจาะจงและติดตามผลที่เกิดขึ้น ๑๐. ปรับระดับของเกณฑ์เปรียบเทียบสมรรถ
๕	การเติบโต เต็มที่ (Maturity)	นำวิธีปฏิบัตินั้น ๆ เข้าไปบูรณาการในทุกกระบวนการ และต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง แม้จะก้าวขึ้นเป็นผู้นำแล้ว	- ดำรงไว้ซึ่งความเป็นผู้นำ - วิธีปฏิบัติต่าง ๆ ได้รับการบูรณาการเข้าไปในกระบวนการ อย่างสมบูรณ์

ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะดังแสดงข้างต้น เป็นเพียงรูปแบบหนึ่งของการทำการเปรียบเทียบสมรรถนะ ซึ่งรายละเอียดของขั้นตอนเหล่านี้ อาจมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมได้อีก เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะ ด้วยเหตุนี้ จึงมีผู้เสนอขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะไว้อีกหลายแบบ ซึ่งผู้สนใจสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

แต่จะพบว่า ในระยะหลังนี้ ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะมักได้รับการปรับแต่งเพื่อให้สอดคล้องกับวงจรคุณภาพ PDCA (Plan: Do: Check: Act) ของ **W. Edwards Deming** ซึ่งได้ผลออกมาเป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะแบบใหม่ ที่มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ดังแสดงในตารางที่ ๓

ตารางที่ ๓ เปรียบเทียบขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะกับขั้นตอนของวงจรคุณภาพ PDCA

ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะ	ขั้นตอนของวงจรคุณภาพ PDCA
๑	Plan (วางแผน)	Plan (วางแผน)
๒	Data collection & Research (เก็บข้อมูลและวิจัย)	Do (ปฏิบัติ)
๓	Analysis (วิเคราะห์)	Check (ตรวจสอบ)
๔	Implementation & Review (ประยุกต์ใช้และทบทวน)	Act (ปรับปรุง)

ความแตกต่างระหว่างการเปรียบเทียบสมรรถนะในวงการธุรกิจและในวงการอุดมศึกษา

การเปรียบเทียบสมรรถนะเกิดขึ้นครั้งแรกในวงการธุรกิจ โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อค้นหาแนวทางใหม่ ๆ ที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิผลมาใช้ เพื่อก่อให้เกิดข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน (Competitive Advantage) และสามารถดำรงข้อได้เปรียบนั้นไว้ได้

สำหรับในวงการอุดมศึกษานั้น แม้ว่า การได้เปรียบทางการแข่งขัน (ภายใต้กรอบภารกิจที่สถาบันอุดมศึกษาไทยต้องปฏิบัติ ก็คือ การถ่ายทอดความรู้ การแสวงหาความรู้ใหม่ การบริการวิชาการแก่สังคม และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม) จะเป็นปัจจัยกระตุ้นที่สำคัญทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติก็ตาม แต่เนื่องจาก ธรรมชาติของการจัดการศึกษานั้นมีความแตกต่างจากการจัดการทางด้านธุรกิจ ซึ่งแม้โดยหลักการพื้นฐานจะมีเป้าหมายเดียวกัน คือ “ความเป็นเลิศ” แต่ความเป็นเลิศทางวิชาการก็มีคุณลักษณะและวัดด้วยวิธีการที่แตกต่างจากความเป็นเลิศทางธุรกิจ เพราะตัวชี้วัดคุณภาพทางการศึกษาต่างจากตัวชี้วัดคุณภาพทางธุรกิจ

ด้วยเหตุนี้ การเปรียบเทียบสมรรถนะสำหรับวงการอุดมศึกษา จึงมิได้มีเป้าหมายในเชิงการแข่งขัน แต่หากเป็นไปในเชิงความร่วมมือ ร่วมเรียนรู้และร่วมสร้างสรรค์ (Collaboration) เพื่อเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับกลุ่มเพื่อน (Peer Group) และช่วยเพิ่มและดำรงไว้ซึ่งความเป็นเลิศทางวิชาการของสถาบัน ในขณะที่เดียวกัน การเปรียบเทียบสมรรถนะก็ยังเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือและช่องทางการสื่อสารเพื่อแบ่งปันหนทางปฏิบัติที่ดีของหน้าที่การงานหนึ่ง ๆ เพื่อช่วยลดต้นทุนและในขณะที่เดียวกัน ก็สามารถพัฒนาคุณภาพของวิธีปฏิบัติในการจัดการศึกษาให้สูงขึ้นควบคู่กันไปด้วย

การเปรียบเทียบสมรรถนะในวงการอุดมศึกษาต่างประเทศ

ในวงการอุดมศึกษาในต่างประเทศนั้น ได้มีการนำเอาการเปรียบเทียบสมรรถนะมาใช้ตั้งแต่ต้นคริสต์ทศวรรษที่ ๑๙๙๐ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกระบวนการการปฏิบัติภารกิจของหน่วยต่าง ๆ ใน

สถาบันอุดมศึกษา เช่น แผนกการเงิน, ฝ่ายรับสมัคร, กิจการนิสิตนักศึกษา, และอื่น ๆ (Alstete, 1998) และในปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ดังเช่น

สหรัฐอเมริกา : ได้มีการจัดตั้งสมาคม/ชมรมเพื่อความร่วมมือทางด้าน การเปรียบเทียบสมรรถนะขึ้น หลายสถาบัน เช่น NACUBO (National Association of College and University Business Officers), CHEBA หรือ INNOVAT เป็นต้น

สำหรับโครงการเปรียบเทียบสมรรถนะของ NACUBO นั้น นับเป็นโครงการแรก ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อช่วยสถาบันสมาชิกพัฒนาคุณภาพงานด้านการจัดการต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันมีสถาบันอุดมศึกษา ของสหรัฐอเมริกาเข้าร่วมโครงการกว่า ๓๐๐ สถาบัน และมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อค้นหาวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุดในหน้าที่การปฏิบัติงานต่าง ๆ กว่า ๓๐ รายการ

นอกจากนี้ รางวัลคุณภาพระดับชาติของสหรัฐอเมริกา ก็คือ **Malcolm Baldrige National Quality Award** ยังได้กำหนดให้สถาบันที่ส่งผลงานการปฏิบัติเข้าประกวดจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบสมรรถนะรวมอยู่ในขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพขององค์กรของตนด้วย

สหราชอาณาจักร : สืบเนื่องจากรายงานผลการศึกษาของ Dearing (Dearing Report) ในช่วงคริสต์ทศวรรษ ๑๙๙๐ ทำให้มีการจัดทำคู่มือการเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking Manual) โดย **The Quality Assurance Agency for Higher Education** เพื่อกำหนดคุณภาพของบัณฑิตที่สำเร็จ การศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษา จำแนกตามสาขาวิชา เช่น สาขาครุศึกษาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ และพยาบาลศาสตร์ เป็นต้น

นอกจากนั้น กลุ่มประเทศเครือจักรภพอังกฤษโดย CHEM (The Commonwealth Higher Education Management Service) ยังได้จัดตั้งชมรมเปรียบเทียบสมรรถนะหรือ The Commonwealth University Management Benchmarking Club ขึ้นในปี ค.ศ.1995 ด้วย โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการ เป็นเครือข่ายกลางระหว่างสถาบันสมาชิกในการค้นหาและแบ่งปันแนวคิด วิธีดำเนินงานใหม่ๆ ที่ได้จาก ประสบการณ์และนวัตกรรมที่เกิดขึ้นในหลายๆ ประเทศ เพื่อเทียบวัดและส่งเสริมความเป็นเลิศในการ จัดการของสถาบันอุดมศึกษา

ประเทศออสเตรเลีย : ได้มีการจัดทำคู่มือการเปรียบเทียบสมรรถนะขึ้นสำหรับใช้เป็นแนวทางใน การดำเนินการเปรียบเทียบสมรรถนะของสถาบันอุดมศึกษาของออสเตรเลีย และมีโครงการเปรียบเทียบ สมรรถนะในสถาบันอุดมศึกษาหลายแห่ง เช่น Queensland University of Technology เป็นต้น

จะเริ่มการเปรียบเทียบสมรรถนะในสถาบันอุดมศึกษาอย่างไร?

ประเด็นแรกที่ควรพิจารณา ก็คือ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับบริบทของสถาบันและสถาบันมี ความพร้อมที่จะเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงตนเองเพื่อคุณภาพที่ดีกว่าแต่ก่อนหรือไม่ หากคำตอบคือ “ใช่” ก็

ควรจัดเตรียมและให้ความรู้ทางด้านการเปรียบเทียบสมรรถนะแก่บุคลากรที่มีความรู้ในหัวข้อหรือประเด็นที่ต้องการจะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะด้วย

วิธีการเริ่มต้นการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ง่ายที่สุด ก็คือ การสมัครเข้าเป็นสมาชิกกับชมรมการเปรียบเทียบสมรรถนะที่มีอยู่ก่อนแล้ว และแม้ว่า ในขณะนี้ยังไม่มีการจัดตั้งชมรมในลักษณะดังกล่าวขึ้นในประเทศไทย แต่หากสนใจก็อาจสมัครเข้าเป็นสมาชิกกับชมรมที่มีการจัดตั้งในต่างประเทศก็ได้ ซึ่งในกรณีนี้ ทางชมรมจะช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการเปรียบเทียบสมรรถนะได้เป็นอย่างดี

หรืออีกวิธีการหนึ่ง ก็คือ เริ่มจากการเปรียบเทียบสมรรถนะภายในองค์กร (Internal Benchmarking) เพื่อที่บุคลากรที่เกี่ยวข้องจะได้ร่วมเรียนรู้กระบวนการและขั้นตอนการเปรียบเทียบสมรรถนะไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งควรจะเริ่มต้นกระบวนการตั้งแต่บุคคลใน “ระดับรากหญ้า” ขึ้นมา เช่น ระดับแผนกหรือฝ่าย เพื่อรากฐานที่มั่นคงในการดำเนินงานต่อไป สำหรับสถาบันที่มีความพร้อมแล้วก็อาจจะเริ่มเปรียบเทียบสมรรถนะกับสถาบันที่มีลักษณะการจัดการเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน เช่น ระหว่างโรงเรียนเหล่าทัพ หรือระหว่างคณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันอุดมศึกษาต่างๆ เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในลักษณะนี้จะช่วยก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขวางมากกว่าผลที่ได้จากการเปรียบเทียบสมรรถนะเฉพาะภายในองค์กรเท่านั้น

