รหัสโครงการ SUT1-104-48-24-26

รายงานการวิจัย

การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชีและผลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำชี
Land Use in Chi Basin and Its Effect on Water Quality of Chi River

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT1-104-48-24-26

รายงานการวิจัย

การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชีและผลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำชี

Land Use in Chi Basin and Its Effect on Water Quality of Chi River

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ ธานี

สาขาวิชาชีววิทยา

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548-2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

เมษายน 2557

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่องการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชีและผลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำชีในครั้งนี้ ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายจนทำให้เกิดองค์ความรู้ในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินของในบริเวณลุ่มน้ำชีเพิ่มขึ้น โครงการวิจัยขอขอบคุณนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนคณาจารย์สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ท้ายสุดขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำชีโดยใช้ปัจจัยทางเคมีกายภาพและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยเก็บตัวอย่างจาก 12 จุด ศึกษาในลุ่มน้ำชี การเก็บตัวอย่างทำการเก็บทุก ๆ 2 เดือน โดยการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินนั้นใช้สวิงรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ตัวแปร ดัชนีชีวภาพที่ศึกษาได้แก่ BMWP^{Thai} ร่วมกับ ASPT ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ และดัชนี HBI การวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ทั้งระหว่างจุดเก็บตัวอย่างและฤดูกาล ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำสามารถแบ่งตามประเภทคุณภาพได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ จุดศึกษาที่ 1 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 และจุดศึกษาที่ 2 ถึงจุดศึกษาที่ 10 จัดอยู่ในประเภทที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินพบทั้งสิ้น 8 อันดับ 25 วงศ์ โดยอันดับที่พบมากที่สุดคือ Odonata และวงศ์ที่พบมากที่สุดคือ Gomphidae เมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีชีวภาพพบว่าความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ไม่สอดคล้องกับการประเมินโดยใช้ปัจจัยทางเคมีกายภาพส่วนดัชนี BMWP^{Thai} ร่วมกับ ASPT และดัชนี HBI มีความสอดคล้องกับการประเมินโดยใช้ปัจจัยทางเคมีกายภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ABSTRACT

The purpose of this research was to monitor and assess water quality using physicochemical measurements and benthic macroinvertebrates in the Chi basin. Twelve sampling sites were established along the river course. Physicochemical and biological properties were measured bimonthly. Twelve physicochemical variables of water quality were examined and analyzed. The benthic macroinvertebrates were collected by rectangular dip net - kicking sample from February to December 2004. Diversity index, $BMWP^{Thai}$ score, ASPT, and HBI index were used to assess water quality. Correlation between sampling sites and between seasons were analyzed by ANOVA. The results showed that the water quality of the Chi basin were classified into 2 groups. Site 1 was classified in class 2 with very clean freshwater resources. Site 2 to 10 were classified in class 3 with medium clean freshwater resources. Benthic macroinvertebrates of 8 orders 25 families were found. The most abundant order was Odonata and the most abundant family was Gomphidae. The diversity index was used to assess the water quality. The values of diversity index did not agree with the water quality assessed by physicochemical. On the other hand, the water quality assessed by HBI index and ASPT agreed with the water quality assessed by physicochemical analyses.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของแผนงานวิจัย	2
1.4 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คำนำ	4
2.2 การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชี	4
2.3 ดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical quality parameters)	5
2.4 ดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical quality parameters)	7
2.5 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	10
2.6 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
3.1 สถานีเก็บตัวอย่าง (Sampling station)	13
3.2 การออกแบบสถานีเก็บตัวอย่าง	15
3.3 ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำทางกายภาพ – เคมี	16
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย	23
4.1 การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชี	23
4.2 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี	25
4.3 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	47
5.1 สรุปผลการวิจัย	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย	54
ภาคผนวก ข ข้อมูลคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	58
ภาคผนวก ค HBI Tolerance Values	65
ภาคผนวก ง $BMWP^{Thai}$ Score Values	69
ภาคผนวก จ Biological Indice Values	72
ภาคผนวก ฉ Benthic macroinvertebrate Samples of Chi river basin February to December 2004	79
ภาคผนวก ช Total Variance Explained	83
ภาคผนวก ซ Benthic macroinvertebrates of Chi river basin February to December 2004	88
ประวัตินักวิจัย	96

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สถานีเก็บตัวอย่างและที่ตั้ง	13
4.1	การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำชี ปี พ.ศ. 2552	25
4.2	ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	27
4.3	ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพ – ชีวภาพ และกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังของลุ่มน้ำชี	28
4.4	ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพ – ชีวภาพ ของลุ่มน้ำชี	29
4.5	Biological Indice Values	43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	แสดงลุ่มน้ำชี	14
3.2	แสดงสถานีตัวอย่าง (Sampling station) ขนาดพื้นที่ 100 เมตร คูณกับความกว้างของแม่น้ำและแปลงตัวอย่าง (Sampling site) ขนาด 10 x 1 = 10 ตารางเมตร	15
3.3	แสดงจุดตัวอย่าง (ฝั่งขวาของแม่น้ำ) ขนาดพื้นที่ 10 เมตร	16
4.1	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	26
4.2	ค่าเฉลี่ยความขุ่นของของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	30
4.3	ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	31
4.4	ค่าเฉลี่ยความเร็วของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	32
4.5	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด – ด่างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	33
4.6	ค่าเฉลี่ยความกระด้างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	34
4.7	ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	35
4.8	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	36
4.9	ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	37
4.10	ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	38
4.11	ค่าเฉลี่ยไนเตรทในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	39
4.12	ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	40
4.13	แสดงอัตราส่วนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลุ่มน้ำชี	41
4.14	แสดงจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	41
4.15	แสดงจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547	41
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพ – ชีวภาพ และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในลุ่มน้ำชี	45
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพ – ชีวภาพ และดัชนีทางชีวภาพในลุ่มน้ำชี	46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แม่น้ำชีเป็นแม่น้ำสายที่ยาวที่สุดในประเทศไทย มีความยาวประมาณ 765 กิโลเมตร ต้นกำเนิดของแม่น้ำชีอยู่ที่ภูเขาพังเหยในเทือกเขาเพชรบูรณ์ในจังหวัดชัยภูมิ แม่น้ำชีไหลผ่านพื้นที่ของ 8 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร และศรีสะเกษ จากนั้นสายน้ำจะไหลไปบรรจบกับแม่น้ำมูลที่สบมูลในจังหวัดอุบลราชธานี นอกจากนี้ ลุ่มน้ำชี (Chi basin) มีพื้นที่ประมาณ 49,477 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในเส้นรุ้งที่ 15 องศา 30 ลิปดา และเส้นแวงที่ 103 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 12 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีประชากรทั้งสิ้นประมาณ 10 ล้านคน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องทั้งวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ การดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพ รายได้ ประเพณี และวัฒนธรรมกับประชากรในบริเวณลุ่มน้ำชี เป็นต้น (ตามรอยต้นน้ำชี, 2544)

ลุ่มน้ำชีมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ลำน้ำชี ลำสะพุง ลำกระจวน ลำคันฉู ห้วยสามหมอ ลำน้ำพอง ห้วยพวย ลำพะเนียง น้ำพรหม ลำน้ำเชิญ ห้วยสายบาตร ลำปาว ลำพันชาด และลำน้ำยัง เป็นต้น อ่างเก็บน้ำที่สำคัญในลุ่มน้ำนี้ ได้แก่ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนลำน้ำพุง และเขื่อนลำปาว พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,150 มิลลิเมตร ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่สำหรับพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.5 พื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 22.2 พื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 2.8 พื้นที่ลุ่มและทุ่งหญ้าธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 2.7 พื้นที่ชุมชน คิดเป็นร้อยละ 1.4 และพื้นที่ปลูกพืชสวนและไม้ยืนต้น คิดเป็นร้อยละ 0.2

ลุ่มน้ำชีมีคุณอนันต์ต่อประชาชนที่ดำเนินชีวิตในบริเวณลุ่มน้ำชีจำนวนมาก ในขณะเดียวกันประชาชนได้ใช้ทรัพยากรจากลุ่มน้ำชีอย่างขาดการวางแผนและมีการใช้ประโยชน์อย่างไม่ประหยัด จนในปัจจุบัน ลุ่มน้ำชีเกิดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร ปัญหาการใช้ที่ดินผิดธรรมชาติ ปัญหามลพิษ ปัญหาแรงงานและปัญหาด้านสังคม เป็นต้น โดยพื้นที่ลุ่มน้ำชีส่วนใหญ่มักถูกนำไปใช้ในด้านการเกษตร เช่น การทำนา การปศุสัตว์ พืชสวน และพืชไร่ รวมทั้งการทำไร่เลื่อนลอย นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่ ขนาดย่อม และขนาดเล็กในระดับครัวเรือน เป็นต้น พื้นที่ตั้งถิ่นฐานของหมู่บ้านและเขตเมือง สิ่งเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดปัญหาอย่างใหญ่หลวงต่อแม่น้ำชี อาทิ ภาวะน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวหลัง การเก็บเกี่ยว ภาวะแห้งแล้งในฤดูร้อน ปัญหาการใช้สารเคมี เช่น ปุ๋ยอนินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์อย่างไม่ถูกต้อง ปัญหาการตกค้างของสารปราบศัตรูพืช รวมทั้งป่าไม้ในแหล่งต้นแม่น้ำและผืนป่าใกล้แม่น้ำที่ถูกทำลาย ปัญหาการพังทลายของหน้าดิน ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ และหน้าดินถูกชะล้างลงสู่ลุ่มน้ำก่อนจะไหลมารวมกันก่อนที่จะลงสู่แม่น้ำชี จนในที่สุด ทำให้แม่น้ำชีเกิดปัญหามลพิษ เช่น ขยะจากแหล่งเกษตรกรรม แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม โลหะหนัก และสารเคมี เป็นต้น

ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา เกิดปัญหามลพิษขึ้นในลุ่มน้ำชีโดยเฉพาะในแม่น้ำชี ซึ่งปรากฏในสื่อต่าง ๆ ทั้งนี้ประชาชนที่อาศัยตามริมแม่น้ำและที่มีการประกอบอาชีพในบริเวณลำน้ำ ต่างร้องเรียนต่อหน่วยงานส่วนท้องถิ่นและรัฐบาลในปัญหาเรื่องน้ำเน่าเสียที่ส่งกลิ่นเหม็น รวมทั้งไม่สามารถนำน้ำมา

ใช้ในการบริโภคและทำความสะอาดได้ รวมทั้งผู้ที่ประกอบอาชีพการประมงต่างก็ได้รับผลกระทบจนเกิดความเสียหาย ทำให้สัตว์น้ำลดจำนวนลงจนตายในที่สุด ทำให้ประชาชนมีรายได้ต่ำกว่าเดิม จนก่อให้เกิดปัญหาการอพยพของประชาชนต่าง ๆ ไปยังแหล่งอื่น ๆ และสร้างปัญหาต่อเนื่องแก่สังคมโดยรวม

หน่วยงานราชการต่าง ๆ เช่น มหาวิทยาลัย วิทยาลัย สถาบันการศึกษา และหน่วยงานสิ่งแวดล้อมส่วนท้องถิ่น ได้ร่วมมือกันและพยายามตรวจสอบคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำต่าง ๆ แต่ผลของการตรวจสอบยังเป็นเรื่องใหม่สำหรับประชาชน อาจเพราะมีความยุ่งยากเกินไปสำหรับประชาชนที่จะทำความเข้าใจได้ง่าย ถึงแม้ว่าบางกลุ่มอาจจะสามารถเข้าใจได้ แต่ปัญหาเรื่องอุปกรณ์ เครื่องมือ และเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพน้ำยังยุ่งยากมากเกินไปและมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะใช้เครื่องมือและเทคนิคทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับเทคนิคที่ไม่ซับซ้อนทางชีววิทยา เพื่อให้ได้ผลสรุปไปในแนวทางเดียวกัน ซึ่งประชาชนทั่วไปจะสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำชีเองได้ ถึงแม้ว่าค่าที่ได้นั้นอาจจะไม่แม่นยำเท่ากับการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม แต่ประชาชนสามารถบอกได้ถึงแนวโน้มของคุณภาพน้ำในลำน้ำ เพื่อจะเตรียมการณ์ได้ทันก่อนที่ลำน้ำจะเกิดความเสียหาย ทั้งนี้โดยการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Macroinvertebrates) มาใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ซึ่งประชาชนจะเสียเวลาน้อยและสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น เพราะสอดคล้องกับกิจกรรมและกิจวัตรในการประกอบอาชีพจากแหล่งน้ำของประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Catwright, 1998; Dean, 1999; Dudgeon, 1999; Joy and Death, 2000a, b)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้ที่ดินและคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของดินในลุ่มน้ำชี โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำชีโดยวิธีทางกายภาพและเคมี

1.2.3 เพื่อศึกษาดัชนีทางชีวภาพเพื่อประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำชี

1.2.4 เพื่อหาแนวทางการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชี อันจะนำไปสู่การอนุรักษ์น้ำเพื่อประโยชน์ในการเกษตรและการบริโภคโดยเน้นให้ประชาชนมีส่วนร่วม

1.3 ขอบเขตของแผนงานวิจัย

พื้นที่ในการวิจัย คือ ลุ่มน้ำชีซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 50,000 ตารางกิโลเมตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีการศึกษาการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชีโดยเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (GPS) และทางธรณีวิทยา การศึกษาความหลากชนิดของพืชและสัตว์โดยสำรวจเฉพาะพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำชี การศึกษาคุณสมบัติของพื้นท้องน้ำ คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ และดัชนีทางชีวภาพโดยสำรวจเฉพาะในแม่น้ำชี จำนวน 12 สถานี การวิเคราะห์และสรุปผลได้รับความร่วมจากหลาย ๆ หน่วยงานทั้งในประเทศไทยและประเทศนิวซีแลนด์

1.4 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำชีอย่างละเอียด การใช้ประโยชน์ที่ดินจะต้องสอดคล้องกับคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของพื้นที่หรือไม่ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถแนะนำแก่

ประชาชนให้ใช้ประโยชน์จากการใช้ที่ดินอย่างคุ้มค่าและก่อเกิดประโยชน์สูงสุด การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชีส่งผลต่อคุณภาพน้ำของลำน้ำชีอย่างไร คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือเสื่อมลงอย่างไร ผลจากการวิจัยซึ่งได้จากการตรวจวัดทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ สามารถบ่งบอกได้ว่าคุณภาพน้ำนั้นมีความเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรม การประมง และการนำไปใช้บริโภคหรือไม่ โดยเฉพาะดัชนีทางชีวภาพซึ่งประชาชนสามารถเข้าใจได้ง่าย และมีความเหมาะสมต่อการดำเนินชีวิตในประจำวัน

1.4.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ อาทิ เช่น

1. กรมพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาชุมชน
2. กรมประมง กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
3. กรมทรัพยากรธรณี กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
4. กระทรวงวิทยาศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการ และสถานศึกษาต่าง ๆ
5. องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น อบต. อบจ. และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
6. เป็นการจ้างงานในท้องถิ่น โดยจ้างชาวบ้านช่วยเก็บตัวอย่าง การเช่าเรือและนายเรือ ทำให้ประชาชนในท้องถิ่นนั้น ๆ มีส่วนร่วมในการวิจัย และสามารถนำความรู้และเทคนิคต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

การวิจัยในบริเวณลุ่มน้ำชีของประเทศไทยยังไม่มีรายงานอย่างละเอียด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปัญหาเรื่องขนาดของลุ่มน้ำ การคมนาคม และคณะทีมวิจัย รวมทั้งเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีราคาค่อนข้างสูง นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำชียังไม่มีการศึกษาอย่างละเอียด โดยเฉพาะการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำชี ซึ่งเป็นแม่น้ำที่มีความยาวที่สุดในประเทศไทยและหล่อเลี้ยงประชาชนจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตาม หน่วยงานราชการ อาทิเช่น กรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินมาบ้างแล้วแต่ข้อมูลยังไม่ค่อยละเอียดมากนัก รวมทั้งคณะทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นยังได้ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินบริเวณแม่น้ำพองในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งมักเกิดปัญหามลภาวะของน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้สารปราบศัตรูพืช

2.2 การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชี

ข้อมูลในด้านความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตหรือทางเลือกในการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำชียังมีน้อยมาก ด้วยเหตุที่ทรัพยากรที่ดินมีข้อจำกัดมาก เช่น ลักษณะของดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นทราย มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้น้อยและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนในบริเวณลุ่มน้ำไม่แน่นอน ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจะอยู่ในเกณฑ์ดีก็ตาม โดยฝนมักตกปริมาณมากในปลายฤดูฝนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน และปัญหาดินเค็มที่ส่วนใหญ่มักพบในบริเวณพื้นที่ราบต่ำหรือพื้นที่ลุ่ม เป็นต้น

การมีทรัพยากรธรรมชาติอย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินกลับมีเพิ่มมากขึ้นกอปรกับการขาดแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ชัดเจน รวมทั้งความยืดหยุ่นหรือทางเลือกในการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อย โดยเฉพาะราคาผลผลิตที่ผันแปรตลอดเวลาก่อให้เกิดปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมตามศักยภาพ หรือไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการเพิ่มมากขึ้น และเป็นตัวเร่งให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากร ในขณะเดียวกัน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2549) ได้รายงานแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทยในรอบ 4 ปี (พ.ศ. 2541 – 2544) พบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้น โดย พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2544 มีเนื้อที่คิดเป็นร้อยละ 54.56 และ 56.24 ของพื้นที่ประเทศ ตามลำดับ และใน พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ไม่เหมาะสมตามหลักวิชาการถึง 60.1% ของพื้นที่ประเทศ ซึ่งบางปัญหาได้ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรอื่น ๆ อีกด้วย เช่น ปัญหาการพังทลายของหน้าดิน โดยเฉพาะพื้นที่ลาดชันที่มีหน้าดินเปิดโล่งและมีเนื้อดินเป็นดินทราย ทำให้โอกาสที่จะสูญเสียหน้าดินมีมากขึ้น ตะกอนดินอาจไหลไปกับสายน้ำและเกิดการทับถมในพื้นที่ต่ำหรือแหล่งน้ำได้ ทำให้คุณภาพน้ำและปริมาตรในการเก็บกักน้ำลดลง และปัญหาพื้นที่ดินเค็มที่มีการขยายตัวตลอดเวลา

ฉะนั้น แผนการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีความสำคัญมาก เพื่อนำมาใช้กำหนดมาตรการหรือส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่เหล่านั้น เพื่อไม่ให้ทรัพยากรที่มีอยู่เสื่อมโทรมลง แต่แผนการใช้ประโยชน์ที่ดินจะสัมฤทธิผลตามวัตถุประสงค์ได้หรือไม่นั้น ส่วนหนึ่งต้องขึ้นอยู่กับข้อสนเทศที่นำมาใช้ในการสนับสนุนในการจัดทำแผน โดยข้อสนเทศนั้นต้องเป็นปัจจุบันและมีปริมาณมากพอ สำหรับแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกี่ยวกับด้านการเกษตรกรรม Paiboonsak *et al*. (2004b) และ Charauppat *et al*. (2003) ได้เสนอแนะให้นำข้อมูลที่ได้มีการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละกิจกรรมที่ต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเสียก่อนและข้อมูลที่สนับสนุนการจัดทำแผนควรเก็บไว้ในรูปชั้นข้อมูลเฉพาะ (Thematic Layer) เนื่องจากสามารถดึงข้อมูลมาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปรับปรุงข้อมูลได้สะดวก (Bennui, 1992; Hoobler *et al*., 2003)

นอกจากนั้น สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำชี ประกอบด้วย 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) พื้นที่ภูเขาด้านขอบตะวันตกและด้านบน ซึ่งเป็นต้นแม่น้ำสายสำคัญ โดยสายน้ำจะไหลผ่านพื้นที่ไปทางด้านตะวันออก 2) พื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำพอง แม่น้ำชี และลำน้ำสาขา ซึ่งได้พบทางตอนกลางและด้านตะวันออก และ 3) พื้นที่ดอนหรือเนิน พบระหว่างพื้นที่ภูเขาและที่ราบลุ่ม โดยพื้นที่ดอนที่เป็นเนินสูงสลับกับพื้นที่ราบจะมีการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 900 – 1,700 มิลลิเมตร โดยด้านตะวันตกมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดและปริมาณน้ำฝนได้เพิ่มขึ้นไปทางด้านตะวันออก ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับพื้นที่ดอน ส่วนใหญ่มักให้เป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่และไม้ผล เช่น ข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และมะม่วง เป็นต้น สำหรับพื้นที่ราบลุ่ม ได้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกข้าวเป็นหลัก

2.3 ดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical quality parameters)

2.3.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำในธรรมชาติมักแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่และสภาพภูมิประเทศ รวมทั้งความเข้มของแสง กระแสลม ความลึกของแหล่งน้ำ ปริมาณสารแขวนลอย และสภาพแวดล้อมทั่วไปของลำน้ำ เป็นต้น ดังที่กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าอุณหภูมิของน้ำสัมพันธ์กับความเข้มของแสง เมื่อแสงส่องลงไปในน้ำ แสงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิของแหล่งน้ำนั้น ๆ โดยเป็นปัจจัยที่ควบคุมปฏิกิริยาเคมีในแหล่งน้ำ รวมทั้งควบคุมอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และมีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อันเป็นปัจจัยสำคัญต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ อุณหภูมิของน้ำยังส่งผลทางอ้อม เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำมีพิษรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วและสลายตัวได้เร็วเช่นกัน เนื่องจากปฏิกิริยาการสลายตัวและการกำจัดสารพิษออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นเกิดขึ้นรวดเร็วในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตาม เชื้อโรคบางชนิดสามารถแพร่กระจายได้ดีในสภาพอุณหภูมิสูง เช่น เชื้ออหิวาตกโรค เป็นต้น

นอกจากนี้ อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ย่อมมีความหนาแน่นและความหนืดของน้ำมากขึ้น ดังนั้นอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในแหล่งน้ำจึงตกตะกอนได้ยาก และหากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ความหนาแน่นของน้ำจะลดลง นอกจากนี้ น้ำที่มีอุณหภูมิสูง ย่อมมีผลให้สารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำสามารถละลายได้มากขึ้น เพราะน้ำเป็นตัวทำละลาย (Solvent) ที่ดี (ชนินทร์ ทองธรรมชาติ, 2540)

2.3.2 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity of water)