หลังจากขั้นตอนการเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ควรจัดทำรายงานผลการเปรียบเทียบสมรรถนะขึ้น เพื่อแจกจ่ายให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะได้นำผลการศึกษาที่ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ “วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice)” ไปปรับแต่งเพื่อใช้กับสถาบันของตนเองได้อย่างเหมาะสมต่อไป ซึ่งขั้นตอนนี้เองที่จะช่วยให้สถาบันอุดมศึกษาที่เข้าร่วมกระบวนการศึกษามีสามารถปรับปรุงคุณภาพการจัดการศึกษาของตนตามแนวทางนั้นๆ เพื่อลดช่องว่างของระดับคุณภาพที่เกิดขึ้นระหว่างสถาบัน และพัฒนาตนเองต่อไปสู่ **ความเป็นเลิศทางวิชาการ** ได้ในที่สุด

๔. ขั้นตอนสู่ความเป็นเลิศด้วยการเปรียบเทียบสมรรถนะ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นว่า กระบวนการเปรียบเทียบสมรรถนะที่เกิดขึ้นนั้น ประกอบด้วย ๒ กระบวนการหลัก คือ *กระบวนการภายนอก* (คือ การรวมกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนและวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด) และ *กระบวนการภายใน* (คือ การปรับปรุงตนเองให้ดีขึ้นโดยใช้วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุดเป็นแนวทาง อีกทั้งจะต้องริเริ่ม สร้างสรรค์หนทางปฏิบัติใหม่ ๆ เพื่อ **ก้าวไปให้ไกลกว่าวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด** นั้นด้วย) ซึ่งนำไปสู่ ๔ ขั้นตอนสู่ความเป็นเลิศด้วยการเปรียบเทียบสมรรถนะ ดังนี้

- ขั้นตอนที่ ๑** เรียนรู้จากผู้ที่ดีกว่าด้วยความคิด
ขั้นตอนที่ ๒ ปิดช่องว่าง
ขั้นตอนที่ ๓ สร้างสรรค์สิ่งใหม่
ขั้นตอนที่ ๔ ดำรงไว้ซึ่งความเป็นผู้นำ

บทสรุป

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่า กระบวนการที่เกิดขึ้นในการเปรียบเทียบสมรรถนะนั้นตรงกับหลักของพระพุทธศาสนาที่ว่าด้วย **วิถีการพัฒนาชีวิต** อันประกอบด้วย ๒ กระบวนการสำคัญ (ธรรมปิฎก, ๒๕๔๒) คือ

๑. **ความมีกัลยาณมิตร** หมายถึง การรู้จักเลือกแหล่งความรู้และแบบอย่างที่ดี (จัดเป็นกระบวนการภายนอก)

๒. **ความถึงพร้อมด้วยโยนิโสมนสิการ** หมายถึง การแก้ปัญหาและพึ่งพาตนเองได้ด้วยความรู้คิดที่แยบคาย (จัดเป็น กระบวนการภายใน)

ด้วยเหตุนี้ แนวทางหนึ่งของการก้าวไปสู่ **ความเป็นเลิศทางวิชาการ** ก็คือ การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้และปรับปรุงตนเองตามหลักการเปรียบเทียบสมรรถนะนี้เข้าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการคุณภาพในฐานะที่เป็นเครื่องมือหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

ประเด็นสุดท้ายที่สำคัญที่ควรได้รับการกล่าวถึง ก็คือ **ลักษณะที่ถูกต้องของการเปรียบเทียบสมรรถนะ** เพราะ หากพิจารณาอย่างผิวเผิน บางท่านอาจมองการเปรียบเทียบสมรรถนะว่า เป็นเพียงการลอกเลียนการปฏิบัติ และทำวิธีปฏิบัติของตนให้เหมือนกับผู้ที่ปฏิบัติดีกว่าตน (**Benchmark**) แต่ความจริงหาเป็นเช่นนั้นไม่ เพราะแม้ว่า จะอยู่ในธุรกิจลักษณะเดียวกัน แต่รายละเอียดของเงื่อนไขก็แตกต่างกัน ดังนั้น การลอกเลียนแบบจึงมิใช่ลักษณะการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ถูกต้อง

แต่ลักษณะที่ถูกต้องและความลึกซึ้งของการเปรียบเทียบสมรรถนะนั้น อยู่ที่ “**การเรียนรู้ – เรียนรู้เพื่อที่จะรู้จักตัวเอง**” เพื่อวิเคราะห์ว่าตัวเราเองเป็นอย่างไรและอยู่ที่ใด เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ดีที่สุดในการดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ แล้วจึงนำผลการเรียนรู้ที่ได้มากำหนดเป็นแนวทาง ขั้นตอนในการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับผลการปฏิบัติที่เท่าเทียมกันและต้อง “**เรียนรู้ที่จะพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง**” เพื่อให้ได้ผลการปฏิบัติที่ดีกว่าผู้ที่ดีที่สุดในที่สุดด้วย.



เอกสารอ้างอิง

พระธรรมปิฎก (ป.อ.ปยุตโต). **ทศวรรษธรรมทัศน์พระธรรมปิฎก หมวดพระพุทธศาสนา**. กรุงเทพมหานคร :
ธรรมสภา, ๒๕๔๒.

อุทุมพร จามรมาน. **การประกันคุณภาพระดับอุดมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: ฟันนี่พับลิชชิ่ง, ๒๕๔๓.

อุไรพรรณ เจนวาณิชยานนท์. **การพัฒนาดัชนีสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการของคณะพยาบาล
ศาสตร์ สถาบันอุดมศึกษาเอกชน**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาอุดมศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๓๖.

Alstete, Jeffrey W. **Benchmarking in Higher Education: Adapting Best Practices to Improve
Quality**. [Online]. 1998. Abstract from: ERIC Digest.

Camp, Robert C. **Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that lead to
Superior Performance**. Milwaukee, Wisconsin: APQC Quality Press, 1989.

Jackson, Norman and Helen, Lund **Benchmarking for Higher Education**. Buckingham: Society
for Research into Higher Education and Open University Press, 2000.

LO : ที่.....ไผ่หา

น.ท.ยศ.วันทวี ปาลโมกษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฝายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

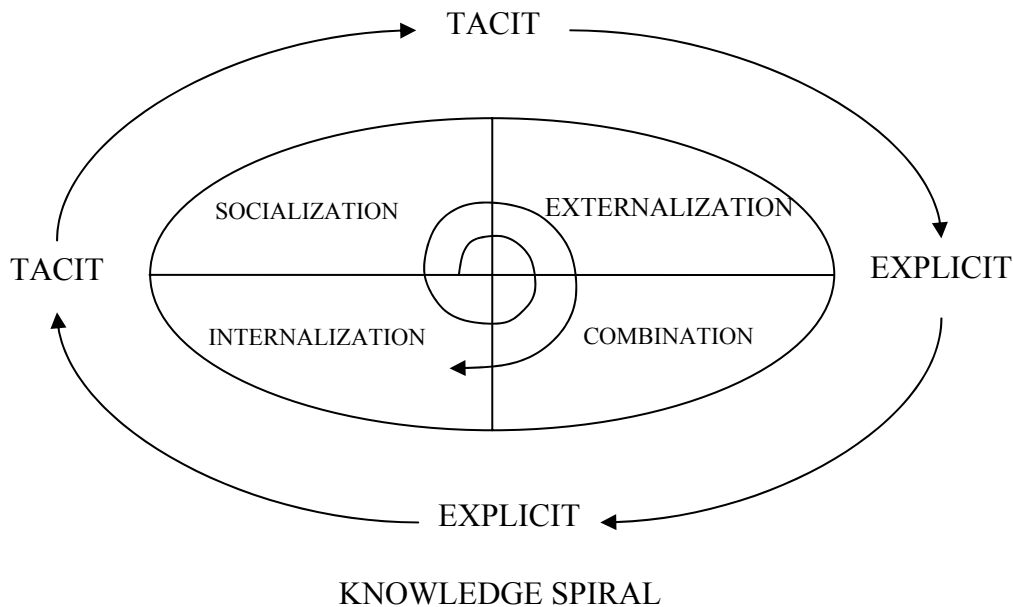
บทนำ

บทความบทนี้ผู้เขียนมีความตั้งใจนำเสนอแนวคิดในเรื่องขององค์การเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION : LO) ซึ่งมีเนื้อหาต่อเนื่องจากบทความเรื่อง KNOWLEDGE MANAGEMENT : KM ที่ได้นำลงในวารสารโรงเรียนนายเรือ ฉบับเดือนกรกฎาคม ๒๕๔๗ โดยจะกล่าวถึงกระบวนการที่สำคัญในการที่จะนำพาองค์การเข้าสู่การเป็น องค์การเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION : LO) ซึ่งจะนำเสนอใน ๕ ประเด็นหลักเพื่อความต่อเนื่องกับ KNOWLEDGE MANAGEMENT : KM ดังนี้

๑. ความเดิมของ KNOWLEDGE MANAGEMENT ที่ต้องขยาย
๒. LEARNING ORGANIZATION : LO คืออะไร
๓. คุณลักษณะอย่างไรขององค์การจึงจะถือว่าเป็น LEARNING ORGANIZATION : LO
๔. ทำอย่างไรจึงเกิด LEARNING ORGANIZATION : LO ในองค์การ
๕. LEARNING ORGANIZATION มีบทบาทอย่างไรต่อความก้าวหน้าขององค์การอย่างยั่งยืน

ความเดิมของ KNOWLEDGE MANAGEMENT ที่ต้องขยาย

การเรียนรู้เป็นสิ่งที่ต้องพัฒนา เช่นเดียวกับสรรพสิ่งทั้งหลาย แต่การพัฒนาการเรียนรู้เป็นการพัฒนาโดยผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้ร่วมปฏิบัติงาน ในลักษณะของกระบวนการหมุนเกลียวความรู้ (KNOWLEDGE SPIRAL หรือ SECI MODEL) ซึ่งคิดค้นโดย IKUJIRO NONAKA กับ TAKEUCHI ดังแสดงใน FLOW CHART



ก่อนจะกล่าวในรายละเอียดของ FLOW CHART ขออนุญาตอธิบายคำศัพท์ใน FLOW CHART ที่จำเป็น ๒ คำ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ดังนี้

๑. TACIT KNOWLEDGE หมายถึง “ความรู้ในคน” ที่เกิดจากประสบการณ์ การเรียนรู้ ทักษะหรือ ความถนัดของแต่ละคนซึ่งถ่ายทอดหรือสื่อออกมาในรูปของลายลักษณ์อักษรได้ยาก เช่น ค่านิยม ความถนัด ความชำนาญ แต่ก็สามารถพัฒนาและแบ่งปันกันได้ เป็นความรู้ที่ก่อให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน

๒. EXPLICIT KNOWLEDGE หมายถึง ความรู้ที่สามารถแลกเปลี่ยนถ่ายโอนออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น ในรูปของตำรา เอกสาร คู่มือ บทความ ฯลฯ ซึ่งทำให้ผู้คนที่สนใจเข้าถึงได้ง่าย

จาก FLOW CHART ของ KNOWLEDGE SPIRAL จะเห็นว่าการปรับเปลี่ยนและการ สร้างความรู้จะเกิดขึ้นได้ ๔ รูปแบบ คือ

๑. SOCIALIZATION : เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปันและสร้าง TACIT KNOWLEDGE จาก TACIT KNOWLEDGE ของผู้ร่วมงานหรือผู้ที่สื่อสารระหว่างกัน โดยการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ตรงที่แต่ละคนมีอยู่ เช่น น.ท.สมชาย ใจดี ได้เรียนรู้เทคนิคการสอนใหม่ ๆ จาก น.ท.หญิง สมทรง สง่างาม ที่ประสบความสำเร็จในการสอน โดยการพูดคุยมีปฏิสัมพันธ์ ระหว่างกัน น.ท.สมชาย ใจดี ก็จะได้รับ ความรู้จาก น.ท.หญิง สมทรง สง่างาม มาเป็นความรู้ของตนเพื่อใช้ในการสอน

๒. EXTERNALIZATION : เป็นการสร้างและแบ่งปันความรู้จากสิ่งที่มีอยู่และเผยแพร่ออกมา เป็นลายลักษณ์อักษร เป็นการแปลงความรู้ จาก TACIT KNOWLEDGE เป็น EXPLICIT KNOWLEDGE เช่น น.ท.สมชาย ใจดี ซึ่ง หลังจากได้เรียนรู้เทคนิคการสอนใหม่ ๆ แล้ว ก็ได้นำความรู้นั้นมาเขียน เป็นเอกสารหรือลง WEBSITE หรือลงวารสารต่าง ๆ เผยแพร่ให้ผู้สนใจได้รับรู้ ดังนี้ เป็นต้น

๓. COMBINATION: เป็นการแปลงความรู้ EXPLICIT KNOWLEDGE จาก EXPLICIT KNOWLEDGE ที่ได้เรียนรู้มาสร้างเป็นความรู้ประเภท EXPLICIT KNOWLEDGE ใหม่ ๆ เช่น น.ท.สมชาย ใจดี ซึ่งต่อมาได้ไปศึกษาเทคนิคการสอนเพิ่มเติมจากปรมาจารย์ (GURU) ต่าง ๆ แล้วสรุปเผยแพร่เป็นเทคนิคการสอนแบบใหม่ ซึ่งเกิดจากการบูรณาการความรู้จากแหล่งต่าง ๆ กับความรู้ของตน

๔. INTERNALIZATION: เป็นการแปลงความรู้จาก EXPLICIT KNOWLEDGE กลับมาสู่ TACIT KNOWLEDGE ซึ่งมักจะเกิดจากการนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ในการปฏิบัติงานหรือใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ครูอาจารย์ท่านอื่น ๆ ได้ศึกษาเทคนิคการสอนจากตำราหรือสื่อต่าง ๆ ซึ่งอาจรวมถึงเอกสารหรือจาก WEBSITE ที่ น.ท.สมชายฯ เขียนขึ้นก็ได้ แล้วนำไปปรับหรือประยุกต์ใช้ในการสอน จนทำให้เกิดทักษะในเรื่องของเทคนิคการสอน ทักษะที่เกิดขึ้นในลักษณะเช่นนี้เป็น TACIT KNOWLEDGE ของครูอาจารย์ท่านนั้น ๆ และเมื่อครูอาจารย์นำ TACIT KNOWLEDGE ของตนเองไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น ก็จะเป็นกระบวนการที่เรียกว่า SOCIALIZATION ซึ่งเป็นการแปลง TACIT KNOWLEDGE จากครูอาจารย์ท่านนั้น ๆ ไปเป็น TACIT KNOWLEDGE ของคนอื่น ๆ ต่อไป เป็นกระบวนการที่หมุนเวียนไปเรื่อย ๆ ไม่มีที่สิ้นสุดนี้คือเกลียวความรู้หรือที่เรียกว่า KNOWLEDGE SPIRAL

LEARNING ORGANIZATION : LO คืออะไร

มีผู้ได้รับสมญานามว่า ปรมาจารย์ (GURU) หรือผู้รู้ได้ให้ความหมายของคำว่าองค์กรเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION) ไว้หลายท่าน ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องกล่าวถึงเป็นบางส่วน ดังนี้

Dr.PETER M.SENGE (1994 :125) อังใน อร์จรีย์ ณ ตะกั่วทุ่ง (2548 : 42)

องค์กรเอื้อการเรียนรู้ หมายถึง ที่ซึ่งคนในองค์กรได้ขยายขอบเขตความสามารถของตนเองอย่างต่อเนื่องทั้งในระดับบุคคล ระดับกลุ่มและระดับองค์กร เพื่อนำไปสู่จุดหมายที่บุคคลในระดับต่าง ๆ ต้องการอย่างแท้จริง เป็นองค์กรที่มีความคิดใหม่ ๆ และการแตกแขนงของความคิดที่ได้รับการยอมรับเอาใจใส่และเป็นองค์กรที่บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในเรื่องของเรียนรู้วิธีการที่จะเรียนรู้ (LEARNING HOW TO LEARN) ไปด้วยกันทั้งองค์กร

DIXON (1994 :136)

ได้สรุปความหมายขององค์กรเอื้อการเรียนรู้ว่าการมีความรู้ที่เพิ่มขึ้น จะนำไปสู่การปฏิบัติงานที่ดีขึ้น คุณภาพของทักษะ ความรู้ที่บุคคลมีจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลขององค์กร ทำให้ได้ข้อมูลข่าวสารที่ดี ที่ถูกต้อง เชื่อถือได้มากขึ้นในการปฏิบัติงาน แนวคิดขององค์กรเอื้อการเรียนรู้

ยังให้ความสำคัญของระบบเปิดที่องค์กรมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม องค์กรต้องปรับเปลี่ยน เพื่อความเจริญก้าวหน้า ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันต่าง ๆ ให้ได้ องค์กรในฐานะนิติบุคคล ต้องมีการเรียนรู้โดยผ่านทีม และยังให้ความสำคัญกับการแบ่งปันความคิดร่วมกัน มีความเชื่อ ความเข้าใจ ความเห็นร่วมกันที่ต้องมีการสืบค้น ตรวจสอบและขยายความคิด เพื่อเกื้อหนุนการปฏิบัติงานของ องค์กรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยผ่านวิสัยทัศน์ คุณค่าและปรัชญา ที่แต่ละองค์กรยึดถือ

วิจารณ์ พาณิช สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

องค์กรเอื้อการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นพลวัต (DYNAMICS) มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของพัฒนาการด้านต่าง ๆ คล้ายมีชีวิต มีผลงานดีขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งในด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพ และการสร้างนวัตกรรม (INNOVATION) รวมทั้งมีบุคลิกขององค์กรในลักษณะที่เรียกว่าวัฒนธรรม องค์กร (CORPERATE CULTURE) ที่ผู้เกี่ยวข้องสัมพันธ์สามารถรู้สึกได้

จากความหมายหรือคำอธิบายของท่านปรมาจารย์ (GURU) เกี่ยวกับองค์กรเอื้อการเรียนรู้ สามารถสรุปในทัศนะของผู้เขียนได้ว่า องค์กรเอื้อการเรียนรู้จะมีบรรยากาศหรือสภาพที่มุ่งพยายามในการกระตุ้นหรือจูงใจให้สมาชิกในองค์กรทุกคนกระตือรือร้น ที่จะเรียนรู้และพัฒนาตนเองตลอดเวลา เพื่อเพิ่มศักยภาพแห่งตน และองค์กรในการที่จะปฏิบัติภารกิจขององค์กรให้บรรลุตามเป้าหมาย โดยอาศัยกระบวนการทำงานเป็นทีม แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน มีความเข้าใจในระบบและพร้อมที่จะประสานในทุก ๆ ด้าน เพื่อความได้เปรียบในการพัฒนาสู่ความเป็นเลิศที่ยั่งยืน และสามารถแข่งขันได้ในระดับสากล

คุณลักษณะอย่างไรขององค์กรจึงจะถือได้ว่าเป็นองค์กรเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION)

องค์กรเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION) เป็นองค์กรที่มีคุณลักษณะแตกต่างไปจากองค์กรทั่ว ๆ ไป มีการเรียกขานแตกต่างกันบ้าง เช่น องค์กรเรียนรู้ องค์กรแห่งการเรียนรู้ องค์กรเอื้อการเรียนรู้ หรือองค์กรอัจฉริยะ จะเรียกอย่างไรก็ไม่ต่างกันเพราะมีคำว่า **LEARNING ORGANIZATION** กำกับอยู่แล้ว ปัญหาเรื่องการเรียกขานก็น่าจะหมดไป จากการที่ผู้เขียนสนใจและได้อ่านตำราบ้าง บทความบ้าง หรือแม้แต่เอกสารต่าง ๆ ในเรื่องขององค์กรเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION) ปรากฏว่ามีการอ้างอิงแนวคิดของปรมาจารย์ (GURU) ที่สำคัญอยู่ ๓ ท่าน คือ Dr.PETER M.SENGE, Dr.MICHAEL J.MARQUARDT และ Dr.DAVID A. GAVIN เกี่ยวกับลักษณะขององค์กรเอื้อการเรียนรู้ว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง ซึ่งจะนำเสนอเฉพาะกรอบแนวคิดของ Dr.PETER M.SENGE พอสังเขปดังนี้

PETER SENGE (1990 :P.139-269) อ้างใน วีระวัฒน์ ปันนิตามัย (2544:35) องค์กรเอื้อการเรียนรู้ประกอบด้วยวินัย ๕ ประการ คือ

วินัยที่ ๑ ความรอบรู้แห่งตน (PERSONAL MASTERY)

การเรียนรู้ของแต่ละคน จะเป็นจุดเริ่มต้นและเป็นพื้นฐานสำหรับองค์การเอื้อการเรียนรู้ การที่บุคคลจะมี PERSONAL MASTERY นั้น บุคคลจะต้องฝึกตนเองให้เป็นผู้ที่เรียนรู้ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องบนพื้นฐานของความต้องการที่แท้จริงของตน กล่าวคือมี VISION ส่วนบุคคลนั้นเองเพื่อขยายขีดความสามารถในการสร้างผลงานจากกระบวนการเรียนรู้ เมื่อสมาชิกในองค์การมีกรอบ PERSONAL MASTERY ทุกคนก็จะกระตือรือร้นสนใจและใฝ่หาที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ มีความปรารถนาที่จะเรียนรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพของตนเอง มุ่งสู่เป้าหมายเพื่อความสำเร็จตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนของสมาชิกขององค์การต่อไป

วินัยที่ ๒ แบบแผนความคิดอ่านหรือแบบจำลองความคิด (MENTAL MODELS)

การที่บุคคลในองค์การรับรู้และเข้าใจงานที่ทำแบบองค์รวมทำให้สามารถสังเกต คิดอ่านแยกแยะอย่างมีเหตุผลผ่านกระบวนการวางแผนอย่างรอบคอบ ไคร์ครวญ เป็นการตรวจสอบว่าความคิดความเชื่อในเรื่องใดมีเหตุผลต่อการตัดสินใจและการปฏิบัติงานของตน เพื่อพัฒนาความคิดความเชื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง ไม่ยึดติดกับความเชื่อเก่า ๆ การที่จะทำให้บุคคลมีแบบแผนความคิดความอ่าน หรือมองโลกตามความเป็นจริงได้นั้น องค์การจะต้องสนับสนุนให้คนในองค์การใฝ่รู้ตลอดเวลาเพื่อนำความรู้มายกระดับให้เกิดเป็นภูมิปัญญา สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการทำงานต่อไป

วินัยที่ ๓ การสร้างวิสัยทัศน์ร่วม (SHARED VISION OR BUILD SHARED VISION)

การทำให้บุคคลภายในองค์การทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างวิสัยทัศน์ หรือภาพอนาคตขององค์การ จะทำให้ทุกคนทุ่มเทแรงกายแรงใจในการที่จะกระทำทุกอย่างเพื่อให้องค์การไปถึงวิสัยทัศน์นั้นและในขณะเดียวกันก็จะสะท้อนให้เห็นวิสัยทัศน์ส่วนบุคคลให้ปรากฏอีกด้วย เมื่อทุกคนในองค์การมีวิสัยทัศน์ร่วมกันก็จะทำให้วิสัยทัศน์นั้นมีคุณค่าแก่บุคคลทั้งภายในและภายนอกกล่าวคือ การมีคุณค่าแก่บุคคลภายนอก หมายถึง ทำให้บุคคลภายนอกทราบกันโดยทั่วไปว่า เรามุ่งสร้างผลสำเร็จอะไรให้เกิดแก่องค์การ เราจะสร้างความเป็นเลิศด้านใด เมื่อใด ส่วนคุณค่าภายในนั้น หมายถึง วิสัยทัศน์มีส่วนสร้างแรงบันดาลใจ ความศรัทธา ยึดมั่น เอกลักษณะ ความเป็นส่วนหนึ่งหรือความผูกพันให้เกิดแก่พนักงาน ต่อทีม ต่อองค์การ ต่อหน้าที่ ผลักดันให้เกิดความกล้าคิด กล้าทำ กล้านำ กล้าเสี่ยง กล้าทดลอง กล้าเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งที่คิดว่าดีกว่า การมีวิสัยทัศน์ร่วมกันในองค์การจะมีส่วนเสริมสร้างความเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ที่สำคัญอย่างยิ่ง

วินัยที่ ๔ การเรียนรู้ของทีม (TEAM LEARNING)

โดยปกติทีมของผู้บริหารแต่ละคนจะมีระดับ IQ สูงเกิน ๑๒๐ แต่เมื่อมาทำงานร่วมกัน IQ ในระดับกลุ่มจะเหลือสักเท่าไร นี่คือนักวิชาการทำงานเป็นทีมของคนไทยไม่ค่อยประสบความสำเร็จ

เราจะทำอะไรให้ระดับความสามารถของทีมสูงกว่าความสามารถของรายบุคคลในทีม นี่คือนสิ่งที่ท้าทาย Dr. PETER M. SENGE (1990 : 236 – 237) อ้างในวีระวัฒน์ ปันนิตามัย (๒๕๔๔ : ๔๕) กล่าวไว้ว่าการเรียนรู้ของทีมมี ๓ ลักษณะ คือ

๑. สมาชิกในทีมต้องมีความสามารถในการคิด ตีปัญหาหรือประเด็นพิจารณาให้แตก หลายคนช่วยกันคิด ย่อมดีกว่าการให้บุคคลคนเดียวคิด

๒. ภายในทีมต้องมีการทำงานที่สอดประสานกันเป็นอย่างดี คิดในสิ่งใหม่ๆ และแตกต่าง มีความไว้วางใจต่อกัน

๓. บทบาทของสมาชิกในทีมที่มีต่อทีมอื่น ๆ เช่น สมาชิกของทีมหนึ่งเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การประพฤติปฏิบัติเช่นนี้จะส่งผลต่อทีมอื่น ๆ ด้วย ซึ่งจะช่วยสร้างองค์การเอื้อการเรียนรู้ให้มีพลังมากยิ่งขึ้น แนวปฏิบัติของการฝึกวินัยเพื่อสร้างการเรียนรู้ของทีมคือการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (DIALOGUE) การอภิปราย (DISCUSSION) เป็นต้น

วินัยที่ ๕ การคิดอย่างเป็นระบบ (SYSTEM THINKING)

เป็นวินัยที่มีความสำคัญยิ่งอีกส่วนหนึ่ง ขอให้ท่านทั้งหลายลองคิดทบทวนดู กระผมเชื่อว่าคงมีหลายท่านที่เห็นสอดคล้องต้องกันว่าในองค์กรต่าง ๆ จะมีผู้คน พนักงาน หรือแม้กระทั่งผู้บริหาร จำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถฝึกตนเอง ให้เป็นคนที่ดีอย่างเป็นระบบครบวงจรอย่างเท่าทันกับกาลเวลาในวันข้างหน้า ผลก็คือทำให้เกิดปัญหาในการบริหารอย่างมากมาย บ้างก็คิดว่าที่ตนปฏิบัติงานอยู่ทุกวันนี้เป็นการแก้ปัญหาและพัฒนางานอยู่แล้ว เนื่องจากการคิดไม่กว้างไกล ทำงานตามเหตุการณ์หรือตามสถานการณ์ ทำให้ขาดการมองภาพรวม ขาดความต่อเนื่อง ไม่เห็นความเชื่อมโยงของส่วนต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกองค์กรที่จะได้รับผลกระทบติดตามมาจากการปฏิบัติงานของเขาเหล่านั้น ทั้งที่จริงแล้วการปฏิบัติงานของเขาเป็นการสั่งสมปัญหาให้คนต่อ ๆ มาต้องตามแก้ไข ซึ่งแน่นอนต้องใช้ความสามารถที่มากกว่าเดิมหลายสิบเท่าทีเดียว

SENGE (1990 : 68) อ้างในวีระวัฒน์ ปันนิตามัย (๒๕๔๔ : ๔๗) ได้ให้ความหมายของคำว่า การคิดอย่างเป็นระบบ (SYSTEM THINKING) ไว้ว่า วินัยในการมองเห็นภาพโดยรวม เห็นทั้งหมด มีกรอบที่มองเห็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน มากกว่าที่จะเห็นเชิงเหตุ เชิงผลและเห็นแนวโน้มรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง มากกว่าที่จะเห็นอย่างฉาบฉวย หรือผิวเผิน

จากคำจำกัดความของ SENGE แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การคิดอย่างเป็นระบบมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการบริหารงานในยุคของการเปลี่ยนแปลงที่เต็มไปด้วยกลยุทธ์ และไหวพริบในทุกบริบทขององค์กร ในการบริหารงานภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลง “ทุนทางปัญญา” ถือเป็นหัวใจที่ผู้บริหารองค์กรทุกคนจะต้องมี และจะต้องมีให้มากกว่าที่จะแข่งขันกับองค์กรอื่นที่ทำธุรกิจประเภทเดียวกันได้อย่างมีศักยภาพ หากผู้บริหารองค์กรใดไม่มี คำตอบสุดท้ายสำหรับองค์กรนั้น

คือ “ผู้แพ้ตลอดกาล”

ผู้บริหารองค์การจะต้องเข้าใจสภาพขององค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ในองค์การอย่างลึกซึ้ง หรือ อาจจะพูดได้ว่าผู้บริหารจะต้องเข้าใจอดีต เข้าถึงปัจจุบัน รู้ทันอนาคตแล้วพัฒนาให้ทันเกม เวลาจะวางแผนพัฒนาสิ่งใด ไม่ใช่พัฒนาทีละอย่าง แต่ต้องพัฒนาทั้งระบบ เพราะทุกระบบย่อยมีบทบาทที่เอื้อต่อความสำเร็จของระบบย่อยอื่น ๆ ด้วย และเมื่อระบบย่อยต่าง ๆ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย องค์การซึ่งเป็นองค์รวมก็จะพัฒนาสู่วิสัยทัศน์ที่ทุกคนร่วมกันกำหนดขึ้นอย่างมั่นคงและยั่งยืน

การที่จะพัฒนาองค์การสู่การเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ (LEARNING ORGANIZATION) ตามกรอบแนวคิดของ Dr. PETER M.SENGE นั้น เมื่อพิจารณารายละเอียดแต่ละด้านจากวินัยทั้ง ๕ ตามที่กล่าวมาแล้วนั้น ไม่ใช่เรื่องที่ย่างและในขณะเดียวกันก็ไม่ใช่เรื่องยากสำหรับผู้บริหารหรือผู้นำองค์การที่มีศักยภาพในการที่จะพัฒนาองค์การมุ่งสู่การเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ ในความเห็นของผู้เขียนเชื่อว่าผู้นำหรือผู้บริหารองค์การทำได้ ภายใต้หลักคิดที่ว่า ต้องเริ่มต้นที่ผู้นำ ดังต่อไปนี้

๑. องค์การจะพัฒนาสู่การเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ไม่ได้เลย หากไม่มีการเริ่มต้นที่ผู้บริหารระดับสูงขององค์การ ดังนั้น ผู้บริหารหรือผู้นำองค์การระดับสูงจะต้องมีความศรัทธาหรือเชื่อว่ากระบวนการ LO (LEARNING ORGANIZATION) จะเป็นกระบวนการอีกกระบวนการหนึ่งที่จะทำให้องค์การพัฒนาแบบยั่งยืน ในประเด็นนี้ ผู้เขียนเชื่อว่าศรัทธาคือพลังอันยิ่งใหญ่ ในการที่จะผลักดันในสิ่งที่ศรัทธาให้เกิดขึ้นได้

๒. ผู้บริหารหรือผู้นำองค์การจะต้องเป็นผู้นำทางความคิด ปลุกกระแส เร่งเร้า ให้สมาชิกในองค์การทุกระดับ มีความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาตนเองให้เป็น “บุคคลแห่งการเรียนรู้” เพื่อมองเห็นภาพรวมที่ตรงกันว่า L.O.(LEARNING ORGANIZATION) เป็นองค์การที่มีพลังหรือมีศักยภาพในการแข่งขันทั้งระดับองค์การและระดับสากล