ความขุ่นของน้ำเกิดขึ้นเพราะมีการปนเปื้อนของสารแขวนลอย (Suspended matter) ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ หรืออาจเป็นคอลลอยด์ (Colloidal) เช่น โคลนตม (Clay) ทรายแป้ง (Silt) และแพลงก์ตอน (Plankton) หรือ ตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไป หรือตะกอนของเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) รวมทั้งจุลินทรีย์ เป็นต้น เมื่อมีแสงส่องลงมากระทบประจุสารที่ปนเปื้อนดังกล่าว สารกลุ่มนี้สามารถยอมให้แสงบางส่วนผ่านเข้าไปได้ แต่จะทำให้เกิดการหักเหกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ และแสงบางส่วนอาจถูกดูดซับเอาไว้ จึงทำให้มองเห็นว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้นขุ่น ซึ่งระดับของความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยนั้นล้วนขึ้นอยู่กับ

1) ขนาดและจำนวนของสารแขวนลอย

2) ดัชนีการหักเหของแสง เมื่อตกลงมากระทบกับสารแขวนลอย (Reflecting index) ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งแสดงจะสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้น ๆ

3) สีของสารแขวนลอย

การตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำสามารถใช้เครื่องมือตรวจวัดภาคสนาม (Turbidity meter kit) และมีหน่วยวัดเป็น NTU (Netelometric turbidity unit, NTU) โดยค่ามาตรฐานที่กำหนดนั้นจะต้องไม่เกิน 20 NTU สำหรับในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ชนินทร์ ทองธรรมชาติ, 2540)

2.3.3 การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC)

ค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของอิออนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิของน้ำที่มีอิออนของสารต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น นอกจากนี้ ในสนามไฟฟ้า กระแสอิออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเลคโทรดขั้วลบและอิออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอีเลคโทรดของขั้วบวก โดยกรด ด่าง และเกลืออนินทรีย์ เช่น HCL, Na_2CO_3 และ NaCl มีความสามารถในการเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีเพราะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ในทางตรงข้าม สารอินทรีย์ เช่น ซูโครสและเบนซีนนั้นจะไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ ซึ่งการนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะของอิออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของอิออนที่เกิดจากสารละลายหลายชนิด ค่านี้จึงไม่สามารถบอกให้ทราบถึงชนิดของสารที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ แต่บอกได้เพียงการเพิ่มหรือลดลงของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงถึงสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลง แสดงได้ว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีปริมาณลดลง เป็นต้น

สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น โดยทั่วไปมีค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 150 – 300 ไมโครโมห์ แต่ในแหล่งน้ำบางแห่งอาจมีค่าสูงถึง 5,000 ไมโครโมห์ ซึ่งความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแม่น้ำต่าง ๆ นั้นจะเป็นไปตามระยะทางของลำน้ำ ตลอดจนอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้แก่ ลักษณะทางเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยาของผืนดิน ปริมาณน้ำฝน กระบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ และกิจกรรมของคนที่อาศัยอยู่ทั้งสองฝั่งลำน้ำ ตั้งแต่ต้นน้ำเรื่อยไปจนถึงท้ายน้ำ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2545)

2.3.4 ความเร็วของน้ำ (Velocity of water)

ความเร็วของน้ำจะถูกคำนวณโดยเวลาเฉลี่ยที่น้ำไหลมาในระยะทางที่ได้ทำเครื่องหมายไว้และมีการแบ่งระยะทางตามเวลาเฉลี่ย (Denceger, 1981) ซึ่งความเร็วของกระแสน้ำจะได้รับอิทธิพล

จากสภาพภูมิประเทศ น้ำฝน โครงสร้าง และพรรณไม้น้ำ เป็นต้น โดยปกติแล้วความเร็วในการไหลของกระแสน้ำล้วนมีผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ถ้ากระแสน้ำไหลอย่างรวดเร็วจะทำให้มีออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้ากระแสน้ำไหลเร็วมาก ๆ อาจมีผลกระทบต่อกลุ่มสัตว์หน้าดินและพื้นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหน้าดินด้วย (Hocutt, 1975) แต่หากกระแสน้ำมีอัตราการไหลช้าก็จะทำให้ดินตะกอนที่มีขนาดใหญ่ตกลงสู่พื้นท้องน้ำอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำให้เพิ่มขึ้น และหากมีแสงสว่างที่เพียงพอก็อาจจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำได้อย่างรวดเร็วด้วย

2.4 ดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical quality parameters)

2.4.1 ค่าพีเอช (Potential of hydrogen, pH-value)

ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ หรือค่า pH เป็นดัชนีที่แสดงให้ทราบว่าน้ำนั้นมีสมบัติเป็นกรดหรือด่าง โดยแสดงในรูปปริมาณความเข้มข้นของค่าไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14 โดยที่ค่า pH = 7 แสดงถึงสภาพที่เป็นกลาง pH > 7 แสดงถึงสภาพที่เป็นด่าง และค่า pH < 7 แสดงถึงสภาพเป็นกรด นอกจากนี้ ค่า pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้นมีค่าระหว่าง 4 – 9 ซึ่งมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตละลายอยู่ในน้ำ หรืออาจเป็นผลมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายหรือพืชน้ำค่อนข้างสูง จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง แต่ปริมาณออกซิเจนกลับเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าสูง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำมีปริมาณมากและออกซิเจนมีปริมาณน้อย ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง นอกจากนี้ ค่า pH ยังทำหน้าที่ในการควบคุมระบบคาร์บอนไดออกไซด์ – คาร์บอเนต – ไบคาร์บอเนต กล่าวคือ ที่ค่า pH มีค่าต่ำอยู่ระหว่าง 4 – 6 มักพบคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นระหว่าง 7 – 10 กรดคาร์บอนิกจะแตกตัวมากขึ้น และหากค่า pH มีค่าสูงกว่า 10 คาร์บอนไดออกไซด์อาจอยู่ในรูปของคาร์บอเนตเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2545)

2.4.2 ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ คือ มีเกลือประเภทกรดอ่อน (Weak acid) โดยเฉพาะเกลือของกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) นอกจากนี้ ยังมีเกลือประเภทบอเรท (Borates) ซิลิเคท (Silicates) และฟอสเฟต (Phosphate) เป็นต้น แต่ทั้งสามธาตุนี้มักพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่จะมีจำนวนน้อยมาก เกลือของสารอินทรีย์บางชนิดอาจทำให้น้ำมีความเป็นด่างได้เหมือนกัน เช่น เกลือของกรดฮิวมิค (Humic acid) หรือกรณีที่น้ำผิวดินมีสาหร่ายหรือพืชน้ำขึ้นปกคลุมมาก ๆ เมื่อสาหร่ายหรือพืชน้ำใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำมาใช้การสังเคราะห์ด้วยแสงจนหมดแล้ว อาจทำให้ความเป็นด่างของน้ำลดลงได้ ดังนั้น น้ำที่เป็นด่างจึงเกิดขึ้นด้วยสาเหตุดังนี้ 1) เกลือคาร์บอเนต $(CO_3)^{=}$ 2) เกลือไบคาร์บอเนต $(HCO_3)^{-}$ และ 3) ไฮดรอกไซด์ $(OH)^{-}$ เป็นต้น

แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีน้ำเป็นด่าง จะมีโทษต่อสุขภาพน้อยมาก ยกเว้นในกรณีที่น้ำนั้นมีความเป็นด่างมากกว่า 400 – 500 ppm. ทั้งนี้ค่าความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำเกษตรกรรมมีค่าอยู่ระหว่าง 30 – 130 ppm. (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.4.3 ความกระด้างของน้ำ (Hardness)

น้ำกระด้าง หมายถึง น้ำที่ทำปฏิกิริยากับสบู่แล้ว ทำให้น้ำสบู่เกิดฟองได้ยากและน้ำชนิดนี้จะทำให้เกิดตะกรันอุดตันในท่อน้ำและภาชนะอื่น ๆ ที่ใช้ต้มน้ำด้วยอุณหภูมิสูง ๆ ดังนั้นน้ำกระด้างอาจก่อให้เกิดปัญหาในการใช้น้ำในชีวิตประจำวันได้ เช่น มีผลต่อรสชาติของน้ำ หรือ ทำให้สิ้นเปลืองสารซักฟอก เป็นต้น สาเหตุของความกระด้างคือ เกลือไบคาร์บอเนต (HCO_3), ซัลเฟต $(SO_4)^-$, คลอไรด์ $(Cl)^-$ และ ไนเตรท $(NO_3)^-$ ของธาตุแคลเซียม $(Ca)^{++}$ และแมกนีเซียม $(Mg)^{++}$ ที่ละลายปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ โดยแคลเซียมและแมกนีเซียมนี้เป็นอิออนสำคัญที่ทำให้น้ำมีความกระด้าง ส่วนอิออนของโลหะอื่น ๆ ที่ละลายและเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นสองหรือสามเท่าของจำนวนเดิม เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี เป็นสารที่สามารถทำให้น้ำกระด้างได้เช่นกัน ทั้งนี้ความกระด้างของน้ำวัดได้จากค่าความเข้มข้นของแคลเซียมคาร์บอเนต มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.4.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

พืชน้ำและสัตว์น้ำต่างอาศัยออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเพื่อการดำรงชีวิต ฉะนั้นน้ำบริเวณผิวดินหรือน้ำใต้ดินควรมีออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในปริมาณที่เพียงพอ นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังมีความสัมพันธ์กับค่าความสกปรกของน้ำอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าน้ำมีความสกปรกมาก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็จะต้องถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารสกปรกเหล่านั้นมากด้วย และถ้าในน้ำที่สกปรกมีจำนวนแบคทีเรียมาก แบคทีเรียเองก็ต้องการใช้ออกซิเจนมากเช่นกัน ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอาจถูกใช้หมดหรือลดลง ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจึงสามารถใช้เป็นดัชนี (Indicator) บ่งชี้สภาวะของแหล่งน้ำได้ดี

สภาวะธรรมชาติ แหล่งน้ำจะได้รับแก๊สออกซิเจนจาก 2 ทางด้วยกัน คือ 1) จากบรรยากาศผิวน้ำ แต่แก๊สออกซิเจนสามารถละลายได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำหรือสาหร่าย ความลึกของน้ำ รวมทั้งความดันบรรยากาศ ตลอดจนช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ปริมาณของสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน เป็นต้น โดยความสามารถในการละลายของแก๊สออกซิเจนในแหล่งน้ำจืดมีค่าอยู่ระหว่าง 14.6 mg/l ที่อุณหภูมิ 0 $^{\circ}C$ และ 6.9 mg/l ที่อุณหภูมิ 35 $^{\circ}C$ ในสภาพความดัน 1 บรรยากาศ เมื่อค่าความดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป เช่น ในระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของแก๊สออกซิเจนเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนี้ แก๊สออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง เมื่ออุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกับน้ำที่มีความเค็มสูง ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลงด้วย และ 2) การสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเกินไป อาจทำให้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนจากกระบวนการหายใจในเวลากลางคืนจนถึงช่วงใกล้สว่างมีมากขึ้นและอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ เพราะแพลงก์ตอนพืชเองก็ต้องใช้แก๊สออกซิเจนในการหายใจในช่วงเวลากลางคืน แต่กลับไม่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อมาช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.4.5 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจากกระบวนการนี้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป โดยผลผลิตสุดท้ายจากการออกซิไดซ์ของสารอาหารเหล่านี้ อาจได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแอมโมเนีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหารด้วย ถ้าสิ่งสกปรกมีปริมาณอินทรียสารมาก อาจทำให้ต้องมีการย่อยสลายมากเช่นกัน ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอาจลดลงไปด้วย ดังนั้น ค่า BOD จึงเป็นดัชนีที่สำคัญในการควบคุมสิ่งสกปรกในแหล่งน้ำ โดยแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือน้ำเน่าเสียโดยสารอินทรีย์ ซึ่งน้ำที่มีค่า BOD สูงนั้นหมายถึงน้ำมีปริมาณสารปนเปื้อนมาก โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6.0 mg/l ซึ่งถ้าค่า BOD มีค่าสูงเกินกว่า 10 mg/l จะถือว่าเป็นแหล่งน้ำนั้นเกิดความเน่าเสีย (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.4.6 ฟอสเฟต (Phosphate)

ปริมาณฟอสเฟตมีความเกี่ยวข้องกับการแปรรูปพลังงานภายในระบบนิเวศ และเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ สาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและกระบวนการสร้างกรดนิวคลีอิกในเซลล์สิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ ฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำโสโครกจะอยู่ในรูปที่ต่างกัน เช่น ออร์โธฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งฟอสเฟตเหล่านี้จะอยู่ในรูปของเศษซากพืช ซากสัตว์ หรือในรูปที่ละลายน้ำได้ ฟอสเฟตที่มีการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำอาจได้มาจากกิจกรรมการซักล้างและการใช้ปุ๋ยในกิจกรรมเกษตรกรรม โดยฟอสเฟตยังถูกจัดให้เป็น Growth – limiting nutrient ของแหล่งน้ำด้วย จึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำธรรมชาติให้มีปริมาณฟอสเฟตไม่ควรเกิน 0.03 mg/l (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547)

2.4.7 ไนเตรท (Nitrate)

ไนเตรทเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายไนไตรท์ซึ่งเกิดจากแอมโมเนีย ทั้งนี้ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และพืชน้ำ ดังนั้นปริมาณไนเตรทจึงสามารถบอกถึงกำลังการผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะใช้ไนเตรทในการสร้างโปรตีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไนไตรท์ให้กลายเป็นไนเตรท นอกจากนี้ยังได้มาจากการชะล้างปุ๋ยจากการทำเกษตรกรรมที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบด้วย โดยในธรรมชาติไนเตรทมีปริมาณน้อยมากในแหล่งน้ำผิวดิน แต่กลับพบว่ามีปริมาณสูงในแหล่งน้ำใต้ดิน อย่างไรก็ตามไนเตรทไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหากพบในปริมาณน้อย แต่ถ้าพบในปริมาณสูงในน้ำที่นำมาใช้บริโภคอาจเป็นพิษต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตได้ โดยเฉพาะในเด็กทารกซึ่งอาจทำให้ร่างกายขาดแก๊สออกซิเจน ทำให้เกิดอาการตัวเขียว ชัก และอาจตายได้ นอกจากนั้น ปริมาณไนเตรทที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลกระทบต่อกระบวนการทางชีววิทยาและประชากรในแต่ละลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และพืชน้ำ ทั้งยังมีผลให้กลุ่มของแมลงน้ำมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันถ้าพบไนเตรทในแหล่งน้ำธรรมชาติ แสดงว่าสารอินทรีย์ที่เคยละลายอยู่ในน้ำได้ถูกย่อยสลายไปจนหมดสิ้นแล้ว (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547)

2.5 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน หมายถึง สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ โดยจะอาศัยอยู่ตามบริเวณพื้นท้องน้ำ ตามก้อนหิน กรวด และแหล่งพักเกาะต่าง ๆ เป็นต้น อาจมีขนาดตั้งแต่ 590 µm ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือกลุ่มที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้โดยตาเปล่า (Resenberg *et al.*, 2001; Rouge River National Wet Weather Demonstration Project, 1998) ตัวอย่างสัตว์เหล่านี้ ได้แก่ หนอนน้ำ (Oligochaets) กุ้ง กุ้งฝอย ปู หอยฝาคู่ (Pelecypods) หอยฝาเดี่ยว (Gastropods) ปลิง (Leeches) และแมลงน้ำ เช่น กลุ่ม EPT (E = Ephemeroptera: แมลงชีปะขาว, P = Plecoptera: แมลงเกาะหิน, T = Trichoptera: แมลงหนอนปลอกน้ำ) แมลงสองปีก (Dipterans) เช่น มิดจ์ เหลือบน้ำ หนอนน้ำ แมลงปีกแข็ง (Beetles) เช่น ด้วงแมลงตับเต่า แมลงปีกผสม (True bugs) เช่น มวนน้ำ เป็นต้น (Alabama A & M and Auburn University, 2000; Beauchene, 2001; Chesapeake Bay Benthic Monitoring Program, 2002; Lehnkuhl, 1979; McCafferty, 1998; Merritt and Cummins, 1996; Rosenberg *et al.*, 2001)

การศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา อังกฤษ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ มีการศึกษาในด้านความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และนำมาใช้เป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพน้ำพอสมควร เช่น การศึกษาของ Beauchene (2001), Beauchene and Hoffman (2000), Chebuto Community Net of Halifax (1998), Environment Protection Authority State Government of Victoria (1998), Hellawell (1978) และ Joy and Death (2000a, b) เป็นต้น โดยคณะนักวิจัยเหล่านี้ได้ศึกษาถึงกลุ่มและชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ อันได้แก่ หอยน้ำจืด ปลิงน้ำจืด กุ้ง ปู และแมลงน้ำ เป็นต้น ซึ่งแมลงน้ำมีประโยชน์มากที่สุดและให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมีและทางกายภาพ กลุ่มแมลงน้ำที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่ม EPT ซึ่งได้แก่ แมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ และแมลงเกาะหิน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังนิยมศึกษาในกลุ่มของหนอนน้ำและแมลงสองปีก (Dipterans) เช่น การศึกษาของ Beauchene (2001), Dean (1999), Dean and Suter (1996), Research Environment and Industrial Consultants (2001) และงานวิจัยจากอีกหลายประเทศยังมีการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมาเป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยมีการศึกษาความทนทานต่อภาวะมลพิษของน้ำในระดับต่าง ๆ (Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax Homepage, 2002)

ข้อดีของการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเหล่านี้ ได้แก่ (Beauchene and Hoffman, 2000; Hellawell, 1978)

1) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำโดยเฉพาะน้ำเสียจึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำได้ดีทั้งในแหล่งน้ำไหลและน้ำนิ่ง บางชนิดสามารถทนทานได้ดี บางชนิดมีความทนทานได้น้อย และบางชนิดอาจทนไม่ได้เลย

2) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีการเคลื่อนที่ได้ช้าหรืออาจไม่เคลื่อนที่เลย โดยทั่วไปมักจะเกาะติดกับวัตถุใต้น้ำและพื้นท้องน้ำจึงมีความสะดวกในการเก็บตัวอย่างเพื่อการศึกษา

3) วิธีการเก็บตัวอย่าง กระบวนการเก็บตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับและมีวิธีให้เลือกใช้ได้หลากหลายรูปแบบตามความเหมาะสมของสถานที่และสภาพแวดล้อมของพื้นที่เก็บตัวอย่าง

4) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างไม่ซับซ้อน ใช้เวลาไม่นานนัก และเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างที่มีราคาไม่แพง ทั้งนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ภายในท้องถิ่นได้

5) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสามารถเข้าครอบครองพื้นที่ในบริเวณเดิมได้อย่างรวดเร็วภายหลังจากที่ถูกเก็บหรือถูกย้ายออกไปจากบริเวณเดิม

จากข้อดีของการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเพื่อใช้เป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งเป็นผลจากกิจกรรมต่าง ๆ บนพื้นดิน เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน การทำเกษตรกรรม อุตสาหกรรม พื้นที่ตั้งบ้านเรือน เป็นต้น จึงเป็นสิ่งสำคัญของสังคมไทยที่มีการอาศัยและมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับแหล่งน้ำตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยเองจึงสมควรที่ควรมีกลุ่มและชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเป็นของตัวเอง เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือประชาชนเองก็จะได้รับผลประโยชน์โดยตรง ทั้งความรู้และการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

2.6 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

การกำหนดชั้นคุณภาพของลุ่มน้ำ เป็นการแบ่งเขตพื้นที่ลุ่มน้ำโดยมุ่งเน้นไปที่คุณสมบัติของพื้นที่ต่อการพังทลายของดิน และความเปราะบางทางสิ่งแวดล้อมเป็นหลักในการกำหนดขอบเขต โดยพื้นที่ใดที่มีดินและสิ่งแวดล้อมที่มีความเปราะบางง่ายต่อการชะล้างและการพังทลายของดิน จะต้องเก็บรักษาไว้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร และส่วนพื้นที่ใด ๆ ที่มีความคงทนต่อการพังทลายของดินก็สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสมตามลำดับต่อไป ในการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำสามารถกระทำได้โดยการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรทางกายภาพต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของพื้นที่ ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ยากและเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยมีทั้งหมด 5 ตัวแปร คือ ความลาดชัน (SLOPE) ความสูงของพื้นที่ (ELEV) ลักษณะแผ่นดิน (LANDF) ลักษณะทางธรณีวิทยา (GEOL) และชนิดดิน (SOIL) เป็นต้น ซึ่งตัวแปรทั้งหมดนี้จะนำมาสร้างความสัมพันธ์กับค่าชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (WSC) ในรูปแบบของสมการสหสัมพันธ์มาตรฐาน เพื่อการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทยดังนี้

$$WSC = a + b(SLOPE) + c(ELEV) + d(LANDF) + e(GEOL) + f(SOIL) + FOR + MIN$$

เมื่อ WSC คือ ค่าชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ
SLOPE คือ ความลาดชันเฉลี่ย (ค่าที่อ่านได้ใน 1 ตารางกิโลเมตร หรือใน 1 กริด)
ELEV คือ ความสูง (ค่าเฉลี่ยความสูงจากระดับน้ำทะเล/10 ใน 1 ตารางกิโลเมตร)
LANDF คือ ลักษณะแผ่นดิน (ค่าคะแนนของลักษณะแผ่นดิน ใน 1 ตารางกิโลเมตร)
GEOL คือ ลักษณะทางธรณีวิทยา (ค่าคะแนนทางธรณีวิทยาใน 1 ตารางกิโลเมตร)
SOIL คือ ชนิดดิน (ค่าคะแนนสมบัติของชนิดดินใน 1 ตารางกิโลเมตร)
a, b, c, d, e และ f คือ ค่าคงที่ของตัวแปร

การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย ได้จัดแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำออกเป็น 5 ชั้น โดยมีลักษณะสังเขปดังนี้

พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่ควรสงวนไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารโดยเฉพาะ เนื่องจากอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินได้ง่ายและรุนแรง โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้นย่อย คือ พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1A ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำลำธารที่ยังมีสภาพป่าไม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ใน พ.ศ. 2525 สำหรับลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน ชี มูล และลุ่มน้ำภาคใต้ ใน พ.ศ. 2528 สำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออก และ พ.ศ. 2531 สำหรับลุ่มน้ำตะวันตก ภาคกลาง ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ส่วนอื่น ๆ (ลุ่มน้ำชายแดน) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1B เป็นพื้นที่ที่สภาพป่าไม้ส่วนใหญ่มักถูกทำลาย ดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาหรือการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบอื่นก่อน พ.ศ. 2525

พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่สอง เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเป็นต้นน้ำลำธารรองลงมา ส่วนใหญ่มักเป็นภูเขาสูง สันเขามน ไหล่เขาที่มีแนวลาดเทปานกลาง มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 30 – 50% สภาพของดินง่ายต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดิน มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อกิจการที่สำคัญ เช่น การทำป่าไม้และเหมืองแร่แต่ต้องปฏิบัติตามมาตรการควบคุมอย่างเข้มงวด

พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่สาม มักมีลักษณะเป็นที่ลาดเขา ตีนเขา ที่ราบขั้นบันไดสลับกับเนินเขา และพื้นที่ริมร่องน้ำ เป็นต้น มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 25 – 35% สภาพของดินสามารถพังทลายได้ง่ายถึงปานกลาง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกสิกรรมในประเภทไม้ยืนต้นได้ แต่ต้องใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เข้มงวด เช่น การทำขั้นบันไดดิน เป็นต้น

พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่สี่ เป็นพื้นที่เชิงเขา เนินเขาเตี้ย ที่ราบขั้นบันได และพื้นที่สองฝั่งลำน้ำ มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 6 – 25% สภาพดินค่อนข้างลึก มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง และมีสมรรถนะในการพังทลายของดินต่ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในกิจการพืชไร่ที่ต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำพอสมควร

พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ห้า เป็นพื้นที่ราบลุ่มหรือเนินลาดเอียงเล็กน้อยต่ำกว่า 5% สภาพดินมีความลึกถึงลึกมาก มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง มีความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดิน สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนาและกิจกรรมอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

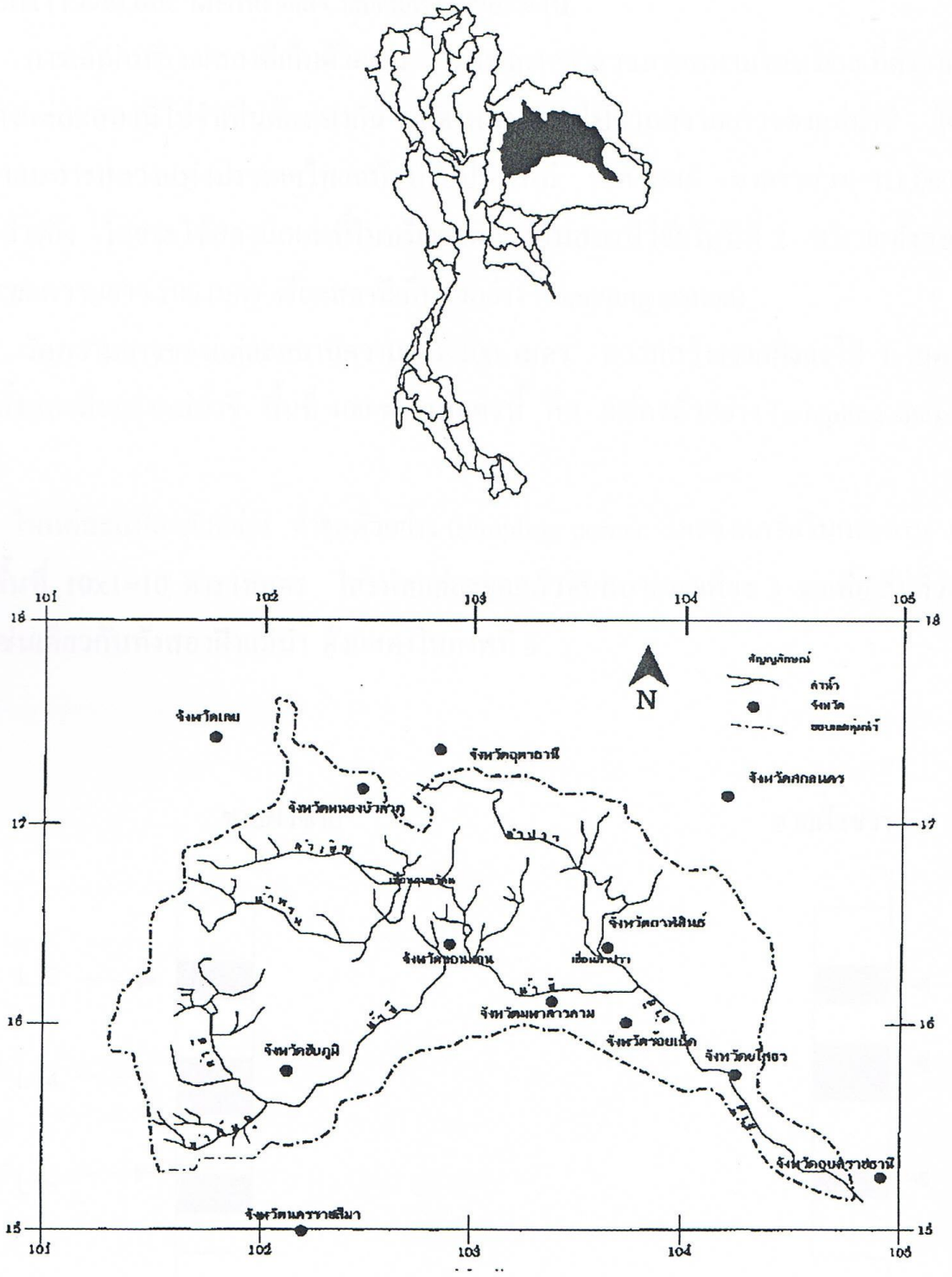
3.1 สถานีเก็บตัวอย่าง (Sampling station)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดสถานีในการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 12 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 3.1 และตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างและที่ตั้ง

ตำบล/หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด
1. ยางหวาย	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
2. ห้วยแย้	หนองบัวละเหว	ชัยภูมิ
3. บ้านกุดโง้ง	เมือง	ชัยภูมิ
4. ชนบท	ชนบท	ขอนแก่น
5. ท่าพระ	เมือง	ขอนแก่น
6. โกสุมพิสัย	โกสุมพิสัย	มหาสารคาม
7. ฆ้องชัย	ฆ้องชัย	กาฬสินธุ์
8. หวายหลึม	เสลภูมิ	ร้อยเอ็ด
9. กุดน้ำใส	เมือง	ยโสธร
10. ยางชุมน้อย	ยางชุมน้อย	ศรีสะเกษ
11. ชีทวน	เขื่องใน	อุบลราชธานี
12. สบมูล	เมือง	อุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 แสดงลุ่มน้ำชี

รูปบน ที่ตั้งของลุ่มน้ำชี

รูปล่าง ลุ่มน้ำชีและสถานีตัวอย่าง (Sampling station) 12 สถานี (หมายเลข 1 ถึง 12) จากจังหวัดชัยภูมิถึงจังหวัดขอนแก่น

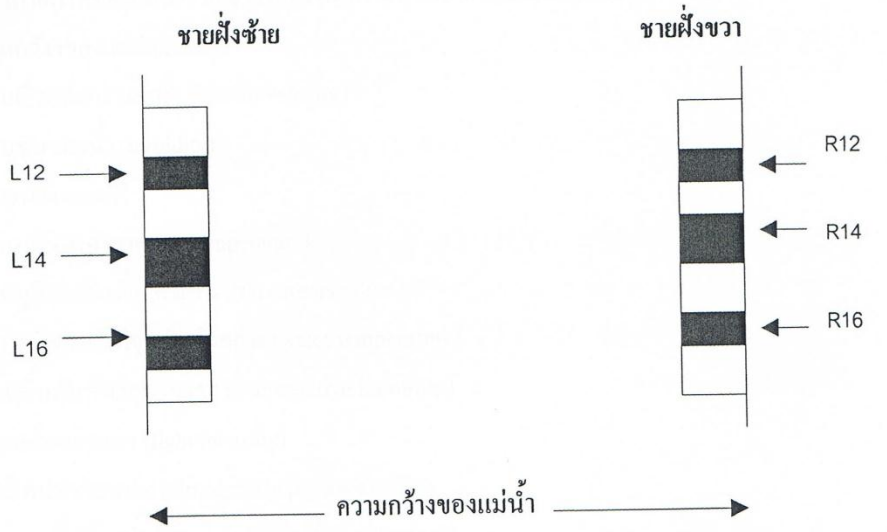
3.2 การออกแบบสถานีเก็บตัวอย่าง

สถานีเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์จากวิธีการของ Environment Protection Authority, State Government of Victoria (1998) และ Merritt and Cummins (1996) ดังนี้

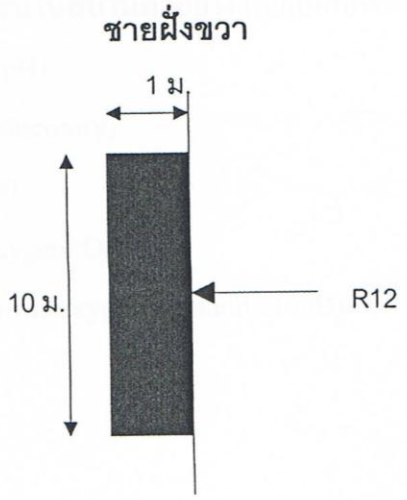
1. การเลือกบริเวณสถานีเก็บตัวอย่าง โดยทำการสำรวจภาคสนามในบริเวณที่ตั้งจากตาราง ที่ 1 ระยะห่างแต่ละสถานีไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่ให้มีการกระจายไปตามความยาวของลุ่มน้ำชี โดยใช้แผนที่ของสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทยฉบับปรับปรุงใหม่ พ.ศ. 2546 มาตราส่วน 1:1,000,000 มาใช้เป็นเอกสารอ้างอิง โดยจะใช้สถานีเหล่านี้ในบริเวณเดิมเป็นสถานีวิจัยในปีที่ 2 บริเวณทั้งสองฝั่งของแม่น้ำในระยะความยาว 100 เมตร กำหนดเป็นสถานีเก็บตัวอย่าง (Sampling station)

2. วัดความยาวของแต่ละสถานีโดยมีความยาว 100 เมตร ความกว้างจากฝั่งลงไป 1 เมตร การวิจัยกระทำทั้งสองฝั่งของแม่น้ำชีในพื้นที่ 100 ตารางเมตร คือ แปลงตัวอย่าง (Sampling site) ดังแสดงในภาพที่ 3.2

3. ในแต่ละแปลงเก็บตัวอย่าง มีการกำหนดจุดตัวอย่าง (Sampling point) โดยวาดภาพในกระดาษ ซึ่งแต่ละจุดตัวอย่างมีพื้นที่ 10 x 1 = 10 ตารางเมตร ใส่รหัสแต่ละจุดแล้วจับสลากเลือกมาเพียง 3 จุด เพื่อเก็บตัวอย่าง โดยกระทำเช่นเดียวกันทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2



รูปที่ 3.2 แสดงสถานีตัวอย่าง (Sampling station) ขนาดพื้นที่ 100 เมตร คูณกับความกว้างของแม่น้ำ และแปลงตัวอย่าง (Sampling site) ขนาด 10 x 1 = 10 ตารางเมตร



รูปที่ 3.3 แสดงจุดตัวอย่าง (ฝั่งขวาของแม่น้ำ) ขนาดพื้นที่ 10 เมตร

3.3 ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำทางกายภาพ – เคมี

(1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพของลุ่มน้ำชีที่ตรวจสอบในสถานีตัวอย่าง (Sampling station) ได้แก่

1. ความกว้างของแม่น้ำ (Width)
2. ความเร็วของกระแสน้ำ (Current velocity)
3. ความขุ่นของน้ำ (Turbidity)
4. สีของน้ำ (Color)
5. อุณหภูมิของอากาศ (Air temperature)
6. อุณหภูมิของน้ำ (Water surface temperature)
7. อุณหภูมิของน้ำที่จุดเก็บตัวอย่าง (Water temperature)
8. ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (Relative humidity)
9. ความเข้มของแสง (Light intensity)
10. ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)
11. ลักษณะพื้นท้องน้ำ (Characteristics of river bottom)
12. ชนิดของวัตถุใต้น้ำ (Types of substrate)

(2) การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี

ปัจจัยทางเคมีของลุ่มน้ำชีที่ตรวจสอบในสถานีเก็บตัวอย่างโดยอาศัยเทคนิคของ Greenberg *et al*. (1992)

1. ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)
2. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC)
3. ความกระด้างของน้ำ (Hardness)
4. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)
5. ความสกปรกของน้ำ (Biochemical oxygen demand, BOD)

6. ไนเตรท (Nitrate)

7. ฟอสเฟต (Phosphate)

8. แอมโมเนีย (Ammonia)

9. ความเป็นด่าง (Alkalinity)

(3) การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยประยุกต์จากวิธีการของ Earth Force (1998), Environment Protection Authority State Government of Victoria (1998), Rosenberg *et al.* (2001) และ Rouge River National Wet Weather Demonstration Project (1998)

1. ใช้ Kick-net ขนาด 590 – 600 µm ปากเป็นรูปครึ่งวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ขนาด คือ 30, 50 และ 80 ซม. ทำด้วยวัสดุเบาไม่จมน้ำ

2. ในแต่ละจุดตัวอย่าง จะใช้ Kick-net method 2 ครั้ง ๆ ละ 30 วินาที โดยแต่ละครั้งจะใช้ Substrate ใหม่

3. วาง Kick-net ใต้กระแสน้ำ ด้านใต้ของ Substrate โดยให้ด้านล่างที่เรียบของ Kick-net ติดผิวดิน หรือใต้ Substrate การเก็บสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขึ้นกับขนาดของ Substrate เช่น ถ้ามีขนาดใหญ่ใช้วัสดุขนาดใหญ่หรือแปรงขนาดใหญ่ ถ้ามีขนาดเล็กใช้แปรงขนสัตว์ชนิดนิ่ม หรือใช้ปากคีบชนิดปลายแบน

4. นำ Kick-net ไปที่ฝั่งของแม่น้ำ ถ่ายเทตัวอย่างลงในถาดพลาสติกสีขาว โดยล้าง Kick-net จากด้านนอก เพื่อให้ตัวอย่างสัตว์ออกจาก Kick-net ให้หมด

5. ล้างตัวอย่างอีกครั้งด้วยน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างเพื่อขจัดขยะ ดิน และก้อนกรวด

6. พยายามแยกกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่มี 70% เอธานอลแอลกอฮอล์ โดยผู้เก็บคนที่ 1 และตรวจสอบซ้ำโดยผู้เก็บคนที่ 2 โดยใช้แว่นขยายตรวจสอบอย่างละเอียดอีกครั้งจนแน่ใจว่าไม่มีสัตว์ชนิดใดหลงเหลือ

7. ติดป้ายบอกสถานที่ ตำแหน่ง และจุดเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งชื่อผู้เก็บตัวอย่าง

8. ถ่ายรูปทั้งบริเวณและตัวอย่างที่เก็บได้

9. นำกลับมาห้องปฏิบัติการเพื่อแยกชนิดและคำนวณค่าดัชนีต่าง ๆ

10. เอกสารที่ใช้จำแนกสัตว์ตัวอย่าง เช่น Beauchene (2001); Beauchene and Hoffman (2000); Cartwright (1999); Dean (1999); Dean and Suter (1996); Dudgeon (1999); Lehmkul (1979); McCaferty (1981) and Merrit and Cummins (1996)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเป็นดัชนีที่ใช้วิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำต่าง ๆ ดังแสดงในตารางนี้ (Sacques Whitford Report, 2501; Stream Assessment Protocol for Ontario, V.2.1, 1998)

ดัชนี (Index)	ความหมาย (Explanation)	น้ำเสีย (Impaired)	คาดว่าจะเสีย (Possibly Impaired)	น้ำดี (Unimpaired)
1. เปอร์เซ็นต์หนอนน้ำ (% Aquatic worm; Oligochaeta)	$= 100 \times \frac{Oligo}{N}$ เมื่อ Oligo = จำนวนหนอนน้ำที่พบ N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	>30	10-30	<10
2. เปอร์เซ็นต์มิดจ์ (% Midge; Chironomidae)	$= 100 \times \frac{Chir}{N}$ เมื่อ Chir = จำนวนมิดจ์ที่พบ N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ทั้งหมด	>40	10-40	<10
3. เปอร์เซ็นต์ไอโซปอด (% Isopod; Aquatic sow bug)	$= 100 \times \frac{Isop}{N}$ เมื่อ Isop = จำนวนไอโซปอดที่พบ N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	>5	1-5	<1
4. เปอร์เซ็นต์หอยฝาเดียว (% Snail; Gastropoda)	$= 100 \times \frac{Snail}{N}$ เมื่อ Snail = จำนวนหอยฝาเดียวที่พบ N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด		0 หรือ >10	1-10
5. จำนวนกลุ่ม (Number of Taxa)	จำนวนกลุ่มสัตว์หน้าดินทั้งหมดที่พบ	<13		>13

ดัชนี (Index)	ความหมาย (Explanation)	น้ำเสีย (Impaired)	คาดว่าจะเสีย (Possibly Impaired)	น้ำดี (Unimpaired)
6. เปอร์เซ็นต์กลุ่มเด่น (% Dominant taxon)	$= 100 \times \frac{Dom}{N}$ เมื่อ Dom = จำนวนกลุ่มเด่นที่พบมากที่สุด N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	>45	40-45	<40
7. เปอร์เซ็นต์อีพีที (% EPT)	$= 100 \times \frac{E+P+T}{N}$ เมื่อ E = จำนวน Ephemeroptera P = จำนวน Plecoptera T = จำนวน Trichoptera N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	<5	5-10	>10
8. เปอร์เซ็นต์ดิบเทอรา (% Diptera)	$= 100 \times \frac{Dipt}{N}$ เมื่อ Dipt = จำนวน Diptera ที่พบ รวมถึง Chironomidae, Culicidae, Simuliidae, Tabanidae และ Tipulidae N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	<15 หรือ >50	15-20 หรือ 45-50	20-45

ดัชนี (Index)	ความหมาย (Explanation)	น้ำเสีย (Impaired)	คาดว่าจะเสีย (Possibly Impaired)	น้ำดี (Unimpaired)
9. เปอร์เซ็นต์แมลง (% Insect)	= 100 x Insect / N เมื่อ Insect = จำนวนกลุ่มแมลงทั้งหมด รวมถึง Diptera (ดัชนี 8) Aisoptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptera, Plecoptera, Trichoptera และ Zygoptera N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	<40 หรือ >90	40-50 หรือ 80-90	50-80

10. ดัชนีชีวภาพของฮิลเซนฮอฟฟ์ โดยจัดลำดับค่าทนทานตามกลุ่มสัตว์ดังนี้ (Hilsenhoff Biotic Index; HBI)

กลุ่ม (Taxon)	ชื่อสามัญ (Common name)	ค่าทนทาน (Tolerance value)
Acarina	Water mites	6
Amphipoda	Scud	6
Anisoptera	Dragonfly	5
Chironomidae	Midge, Bloodworm	7
Coleoptera	Beetle	4
Culicidae	Mosquito	5
Decapodae	Crayfish	5
Ephemeroptera	Mayfly	5
Gastropoda	Snail	8
Hemiptera	True bug	5
Hirudinea	Leech	8
Isopoda	Sow bug	8
Megaloptera	Hellgrammite	4
Oligochaeta	Aquatic worm	8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลุ่ม (Taxon)	ชื่อสามัญ (Common name)	ค่าทนทาน (Tolerance value)
Pelecypoda	Clams and Mussels	6
Plecoptera	Stonefly	1
Simuliidae	Blackfly	6
Tabanidae	Horsefly	5
Tipulidae	Crane fly	3
Trichoptera	Caddis fly	4
Turbellaria	Flatworm	8
Zygoptera	Damselfly	7

ดัชนี (Index)	ความหมาย (Explanation)	น้ำเสีย (Impaired)	คาดว่าจะเสีย (Possibly Impaired)	น้ำดี (Unimpaired)
Hilsenhoff Biotic Index	$HBI = \frac{\sum Niti}{N}$ เมื่อ ni = จำนวนสัตว์ในกลุ่ม i ti = ค่าความทนทานของกลุ่ม i N = จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด	>7	6-7	<6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประเมินคุณภาพน้ำในภาพรวมโดยการใช้ดัชนีชีวภาพ

การประเมินคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำชี ได้ดำเนินการเป็นระยะเวลา 2 ปี โดยใช้หลักการดังนี้

1. ปีที่ 1 เก็บตัวอย่างสถานีละ 1 ครั้งต่อ 1 ปี จะใช้เกณฑ์ตัดสินดังนี้

1.1 ถ้าแต่ละสถานีมีค่าดัชนีอย่างน้อยที่สุด 5 ดัชนี อยู่นอกเกณฑ์น้ำดี (Unimpaired criteria) สถานีนั้นจะถูกจัดเป็น “มีแนวโน้มจะเป็นน้ำเสีย (Potentially impaired)”

1.2 ถ้าแต่ละสถานีมีค่า 4 ดัชนีหรือน้อยกว่า อยู่นอกเกณฑ์น้ำดี (Unimpaired criteria) สถานีนั้นจะถูกจัดเป็น “น้ำดี (Unimpaired)”

2. ในปีที่ 2 เก็บตัวอย่างสถานีละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 4 เดือน จะใช้เกณฑ์ตัดสินดังนี้

2.1 ถ้าแต่ละสถานีมีค่าดัชนีอย่างน้อยที่สุด 5 ดัชนี อยู่นอกเกณฑ์น้ำดี (Unimpaired criteria) และเกณฑ์ของปีที่ 1 ถูกจัดเป็นแนวโน้มจะเสีย (Potentially impaired) เกณฑ์ในปีนี้ถูกจัดเป็น “น้ำเสีย (Impaired)”

2.2 ถ้าแต่ละสถานีมีค่าดัชนีอย่างน้อยที่สุด 5 ดัชนี อยู่นอกเกณฑ์น้ำดี (Unimpaired criteria) และเกณฑ์ของปีที่ 1 ถูกจัดเป็นน้ำดี (Unimpaired) เกณฑ์ในปีนี้ถูกจัดเป็น “มีแนวโน้มจะเป็นน้ำเสีย (Potentially impaired)”

2.3 ถ้าแต่ละสถานีมีค่า 4 ดัชนีหรือน้อยกว่า อยู่นอกเกณฑ์น้ำดี (Unimpaired criteria) เกณฑ์ในปีนี้ถูกจัดเป็น “น้ำดี (Unimpaired)”