๓. ผู้บริหารหรือผู้นำองค์การจะต้องเข้าใจและเห็นความสำคัญของกระบวนการจัดการความรู้ (KM : KNOWLEDGE MANAGEMENT) และดำเนินการจัดการความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพราะกระบวนการจัดการความรู้ (KM) เป็นพื้นฐานที่ขาดไม่ได้เลยสำหรับการพัฒนาองค์การสู่การเป็นองค์การเอื้อการเรียนรู้ (LO)

เงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขหลักที่ผู้เขียนบทความประมวลขึ้นจากการศึกษาในหลาย ๆ ประเด็นของ LO ซึ่งไม่สามารถกล่าวในรายละเอียดได้มากนักด้วยข้อจำกัดเรื่องเวลากับพื้นที่ในวารสาร คงต้องละไว้ในฐานที่เข้าใจว่าทั้ง ๓ ประการ มีขอบเขตมากกว่าตัวอักษรที่ปรากฏ บทความเรื่องนี้ผู้เขียนได้กำหนดชื่อเรื่องไว้ว่า LO : ที่ไผ่หา ผู้เขียนไม่ได้เว้นไว้เพื่อให้ท่านผู้อ่านท่านนายว่าที่ว่างนั้นควรจะเติมคำอะไรลงไป แต่ผู้เขียนเว้นไว้เพื่อที่จะเชิญชวนท่านผู้อ่านทั้งหลายมาอยู่ ณ ช่องว่างตรงนั้น หากกำลังพลโรงเรียนนายเรือทุกระดับ พร้อมใจบนพื้นฐานของความศรัทธาต่อกระบวนการ KM และ LO แล้วทุกท่านวางดวงใจไว้ ณ ช่องว่างตรงนั้น ผมเชื่อร้อยเปอร์เซ็นต์ว่า โรงเรียนนายเรือ



ซึ่งเป็นสมบัติของชาติที่ทุกคนรักและหวงแหน จะพัฒนาสู่การเป็นองค์กรเอื้อการเรียนรู้ที่สมบูรณ์
แบบในระยะเวลาอันสั้นและจะมีศักยภาพในการแข่งขันกับสถาบันอื่นอย่างยั่งยืนหรือแม้แต่ระดับ
สากล

บรรณานุกรม

บุญดี บุญญกิจ และคณะ. การจัดการความรู้จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ, ๒๕๔๘.

อรจรรย์ ณ ตะกั่วทุ่ง. เอกสารการสอนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์, ๒๕๔๘.

วีระวัฒน์ ปันนิตามัย. การพัฒนาองค์กรแห่งการเรียนรู้, ๒๕๔๔.

DIXON , NANCY. **THE ORGANIZATION CYCLE : HOW WE CAN LEARN OLLECTIVELY.**

LONDON : MCGRAW HILL, 1994.

MARQUARDT, **M. BUILDING THE LEARNING ORGANIZATION.** แปลโดย บดินทร์

วิจารณ์. NEW YORK : MCGRAW – HILL, ๒๕๔๘.

รายงานผลการวิจัย

การประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕



น.อ.หญิง ดร. ประอร สุนทรวิภาต

ร.อ.หญิง จุฬาลักษณ์ สุนทรวิภาต ร.ท.หญิง ธรรมรส ช่างไม้งาม
กองสถิติและวิจัย โรงเรียนนายเรือ

สาระสังเขป

การวิจัยการประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ มีวัตถุประสงค์คือ ๑) เพื่อประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ ในช่วง ๓ ปีแรก ๒) เพื่อประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรในแต่ละวิชา ๓) เพื่อทราบปัญหา/อุปสรรคในการใช้/การจัดการศึกษาตามหลักสูตร และ ๔) เพื่อให้ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตร และเป็นผู้ใช้หลักสูตรการศึกษา โรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ ซึ่งได้แก่ ครู-อาจารย์ สังกัดกองวิชาต่าง ๆ ทุกกองวิชา จำนวน ๖๖ นาย และ นักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๑ - ๓ ปีการศึกษา ๒๕๔๗ จำนวน ๓๒๗ นาย (ปัจจุบันคือ นักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๒ - ๔ ปีการศึกษา ๒๕๔๘) โดยใช้แบบประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ สำหรับนักเรียนนายเรือ ๑ ฉบับ และสำหรับครู-อาจารย์ ๑ ฉบับ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

๑. ผลการวิจัยโดยสรุป

๑.๑ สถานภาพผู้ตอบแบบสำรวจ :

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครู - อาจารย์ ส่วนใหญ่ชั้นยศ น.ต. - น.อ. จำนวน ๕๒ นาย คิดเป็นร้อยละ ๗๘.๗๘ อยู่ในตำแหน่ง ครู-อาจารย์ (มิใช่เป็นอาจารย์ช่วยสอน / ตามคำสั่งโรงเรียนนายเรือ) จำนวน ๖๐ นาย คิดเป็นร้อยละ ๙๐.๙๑ เป็นเพศชาย จำนวน ๔๗ นาย คิดเป็นร้อยละ ๗๑.๒๑ ส่วนมากมีวุฒิการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาโท จำนวน ๓๐ นาย คิดเป็นร้อยละ ๕๕.๕๕ มีประสบการณ์ด้านการสอนอยู่ระหว่าง ๖ - ๑๐ ปี จำนวน ๓๑ นาย คิดเป็นร้อยละ ๔๖.๓๗

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนนายเรือ ส่วนมากเป็นนักเรียนนายเรือ ชั้นปีที่ ๓ จำนวน ๑๐๗ นาย คิดเป็นร้อยละ ๓๖.๓๙ ส่วนใหญ่อยู่พรคนาวิน จำนวน ๑๖๗ นาย คิดเป็นร้อยละ ๕๖.๘๐ ส่วนมากศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน ๑๓๙ นาย คิดเป็นร้อยละ ๔๗.๒๘ ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย ๒.๕๐-๒.๙๙ จำนวน ๑๓๐ นาย คิดเป็นร้อยละ ๔๔.๒๒

๑.๒ ผลการประเมินความเหมาะสมของสาระ ระบบ และการใช้หลักสูตรการศึกษา โรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ :

ครู - อาจารย์ มีความเห็นว่า สาระของหลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๕๒$) ระบบของหลักสูตร และการใช้หลักสูตร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = ๓.๓๐$ และ ๓.๐๒) และเห็นว่าในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = ๓.๑๙$)

นักเรียนนายเรือ มีความเห็นว่า สาระของหลักสูตร การใช้หลักสูตร การจัดการเรียนการสอนของครู - อาจารย์ และการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๕๐$, ๓.๕๒ , ๓.๕๑ และ ๓.๕๘ ตามลำดับ) ระบบของหลักสูตรมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = ๓.๓๗$) และเห็นว่าในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๕๐$)

๑.๓ ผลการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ :

นักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๑ เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๗๗$) ชั้นปีที่ ๒ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมการต่อเรือ วิศวกรรมอุทกศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และบริหารศาสตร์ เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๘๗$, ๔.๑๗ , ๔.๐๙ , ๓.๖๕ และ ๓.๗๖ ตามลำดับ) และชั้นปีที่ ๓ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกลเรือ วิศวกรรมการต่อเรือ วิศวกรรมอุทกศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และบริหารศาสตร์ เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๖๑$, ๓.๘๖ , ๓.๙๔ , ๓.๘๓ , ๓.๖๖ และ ๓.๘๘ ตามลำดับ)

๑.๔ ปัญหาอุปสรรคในการสอนรายวิชาต่างๆ ที่ครู-อาจารย์ รับผิดชอบในหลักสูตร :

ครู - อาจารย์ เห็นว่า ด้านเวลา : มีเวลาเรียนไม่เพียงพอ สอนได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากนักเรียนนายเรือมีกิจกรรมภายนอก ที่นอกเหนือจากหลักสูตร ทำให้นักเรียนนายเรือส่วนใหญ่ไม่สามารถเรียนได้ตามตารางที่กำหนด ขาดเรียน หลับในห้องเรียน และเรียนไม่ทัน (ตอบ ๑๕ คน) ด้านสื่อการเรียนการสอน / สถานที่ : เครื่องฉายภาพ / Projector มีไม่เพียงพอต่อการใช้สอนนักเรียน (ตอบ ๑๒ คน) อุปกรณ์เครื่องช่วยการศึกษาไม่ทันสมัย สภาพเก่าชำรุด (ตอบ ๗ คน) และห้องเรียนมีสภาพเก่า ไม่เหมาะสม/ไม่เอื้อต่อการเรียนการสอน (ตอบ ๖ คน)

๑.๕ ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ

พ.ศ.๒๕๕๕ :

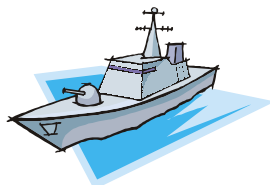
ครู-อาจารย์ เห็นว่า หลักสูตรมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการปฏิบัติงานและเทคโนโลยียุคใหม่ในกองทัพเรือและโลกอยู่แล้ว แต่ควรมีการปรับแต่งไปตามสภาพแวดล้อมและความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป และควรปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนด้วย (ตอบ ๔ คน) และควรให้เรียนวิชาชีพทหารเรือมากขึ้น (ตอบ ๔ คน)

นักเรียนนายเรือ เห็นว่า ควรงดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น และปรับลดกิจกรรมต่างๆ ให้น้อยลง เพื่อให้นักเรียนได้มีเวลาในการอ่านหนังสือ ออกกำลังกาย มากขึ้น (ตอบ ๓ คน) ควรเน้นวิชาที่จะใช้ทำงานในอาชีพได้จริง เพราะสาขาที่เรียนจบมาจะใช้ในชีวิตประจำวันน้อย (ตอบ ๓ คน) ควรมีอุปกรณ์การเรียนและสื่อการสอนที่ทันสมัย และเพียงพอ (ตอบ ๓ คน) และการเรียนการสอนควรเน้นตามสาขา และสอน ให้ตรงกับสาขาวิชาที่เลือกเรียน (ตอบ ๓ คน)

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หลักสูตรเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษา การจัดการศึกษาจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับหลักสูตร ซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องชี้แนะทาง โดยเฉพาอย่างยิ่งการจัดการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความรู้ทางวิชาการ และการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ ดังนั้น หลักสูตรที่ดีย่อมสามารถสร้างผลผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคม การประเมินหลักสูตรจึงจัดเป็นสิ่งที่สถาบันอุดมศึกษาควรให้ความสำคัญ การประเมินหลักสูตรแต่ละหลักสูตรจะต้องมีการประเมินเป็นระยะ ๆ อยู่เสมอตามที่ วิชัย วงษ์ใหญ่ ได้กล่าวไว้ว่า การประเมินหลักสูตรจะทำให้ทราบปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรให้ชัดเจนขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงหลักสูตรให้ดี และเหมาะสมต่อไป เพราะการประเมินหลักสูตรเป็นการพิจารณาเกี่ยวกับคุณค่าของหลักสูตร โดยใช้ผลจากการวัดในแง่มุมต่าง ๆ ของสิ่งที่ประเมิน เพื่อนำมาพิจารณาสรุปร่วมกันว่ามีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือต้องปรับปรุงแก้ไขต่อไป และนอกจากนี้การประเมินหลักสูตรยังเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สำคัญในของระบบประกันคุณภาพการศึกษาของสถาบันการศึกษาอีกด้วย

โรงเรียนนายเรือ เป็นสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาของกองทัพเรือ ที่ทำหน้าที่ให้การศึกษานักเรียนนายเรือด้านวิชาการ วิชาทหาร จริยศึกษา และพลศึกษา เพื่อให้มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่เหมาะสมที่จะเป็นนายทหารสัญญาบัตรของกองทัพเรือ สามารถปฏิบัติหน้าที่นายทหารสัญญาบัตรชั้นผู้น้อยในระยะแรกได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเป็นผู้นำ มีคุณธรรม



ประจำใจ มีความสำนึกในหน้าที่และความรับผิดชอบ สืบทอดแบบธรรมเนียมประเพณีของทหารเรือ เทิดทูนและยึดมั่นในชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข (โรงเรียนนายเรือ : ๒๕๔๕) ในการจัดการศึกษาของโรงเรียนนายเรือ ได้มีการใช้หลักสูตรมาแล้วหลายฉบับ และได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรื่อยมา จนกระทั่งปัจจุบันใช้หลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ เป็นหลักสูตร ๔ ปี ซึ่งเริ่มใช้จัดการศึกษาในปีการศึกษา ๒๕๔๕ เป็นปีแรก ปัจจุบันยังไม่มีผู้สำเร็จการศึกษา (สำเร็จการศึกษารุ่นแรก ในปีการศึกษา ๒๕๔๘) ยังอยู่ในระหว่างการใช้งาน ซึ่งโรงเรียนนายเรือ ได้เห็นความสำคัญที่จะต้องประเมินหลักสูตรดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุง และพัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป จึงได้สั่งการให้กองสถิติและวิจัย เป็นหน่วยรับผิดชอบดำเนินการประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ. ๒๕๔๕ (คำสั่งโรงเรียนนายเรือ ที่ ๘/๒๕๔๘)



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ ในช่วง ๓ ปีแรก
๒. เพื่อประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรในแต่ละวิชา
๓. เพื่อทราบปัญหา/อุปสรรคในการใช้/การจัดการศึกษาตามหลักสูตร
๔. เพื่อให้ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

๑. เนื่องจากหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ. ๒๕๕๕ เป็นหลักสูตร ๔ ปีที่เริ่มต้นใช้เมื่อปีการศึกษา ๒๕๕๕ ซึ่งขณะนั้นยังไม่มีผู้สำเร็จการศึกษา ดังนั้นขอบเขตของการประเมินหลักสูตรครั้งนี้จึงเป็นการประเมินย่อย / ความก้าวหน้า (**Formative Evaluation**) ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

๑.๑ ความเหมาะสมของสาระ ระบบ และการใช้หลักสูตร

๑.๒ คุณภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตร ในปีการศึกษา ๒๕๕๗

๒. รวบรวมข้อมูลในปีการศึกษา ๒๕๕๗ จาก

๒.๑ นักเรียนนายเรือในชั้นที่ ๑-๓ ปีการศึกษา ๒๕๕๗ ซึ่งเป็นผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรดังกล่าว

๒.๒ ครู - อาจารย์ทุกกองวิชา ซึ่งเป็นผู้สอนในปีการศึกษา ๒๕๕๗ ซึ่งเป็นผู้ใช้หลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

หลักสูตร หมายถึง หลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕

การประเมินหลักสูตร หมายถึง การพิจารณาความเหมาะสมของหลักสูตรในด้านสาระ ระบบ และการใช้หลักสูตรตามความคิดเห็นของครู-อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ

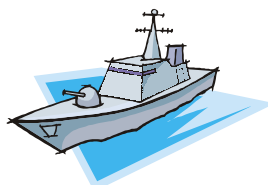
ครู - อาจารย์ หมายถึง ผู้ที่ทำการสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ในรายวิชาต่าง ๆ ทั้งหมดในหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ. ๒๕๕๕

นักเรียนนายเรือ หมายถึง นักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๑-๓ ปีการศึกษา ๒๕๕๗

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณา ปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือให้มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

๒. เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชาให้สอดคล้องกับหลักสูตร และความต้องการของกองทัพเรือ



สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัยโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงประเมินผล (Evaluative Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินองค์ประกอบเบื้องต้นของหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ โดยพิจารณาจากความเหมาะสมของหลักสูตรในด้านสาระ ระบบ และการใช้หลักสูตร ประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในแต่ละวิชา และศึกษาปัญหา อุปสรรคในการใช้หลักสูตร ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร

ประชากรในการวิจัยประกอบด้วย ครู-อาจารย์ทุกกองวิชาที่สอนในปีการศึกษา ๒๕๕๗ จำนวน ๙๖ นาย และนักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๑-๓ ปีการศึกษา ๒๕๕๗ ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรดังกล่าว จำนวน ๓๒๗ นาย ประชากรทั้งหมด คือกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งมีครู - อาจารย์ ตอบแบบประเมิน จำนวน ๖๖ นาย คิดเป็นร้อยละ ๖๘.๗๕ และ นักเรียนนายเรือตอบแบบประเมินเป็น จำนวน ๒๙๔ นาย คิดเป็นร้อยละ ๘๙.๘๑

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ สำหรับครู - อาจารย์ และสำหรับนักเรียนนายเรือ ในเรื่อง สาระ ระบบ และการใช้หลักสูตร การศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ คุณภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ในปีการศึกษา ๒๕๕๗ ปัญหา/อุปสรรค ข้อขัดข้องในการสอนของครู-อาจารย์ ในรายวิชาต่าง ๆ และ ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS for Windows) ร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

การประเมินหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ สรุปผลได้ดังตารางที่ ๑ - ๔



ตารางที่ ๑ : สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕
ตามความคิดเห็นของครู - อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ

หัวข้อการประเมิน	ระดับความเหมาะสม			
	ครู - อาจารย์		นักเรียนนายเรือชั้น (๑ - ๓/๕๗)	
	\bar{X}	แปลผล	\bar{X}	แปลผล
๑. สาระของหลักสูตร	๓.๕๒	มาก	๓.๕๐	มาก
๑.๑ การใช้ภาษาชัดเจนและเข้าใจง่าย	๓.๗๔	มาก	-	-
๑.๒ จุดมุ่งหมายสามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผล ได้จริง	๓.๕๓	มาก	-	-
๑.๓ รายวิชามีความสอดคล้องกับความต้องการของกองทัพเรือ	๓.๓๗	ปานกลาง	๓.๕๗	มาก
๑.๔ หลักสูตรมีความเป็นเอกลักษณ์ในวิชาชีพ ทหารเรือ	๓.๓๙	ปานกลาง	๓.๔๔	ปานกลาง
๒. ระบบของหลักสูตร	๓.๓๐	ปานกลาง	๓.๓๗	ปานกลาง
๒.๑ มีการกำหนดแนวทางปฏิบัติการใช้หลักสูตร อย่างชัดเจน	๓.๕๘	มาก	๓.๔๔	ปานกลาง
๒.๒ มีหน่วยงานและบุคลากรรับผิดชอบในการ ดำเนินงานด้านหลักสูตรและประสานงาน	๓.๒๕	ปานกลาง	๓.๔๓	ปานกลาง
๒.๓ มีการจัดทำเอกสารหลักสูตร คู่มือและ แนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง	๓.๔๑	ปานกลาง	-	-
๒.๔ มีการประชาสัมพันธ์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ หลักสูตรแก่บุคลากรใน รร.นร.	๒.๙๕	ปานกลาง	๓.๒๓	ปานกลาง
๓. การใช้หลักสูตร	๓.๐๒	ปานกลาง	๓.๕๒	มาก
๓.๑ ครู - อาจารย์	๓.๐๖	ปานกลาง	๓.๗๓	มาก
๓.๒ ปัจจัยสนับสนุนการเรียนการสอน	๒.๙๘	ปานกลาง	๓.๔๑	ปานกลาง
๓.๓ การบริหารและบริการหลักสูตร	๓.๐๖	ปานกลาง	๓.๓๘	ปานกลาง
๔. การจัดการเรียนการสอนของครู - อาจารย์	-	-	๓.๕๑	มาก
๕. การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน	-	-	๓.๕๘	มาก
ในภาพรวม	๓.๑๙	ปานกลาง	๓.๕๐	มาก

ตารางที่ ๒ : ผลการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ตามความคิดเห็น
ของนักเรียนนายเรือ จำแนกตามชั้นปี และสาขาวิชา

สาขาวิชา	ระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอน					
	ชั้นปีที่ / ๒๕๕๗					
	๑		๒		๓	
	\bar{X}	แปล ผล	\bar{X}	แปล ผล	\bar{X}	แปล ผล
ยังไม่แบ่งสาขาวิชา	๓.๗ ๗	มาก	-	-	-	-
วิศวกรรมไฟฟ้า	-	-	๓.๘ ๗	มาก	๓.๖๑	มาก
วิศวกรรมเครื่องกลเรือ	-	-	-	-	๓.๘๖	มาก
วิศวกรรมการต่อเรือ	-	-	๔.๑๗	มาก	๓.๙๔	มาก
วิศวกรรมอุตสาหการ	-	-	๔.๐๙	มาก	๓.๘๓	มาก
วิทยาการคอมพิวเตอร์	-	-	๓.๖๕	มาก	๓.๖๖	มาก
บริหารศาสตร์	-	-	๓.๗๖	มาก	๓.๘๘	มาก

ตารางที่ ๓ : สรุปปัญหาอุปสรรคในการสอนรายวิชาต่าง ๆ ที่ครู-อาจารย์ รับผิดชอบในหลักสูตร
ตามความคิดเห็นของครู - อาจารย์