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำชี

4.1.1 สภาพธรณีวิทยา

สภาพธรณีวิทยาของลุ่มน้ำชีประกอบด้วยกลุ่มหินชุดโคราชเรียงตัวเป็นชั้น ๆ ประมาณ 8 ถึง 9 ชั้น ตั้งแต่หน่วยหินห้วยหินลาดซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุดและมีอายุเก่าแก่ที่สุด เรียงลำดับขึ้นมาเรื่อยจนถึงหน่วยหินมหาสารคามและหน่วยหินภูทอก ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่บนสุดและใหม่ที่สุด ชั้นหินชุดโคราชเป็นหินตะกอนสีน้ำตาลแกมแดง มีการสะสมตัวกันบนแผ่นดินของพื้นที่ในบริเวณลุ่มน้ำชี ส่วนใหญ่เมื่อเจาะดินลึกลงไปจะพบหน่วยหินชั้นในเป็นหินชุดโคราชเป็นลำดับลงไป ยกเว้นทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำชีซึ่งมีการยกตัวสูงขึ้นของผิวโลกแล้วเกิดการกัดกร่อนในบางพื้นที่ จึงอาจจะไม่พบชั้นบน ๆ ของชุดหินโคราช

4.1.2 สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำชีอยู่ในเขตอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนาในเขตร้อน มีสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และอาจมีลมดีเปรสชั่นพัดมาจากทะเลจีนใต้ จึงทำให้มีฝนตกหนักในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้จากอิทธิพลของลมมรสุมทั้งสองนี้จึงทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน โดยฤดูฝนของบริเวณลุ่มน้ำชีตามปกติจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม มีระยะเวลาเกือบ 6 เดือน มีการกระจายตัวของฝนในบริเวณลุ่มน้ำชีแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเกิดระหว่างเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่ปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงนี้น้อยกว่าในช่วงที่สอง และช่วงที่สองเกิดระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ รวมกับฝนที่เกิดจากพายุหมุน (พายุดีเปรสชั่น หรือ พายุโซนร้อน หรือ พายุไต้ฝุ่น เป็นต้น) ที่เกิดจากทะเลจีนใต้แล้วพัดมาทางตะวันตกนำฝนเข้าสู่ประเทศไทย ซึ่งในแต่ละปีลุ่มน้ำชีมักจะได้รับฝนที่เกิดจากพายุหมุนนี้ประมาณ 3 – 4 ครั้ง และหากเกิดมากหรือน้อยครั้งกว่านี้อาจจะมีผลต่อปริมาณน้ำฝนที่ได้รับต่อปี โดยปกติในลุ่มน้ำชีจะมีฝนตกชุกในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน พื้นที่ลุ่มน้ำชีจึงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,150 มิลลิเมตร ในฤดูหนาวของลุ่มน้ำชีเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ เป็นฤดูที่มีอากาศหนาวและแห้งมาก เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านภาคพื้นทวีปเอเชียตอนบน ซึ่งมีลักษณะอากาศที่แห้งและหนาวเย็น ในช่วงเริ่มต้นฤดูหนาวเมื่อลมมรสุมนี้เริ่มพัดเข้ามาสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่อากาศยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ลมมรสุมนี้อาจก่อให้เกิดฝนตกได้บ้างเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดแนวปะทะของอากาศหนาวหรือเกิดแนวปะทะอากาศอุ่นตามแต่โอกาส ปริมาณน้ำฝนที่ตกนอกฤดูกาลนี้อาจมีผลช่วยเสริมให้พืชที่ปลูกช้าหรือพืชที่มีอายุนานสามารถให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ส่วนในช่วงฤดูร้อนของ

บริเวณลุ่มน้ำชี เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่ต่อจากฤดูหนาว ดังนั้นอากาศจึงเริ่มอุ่นขึ้นเมื่อเริ่มต้นฤดูและอากาศจะร้อนเพิ่มมากขึ้นจนถึงร้อนที่สุดประมาณสัปดาห์สุดท้ายของเดือนเมษายน และหลังจากนั้นอุณหภูมิของอากาศจะลดลงเมื่อเริ่มต้นฤดูร้อนอาจมีฝนตกบ้างเล็กน้อยและนาน ๆ ครั้ง ซึ่งเป็นฝนที่เกิดจากการพาความร้อนของมวลอากาศประกอบกับอากาศขณะนั้นยังมีความชื้นค่อนข้างน้อย จึงทำให้มีฝนตกได้เพียงเล็กน้อย ในช่วงหลังของฤดูร้อนจะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีอากาศร้อนและชื้นทำให้เกิดฝนตกเนื่องจากการพาความร้อนของอากาศมีมากและหนาแน่นขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อฝนตกมากจึงมีผลทำให้อากาศในช่วงหลังของฤดูร้อนไม่ร้อนเพิ่มขึ้นหลังผ่านช่วงเดือนเมษายนมาแล้ว

4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2552 ซึ่งนำมาแบ่งกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินจำนวน 9 กลุ่ม ดังนี้

1. นาข้าว ประกอบด้วยพื้นที่ที่ปลูกข้าวทั้งนาดำและนาหว่าน
2. ข้าวโพด เป็นพื้นที่ที่ปลูกเฉพาะข้าวโพด
3. มันสำปะหลัง เป็นพื้นที่ที่ปลูกเฉพาะมันสำปะหลัง
4. อ้อย เป็นพื้นที่ที่ปลูกเฉพาะอ้อย
5. พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ประกอบด้วยพื้นที่ที่ปลูกมะขาม มะม่วง ยางพารา และฝ้าย เป็นต้น
6. พื้นที่ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นไม้พุ่มริมน้ำและทุ่งหญ้าที่เกิดตามธรรมชาติ
7. พื้นที่ป่าไม้ ประกอบด้วยพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ เป็นต้น
8. พื้นที่น้ำ ประกอบด้วยพื้นที่แหล่งน้ำทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น
9. พื้นที่อื่น ๆ ประกอบด้วยพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่ราชการ และหมู่บ้าน เป็นต้น

พื้นที่ที่ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งใช้แนวลำน้ำชีสายหลักเป็นเกณฑ์แล้ววัดระยะห่างออกจากแนวลำน้ำทั้งสองด้าน ด้านละ 6,000 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 15,086,171,353 ตารางเมตร หรือ 9428857.096 ไร่ มีผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำชี ปี พ.ศ. 2552

ลำดับที่	ชื่อ	จำนวน (ไร่)	ร้อยละ
1	นาข้าว	4,727,706.604	50.141
2	ข้าวโพด	74,926.615	0.795
3	มันสำปะหลัง	428,786.882	4.548
4	อ้อย	585,369.024	6.208
5	พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	486,188.118	5.156
6	พื้นที่ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า	402,808.970	4.272
7	พื้นที่ป่าไม้	1,506,767.974	15.980
8	พื้นที่น้ำ	584,806.504	6.202
9	พื้นที่อื่น ๆ	631,496.406	6.698

4.2 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

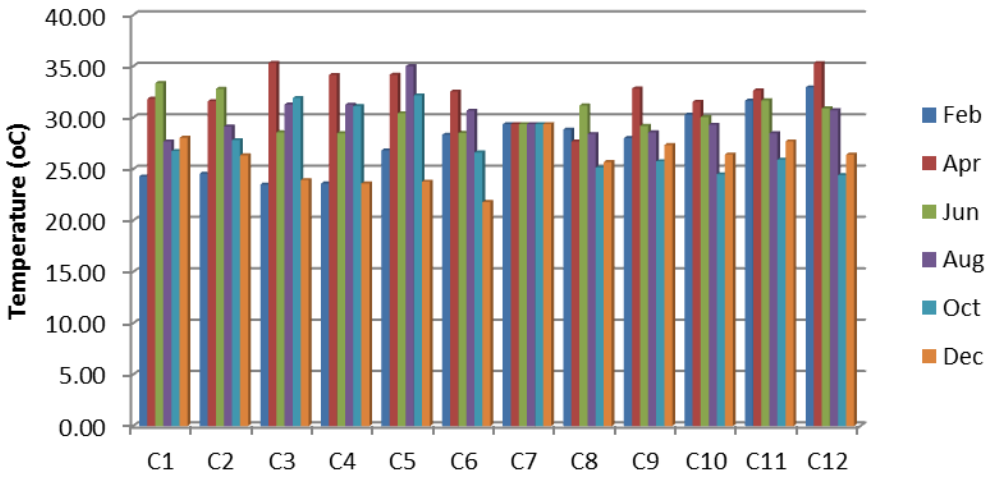
ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของคุณภาพน้ำ รวมทั้งความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและทางเคมี และกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macroinvertebrates) และดัชนีทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.2, ตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

4.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำในลุ่มน้ำชีมีค่าอยู่ระหว่าง 21.80 – 35.33 °C โดยอุณหภูมิของน้ำสูงสุดคือ 35.33 °C ในสถานีที่ 3 (บ้านกุดโง้ง) ในช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน พ.ศ. 2547) และอุณหภูมิของน้ำต่ำสุดคือ 21.80 °C ในสถานีที่ 6 (บ้านโกสุมพิสัย) ในช่วงฤดูหนาว (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547) จากผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานี แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($p<0.05$) ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเดือนกุมภาพันธ์เมื่อเทียบกับเดือนธันวาคม และช่วงเดือนมิถุนายนเมื่อเทียบกับเดือนสิงหาคม ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำจะมีค่าลดลงในช่วงฤดูหนาวเมื่อเทียบกับฤดูกาลอื่น ๆ ตามที่ได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศและลมมรสุมทางตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละวัน รวมทั้งสถานที่ที่ใช้เก็บตัวอย่าง สภาพภูมิอากาศ ระดับความสูงของอาคารปลูกสร้าง แหล่งเพาะปลูกพืช และความสำคัญของการใช้น้ำใต้ดิน (Allan, 1995) ซึ่งความผันผวนในอุณหภูมิของกระแสน้ำเป็นสิ่งสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Hauer and Lambert, 1996) ปลาจำนวนมากในอ่างเก็บน้ำในเขตร้อนชื้นอย่างเช่นในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25 – 32 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติของแหล่งน้ำธรรมชาติ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528) นอกจากนี้ Abel (1996) กล่าวว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นจะตอบสนองทางสรีรวิทยาหรือทางพฤติกรรมต่ออุณหภูมิของน้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำจะมีอิทธิพลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ และ Mason (2002)

ระบุว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้ได้จำกัดความหลากหลายของสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และแพลงก์ตอนสัตว์ ค่าอุณหภูมิแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.2 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.74 – 175.67 NTU ค่าสูงสุดของความขุ่นคือ 175.67 NTU ในสถานีที่ 6 (บ้านโกสุมพิสัย) เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 1 (บ้านยางหวาย) ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานี แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($p<0.05$) โดยในช่วงฤดูฝน น้ำจะมีความขุ่นสูงสุดเมื่อเทียบกับฤดูกาลอื่น ๆ เนื่องจากในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนและการพังทลายของหน้าดินเพิ่มขึ้น ความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้จะไปลดความสมารถในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช นำไปสู่การลดลงในการผลิตขั้นปฐมภูมิหรือความสมบูรณ์ของพืช (Abel, 1996) ในฤดูหนาวและฤดูร้อนจะมีความขุ่นของน้ำต่ำเพราะในช่วงฤดูกาลนี้มีการปล่อยน้ำในปริมาณน้อยและมีความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างต่ำ ทำให้เกิดการจมตัวของดินตะกอนลงในแม่น้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Degens *et al.* (1991, อ้างอิงใน Dudgeon, 1999) พบว่ามีการตกตะกอนของดินในแม่น้ำสูงในช่วงที่มีลมมรสุม ทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลงด้วย นอกจากนี้ Abel (1996) ได้อธิบายว่าถ้ามีอนุภาคแขวนลอยมากอาจรบกวนการทำงานของกลไกการกรองกินอาหารของกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและอาจมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำจำพวกปลาที่ต้องใช้สายตาหาอาหาร ซึ่งในสถานีแรกพบว่ามีความขุ่นต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ เนื่องจากในสถานีนี้เป็นแหล่งต้นน้ำและสาขาของแม่น้ำชี ดังนั้นน้ำจึงมีสารแขวนลอยในระดับต่ำและมีความขุ่นของน้ำต่ำ ในทำนองเดียวกัน Griffiths (1999) สรุปว่าความขุ่นที่วัดได้จากสารแขวนลอยในแหล่งน้ำจะลดความโปร่งใสของน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของแหล่งน้ำ ค่าความขุ่นในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างจากลุ่มน้ำชีดังแสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	mean	P
Temperature	28.67 ±3.36	28.72 ±3.14	29.10 ±4.69	28.71 ±4.35	30.41 ±4.37	28.09 ±3.70	29.38 ±0.00	27.84 ±2.21	28.63 ±2.38	28.70 ±2.68	29.69 ±2.70	30.12 ±4.06	29.00 ±3.19	0.972
Turbidity	28.75 ±59.55	17.88 ±23.72	20.16 ±26.78	16.06 ±22.80	30.36 ±39.18	36.13 ±69.23	23.21 ±19.50	18.48 ±12.96	45.97 ±39.65	40.54 ±27.68	35.13 ±19.75	31.41 ±34.69	28.67 ±34.99	0.962
EC	259.89 ±73.46	426.89 ±317.78	756.19 ±387.51	718.61 ±380.98	596.39 ±317.24	500.67 ±191.55	299.64 ±57.26	332.62 ±70.53	270.28 ±59.75	270.33 ±60.74	307.91 ±67.15	326.68 ±63.88	422.17 ±263.71	0.000
Velocity	0.82 ±1.11	0.18 ±0.14	0.08 ±0.07	0.08 ±0.06	0.43 ±0.90	0.06 ±0.06	10.03 ±11.98	4.03 ±5.17	5.63 ±6.03	11.96 ±19.66	11.10 ±19.64	9.25 ±13.87	4.50 ±10.23	0.027
pH	7.38 ±0.31	7.46 ±0.34	7.40 ±0.24	7.44 ±0.29	7.24 ±0.21	7.59 ±0.81	7.32 ±0.13	7.55 ±0.36	7.29 ±0.36	7.63 ±0.61	7.43 ±0.23	7.54 ±0.32	7.44 ±0.38	0.593
Hardness	157.95 ±34.59	147.26 ±34.96	135.74 ±53.01	156.08 ±52.01	116.94 ±37.10	107.48 ±24.38	72.25 ±8.10	77.61 ±9.97	47.73 ±23.63	57.69 ±21.52	62.01 ±18.02	56.83 ±14.43	99.63 ±49.63	0.000
Alkalinity	29.22 ±7.58	28.26 ±7.21	24.56 ±6.98	25.42 ±8.57	23.11 ±6.90	23.17 ±5.90	24.95 ±7.26	20.01 ±3.49	18.05 ±2.69	19.50 ±4.06	19.96 ±2.62	17.92 ±2.37	22.84 ±6.53	0.003
DO	5.71 ±1.39	5.66 ±0.64	5.75 ±1.93	5.19 ±0.84	5.18 ±0.86	5.64 ±1.24	5.66 ±0.97	5.76 ±1.28	6.42 ±1.2	6.15 ±1.08	6.39 ±1.03	6.53 ±0.96	5.84 ±1.15	0.462
BOD	1.84 ±0.94	1.79 ±0.90	2.71 ±1.41	2.06 ±0.89	2.25 ±1.19	3.39 ±1.78	1.81 ±0.29	1.84 ±0.32	1.95 ±0.30	1.96 ±0.77	1.97 ±0.71	2.61 ±0.88	2.18 ±1.01	0.066
phosphate	0.03 ±0.03	0.02 ±0.01	0.02 ±0.02	0.02 ±0.02	0.02 ±0.02	0.02 ±0.02	0.19 ±0.40	0.04 ±0.02	0.20 ±0.38	0.10 ±0.13	0.04 ±0.02	0.04 ±0.02	0.06 ±0.16	0.452
nitrate	0.18 ±0.06	0.17 ±0.06	0.15 ±0.06	0.14 ±0.06	0.16 ±0.07	0.18 ±0.05	0.46 ±0.11	0.55 ±0.17	0.49 ±0.12	0.43 ±0.21	0.47 ±0.13	0.50 ±0.14	0.32 ±0.20	0.000
Ammonia	0.10 ±0.11	0.16 ±0.12	0.16 ±0.12	0.14 ±0.11	0.17 ±0.10	0.15 ±0.13	0.11 ±0.12	0.14 ±0.12	0.10 ±0.09	0.12 ±0.11	0.12 ±0.12	0.13 ±0.11	0.13 ±0.11	0.993

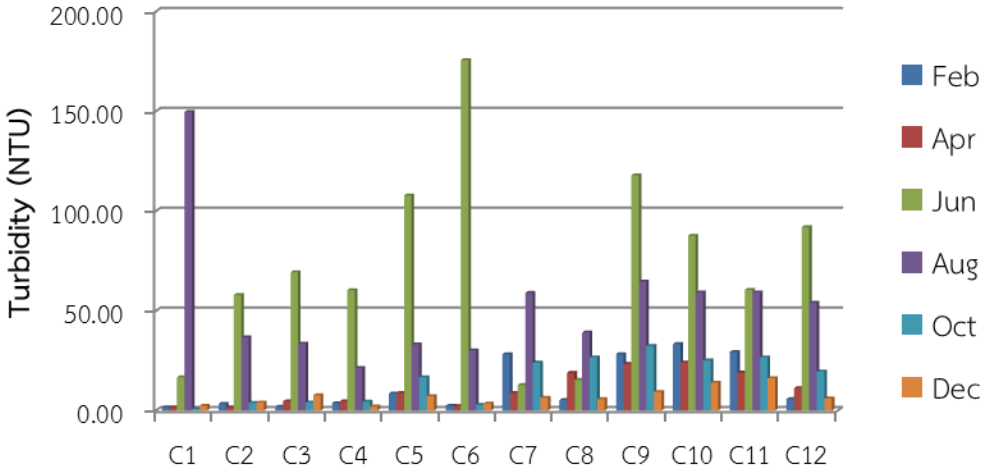
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพ – ชีวภาพ และกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังของลุ่มน้ำชี

	TEMP	DO	pH	TUR	EC	HAR	ALK	BOD	PO	NO	NH	VE	odon	him	dec	tri	iso	gas	eph	ven
TEMP	1.00	-0.17	0.16	0.16	-0.15	-0.25	-0.18	0.16	0.17	0.24	-.04	0.07	-0.19	0.01	-0.11	0.01	-0.29	-.04	-.20	0.18
DO	-0.17	1.00	0.25	-0.20	0.09	0.12	0.18	-0.15	-0.16	-0.03	0.01	-0.03	0.19	-0.09	-0.10	0.09	0.13	-.14	0.00	-0.11
pH	0.16	0.25	1.00	0.00	0.26	0.25	0.09	0.06	0.01	-0.21	-.27	-0.09	-0.08	0.01	-0.11	-0.15	-0.07	0.12	-.09	0.11
TUR	0.16	-0.20	0.00	1.00	-0.37	-0.49	-0.46	-0.04	0.87	0.26	-.01	0.40	-0.32	0.10	-0.10	-0.09	-0.14	-.03	-.08	0.00
EC	-0.15	0.09	0.26	-0.37	1.00	0.60	0.34	0.23	-0.40	-0.37	-.19	-0.36	0.04	0.04	-0.05	-0.20	0.23	0.11	0.12	0.04
HAR	-0.25	0.12	0.25	-0.49	0.60	1.00	0.68	0.07	-0.53	-0.44	-.23	-0.33	0.36	-0.10	-0.01	-0.18	0.20	-.02	0.09	-0.04
ALK	-0.18	0.18	0.09	-0.46	0.34	0.68	1.00	0.12	-0.48	-0.35	-.14	-0.30	0.43	-0.18	-0.07	-0.12	0.13	-.12	0.06	-0.02
BOD	0.16	-0.15	0.06	-0.04	0.23	0.07	0.12	1.00	-0.09	-0.02	-.09	-0.04	0.03	0.41	-0.04	-0.06	-0.05	-.01	-.03	-0.01
PO	0.17	-0.16	0.01	0.87	-0.40	-0.53	-0.48	-0.09	1.00	0.28	0.21	0.50	-0.33	0.11	-0.11	0.14	-0.11	-.01	-.13	0.00
NO	0.24	-0.03	-0.21	0.26	-0.37	-0.44	-0.35	-0.02	0.28	1.00	0.14	0.20	-0.41	0.00	-0.06	0.20	0.03	0.01	-.03	0.06
NH	-0.04	0.01	-0.27	-0.01	-0.19	-0.23	-0.14	-0.09	0.21	0.14	1.00	0.41	0.02	-0.14	0.04	0.78	-0.04	-.04	0.01	-0.02
VE	0.07	-0.03	-0.09	0.40	-0.36	-0.33	-0.30	-0.04	0.50	0.20	0.41	1.00	-0.17	0.04	-0.03	0.35	-0.12	-.07	-.07	-0.05
odon	-0.19	0.19	-0.08	-0.32	0.04	0.36	0.43	0.03	-0.33	-0.41	0.02	-0.17	1.00	-0.13	-0.01	-0.05	0.24	-.08	0.11	-0.13
him	0.01	-0.09	0.01	0.10	0.04	-0.10	-0.18	0.41	0.11	0.00	-.14	0.04	-0.13	1.00	0.05	-0.03	0.12	-.11	0.00	-0.12
dec	-0.11	-0.10	-0.11	-0.10	-0.05	-0.01	-0.07	-0.04	-0.11	-0.06	0.04	-0.03	-0.01	0.05	1.00	-0.02	0.10	0.13	-.06	0.00
tri	0.01	0.09	-0.15	-0.09	-0.20	-0.18	-0.12	-0.06	0.14	0.20	0.78	0.35	-0.05	-0.03	-0.02	1.00	-0.08	-.05	-.04	-0.04
iso	-0.29	0.13	-0.07	-0.14	0.23	0.20	0.13	-0.05	-0.11	0.03	-.04	-0.12	0.24	0.12	0.10	-0.08	1.00	0.00	0.11	-0.06
gas	-0.04	-0.14	0.12	-0.03	0.11	-0.02	-0.12	-0.01	-0.01	0.01	-.04	-0.07	-0.08	-0.11	0.13	-0.05	0.00	1.00	-.04	0.71
eph	-0.20	0.00	-0.09	-0.08	0.12	0.09	0.06	-0.03	-0.13	-0.03	0.01	-0.07	0.11	0.00	-0.06	-0.04	0.11	-.04	1.00	-0.03
ven	0.18	-0.11	0.11	0.00	0.04	-0.04	-0.02	-0.01	0.00	0.06	-.02	-0.05	-0.13	-0.12	0.00	-0.04	-0.06	0.71	-.03	1.00