รายการสรุป
<p><u>ด้านเวลา</u> : ๑) เวลาเรียนไม่เพียงพอ สอนได้ไม่เต็มที่เนื่องจากนักเรียนนายเรือมีกิจกรรมภายนอกที่นอกเหนือจากหลักสูตร ทำให้นักเรียนนายเรือส่วนใหญ่ไม่สามารถเรียนได้ตามตารางที่กำหนด ขาดเรียนหลับในห้องเรียน และเรียนไม่ทัน (ตอบ ๑๕ คน) ๒) เวลาเรียน และเวลาว่างของนักเรียนนายเรือมีน้อยเกินไป ไม่สอดคล้องกับการเรียนในแนวที่ให้แก่นักเรียนนายเรือเป็นศูนย์กลาง ควรมีชั่วโมงงานมอบ เพื่อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองหรือทำงานในโครงการที่ได้รับมอบหมายมากขึ้น (ตอบ ๒ คน) ๓) เวลาเรียนมีไม่เพียงพอที่จะพัฒนาความสามารถในการใช้ภาษา เมื่อเทียบกับ ความคาดหวังที่นักเรียนนายเรือจะได้รับ โรงเรียนควรสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้น เช่น การบริการโปรแกรม call เพื่อฝึกฝนการใช้ภาษาในเวลาว่าง (ตอบ ๑ คน) <u>ด้านสื่อการเรียนการสอน / สถานที่</u> : ๑) เครื่องฉายภาพ / Projector มีไม่เพียงพอต่อการใช้นักเรียน (ตอบ ๑๒ คน)</p>

๒) อุปกรณ์เครื่องช่วยการศึกษาไม่ทันสมัย มีจำนวนน้อยมาก ไม่เพียงพอกับจำนวนนักเรียน และ การใช้งาน อีกทั้งยังมีสภาพที่เก่าชำรุด ทรุดโทรม (ตอบ ๗ คน) ๓) ห้องเรียนมีสภาพเก่า ทรุดโทรม ไม่เหมาะกับการเรียนการสอน (ตอบ ๓ คน)

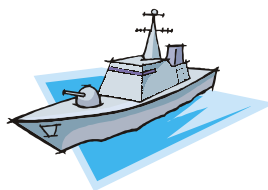
๔) ห้องเรียนมีความไม่เหมาะสม เนื่องจากอากาศร้อนมาก ทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนไม่ดีเท่าที่ควร บางห้องมีขนาดใหญ่เกินไป แต่จอภาพมีขนาดเล็ก นักเรียนนายเรือที่นั่งหลังห้องมองไม่เห็น ทำให้หมดความสนใจการเรียน และบางห้องไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นห้องเรียน เช่น ห้องปฏิบัติการ เป็นต้น (ความถี่ ๓) ๕) ระบบเครื่อง ขยายเสียง และไมโครโฟนในห้องเรียนชำรุด บกพร่อง เป็นอุปสรรคในการสอน (ตอบ ๒ คน)

ด้านหลักสูตร : ๑) หลักสูตรมีเนื้อหาที่คล้อยตามสถาบันการศึกษาพลเรือน จึงไม่ตรงกับความต้องการของกองทัพเรือ (ตอบ ๑ คน) ผู้บริหารขาดความเข้าใจในหลักสูตร จึงไม่สามารถควบคุมบุคลากรให้ดำเนินงานไปตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้อย่างประสิทธิภาพ (ตอบ ๑ คน) ๒) เนื้อหาวิชาไม่สอดคล้องกับเป้าหมายในการสร้าง นักเรียนนายเรือ ที่แท้จริง (ตอบ ๑ คน)

ด้านครู – อาจารย์ : ๑) ครู-อาจารย์มีภาระงานที่นอกเหนือจากการเรียนการสอนค่อนข้างมาก จึงทำให้มีเวลาน้อยที่จะทำการปรับปรุงสื่อการเรียนการสอน และเตรียมการสอน (ตอบ ๑ คน) ๒) อาจารย์ส่วนใหญ่ ไม่สามารถค้นคว้าข้อมูลจากภายนอกได้ โดยเฉพาะสถาบันวิชาการ เพราะโรงเรียนนายเรือไม่ได้เป็นสมาชิก ส่วนใหญ่ต้องเสียค่าสมาชิกเอง (ตอบ ๑ คน) ๓) ครู – อาจารย์ มีไม่เพียงพอ (ตอบ ๑ คน)

ด้านตัวผู้เรียน / นักเรียนนายเรือ : ๑) นักเรียนนายเรือไม่มีความกระตือรือร้นที่จะเรียน (ตอบ ๑ คน) ๒) ผู้เรียนไม่พร้อมที่จะรับการศึกษาเล่าเรียน สภาพร่างกายไม่พร้อม ขาดจิตสำนึกในการเรียนรู้ (ตอบ ๑ คน) ๓) นักเรียนนายเรือไม่ค่อยมาเรียนตามเวลา อ้างว่าครูผู้สอนปล่อยช้า เดินทางไกล (ตอบ ๑ คน)

ด้านบริหารจัดการ : ความไม่สมดุลระหว่าง นโยบายกับการปฏิบัติ ทำให้นักเรียนนายเรือมีสภาพความพร้อมต่อการรับรู้สิ่งใหม่ ๆ ได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น (ตอบ ๑ คน)



ตารางที่ ๔ : สรุปข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕
ตามความคิดเห็นของครู – อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ

ครู-อาจารย์	นักเรียนนายเรือ
<p>๑) หลักสูตรมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม การปฏิบัติงาน และเทคโนโลยียุคใหม่ในกองทัพเรือ และโลกอยู่แล้ว แต่ควรมีการปรับแต่งไปตาม สภาพแวดล้อมและความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป และควรปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนด้วย (ตอบ ๔ คน)</p> <p>๒) ควรให้เรียนวิชาชีพทหารเรือมากขึ้น (ตอบ ๔ คน)</p> <p>๓) เนื้อหาในรายวิชาด้านวิชาการควรยึดหลักของ ทบวงมหาวิทยาลัยเป็นหลัก และเสริมในส่วนที่ กองทัพเรือต้องการเข้าไป (ตอบ ๒ คน)</p> <p>๔) หลักสูตรภาคปฏิบัติในทะเล ควรเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ (ตอบ ๑ คน)</p>	<p>๑) ควรดัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น และปรับลดกิจกรรม ต่างๆ ให้น้อยลง เพื่อให้นักเรียนได้มีเวลาในการ อ่านหนังสือ ออกกำลังกาย มากขึ้น (ตอบ ๓ คน)</p> <p>๒) ควรเน้นวิชาที่จะใช้ทำงานในอาชีพได้จริง เพราะ สาขาที่เรียนจบมาจะใช้ในชีวิตรับราชการน้อย (ตอบ ๓ คน)</p> <p>๓) ควรมีอุปกรณ์การเรียนและสื่อการสอนที่ ทันสมัย และเพียงพอ (ตอบ ๓ คน)</p> <p>๔) การเรียนการสอนควรเน้นตามสาขา และสอนให้ ตรงกับสาขาวิชาที่เลือกเรียน (ตอบ ๓ คน)</p> <p>๕) ควรปรับปรุงการสอนให้ดี และทันสมัยมากขึ้น เพื่อให้ให้นักเรียนรู้สึกอยากเรียน (ความถี่ ๒)</p> <p>๖) ควรจัดให้มีการทัศนศึกษา ดูงาน ในสถานที่ของ หน่วยงานต่างๆ ของกองทัพทุกเหล่าทัพและที่อื่นๆ ที่มีความทันสมัยของเทคโนโลยี (ตอบ ๒ คน)</p> <p>๗) ควรมีการนำนักเรียนไปดูงานหน่วยต่างๆ ของ กองทัพเรือ เพราะจะทำให้รู้งานที่จะต้องไปทำ (ตอบ ๒ คน)</p>

อภิปรายผลการวิจัย

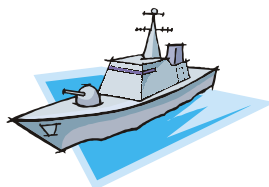
๑. สาระของหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๕๕ ในภาพรวมตามความคิดเห็น ของครู - อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ มีความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน คือ ครู - อาจารย์ เห็นว่าเหมาะสม ในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๕๒$) และนักเรียนนายเรือ เห็นว่าเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = ๓.๕๐$) เช่นเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาในเรื่องรายวิชาที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของกองทัพเรือ และมีความเป็น

เอกลักษณ์ในวิชาชีพทหารเรือ ในความคิดเห็นของครู-อาจารย์ มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.37$, $\bar{X} = 3.34$) ตามลำดับ ดังนั้น จึงควรมีการปรับปรุงรายวิชาในหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของกองทัพเรือ และมีความเป็นเอกลักษณ์ ในวิชาชีพทหารเรือให้มากยิ่งขึ้น

๒. ระบบของหลักสูตร ตามความคิดเห็นของทั้งครู - อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ ในภาพรวม พบว่า สอดคล้องกัน กล่าวคือ เห็นว่าระบบของหลักสูตรมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง (ครู - อาจารย์ $\bar{X} = 3.30$, นักเรียนนายเรือ $\bar{X} = 3.37$) และเมื่อพิจารณาในด้านการประชาสัมพันธ์ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรแก่บุคลากรในโรงเรียนนายเรือ พบว่า มีระดับความเหมาะสมในระดับปานกลาง (ครู - อาจารย์ $\bar{X} = 2.95$, นักเรียนนายเรือ $\bar{X} = 3.23$) ซึ่งมีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุดในความคิดเห็นของครู - อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ ซึ่งเป็น ผู้ใช้หลักสูตร แสดงว่า โรงเรียนนายเรือ โดยหน่วยที่เกี่ยวข้องยังมีการประชาสัมพันธ์ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตร และรายละเอียดต่าง ๆ ไปยังกลุ่มครู - อาจารย์ และนักเรียนนายเรือ ค่อนข้างน้อย

๓. การใช้หลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ ในเรื่องของปัจจัยเกื้อหนุน ครู-อาจารย์ เห็นว่ามีเหมาะสมในระดับปานกลาง โดยเฉพาะในด้านอุปกรณ์เครื่องช่วยการศึกษา อันได้แก่ เครื่องขยายเสียง เครื่องฉายภาพทึบแสง และ projector เป็นต้น (น้อย $\bar{X} = 2.22$) หนังสืออ่านประกอบแต่ละวิชา ($\bar{X} = 2.98$) ห้องเรียน ($\bar{X} = 2.93$) และยังคงสอดคล้องกับปัญหาอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนของครู - อาจารย์ ที่เห็นว่า เครื่องฉายภาพ / Projector มีไม่เพียงพอต่อการใช้สอนนักเรียน (ตอบ ๑๒ คน) โดยเฉพาะในวันที่มีประชุมไม่สามารถนำเครื่องมาใช้ได้ ทำให้ การสอนที่เตรียมไว้ไม่สามารถทำตามแผนได้ (ตอบ ๒ คน) และอุปกรณ์เครื่องช่วยการศึกษา ไม่ทันสมัย มีจำนวนไม่เพียงพอ กับจำนวนนักเรียน และต่อการใช้งาน อีกทั้งยังมีสภาพที่เก่า ชำรุด ทрудโทรม (ตอบ ๗ คน) รวมทั้งห้องเรียนมีสภาพเก่า ทрудโทรม ไม่เหมาะกับการเรียนการสอน (ตอบ ๓ คน)

๔. การประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนทุกรายวิชาของนักเรียนนายเรือชั้นปีที่ ๑ - ๓ ปีการศึกษา ๒๕๔๗ พบว่า ในภาพรวมการจัดการเรียนการสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก แสดงว่าการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ของครู-อาจารย์ในทัศนะของนักเรียนนายเรือ ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับผลโดยตรง ส่วนใหญ่ มีคุณภาพดีมากอยู่แล้ว สำหรับรายวิชาที่อยู่ในระดับปานกลาง ก็ควรปรับปรุงและพัฒนาให้ถึงระดับมากต่อไป และควรให้มีการบูรณาการระหว่างวิชาด้วย



ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

๑. ควรมีการปรับปรุงรายวิชาในหลักสูตรการศึกษาโรงเรียนนายเรือ พ.ศ. ๒๕๕๕ ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของกองทัพเรือและมีความเป็นเอกลักษณ์ในวิชาชีพทหารเรือให้มากขึ้น

๒. ควรปรับปรุงและพัฒนาระบบของหลักสูตรให้ดียิ่งขึ้น ทั้งในด้านการประชาสัมพันธ์ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรแก่บุคลากรในโรงเรียนนายเรือ การมีหน่วยงานและบุคลากรรับผิดชอบในการดำเนินงานด้านหลักสูตรและประสานงาน ตลอดจนการจัดทำเอกสาร คู่มือ และแนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง

๓. การใช้หลักสูตรการศึกษามีปัญหาในเรื่องปัจจัยเกื้อหนุนทางการศึกษามีไม่เพียงพอ และชำรุดทรุดโทรม จึงควรปรับปรุง เครื่องช่วยการศึกษา หนังสืออ่านประกอบ และห้องเรียนให้เหมาะสมดีขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ

๔. การจัดการเรียนการสอนของ ครู – อาจารย์ ในปัจจุบันส่วนใหญ่มีคุณภาพดีอยู่แล้วแต่ควรปรับแต่ง ให้มีการบูรณาการระหว่างวิชาเพื่อนำไปสู่วิชาชีพทหารเรือ ให้มากขึ้น

ข่าวนายเรือ

กองบรรณาธิการวารสารโรงเรียนนายเรือ

การจัดทำโครงการทางวิศวกรรม โครงการวิจัยหรือโครงการวิทยากรของนักเรียนนายเรือ

หลักสูตรโรงเรียนนายเรือ พ.ศ.๒๕๔๕ กำหนดให้นักเรียนนายเรือ ชั้นปีที่ ๔ และชั้นปีที่ ๕ ทุกคน ทุกสาขาวิชา จัดทำโครงการทางวิศวกรรม โครงการวิจัย หรือโครงการวิทยากร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ทางทฤษฎี และหลักการทางวิชาการที่ได้ศึกษามาสร้างหรือพัฒนาให้เป็นผลผลิต โดยศึกษาและวิเคราะห์ในเรื่องที่มีความสำคัญ หรือมีความสนใจเป็นพิเศษ เพื่อต้องการผลผลิตที่เป็นชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์หรือโปรแกรมประดิษฐ์ที่จะนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาในอนาคตต่อไป สำหรับในปีการศึกษา ๒๕๔๘ กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ ได้จัดทำโครงการทางวิศวกรรมของนักเรียนนายเรือ จำนวน ๔ โครงการ ดังนี้

๑. โครงการเครื่องตรวจจับข้อสอบ

อาจารย์ที่ปรึกษา	น.ต.ชนพงษ์	สุริเย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ร.อ.อุดมศักดิ์	บุญประเสริฐ
ผู้ทำโครงการ	น.ร.อานนท์	ยะยอง
	น.ร.จักรพงษ์	เพิ่มกำลังพล
	น.ร.ชัชวาลย์	ฉายสุวรรณ
	น.ร.ทศพล	มนทสิทธิ์

จุดมุ่งหมายของการทำโครงการชิ้นนี้คือ เพื่อจะช่วยประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือในการเช่าเครื่องตรวจจับข้อสอบในแต่ละปี และให้ทุกหน่วยในกองทัพเรือมีเครื่องตรวจจับข้อสอบใช้ ซึ่งจะมีผลต่อการตรวจจับข้อสอบที่รวดเร็วขึ้นและสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ การตรวจจับข้อสอบจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในขั้นต้นของการจัดทำโครงการ จะศึกษาถึงการทำงานของเครื่องตรวจจับข้อสอบก่อนว่าต้องใช้หลักการในการตรวจจับการระบายคำตอบ และศึกษาการประมวลผลของโปรแกรม จากนั้นจะต้องศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจจับข้อสอบ เช่น การป้อนกระดาษ การคำนวณทางโปรแกรม และความเข้มของสีที่ระบายในคำตอบ ทำการออกแบบอุปกรณ์ และเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ และทดลองการทำงานของโปรแกรมเพื่อตรวจสอบข้อขัดข้องของเครื่องตรวจจับข้อสอบและแก้ไขข้อขัดข้องที่เกิดขึ้น

๒. โครงการชุดควบคุมเครื่องปรับอากาศ

อาจารย์ที่ปรึกษา	น.ต.ประกิต	รำพึงกุล
ผู้ทำโครงการ	น.นร. อนุรักษ์	ใจยศ
	น.นร. อภิวัฒน์	เตชวาทกุล
	น.นร. รณภูมิ	จันทร์
	น.นร. บันเทิง	คงชยพันธ์

จุดมุ่งหมายของการทำโครงการชิ้นนี้ คือ การลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในการขับเครื่องปรับอากาศ เพื่อสามารถใช้กับการทำงานที่ต้องการได้โดยไม่สูญเสียพลังงานมากเกินไป และเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ในขั้นตอนของการจัดทำโครงการจะศึกษาถึงระบบของเครื่องปรับอากาศ และวงจรที่จะใช้ในการควบคุม จากนั้นจะศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศ โดยอาศัยหลักการทางเทอร์โมไดนามิก โดยให้มอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ทำงานแปรผันตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ทำงานเหมาะสมกับการใช้งานและลดการทำงานที่เกิดความต้องการ และนำชุดควบคุมมาทำงานร่วมกับมอเตอร์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานที่ดีที่สุด และแก้ไขข้อขัดข้องที่พบ

๓. โครงการแบบจำลองเครื่องควบคุมการเคลื่อนที่สำหรับปีน .๕๐ นิ้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา	น.ต. วินัย	เศรษฐโชตินันท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ร.อ. อุดมศักดิ์	บุญประเสริฐ
ผู้ทำโครงการ	น.นร. ภัทรวุฒิ	กนกวรรณการ
	น.นร. พิชรพงษ์	สุวรรณโชติ
	น.นร. วิเศษศักดิ์	วิเศษแสนยากร
	น.นร. นิวัฒน์	ยอดมณี

จุดมุ่งหมายของการทำโครงการชิ้นนี้คือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการรบบทางเรือด้วยปีน .๕๐ นิ้ว และวัตถุประสงค์หลักของการทำโครงการนี้ คือ ความปลอดภัยของทหารประจำเรือ เนื่องจากทหารประจำเรือที่เป็นพลประจำปืนไม่จำเป็นที่จะต้องขึ้นไปประจำที่ปืน ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อทหารประจำเรือ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการรบนั้นสามารถกล่าวได้ว่า ในการยิงปืนจำเป็นต้องมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดผลต่อวิถีกระสุน แต่ทั้งนี้ ในการปฏิบัติจริงไม่สามารถที่จะทำได้เนื่องจากพลประจำปืนจำเป็นจะต้องลงไปเป้าหมาย สมมติทั้งหมดจะทำให้ไม่สามารถที่จะคิดถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่

เข้ามากระทำได้ แต่แบบจำลองเครื่องควบคุมป็น .๕๐ นิ้วนี้ จะสามารถคำนวณปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้ามากระทำได้โดยอัตโนมัติ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการรบได้ดียิ่งขึ้น

ในขั้นต้นจะศึกษาถึงการทำงานขั้นต้นของป็น .๕๐ นิ้ว ชัดความสามารถของป็น .๕๐ นิ้ว ศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มากระทำต่อวิถีของกระสุนป็นที่เป็นผลให้วิถีกระสุนป็นเบี่ยงเบนออกจากเป้าหมาย ออกแบบอุปกรณ์ เขียนชุดคำสั่งสำหรับการควบคุมอุปกรณ์และทดลองการทำงานของโครงการเพื่อตรวจสอบข้อขัดข้องต่าง ๆ จากนั้นนำข้อขัดข้องมาแก้ไขเพื่อให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์

๔. โครงการเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells)

อาจารย์ที่ปรึกษา	น.ต.ชนพงษ์	สุริเย
ผู้ทำโครงการ	น.ร.ณัฐนัย	หทัยวิเชียร
	น.ร.จรุงชาติ	หวังลดาภิรมย์
	น.ร.พรพรต	ปัญปราศัย
	น.ร.เดชชาติ	อาสาว่าง

เนื่องจากแหล่งกำเนิดพลังงานต่าง ๆ ที่มีใช้กันอยู่จะเป็นเชื้อเพลิงเสียส่วนใหญ่ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจัดเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถหามาทดแทนได้ และในปัจจุบันเชื้อเพลิงดังกล่าวกำลังมีแนวโน้มที่จะลดลง จึงได้มีการพัฒนาแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแบบใหม่เข้ามาทดแทน เช่น การใช้พลังงานทดแทนจากธรรมชาติต่าง ๆ เป็นต้น แต่การใช้พลังงานทดแทนแบบต่าง ๆ ยังมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ อยู่ ดังนั้น เซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานรูปแบบใหม่อีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ทดแทนแหล่งกำเนิดพลังงานแบบเก่าได้ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและผู้คน

วิธีดำเนินการจัดทำโครงการ โดยนำความรู้ทางทฤษฎีเกี่ยวกับเซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไปและราคาไม่แพง จากนั้นจะทดลองแบบจำลองดังกล่าวว่าสามารถกำเนิดพลังงานได้ตามทฤษฎีหรือไม่และหาข้อแก้ไขหากเกิดการผิดพลาดในการสร้างแบบจำลองขึ้น