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพ – ชีวภาพ ของลุ่มน้ำชี

	TEMP	DO	pH	TUR	EC	HAR	ALK	BOD	PO	NO	NH	VE	DIVER	HPI	ASPT
TEMP	1.00	-0.17	0.16	0.16	-0.15	-0.25	-0.18	0.16	0.17	0.24	-0.04	0.07	-0.24	0.10	-0.19
DO	-0.17	1.00	0.25	-0.20	0.09	0.12	0.18	-0.15	-0.16	-0.03	0.01	-0.03	0.11	-0.02	0.16
pH	0.16	0.25	1.00	0.00	0.26	0.25	0.09	0.06	0.01	-0.21	-0.27	-0.09	-0.03	0.23	-0.06
TUR	0.16	-0.20	0.00	1.00	-0.37	-0.49	-0.46	-0.04	0.87	0.26	-0.01	0.40	-0.31	0.08	-0.36
EC	-0.15	0.09	0.26	-0.37	1.00	0.60	0.34	0.23	-0.40	-0.37	-0.19	-0.36	0.24	0.24	0.24
HAR	-0.25	0.12	0.25	-0.49	0.60	1.00	0.68	0.07	-0.53	-0.44	-0.23	-0.33	0.12	-0.10	0.32
ALK	-0.18	0.18	0.09	-0.46	0.34	0.68	1.00	0.12	-0.48	-0.35	-0.14	-0.30	0.09	-0.03	0.36
BOD	0.16	-0.15	0.06	-0.04	0.23	0.07	0.12	1.00	-0.09	-0.02	-0.09	-0.04	-0.03	0.27	0.04
PO	0.17	-0.16	0.01	0.87	-0.40	-0.53	-0.48	-0.09	1.00	0.28	0.21	0.50	-0.34	-0.02	-0.39
NO	0.24	-0.03	-0.21	0.26	-0.37	-0.44	-0.35	-0.02	0.28	1.00	0.14	0.20	-0.21	-0.02	-0.25
NH	-0.04	0.01	-0.27	-0.01	-0.19	-0.23	-0.14	-0.09	0.21	0.14	1.00	0.41	0.23	-0.18	0.05
VE	0.07	-0.03	-0.09	0.40	-0.36	-0.33	-0.30	-0.04	0.50	0.20	0.41	1.00	-0.21	-0.18	-0.34
DIVER	-0.24	0.11	-0.03	-0.31	0.24	0.12	0.09	-0.03	-0.34	-0.21	0.23	-0.21	1.00	0.32	0.52
HPI	0.10	-0.02	0.23	0.08	0.24	-0.10	-0.03	0.27	-0.02	-0.02	-0.18	-0.18	0.32	1.00	0.46
ASPT	-0.19	0.16	-0.06	-0.36	0.24	0.32	0.36	0.04	-0.39	-0.25	0.05	-0.34	0.52	0.46	1.00

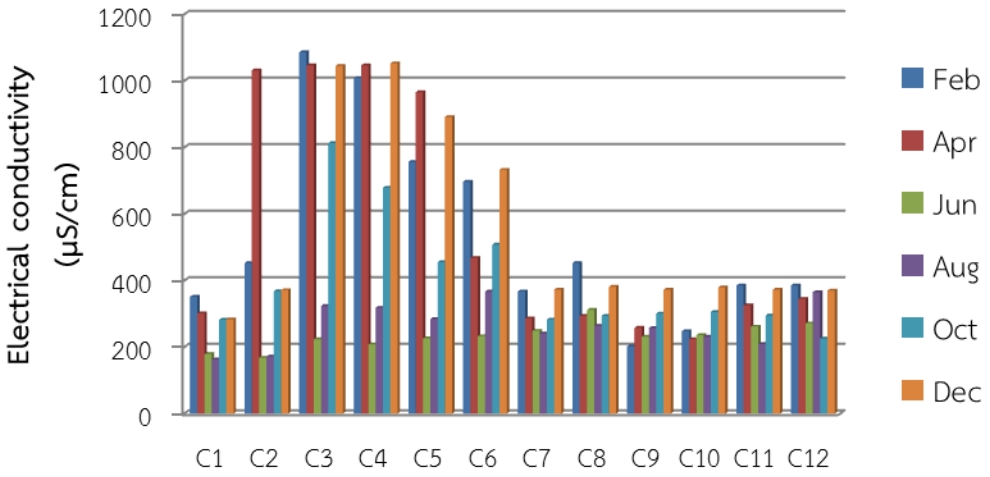


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความขุ่นของของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.3 การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

ค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้าของลุ่มน้ำชีมีค่าอยู่ระหว่าง 163.00 – 1,085.83 µS/cm และจากการสำรวจพบค่าสูงสุดของการนำไฟฟ้า คือ 1,085.83 µS/cm ในสถานีที่ 3 (บ้านกุดโง้ง) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 และมีค่าต่ำสุด คือ 163.00 µS/cm ในสถานีที่ 1 (บ้านยางหวาย) เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($p<0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว และมีค่าลดลงในช่วงฤดูฝน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น

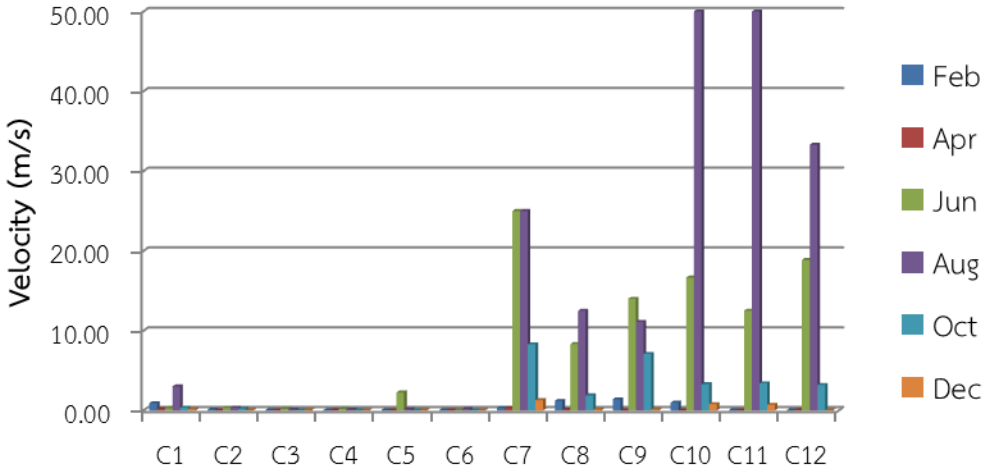
การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในแม่น้ำชีที่เกิดจากการละลายของอิเล็กโทรไลต์เนื่องจากการนำไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของอิออน (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547) สอดคล้องกับการศึกษาของ Chiangthong (2005) ที่พบว่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงในเดือนกรกฎาคมและเดือนสิงหาคม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Pongswat (2002) ที่ได้รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำในทะเลสาบ มีส่วนทำให้เกิดการเจือจางของสารอนินทรีย์ อิออน และแร่ธาตุอื่น ๆ ที่ละลายอยู่ในทะเลสาบ ในช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ ในการศึกษานี้มีค่าการนำไฟฟ้าแต่ละสถานีที่สุ่มตัวอย่างจากลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.4 ความเร็วของน้ำ (Velocity)

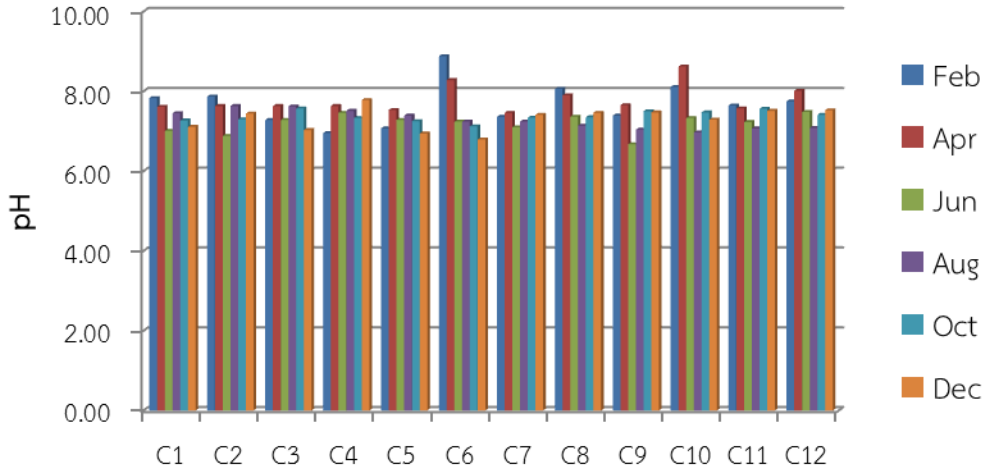
ความเร็วของน้ำมีค่าแตกต่างกันระหว่าง 0.01 – 50.00 เมตร/วินาที ค่าความเร็วของน้ำมีค่าสูงสุดคือ 50.00 เมตร/วินาที ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 10 และ 11 (บ้านชีทวนและสบมูล) และมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 ในสถานีที่ 11, 12 และเดือนเมษายน ในสถานีที่ 9, 10 และ 11 ส่วนในเดือนสิงหาคม มีค่าความเร็วของน้ำทุกสถานีที่สุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากน้ำมีปริมาณมากและมีผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่มีลมมรสุม ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) โดยในช่วงฤดูฝนจะมีความเร็วของน้ำสูงกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ เช่น ในสถานีที่ 6 (บ้านโกสุมพิสัย) มีความเร็วของน้ำต่ำสุดในทุก ๆ เดือนตลอดทั้งปี เพราะตอนบนของลุ่มน้ำชีมีเขื่อนจำนวนมากสำหรับการทำชลประทานและการเกษตร เป็นผลให้มีความเร็วของน้ำค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ Chapman (1996) ระบุว่าความเร็วที่แตกต่างกันภายในหนึ่งวัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในวันต่อวันและฤดูกาลต่อฤดูกาล จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอุทกวิทยาและลักษณะของพื้นที่ที่รองรับน้ำ นอกจากนี้ ความเร็วของน้ำและความสัมพันธ์ทางกายภาพ รวมถึงปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำด้วย (Abel, 1996) จากการศึกษานี้สามารถแสดงค่าความเร็วในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างจากลุ่มน้ำชีดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความเร็วของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.5 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

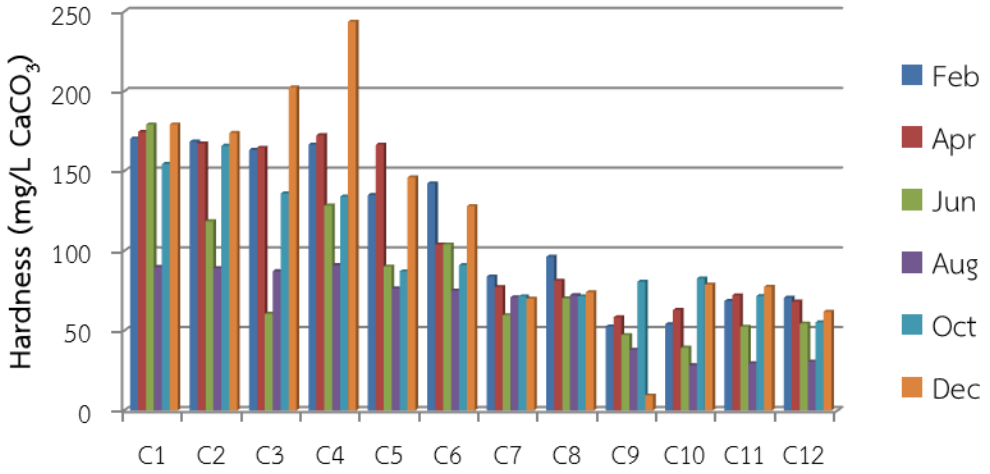
ความเป็นกรด – ด่างของตัวอย่างน้ำในลุ่มน้ำชีมีค่าอยู่ระหว่าง 6.67 – 8.88 ซึ่งมีค่า pH สูงสุดเท่ากับ 8.88 ในสถานีที่ 6 (บ้านโกสุมพิสัย) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 และค่า pH ต่ำสุด คือ 6.67 ในสถานีที่ 9 (บ้านกุดน้ำใส) เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 โดยค่า pH ของตัวอย่างน้ำพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างฤดูกาล แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) โดยทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีมลพิษพบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.0 – 11.0 หรืออาจมากกว่านี้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่า pH ของน้ำจะมีค่าระหว่าง 5.0 และ 9.0 ซึ่งมีความเหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (Alabaster and Lloyd, 1980) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cole (1983) อธิบายว่าแหล่งน้ำที่ไม่สกปรกมากนักจะมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.0 – 9.0 และในประเทศไทยมีการกำหนดค่า pH ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำอยู่ระหว่าง 5.0 – 9.0 (National Environment Board, 1994) จากการศึกษาพบว่าสถานีที่ 9 (บ้านกุดน้ำใส) มีค่า pH ต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ เพราะบ้านกุดน้ำใสเป็นแหล่งต้นน้ำและถูกปกคลุมด้วยต้นไม้จำนวนมาก ดังรูปที่ 4.5 แสดงค่า pH ในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างจากลุ่มน้ำชี



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด – ด่างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคมพ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.6 ความกระด้างของน้ำ (Hardness)

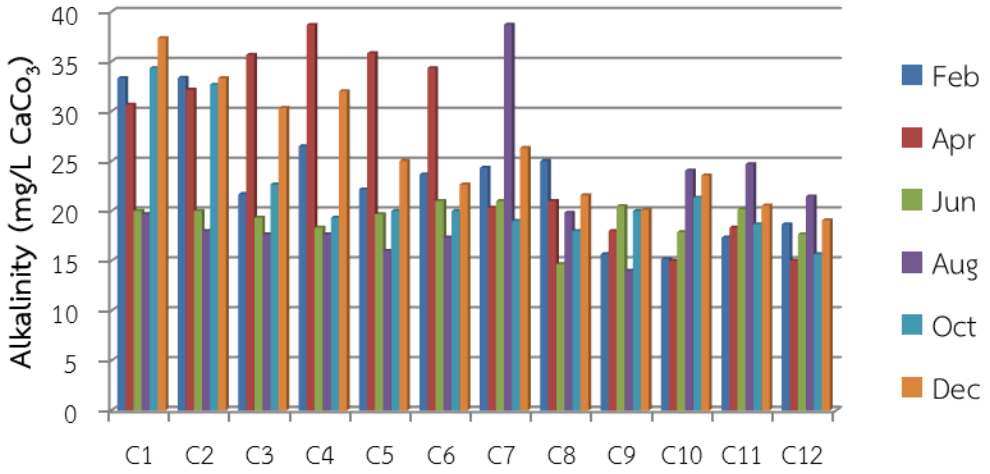
ความกระด้างของน้ำในลุ่มน้ำชีมีค่าอยู่ระหว่าง 9.34 – 243.68 มก./ลิตร โดยมีค่าต่ำสุดคือ 9.34 มก./ลิตร ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 9 (บ้านกุดน้ำใส) และมีค่าสูงสุดคือ 243.68 มก./ลิตร ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 4 (บ้านชนบท) ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) โดยการศึกษาของ Wetzel (2001) ได้สรุปว่าค่าความกระด้างของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่เป็นการรวมกันของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต รวมทั้ง ซัลเฟต คลอไรด์ และแร่ธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้ กรรณิการ์ สิริสิงห์ (2525) ระบุว่าค่าความกระด้างของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินมีค่าอยู่ระหว่าง 80 – 100 มก./ลิตร ซึ่งค่าความกระด้างของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต เช่นเดียวกับ Ward (1992) ระบุว่าค่าความกระด้างของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงมากในน้ำจืด ดังนั้นความกระด้างของน้ำในลุ่มน้ำชีจึงมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนมีปริมาณน้ำมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Pongswat (2002) ที่รายงานว่าความกระด้างของน้ำจะมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน เพราะน้ำฝนที่ตกลงมาจะไปลดปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำและทำให้ค่าความกระด้างของน้ำลดลง ความกระด้างของน้ำมีผลกระทบต่อสายพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนี้ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์ (2547) รายงานว่าค่าความกระด้างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องมีค่าน้อยกว่า 20 มก./ลิตร และค่าความกระด้างของน้ำในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยความกระด้างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.7 ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำในลุ่มน้ำชีมีความแตกต่างกันระหว่าง 14.00 – 38.70 มก./ลิตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 38.70 มก./ลิตร ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 7 (บ้านฆ้องชัย) และมีค่าต่ำสุด คือ 14.00 มก./ลิตร ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 9 (บ้านกุดน้ำใส) จากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) โดยมีคาร์บอเนต (CO_3^{2-}), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-), ไฮดรอกไซด์ (OH^-), ซิลิเกต, ฟอสเฟต, เกลือของกรดบอริก, ฟลูออไร, เกลือจากกรดอาร์ซีนิก, เกลือของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และสารอินทรีย์อื่น ๆ (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533) แหล่งที่มาของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตมาจากน้ำฝนและดิน (Chapman, 1996) ซึ่งมีค่าสูงในฤดูหนาวและฤดูร้อน ขณะที่มีค่าความเป็นด่างของน้ำต่ำในช่วงฤดูฝน เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนสูง ดังนั้นความเข้มข้นของความเป็นด่างของน้ำจะถูกเจือจางไปด้วย โดยค่าความเป็นด่างของน้ำจะมีค่าสูงในเดือนเมษายนและมีความผันผวนตลอดการตรวจสอบ เช่น ในสถานีที่ 9 (บ้านกุดน้ำใส) มีค่าความเป็นด่างต่ำกว่าในสถานีอื่น ๆ เนื่องจากสถานีนี้ถูกปกคลุมด้วยป่าไผ่ ทำให้น้ำมีความเป็นกรดอ่อนที่ได้รับจากกรดฮิวมัส สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่สามารถดำรงชีวิตได้ในช่วงกว้างของระดับความเป็นด่างของน้ำ โดยทั่วไปค่าความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 50 – 150 มก./ลิตร แต่ไม่ควรน้อยกว่า 20 มก./ลิตร (Wurts, 2006) นอกจากนี้ Ward (1992) สรุปว่าความหนาแน่นของ Trichoptera และ Ephemeroptera จะแสดงความสัมพันธ์ทางบวกและทางลบอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความหนาแน่นของ Dipteral และ Coleopteran กลับไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่างของน้ำ และค่าความเป็นด่างของน้ำในสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.7

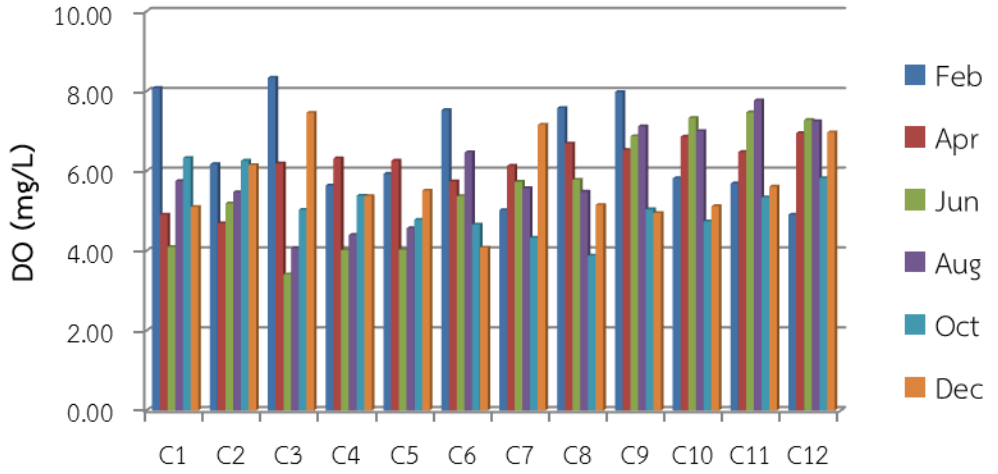


รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.8 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ออกซิเจนละลายน้ำของลุ่มน้ำชีมีค่าแตกต่างกันระหว่าง 3.41 – 8.34 มก./ลิตร ซึ่งมีค่า DO ต่ำสุดคือ 3.41 มก./ลิตร ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 และค่า DO สูงสุดคือ 8.34 มก./ลิตร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 สถานีที่ 3 (บ้านบ้านกุดโง้ง) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานี แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($p<0.05$) โดยมีค่า DO สูงสุดในสถานีที่ 3 ในช่วงฤดูร้อน และมีค่าต่ำสุดในช่วงฤดูฝนในสถานีที่ 3 เนื่องจากแหล่งที่มาหลักของออกซิเจนละลายน้ำมาจากชั้นบรรยากาศและการสังเคราะห์ด้วยแสงจากพืชน้ำและสาหร่าย

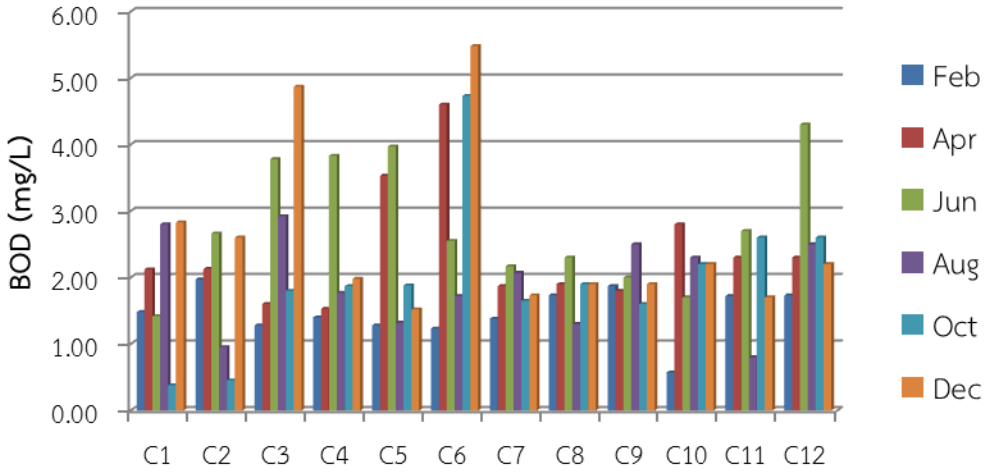
การละลายของออกซิเจนเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำ ความดันอากาศ และความเค็มของน้ำ โดยหากน้ำมีความเย็นจะทำให้แก๊สออกซิเจนละลายในน้ำได้มากกว่าน้ำอุ่น (Ward, 1992) ดังนั้นออกซิเจนที่ละลายในน้ำจึงเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว นอกจากนี้ ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มปริมาณของออกซิเจนในแหล่งน้ำด้วย ในฤดูฝนจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำฝนและสารอาหารที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นค่าความขุ่นของน้ำจึงเพิ่มขึ้นและเกิดการลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Chiangthong (2005) พบว่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูแล้งและมีค่าต่ำสุดในช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ Chapman (1996) กล่าวว่าการกำหนดความเข้มข้นของค่าออกซิเจนละลายในน้ำเป็นพื้นฐานสำคัญของการประเมินคุณภาพน้ำ เนื่องจากค่าออกซิเจนมีอิทธิพลต่อทุกกระบวนการทางเคมีและชีวภาพในแหล่งน้ำ ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่มีค่าต่ำกว่า 5 มก./ลิตร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และถ้าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 2 มก./ลิตร อาจทำให้สัตว์น้ำจำพวกปลาตายได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์ (2547) รายงานว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอยู่ที่ 5 มก./ลิตร และถ้ามีค่าต่ำกว่า 3 มก./ลิตร อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ ค่าออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.9 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

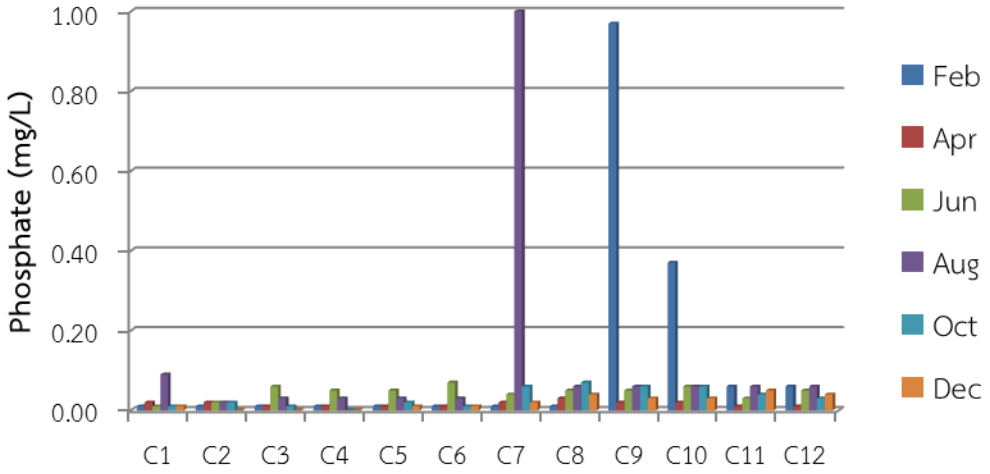
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีเป็นตัวชี้วัดปริมาณสารที่ย่อยสลายได้ในปัจจุบันโดยคุณสมบัติทางชีวเคมีอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ ซึ่งถูกกำหนดโดยปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย โดยจะออกซิไดซ์สารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของอนินทรีย์ที่เสถียรภาพ (Chapman, 1996) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีของลุ่มน้ำชีอยู่ในช่วง 0.38 – 5.48 มก./ลิตร ซึ่งค่า BOD ต่ำสุดคือ 0.38 มก./ลิตร ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 1 (บ้านยางหวาย) และมีค่า BOD สูงสุดคือ 5.48 มก./ลิตร สถานีที่ 6 (บ้านโกสุมพิสัย) ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีสุ่มตัวอย่าง ($p<0.05$) ซึ่งค่า BOD จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในสถานีที่ 1 (บ้านยางหวาย) ถึงสถานีที่ 12 (บ้านสบมูล) โดยค่า BOD ในสถานีบ้านยางหวายมีค่าต่ำกว่าในสถานีอื่น ๆ และสถานีบ้านโกสุมพิสัยมีค่า BOD สูงที่สุด เนื่องจากบ้านยางหวายเป็นแหล่งต้นน้ำ ในขณะที่บ้านโกสุมพิสัยเป็นแหล่งปลายน้ำ ดังนั้นบ้านยางหวายจึงมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ ในขณะที่บ้านโกสุมพิสัยมีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช (2536) พบว่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีผลต่อระดับการปนเปื้อนหรือน้ำเสียจากสารอินทรีย์ หากแหล่งน้ำนั้นมีค่า BOD สูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำที่ระดับสูงด้วย ค่า BOD คือ ปริมาณความต้องการออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ นอกจากนี้ บริเวณปลายน้ำมีฝายหลายแห่งและประชาชนในบริเวณนี้มีการประกอบอาชีพประมงเป็นหลัก ขณะที่ Mason (2002) กล่าวว่าการเลี้ยงปลาอาจเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในช่วงปลายน้ำจากการปล่อยน้ำทิ้งของฟาร์มประมงที่มีสารแขวนลอยปนเปื้อนมาด้วย รวมทั้งทำให้ค่า BOD ค่าแอมโมเนีย และสารอาหารในแหล่งน้ำมีค่าสูงขึ้นด้วย โดยค่า BOD ในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.10 ค่าฟอสเฟต (Phosphate)

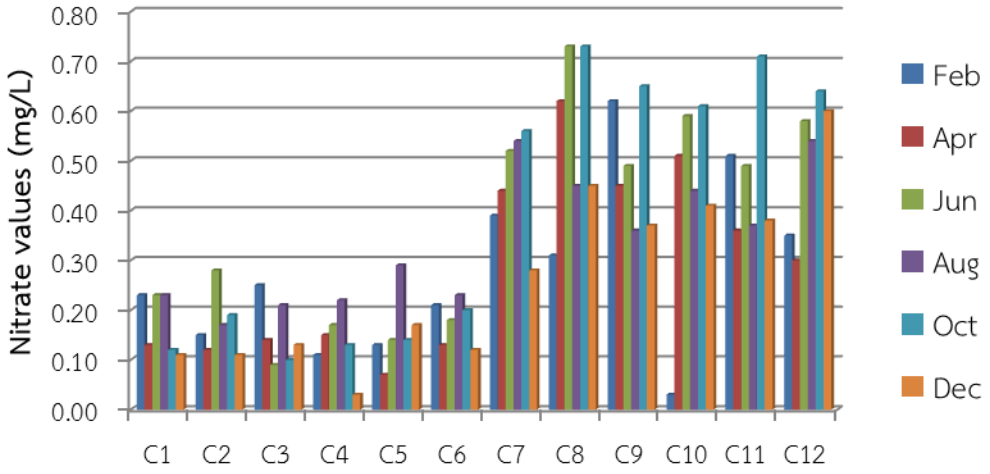
ความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าสูงสุด คือ 1.00 มก./ลิตร ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 7 (บ้านฆ้องชัย) และความเข้มข้นของฟอสเฟตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) ทั้งนี้ความเข้มข้นของฟอสเฟตพบว่ามีค่าต่ำในทุกสถานีที่สุ่มตัวอย่างตลอดทั้งปี โดยทั่วไปแหล่งที่มาตามธรรมชาติของฟอสเฟตมาจากฟอสฟอรัส ซึ่งเกิดจากการแตกหักของหินและการสลายตัวของสารอินทรีย์ น้ำเสียจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และน้ำทิ้งจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แหล่งน้ำผิวดินในระดับสูง (Chapman, 1996) นอกจากนี้ Moss (1988, อ้างถึงใน Abel, 1996) ระบุว่าระดับปกติของฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำที่ไม่มีมลพิษจะอยู่ในช่วง 0.001 – 1.00 มก./ลิตร ซึ่ง Chapman (1996) รายงานว่าแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติจะมีค่าฟอสฟอรัสระหว่าง 0.005 – 0.020 มก./ลิตร โดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่มีค่า 0.001 มก./ลิตร อาจพบได้ในแหล่งน้ำบริสุทธิ์และถ้ามีค่าสูงถึง 200 มก./ลิตร สามารถพบได้ในแหล่งน้ำที่มีเกลือละลายอยู่มาก ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่ามีความเข้มข้นของค่าฟอสเฟตต่ำในฤดูหนาวและฤดูร้อน แต่มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสูงอาจก่อให้เกิดการชะล้างจากดินลงสู่ลุ่มน้ำชี ประกอบกับในช่วงนี้เป็นฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากแหล่งเกษตรกรรม และการปลูกข้าว เกษตรกรจึงมีการใช้ปุ๋ยค่อนข้างมาก จึงอาจมีการชะล้างฟอสฟอรัสจากดินลงสู่ลุ่มน้ำชี ซึ่งส่งผลให้มีค่าฟอสเฟตสูงในช่วงปลายน้ำ ในขณะที่ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์ (2547) รายงานว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในช่วง 0.05 – 0.1 มก./ลิตร อาจมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ความเข้มข้นของฟอสเฟตในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.11 ค่าไนเตรท (Nitrate)

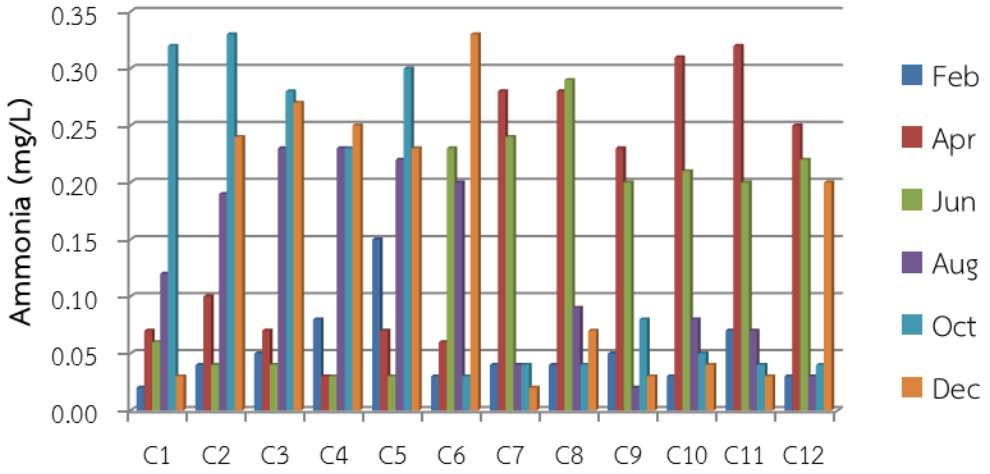
ค่าความเข้มข้นของไนเตรทในลุ่มน้ำชีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 – 0.73 มก./ลิตร ซึ่งมีค่าสูงสุด คือ 0.73 มก./ลิตร ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 8 (บ้านหวายหลึม) และมีค่าต่ำสุดที่ 0.03 มก./ลิตร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 สถานีที่ 10 (บ้านยางชุมน้อย) โดย Horne และ Goldman (1994) ระบุว่าแหล่งสำคัญของไนเตรทในลำธารและแม่น้ำมาจากการทำเกษตรกรรมและน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของไนเตรทมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) โดยความเข้มข้นของไนเตรทมีค่าสูงในฤดูฝน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongswat (2004) ที่รายงานว่าปริมาณของไนเตรทและไนโตรเจนมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝน และปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาได้ชะล้างไนโตรเจนจากแผ่นดินรอบทะเลสาบลงสู่ทะเลสาบ เช่นเดียวกับ Allan (1995) รายงานว่าฝนที่ตกหนักได้ชะล้างสารอาหารจากพื้นดิน รวมทั้งปุ๋ยจากการเกษตรลงสู่แม่น้ำ ดังนั้นความเข้มข้นของไนเตรทจึงมีค่าสูง นอกจากนี้ Chapman (1996) ชี้ให้เห็นว่าโดยทั่วไประดับความเข้มข้นของไนเตรทในแหล่งน้ำผิวดินควรมีค่าน้อยกว่า 1 มก./ลิตร ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 5 มก./ลิตร แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นได้รับมลพิษจากของเสียของมนุษย์หรือสัตว์หรือปุ๋ย นอกจากนี้ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์ (2547) รายงานว่าความเข้มข้นของไนเตรทในแหล่งน้ำผิวดินมีค่าระหว่าง 1 – 5 มก./ลิตร ซึ่งค่าสูงสุดของความเข้มข้นของไนเตรทไม่ควรเกิน 5 มก./ลิตร ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (National Environmental Board, 1994) ค่าความเข้มข้นของไนเตรทในแต่ละสถานีที่เก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยไนเตรทในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

4.2.12 ค่าแอมโมเนีย (Ammonia)

ความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าระหว่าง 0.02 – 0.33 มก./ลิตร ซึ่งมีค่าแอมโมเนียสูงสุดที่ 0.33 มก./ลิตร ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 สถานีที่ 2 (บ้านห้วยแย้) และมีค่าต่ำสุดคือ 0.02 มก./ลิตร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 สถานีที่ 1, 7 และ 9 โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าต่ำทุกสถานี การศึกษาของ Chapman (1996) ระบุว่าแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าแอมโมเนียน้อยกว่า 0.1 มก./ลิตร ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่มีค่าสูงขึ้นมีสาเหตุจากของเสียจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และการชะล้างของปุ๋ยจากการทำเกษตรกรรม ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) และมีค่าต่ำในฤดูฝน แต่มีค่าสูงในฤดูหนาว สอดคล้องกับการศึกษาของ Horne และ Goldman (1994) รายงานว่าในฤดูใบไม้ร่วงระดับแอมโมเนียจะมีค่าน้อยมาก แต่ในฤดูหนาวค่าแอมโมเนียจะมีค่าสูงมากเช่นกัน (<1 มก./ลิตร) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานคุณภาพน้ำแห่งประเทศไทยได้กำหนดระดับของแอมโมเนียต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 มก./ลิตร (National Environmental Board, 1994) ซึ่งค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในแต่ละสถานีสุ่มตัวอย่างของลุ่มน้ำชีแสดงในรูปที่ 4.12

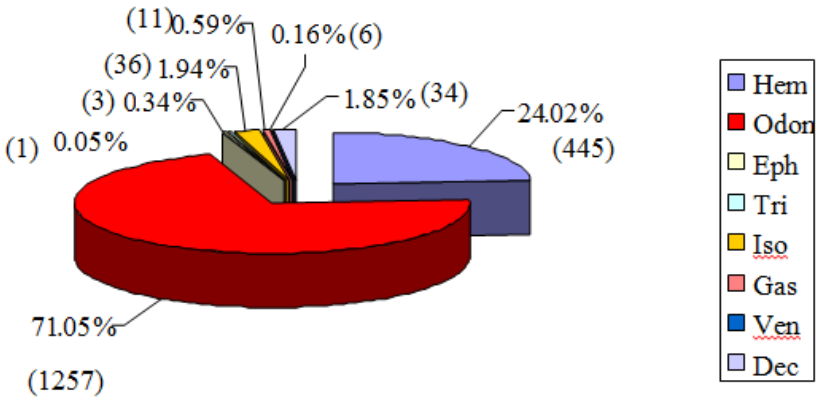


รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites

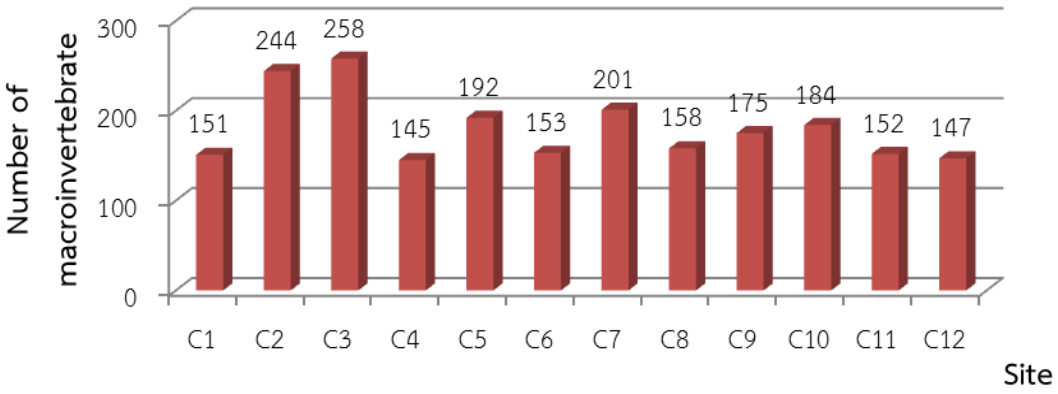
4.3 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

4.3.1 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macroinvertebrates)

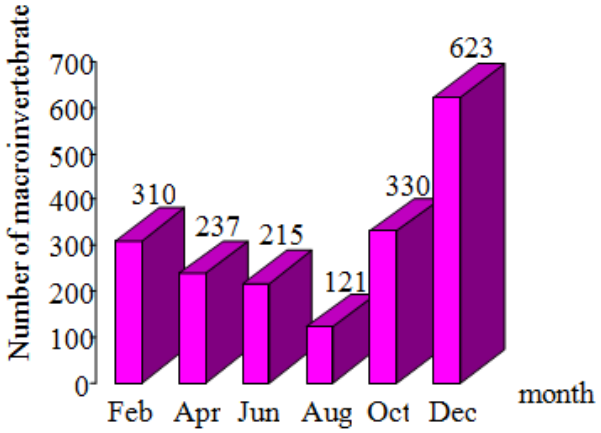
การศึกษากลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macroinvertebrates) ได้ดำเนินการเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำชีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 มีการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ทั้งสิ้น 6 ครั้ง จาก 12 สถานี ผลการศึกษาพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งสิ้น 8 อันดับ 25 ครอบครัว และจำนวน 1,861 ตัว โดยกลุ่ม Odonata พบมากที่สุด คือ 10 ครอบครัว และ 1,346 ตัว คิดเป็น 71.05% ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด นอกจากนี้ พบกลุ่ม Hemiptera ด้วยกัน 4 ครอบครัว (ประมาณ 24.02%) กลุ่ม Isopoda จำนวน 2 ครอบครัว (ประมาณ 1.94%) กลุ่ม Decapoda จำนวน 1 ครอบครัว (ประมาณ 1.85%) กลุ่ม Gastropoda จำนวน 2 ครอบครัว (ประมาณ 0.59%) กลุ่ม Ephemeroptera จำนวน 2 ครอบครัว (ประมาณ 0.34%) กลุ่ม Veneroida จำนวน 1 ครอบครัว (ประมาณ 0.16%) และกลุ่ม Trichoptera จำนวน 1 ครอบครัว (ประมาณ 0.05%) (รูปที่ 4.13) จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบจำนวนสูงสุด (258 ตัว) ซึ่งพบในสถานีที่ 3 (บ้านกุดโง้ง) ขณะที่จำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบจำนวนต่ำสุด (145 ตัว) ในสถานีที่ 4 (บ้านชนบท) เนื่องจากในสถานีบ้านกุดโง้งมีหญ้าขึ้นปกคลุมและมีไม้พุ่มขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเป็นจำนวนมาก ส่วนในสถานีบ้านชนบทมีหญ้าขนาดเล็กขึ้นปกคลุมและมีการพังทลายของหน้าดิน ซึ่งส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินทราย นอกจากนี้ พบว่าในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 มีความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสูงสุดและมีความหลากหลายต่ำสุดในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pahwa (1979) ที่รายงานว่าแนวโน้มของความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินพบจำนวนมากสุดในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน และจะมีจำนวนลดลงในช่วงฤดูฝนซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในแม่น้ำและเขตร้อนชื้นของเอเชีย



รูปที่ 4.13 แสดงอัตราส่วนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลุ่มน้ำชี



รูปที่ 4.14 แสดงจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547, C = sampling sites



รูปที่ 4.15 แสดงจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547

4.3.2 HBI Index

ค่า HBI Index มีค่าอยู่ระหว่าง 2.33 – 6.85 มีค่าสูงสุดคือ 6.85 ในสถานีที่ 5 ของเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 และมีค่าต่ำสุด คือ 2.33 ในสถานีที่ 1 เดือนเมษายน พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 4.5) ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$) ซึ่งค่า HBI จะแสดงค่าของการประเมินคุณภาพน้ำจากค่าต่ำไปสู่ค่าที่ดีที่สุด โดยคุณภาพน้ำในสถานีที่ 1 และ 2 มีคุณภาพน้ำดีมาก ส่วนสถานีที่ 8 ถึง 12 มีคุณภาพน้ำที่แย่จนไปถึงคุณภาพน้ำดี และค่า HBI Index มีค่าต่ำในเดือนธันวาคมและมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน เพราะสิ่งมีชีวิตสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในฤดูร้อนได้ดีกว่าฤดูกาลอื่น ๆ

4.3.3 BMWP Score and ASPT

ค่า ASPT มีค่าอยู่ระหว่าง 3.90 – 7.30 โดยมีค่าสูงสุดคือ 7.30 ในสถานีที่ 3 ของเดือนกุมภาพันธ์ และมีค่าต่ำสุดคือ 3.90 ในสถานีที่ 3 ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 4.5) เนื่องจากในช่วงฤดูฝนพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเพียงบางครอบครัวที่สามารถดำรงชีวิตได้ จากการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสถานีและฤดูกาล ($p<0.05$)

4.3.4 Diversity Index

ในการวิจัยนี้ใช้ Shannon–Wiener Index มาคำนวณหาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต โดยพบว่ามีความหลากหลายอยู่ในช่วง 0.21 – 1.91 ซึ่งมีค่าสูงสุดคือ 1.91 ในสถานีที่ 1 เดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดคือ 0.21 ในสถานีที่ 5 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 4.5) ในการประเมินคุณภาพน้ำพบว่ามีค่าอยู่ระหว่างค่าที่เป็นมลพิษเพียงเล็กน้อยจนถึงมีมลพิษปานกลาง โดยผลการศึกษาพบว่าเดือนกุมภาพันธ์มีค่าคุณภาพน้ำเป็นมลพิษปานกลาง ซึ่งตรงข้ามกับค่าคุณภาพน้ำในเดือนมิถุนายนที่เป็นมลพิษเพียงเล็กน้อย การศึกษานี้มีค่า Diversity index ที่ได้ไม่สอดคล้องกับค่าคุณภาพน้ำซึ่งประเมินโดยพารามิเตอร์ทางเคมีกายภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 Biological Indice Values

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_1	February	1.43	4.64	5.00
	April	0.97	2.33	5.60
	June	0.90	4.87	5.40
	August	1.91	2.90	5.80
	October	0.68	3.75	6.00
	December	1.15	2.48	5.90
C_2	February	1.52	4.35	6.00
	April	1.03	3.25	5.90
	June	1.08	3.47	5.80
	August	-	-	-
	October	0.80	4.02	6.00
	December	0.80	2.80	6.00
C_3	February	1.16	4.80	7.30
	April	1.24	5.00	5.50
	June	0.79	5.56	3.90
	August	1.22	4.60	5.50
	October	0.96	3.15	6.00
	December	0.21	3.23	6.00
C_4	February	1.46	6.67	4.90
	April	1.18	5.08	6.00
	June	0.92	6.67	5.30
	August	-	-	-
	October	0.32	4.02	6.00
	December	1.87	4.78	5.60
C_5	February	1.62	4.21	5.70
	April	1.23	3.81	5.90
	June	1.12	6.85	5.80
	August	0.95	5.56	5.40
	October	0.37	3.15	6.00
	December	1.23	4.71	5.50
C_6	February	1.03	6.89	5.40
	April	1.21	6.75	6.00
	June	0.47	6.67	5.00
	August	1.47	6.33	4.60
	October	1.03	4.23	5.60
	December	0.90	3.70	5.90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

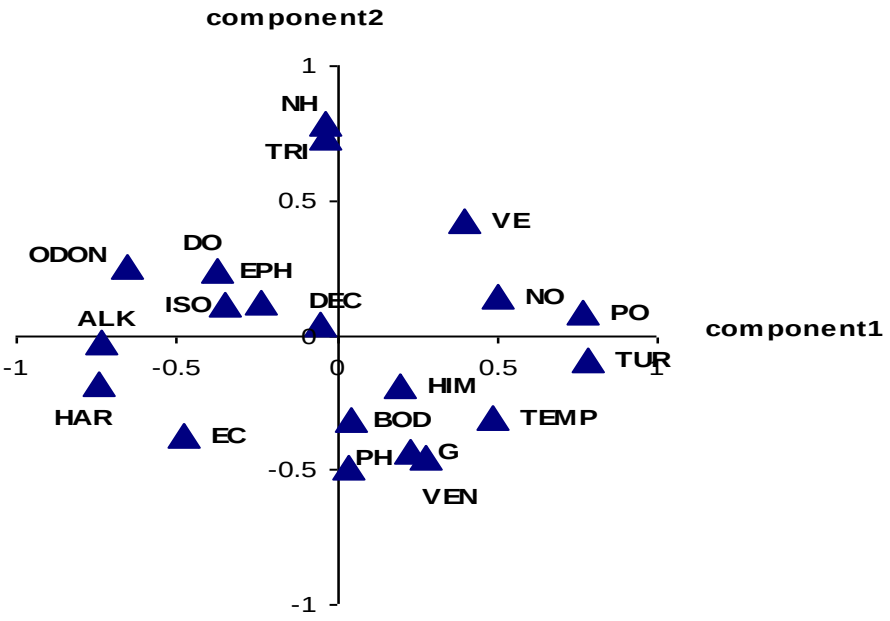
ตารางที่ 4.5 Biological Indice Values (continued)

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_7	February	1.46	5.18	5.60
	April	0.96	6.00	4.70
	June	0.50	3.00	5.10
	August	1.01	8.00	5.50
	October	1.09	3.20	5.80
	December	1.71	4.16	5.90
C_8	February	1.28	5.80	5.50
	April	1.04	5.00	6.40
	June	0.43	8.00	5.10
	August	-	-	-
	October	1.17	5.00	5.70
	December	0.64	4.16	5.80
C_9	February	1.08	5.92	5.60
	April	0.76	8.00	5.60
	June	0.94	6.00	5.50
	August	1.13	6.00	5.60
	October	1.39	4.90	5.90
	December	1.39	4.90	5.90
C_{10}	February	0.59	7.87	5.90
	April	1.41	6.67	5.60
	June	0.90	8.00	5.40
	August	1.16	6.75	5.50
	October	1.6	4.64	5.50
	December	1.35	7.53	5.80
C_{11}	February	1.02	2.67	5.40
	April	1.12	3.00	5.20
	June	-	-	-
	August	1.39	3.13	5.50
	October	0.67	2.78	5.50
	December	1.13	3.12	5.10
C_{12}	February	1.41	4.21	5.30
	April	0.57	3.11	5.40
	June	1.42	4.65	5.50
	August	1.02	3.67	5.10
	October	1.32	3.42	5.20
	December	1.45	3.50	5.30

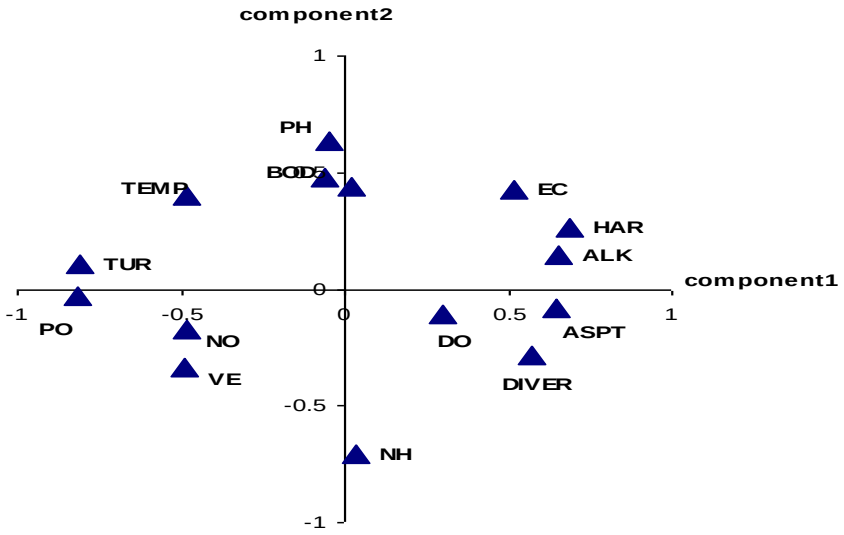
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.5 Data Analysis

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติหลายตัวแปรการวิเคราะห์กลุ่มลำดับชั้นซึ่งใช้การแบ่งกลุ่มโดยสถานีสุ่มตัวอย่างและใช้ปัจจัยทางเคมี – กายภาพ ผลการศึกษาพบว่ามี 4 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มแรกมี 19 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 2 ในเดือนธันวาคม สถานีที่ 3 ในเดือนธันวาคม สถานีที่ 4 ในเดือนกุมภาพันธ์ และสถานีที่ 11 ในเดือนตุลาคม เป็นต้น และกลุ่มที่สองมี 19 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 1 ในเดือนตุลาคม สถานีที่ 7 ในเดือนมิถุนายน และสถานีที่ 12 ในเดือนเมษายน เป็นต้น กลุ่มที่สามมี 12 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 8 ในเดือนเมษายน สถานีที่ 7 ในเดือนธันวาคม และสถานีที่ 9 ในเดือนกุมภาพันธ์ เป็นต้น และกลุ่มที่สี่มี 10 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 5 ในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม สถานีที่ 8 ในเดือนธันวาคม เป็นต้น นอกจากนี้ ในการจัดกลุ่มโดยใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกมี 32 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 4 ในเดือนตุลาคม และสถานีที่ 9 ในเดือนธันวาคมและเดือนตุลาคม เป็นต้น กลุ่มที่สองมี 27 ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 1 ในเดือนสิงหาคม สถานีที่ 6 ในเดือนกุมภาพันธ์ และสถานีที่ 7 ในเดือนธันวาคม สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ PCA มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับค่าคุณภาพน้ำ ผลการศึกษาพบ 4 กลุ่มใหญ่ ซึ่งกลุ่มแรกประกอบด้วย แอมโมเนีย และ Trichoptera กลุ่มที่สาม ประกอบด้วยอัลคาไลน์และความกระด้าง กลุ่มสุดท้ายประกอบด้วย การนำไฟฟ้า, BOD และ อุณหภูมิ (รูปที่ 4.16) การวิเคราะห์ PCA แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางเคมี กายภาพและดัชนีทางชีวภาพ ผลการศึกษาพบ 3 กลุ่มใหญ่ ซึ่งกลุ่มแรกประกอบด้วย การนำไฟฟ้า, ความกระด้าง และอัลคาไลน์ กลุ่มที่สอง ประกอบด้วยอุณหภูมิ, pH, BOD และ HBI index กลุ่มสุดท้ายประกอบด้วยความขุ่น, ฟอสเฟต, ไนเตรท และความเร็วของน้ำ (รูปที่ 4.17)



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพ – ชีวภาพ และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในลุ่มน้ำชี



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพ – ชีวภาพ และดัชนีทางชีวภาพ ในลุ่มน้ำชี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. การใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำชี จากการศึกษาพบว่ามีพื้นที่สำหรับการทำเกษตรกรรมรวมทั้งสิ้น 6,302,977 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 66.85 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำชี พื้นที่ป่าไม้รวมทั้งสิ้น 1,909,577 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.25 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำชี พื้นที่น้ำ 584,807 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.20 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำชี และพื้นที่อื่น ๆ 631,497 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.70 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำชี

2. การศึกษาปัจจัยทางเคมี – กายภาพของคุณภาพน้ำ จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 21.80 – 35.33 ^{o}C ค่าความขุ่นของน้ำมีค่าระหว่าง 0.74 – 175.67 NTU ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 163.00 – 1,085.83 µS/cm ค่าความเร็วของน้ำ 0.01 – 50.00 เมตร/วินาที ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.67 – 8.88 ค่าความกระด้างของน้ำมีค่าค่อนข้างความผันผวนระหว่าง 9.34 – 243.68 มก./ลิตร ค่าอัลคาไลน์อยู่ในช่วง 14.00 – 38.70 มก./ลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ระหว่าง 3.41 – 8.34 มก./ลิตร ค่า BOD อยู่ระหว่าง 0.38 – 5.48 มก./ลิตร ค่าฟอสเฟตมี่ค่าเท่ากับ 1.00 มก./ลิตร ค่าไนเตรทอยู่ระหว่าง 0.03 – 0.73 มก./ลิตร และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.33 มก./ลิตร ดังนั้นเมื่อใช้ค่าคุณภาพน้ำจากการศึกษามาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยโดยใช้ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งพบว่าลุ่มน้ำชีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยสถานีที่ 1 จัดอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 2 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำจืดที่มีความสะอาดมาก ส่วนสถานีที่ 2 ถึง 12 จัดอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 3 เป็นแหล่งน้ำจืดที่มีความสะอาดปานกลาง

3. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macroinvertebrates) ที่สำรวจพบในบริเวณลุ่มน้ำชีสามารถแบ่งออกเป็น 8 อันดับ 25 ครอบครัว และพบจำนวนทั้งสิ้น 1,861 ตัว โดย Order Odonata และ Family Gomphidae พบจำนวนมากที่สุด

4. ดัชนีทางชีวภาพที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ Diversity index, HBI index และ ASPT โดยดัชนี Diversity index ที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีค่า Diversity index ที่ได้ไม่สอดคล้องกับค่าคุณภาพน้ำที่ประเมินโดยพารามิเตอร์ทางเคมีและทางกายภาพ อาจเนื่องจากชนิดของกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ถูกเก็บรวบรวมได้มีจำนวนตัวอย่างน้อย ในขณะที่ค่าคุณภาพน้ำที่ประเมินโดยใช้ดัชนี HBI index และ ASPT ที่ได้สอดคล้องกับค่าคุณภาพน้ำซึ่งประเมินโดยพารามิเตอร์ทางเคมี – กายภาพ ($p<0.05$)

5. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและพารามิเตอร์ทางเคมี – กายภาพโดยการวิเคราะห์แบบแบ่งกลุ่มซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินออกเป็น 4 กลุ่ม รวมทั้งการวิเคราะห์ PCA แสดงให้เห็นว่าค่าคุณภาพน้ำและดัชนีทางชีวภาพมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ($p<0.05$)

6. คุณภาพน้ำและจำนวนสิ่งมีชีวิตในลุ่มน้ำชีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในแหล่งต้นน้ำและปลายน้ำ อาจเพราะมีสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะความเร็วของกระแสน้ำที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในด้านอื่น ๆ ด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในสถานีสุ่มตัวอย่าง เช่น สถานที่ 7 และ 10 มีมลพิษ อาจเพราะปัญหาด้านสิ่งปลูกสร้างที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะความเร็วของกระแสน้ำ รวมทั้งความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่ลดจำนวนลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ดังนั้น คุณภาพน้ำจึงควรมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ

2. การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจากแม่น้ำที่มีความลึกและมีขนาดใหญ่ หรืออ่างเก็บน้ำ ควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการที่เหมาะสม รวมทั้งทีมวิจัยที่ต้องการศึกษาและจำแนกชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินควรมีการศึกษาอย่างแม่นยำหรือทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสาขานี้

3. ประชาชนที่อาศัยและประกอบอาชีพในบริเวณลุ่มน้ำชี ควรจัดตั้งกลุ่มชมรมหรือองค์กรลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำ ควรมีการพิจารณาร่วมกันว่าบริเวณใดควรเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรม แหล่งพาณิชย์ เป็นต้น เสียงส่วนใหญ่หรือมติของกลุ่มควรใช้เป็นหลักฐาน หลักการ ข้อเสนอแนะ แม้กระทั่งข้อต่อรองกับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ส่วนกลางและรัฐบาล เพื่อประโยชน์ของชุมชนในการใช้ประโยชน์ การรักษาและใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำชีอย่างยั่งยืนต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2447). **มาตรฐานคุณภาพและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2522). **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์.** คณะสาธารณะสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. 387 หน้า.

ชนินทร์ ทองธรรมชาติ. (2540). **ดัชนีคุณภาพน้ำ**. วารสาร ค.พ. 2(1): 8-12.

ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น. (2533). **เอกสารประกอบการสอนวิชา 326-418 คุณภาพน้ำทางการประมง**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

ตามรอยต้นน้ำชี. (2544). [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.sanook.to/chiyaphum/cheeriver. html

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. (2528). **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17-93 หน้า.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. (2545). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2547). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 608 หน้า.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. (2536). **ผลของอัตราการใช้ปุ๋ยต่อลักษณะสมบัติของน้ำซึมใต้แปลงปลูกผักคะน้าที่รดโดยน้ำเสียชุมชน น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้นและน้ำบาดาล**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. 290-298.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2549). **รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546**. ได้จาก: www.onep.go.th/download/soc46

อภิศักดิ์ โสมอินทร์. (2525). **ภูมิศาสตร์อีสาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พรศักดิ์แอนแอสโซซิเอท.

Abel, P. D. (1996). **Water pollution biology**. (2nd edition). London: Taylor & Francis. 286p.

Alabama A & M and Auburn University. (2000). **The Alabama watershed demonstration project: Biotic indicators of water quality** [On-line]. Available: http://aoes.edu

Alabaster, J. S. and Lloyd, R. (1980). **Water quality criteria or freshwater fish**. London: Butterworths. 297p.

Allan, D. J. (1995). **Stream ecology: Structure and function of running water**. London: Chapman and Kimstach & Hall. 23-81.

Beauchene, M. (2001). **Bioassessment in wade able streams & rivers by volunteer monitors: Macroinvertebrate field identification cards**. [On-line]. Available: http://www.people.virginia.edu

Beauchene, M. and Hoffman, G. (2000). **Bioassessment in wadeable streams & rivers by volunteer monitors: Program description**. [On-line]. Available: http://dep.state.ct.us/wtr/volunmon/rbvpt2.pdf

Bennui, A. (1992). **Land use planning for Songkhla Lake Basin via the use of a geographic information system**. [On-line]. Available: http://envi.psu.ac.th/ foem/e_thesis012.pdf

Bolstad, P. V. and Swank, W. T. (1997). Cumulative impact of land use on water quality in indicator species VS. The concept of community structure as an index of change on the water temperature in unregulated urban streams. **Journal of environment management**. 49: 445-469.

Cairns, J. and Pratt, J. R. (1992). **A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates: Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall.

Cartwright, D. (1998). **Preliminary guide to the identification of lake instar larvae of Australian Polycentropodidae, Glossomatidae, Dipsuedopsidae and Psychomyiidae (Insecta: Trichoptera)**. Albury: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology.

Chapman, D. (1996). **Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. (2nd edition). Published on behalf of UNESCO, WHO, and UNEP. London: Chapman and Hall. 650p.

Charauppat, T. and Mongkolsawat, C. (2003). Land evaluation for economic crops of Lam Phra Phloeng watershed in Thailand using GIS modeling. **Asian Journal of Geoinformatics**. 3(3): 89-98.

Chebuto Community Net of Halifax, Nova Scotia, Canada. (1998). **Biological monitoring of freshwater-benthic macroinvertebrate background, diversity & biotic indice**s. [On-line]. Available: http://lakes.chebucto.org/

Chesapeake Bay Benthic Monitoring Program. (2002). **What are benthos?**. [On-line]. Available: http://www.esm.versor.com/Vcb/Benthos.htm

Chiangthong, K. (2005). **Use of aquatic insects as bioindicators of water quality of Mae Kham watershed, Mae Chan and Maefah Laung district, Chiang Rai province**, (M.S. Thesis). Chiang Mai University. 62-63.

Chutter, F. M. (1972). An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. **Water Research**. 6: 19-30.

Cole, J. B. (1983). Assembly of mangrove ant communities: Colonization abilities. **Journal of Animal Ecology**. 52: 349-355.

Cora, I., Goulart, M., Moreno, P., and Callisto, M. (2002). Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: A practical tool to evaluate ecosystem health. **Verh International Verein Limnology**. 28: 1- 4.

Davis, S., Golladay, S. W., Vellidis, G., and Pringle, C. M. (2003). Macroinvertebrates biomonitoring in intermittent coastal plain streams impact by animal agriculture. **Journal of Environmental Quality**. 32: 1036-1043.

Dean, J. C. (1999). **Preliminary keys for the identification of Australian Trichoptera larvae of the family Hydrophychidae**. Albury: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology.

Dean, J. C. and Suter, J. P. (1996). **Mayfly nymphs of Australia: A guide to genera**. Albury: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology.

Death, R. G. (2000). The effect of land use on species - area relationships in benthic stream invertebrates. **Verh Internation Verein Limnology**. 27: 2519-2522.

Denceger, E. (1981). **Biological – ecological assessment water quality**. Limnology UNESCO Entomological Society of London 7 – 10 September 1993. 271-293.

Dudgeon, D. (1991). Patterns and processes in stream ecology. **Asynoptic Review of Hong Kong Running Water**.

Dudgeon, D. (1999). **Tropical Asian streams: Zoobenthos, ecology and conservation**. Aberdeen, Hong Kong: Hong Kong University Press.

Earth Force. (1998). **Benthic monitoring guide**. [On-line]. Available: http://www.green.org/files.cgi/234- Benthic Monitoring Guide.html

Environment Protection Authority State Government of Victoria. (1998). **Rapid bioassessment of Victorian streams**. [On-line]. Available: http://www.epa.vic.gro.au

Greenberg, A. E., Clesceri, L. S., and Eaton, A. D. (1992). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** (18th edition). Maryland: Victor graphics. 55p.

Griffiths, M. D. (1999). Gambling technologies: Prospects for problem gambling. **Journal of Gambling Studies**. 15: 265-283.

Hauer, F. R. and Lambert, G. A. (1996). **Methods in stream ecology**. Academic Press. California. 674p.

Hellawell, J. M. (1978). **Biological surveillance of rivers: A biological monitoring handbook**. Herts, England: Natural Environment Research council.

Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. **Journal of the North America Benthological Society**. 7: 65-68.

Hocutt, C. H. (1975). Assessment of strees microinvertibrate community. American water in an upland watershed: Base flow survey. **Journal of Hydrology**. 217: 1-18.

Hooble, B. M., Vance, G. F., Hamerlinck, J. D., Munn, L. C., and Hayward, J. A. (2003). **Applications of land evaluation and site assessment (LESA) and a geographic information system in East Park County, Wyoming**. [On-line]. Available: http://www.swcs.org/t_pubs_journal_marApr03_applications.htm

Horne, A. J. and Goldman, C. R. (1994). **Limnology** (2nd edition). New York: McGraw Hill Inc. 576p.

Joy, M. K. and Death, R. G. (2000a). Stream invertebrate communities of Campbell Island. **Hydrobiology**. 439: 115-124.

Joy, M. K. and Death, R. G. (2000b). Predictive modeling of fresh water fish as a biomonitoring tool in New Zealand. **Freshwater Biology**. 47: 2261-2275.

Kilgour, B. W. (1998). **Developing an index of nutrient status base on rapid assessment methodology for collecting benthic macroinvertebrates**. Prepaed by Water System Analysts, Guelph, for the Toronto and Region Conservation Authority.

Lehnkuhl, D. M. (1979). **How to know the aquatic insect**. Iowa, U.S.A.: W.C. Brown.

Logan, P. (2001). Ecological quality assessment of rivers and integrated catchments management in England and Wales. **Journal of Limnology**. 60: 25-32.

Lundin, C. G. and Linden, O. (1993). Coastal ecosystem: Attempts to manage a threatment resource. **Ambio - A Journal of the Human Environment**. 22: 468-476.

Mason, S. J. (2002). Sensitivity of seasonal climate forecasts to persisted SST anomalies. **Climate Dynamics**. 19: 619-632.

McCafferty, W. P. (1998). **Aquatic entomology: The fishermen and ecologists illustrated guide to insects and their relatives**. Sudberg, Massachusetts: Jones and Bortlett.

Merritt, R. W. and Cummins, K. W. (1996). **An introduction to the aquatic insects of North America** (3rd edition). Iowa: Hunt. 862p.

Meybeck, M. (1982). Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. **American Journal of Science**. 282: 401-450.

Moss, B. (1998). **Ecology of fresh waters man and medium, past to Future**. (3rd edition). Oxford: Backwell Science. 557p.

Mustow, S. E. (2002). Biological monitoring of rivers in Thailand: Use and adaptation of the BMWP score. **Hydrobiologia**. 479: 191-229.

National Environment Board. (1994). **The enhancement and conservation of national environment quality act**. Published in the Royal Government Gazette.

Pahwa, S., Pahwa, R., and Incefy, G. (1979). Failure of immunologic reconstitution in a patient with the DiGeorge syndrome after fetal thymus transplantation. **Clin Immunology Immunopathology**. 14: 96-106.

Paiboonsak, S. and Mongkolsawat, C. (2004b). Agricultural land use planning in Khon Kaen Province: GIS application. **Proceedings of the 25th Asian Conference on Remote Sensing, Chiangmai.**

Pires, A. M., Cowx, I. G., and Coelho, M. M. (2000). Benthic macroinvertebrate Communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana basin (Portugal). **Hydrobiologia**. 435: 167-175.

Pongswat, S. (2002). **The use of phytoplankton biodiversity for monitoring water quality in Rama Ix Lake, Pathumthani Province**. Ph.D. Dissertation, Suranaree University of Technology. 90-98.

Research Environmental and Industrial Consultants. (2001). **Description of benthic macrovert metrics**. [On-line]. Available: http://www.reiclabs.com/metrics.html

Resh, V. H. and McElravy, E. P. (1993). **Contemporary quantitative approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall.

Rosenberg, D. M., Davies, I. J., Cobb, D. G., and Wiens, A. P. (2001). **Protocols for measuring biodiversity: Benthic macroinvertebrates in fresh waters**. [On-line]. Available: http://www.emanrese.ca/eman/ecotools/protocols/freshwater/ benthics/introduce.html

Rouge River National Wet Weather Demonstration Project. (1998). **Field sampling plan: Benthic macroinvertebrate survey**. [On-line]. Available: http://www.rougeriver.com/pdfs/sampling/fsp15.pdf

Sharma, S., Allen, M., Courage, A., Hall, H., Koirala, S., Oliver, S., and Zimanerman, B. (2005). Assessing water quality for ecosystem health of the Barbai River in Royal Barbai National Park, Nepal. **Kathmandu University Journal of Science Engineering and Technology**. 1: 91-103.

Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax Homepage. (2002). **Taxa toleran values**. [On-line]. Available: http://lakes.chebucto.org/ZOOBENTHOS/ tolerance.htmlrran

Stoner, A., Wilson, W. T., and Moffett, J. O. (1984). Effects of longterm feeding of low doses of fenvalerate or fluvalinate in sucrose syrup on honey bees Apis mellifera in standard-size field colonies. **Journal Entomology Society**. 19(4): 490-49.

Ward, J. V. (1992). **Aquatic insect ecology**. In: Biology and Habitat. New York: John Willey & Sons. 456p.

Wetzel, R. G. (2001). **Limnology**. New York: Academic Press. 1006p.

Wurts, W. A. (2006). Low-input shrimp farming in Kentucky, 2002-2004 *Macrobrachium rosenbergii*. **The national conference and exposition of the US Aquaculture Society, the National Aquaculture Association and the US Aquaculture Suppliers Association held in Las Vegas, NV**. Book of Abstracts. 357p.

Wurts, W. A. and Durborow, R. M. (1992). **Interactions, of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds**. Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville.

ภาคผนวก ก

มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1.1 Surface Water Quality Standards of Thailand

Parameter	Units	Statistics	Standard Value for Class					Methods for Examination
			Class1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	
1. Colour, Odour and Taste	-	-	n	n'	n'	n'	-	-
2. Temperature	°C	-	n	n'	n'	n'	-	Thermometer
3. pH	-	-	n	5-9	5-9	5-9	-	Electrometric pH Meter
4. Dissolved Oxygen (DO)[2/]	mg/l	P20	n	6.0	4.0	2.0	-	Azide Modification
5. BOD (5 days,20 °C)	mg/l	P80	n	1.5	2.0	4.0	-	Azide Modification at 20°C , 5 days
6. Total Coliform Bacteria	MPN/100 ml	P80	n	5,000	20,000	-	-	Fermentation Technique
7. Fecal Coliform Bateria	MPN/100 ml	P80	n	1,000	4,000	-	-	Fermentation Technique
8. NO_3 - N	mg/l	-	n		5.0		-	Cadmium Reduction
9. NH_3 - N	mg/l	-	n		0.5		-	Distillation Nesslerization
10. Phenols	mg/l	-	n		0.005		-	Distillation,4-Amino antipyrene
11. Copper (Cu)	mg/l	-	n		0.1		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
12. Nickel (Ni)	mg/l	-	n		0.1		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
13.Manganese (Mn)	mg/l	-	n		1.0		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
14.Zinc (Zn)	mg/l	-	n		1.0		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
15.Cadmium (Cd)	mg/l	-	n		0.005* 0.05**		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
16.Chromium Hexavalent	mg/l	-	n		0.05		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
17.Lead (Pb)	mg/l	-	n		0.05		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration
18.Total Mercury (Total Hg)	mg/l	-	n		0.002		-	Atomic Absorption – Vapour Technique
19.Arsenic (As)	mg/l	-	n		0.01		-	Atomic Absorption – Direct Aspiration

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1.1 Surface Water Quality Standards of Thailand (continued)

Parameter	Units	Statistics	Standard Value for Class					Methods for Examination
			Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	
20.Cyanide (Cyanide)	mg/l	-	n		0.005		-	Pyridine – Barbituric Acid
21.Radioactivity								
- Alpha	Becqurel/l	-	n		0.1		-	Gas-Chromatography
- Beta					1.0			
22.Total Organo-chlorine Pesticides	mg/l	-	n		0.05		-	Gas-Chromatography
23.DDT	µg/l	-	n		1.0		-	Gas-Chromatography
24.Alpha-BHC	µg/l	-	n		0.02		-	Gas-Chromatography
25.Dieldrin	µg/l	-	n		0.1		-	Gas-Chromatography
26.Aldrin	µg/l	-	n		0.1		-	Gas-Chromatography
27.Heptachlor & Heptachlorepoxide	µg/l	-	n		0.2		-	Gas-Chromatography
28.Endrin	µg/l	-	n		None		-	Gas-Chromatography

Remark: P = Percentile
n = naturally
n' = naturally but changing not more than 3 °C
* = when water hardness not more than 100 mg/l as $CaCO_3$
** = when water hardness more than 100 mg/l as $CaCO_3$

Source: Notification of the National Environmental Board, No. 8, B.E. 2537 (1994). Issued under the Enhance Conservation of National Environmental Quality Act B.E. 2535 (1992X, published in the Royal Govern 111, part 16, dated February 24, B.E. 2537 (1994).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1.2 Classification and Objectives

Classification	Objectives/Condition and Beneficial Usage
Class 1	Extra clean fresh surface water resources used for: (1) conservation not necessary pass through water treatment process require only ordinary process for pathogenic destruction (2) ecosystem conservation where basic organisms can breed naturally
Class 2	Very clean fresh surface water resources used for : (1) consumption which requires ordinary water treatment process before use (2) aquatic organism of conservation (3) fisheries (4) recreation
Class 3	Medium clean fresh surface water resources used for : (1) consumption, but passing through an ordinary treatment process before using (2) agriculture
Class 4	Fairly clean fresh surface water resources used for : (1) consumption, but requires special water treatment process before using (2) industry
Class 5	The sources which are not classification in class 1-4 and used for navigation.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ข้อมูลคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำชี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 Mean and standard deviation of water temperature (^{o}C) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	24.28	24.55	23.50	23.60	26.83	28.35	29.38	28.85	28.03	30.30	31.67	32.95
April	31.85	31.62	35.33	34.17	34.18	32.55	29.38	27.70	32.85	31.55	32.67	35.32
June	33.38	32.82	28.58	28.50	30.43	28.52	29.38	31.20	29.20	30.08	31.70	30.92
August	27.70	29.15	31.30	31.27	35.03	30.68	29.38	28.42	28.58	29.32	28.50	30.73
October	26.77	27.82	31.93	31.13	32.18	26.63	29.38	25.15	25.77	24.50	25.92	24.42
December	28.05	26.35	23.93	23.60	23.78	21.80	29.38	25.70	27.34	26.43	27.70	26.40
Mean	28.67	28.72	29.10	28.71	30.41	28.09	29.38	27.84	28.63	28.70	29.69	30.12
SD.	3.36	3.14	4.69	4.35	4.37	3.70	0.00	2.21	2.38	2.67	2.70	4.06

ตารางที่ 2.2 Mean and standard deviation of dissolved oxygen (mg/L) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	8.08	6.17	8.34	5.64	5.93	7.53	5.02	7.58	7.98	5.82	5.69	4.91
April	4.91	4.69	6.19	6.32	6.26	5.74	6.13	6.69	6.53	6.86	6.48	6.95
June	4.10	5.19	3.41	4.02	4.03	5.37	5.73	5.78	6.87	7.33	7.47	7.28
August	5.75	5.47	4.07	4.40	4.57	6.47	5.57	5.48	7.12	7.00	7.77	7.25
October	6.33	6.26	5.03	5.38	4.78	4.66	4.33	3.88	5.04	4.74	5.34	5.82
December	5.10	6.15	7.46	5.37	5.51	4.08	7.16	5.15	4.95	5.12	5.61	6.97
Mean	5.71	5.66	5.75	5.19	5.18	5.64	5.66	5.76	6.42	6.15	6.39	6.53
SD.	1.39	0.64	1.93	0.84	0.86	1.24	0.97	1.28	1.20	1.07	1.03	0.96

ตารางที่ 2.3 Mean and standard deviation of pH of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	7.83	7.87	7.28	6.95	7.07	8.88	7.36	8.06	7.39	8.11	7.64	7.75
April	7.61	7.63	7.63	7.63	7.53	8.28	7.46	7.90	7.65	8.62	7.57	8.01
June	7.01	6.88	7.28	7.46	7.28	7.24	7.10	7.36	6.67	7.33	7.23	7.48
August	7.45	7.63	7.62	7.51	7.39	7.24	7.24	7.14	7.04	6.97	7.07	7.08
October	7.27	7.30	7.57	7.33	7.25	7.12	7.34	7.35	7.50	7.47	7.56	7.41
December	7.11	7.44	7.03	7.78	6.94	6.79	7.41	7.46	7.47	7.29	7.51	7.52
Mean	7.38	7.46	7.40	7.44	7.24	7.59	7.32	7.55	7.29	7.63	7.43	7.54
SD.	0.31	0.34	0.24	0.29	0.21	0.81	0.13	0.36	0.36	0.61	0.23	0.32

ตารางที่ 2.4 Mean and standard deviation of turbidity (NTU) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	1.53	3.30	1.86	3.69	8.54	2.39	28.27	5.22	28.27	33.30	29.28	5.78
April	1.63	1.65	4.61	4.61	8.76	2.23	8.86	18.83	23.35	24.08	19.00	11.22
June	16.62	57.83	69.27	60.28	107.83	175.67	12.80	15.43	117.83	87.58	60.52	91.90
August	149.67	36.65	33.53	21.28	33.13	30.12	58.95	39.08	64.58	59.22	59.20	53.97
October	0.74	3.84	3.94	4.50	16.65	2.86	23.97	26.63	32.43	25.08	26.58	19.57
December	2.31	4.01	7.72	2.00	7.25	3.53	6.38	5.68	9.34	13.95	16.21	6.00
Mean	28.75	17.88	20.16	16.06	30.36	36.13	23.21	18.48	45.97	40.54	35.13	31.41
SD.	59.55	23.72	26.78	22.80	39.18	69.23	19.50	12.96	39.65	27.68	19.75	34.69

ตารางที่ 2.5 Mean and standard deviation of electrical conductivity (µs/cm) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	351.33	452.17	1085.83	1007.83	756.17	697.00	367.00	452.20	202.50	247.50	384.80	384.80
April	301.33	1031.33	1046.33	1046.83	965.67	467.83	286.00	293.50	257.67	223.83	325.67	344.17
June	179.17	168.00	223.33	207.83	226.00	232.50	248.83	311.50	231.00	235.83	261.33	271.00
August	163.00	171.50	323.33	318.17	284.33	366.33	240.83	263.67	257.17	230.67	208.67	364.83
October	281.83	367.33	813.33	678.50	455.17	507.67	282.50	293.83	300.83	305.33	294.83	225.27
December	282.67	371.00	1045.00	1052.50	891.00	732.67	372.67	381.00	372.50	378.83	372.17	370.00
Mean	259.89	426.89	756.19	718.61	596.39	500.67	299.64	332.62	270.28	270.33	307.91	326.68
SD.	73.46	317.78	387.51	380.98	317.24	191.55	57.26	70.53	59.75	60.74	67.15	63.88

ตารางที่ 2.6 Mean and standard deviation of hardness (mg/L $CaCO_3$) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	170.41	168.56	163.35	166.64	135.02	142.27	83.92	96.30	52.68	53.98	68.65	70.60
April	174.55	167.30	164.66	172.56	166.64	104.07	77.40	81.34	58.38	62.97	72.16	68.22
June	179.12	118.56	60.60	128.44	90.24	104.07	59.69	70.19	47.23	39.36	52.47	54.44
August	89.86	89.22	87.31	91.13	76.48	75.20	70.90	72.20	38.05	28.28	29.60	30.58
October	154.46	165.92	135.99	134.03	87.18	91.09	71.59	71.58	80.70	82.65	71.60	55.28
December	179.28	173.97	202.51	243.68	146.08	128.15	70.00	74.02	9.34	78.88	77.58	61.83
Mean	157.95	147.26	135.74	156.08	116.94	107.48	72.25	77.61	47.73	57.69	62.01	56.83
SD.	34.59	34.95	53.01	52.01	37.10	24.38	8.10	9.97	23.63	21.52	18.02	14.43

ตารางที่ 2.7 Mean and standard deviation of alkalinity (mg/L $CaCO_3$) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	33.33	33.37	21.70	26.50	22.17	23.67	24.33	25.00	15.67	15.17	17.33	18.67
April	30.67	32.17	35.67	38.67	35.83	34.33	20.33	21.00	18.00	15.00	18.33	15.00
June	20.00	20.00	19.33	18.33	19.67	21.00	21.00	14.67	20.50	17.88	20.17	17.67
August	19.67	18.00	17.67	17.67	16.00	17.33	38.70	19.83	14.00	24.06	24.71	21.46
October	34.33	32.67	22.67	19.33	20.00	20.00	19.00	18.00	20.00	21.33	18.67	15.67
December	37.33	33.33	30.33	32.00	25.00	22.67	26.33	21.58	20.13	23.56	20.55	19.07
Mean	29.22	28.26	24.56	25.42	23.11	23.17	24.95	20.01	18.05	19.50	19.96	17.92
SD.	7.58	7.21	6.98	8.57	6.90	5.90	7.26	3.49	2.69	4.06	2.62	2.37

ตารางที่ 2.8 Mean and standard deviation of biochemical oxygen demand (mg/L) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	1.48	1.97	1.28	1.40	1.28	1.23	1.38	1.73	1.87	0.57	1.72	1.73
April	2.12	2.13	1.60	1.53	3.53	4.60	1.87	1.90	1.80	2.80	2.30	2.30
June	1.42	2.66	3.78	3.83	3.97	2.55	2.17	2.30	2.00	1.70	2.70	4.30
August	2.80	0.95	2.92	1.77	1.32	1.72	2.07	1.30	2.50	2.30	0.80	2.50
October	0.38	0.45	1.80	1.87	1.88	4.73	1.65	1.90	1.60	2.20	2.60	2.60
December	2.83	2.60	4.87	1.98	1.52	5.48	1.73	1.90	1.90	2.20	1.70	2.20
Mean	1.84	1.79	2.71	2.06	2.25	3.39	1.81	1.84	1.95	1.96	1.97	2.61
SD.	0.94	0.90	1.41	0.89	1.19	1.78	0.29	0.32	0.30	0.77	0.71	0.88

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.9 Mean and standard deviation of phosphate (mg/L) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.97	0.37	0.06	0.06
April	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
June	0.01	0.02	0.06	0.05	0.05	0.07	0.04	0.05	0.05	0.06	0.03	0.05
August	0.09	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
October	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04	0.03
December	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04
Mean	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.19	0.04	0.20	0.10	0.04	0.04
SD.	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.40	0.02	0.38	0.13	0.02	0.02

ตารางที่ 2.10 Mean and standard deviation of nitrate (mg/L) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	0.23	0.15	0.25	0.11	0.13	0.21	0.39	0.31	0.62	0.03	0.51	0.35
April	0.13	0.12	0.14	0.15	0.07	0.13	0.44	0.62	0.45	0.51	0.36	0.30
June	0.23	0.28	0.09	0.17	0.14	0.18	0.52	0.73	0.49	0.59	0.49	0.58
August	0.23	0.17	0.21	0.22	0.29	0.23	0.54	0.45	0.36	0.44	0.37	0.54
October	0.12	0.19	0.10	0.13	0.14	0.20	0.56	0.73	0.65	0.61	0.71	0.64
December	0.11	0.11	0.13	0.03	0.17	0.12	0.28	0.45	0.37	0.41	0.38	0.60
Mean	0.18	0.17	0.15	0.14	0.16	0.18	0.46	0.55	0.49	0.43	0.47	0.50
SD.	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.04	0.11	0.17	0.12	0.21	0.13	0.14

ตารางที่ 2.11 Mean and standard deviation of ammonia (mg/L) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	0.02	0.04	0.05	0.08	0.15	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.07	0.03
April	0.07	0.10	0.07	0.03	0.07	0.06	0.28	0.28	0.23	0.31	0.32	0.25
June	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.23	0.24	0.29	0.20	0.21	0.20	0.22
August	0.12	0.19	0.23	0.23	0.22	0.20	0.04	0.09	0.02	0.08	0.07	0.03
October	0.32	0.33	0.28	0.23	0.30	0.03	0.04	0.04	0.08	0.05	0.04	0.04
December	0.03	0.24	0.27	0.25	0.23	0.33	0.02	0.07	0.03	0.04	0.03	0.20
Mean	0.10	0.16	0.16	0.14	0.17	0.15	0.11	0.14	0.10	0.12	0.12	0.13
SD.	0.11	0.12	0.11	0.11	0.10	0.13	0.12	0.12	0.09	0.11	0.11	0.11

ตารางที่ 2.12 Mean and standard deviation of water velocity (m/s) of Chi River basin from February to December 2004

Sites	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
February	0.90	0.10	0.03	0.04	0.03	0.03	0.30	1.20	1.40	1.00	0.01	0.01
April	0.20	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.29	0.11	0.01	0.01	0.01	0.06
June	0.29	0.30	0.19	0.18	2.26	0.04	25.00	8.33	14.00	16.66	12.50	18.86
August	3.02	0.36	0.12	0.12	0.15	0.18	25.00	12.50	11.11	50.00	50.00	33.30
October	0.34	0.23	0.03	0.04	0.03	0.04	8.30	1.90	7.10	3.30	3.40	3.20
December	0.17	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	1.30	0.12	0.13	0.80	0.70	0.04
Mean	0.82	0.18	0.08	0.08	0.43	0.06	10.03	4.03	5.63	11.96	11.10	9.25
SD.	1.11	0.14	0.07	0.06	0.90	0.06	11.97	5.17	6.03	19.66	19.64	13.87

ภาคผนวก ค

HBI Tolerance Values

ตารางที่ 3.1 Tolerance Values for macroinvertebrates application the Modified Family Biotic Index and other metrics (Bode *et al.*, 1996; Hauer & Lamberti, 1996; Hilsenhoff, 1988; Plafkin *et al.*, 1989)

Taxon	Tolerance	Taxon	Tolerance
Class Collembola			
Isotomurus sp.	5		
Order Ephemeroptera		Order Odonata	
Baetidae	4	Aeshnidae	3
Baetiscidae	3	Calopterygidae	5
Caenidae	7	Coenagrionidae	9
Ephemerellidae	1	Cordulegastridae	3
Ephemridae	4	Corduliidae	5
Heptageniidae	4	Gomphidae	1
Leptophlebiidae	2	Lestidae	9
Metretopodidae	2	Libellulidae	9
Oligoneuriidae	2	Macromiidae	3
Polymitarcyidae	2		
Potomanthidae	4		
Siphlonuridae	7		
Tricorythidae	4		
Order Plecoptera		Order Trichoptera	
Capniidae	1	Brachycentridae	1
Chloroperlidae	1	Calamoceratidae	3
Leuctridae	0	Glossosomatidae	0
Nemouridae	2	Helicopsychidae	3
Perlidae	1	Hydropsychidae	4
Perlodidae	2	Hydroptilidae	4
Pteronarcyidae	0	Lepidostomatidae	1
Taeniopterygidae	2	Letoceridae	4
		Limnephilidae	4
Order Lepidoptera		Molannidae	6
Pyralidae	5	Odontoceridae	0
		Philpotamidae	3
Order Coleoptera		Phryganeidae	4
Dryopidae	5	Polycentropodidae	6
Elmidae	4	Psychomyiidae	2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 Tolerance Values for macroinvertebrates application the Modified Family Biotic Index and other metrics (Bode *et al.*, 1996; Hauer & Lamberti, 1996; Hilsenhoff, 1988; Plafkin *et al.*, 1989) (Continue)

Taxon	Tolerance	Taxon	Tolerance
Psephenidae	4	Rhyacophilidae	0
		Sericostomatidae	3
		Uenoidae	3
Order Megaloptera		Order Neuroptera	
Corydalidae	0	Sisyridae	
Sialidae	4	Climacia sp.	5
Order Diptera		Order Amphipoda	
Athericdae	2	Gammaridae	4
Blephariceridae	0	Hyalellidae	8
Ceratopogonidae	6	Talitridae	8
Biood - red Chironomidae (Chironomini)	8		
Other Chironomidae (including pink)	6	Order Isopoda	
Dolochopodidae	4	Asellidae	8
Empididae	6		
Ephydridae	6	Order Decapoda	6
Muscidae	6		
Psychodidae	10	Order Acariformes	4
Simuliidae	6		
Syrphidae	10	Phylum Coelenterata	
Tabanidae	6	Hydridae	
Tipulidae	3	Hydra sp.	5
Phylum Mollusca		Class Hirudinea	
Lymnaeidae	6	Bdellidae	10
Physidae	8	Helobdella	10
Sphaeridae	8		
Class Oligochaeta	8	Class Polychaeta	6
Class Turbellaria	4		
Platyhelminthidae	4		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

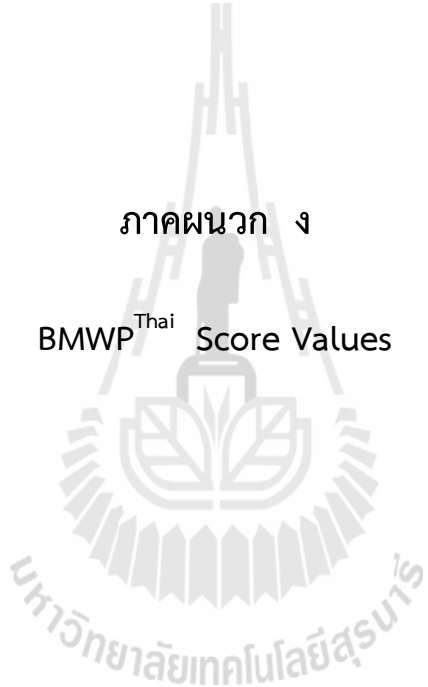
ตารางที่ 3.2 Interpretation of HBI Scores

Biotic Index	Water Quality	Degree of Organic Pollution
0.00 - 3.50	Excellent	No apparent organic pollution
3.51 - 4.50	Very good	Possible slight organic pollution
4.51 - 5.50	Good	Some organic pollution
5.51 - 6.50	Fair	Fairly significant organic pollution
6.51 - 7.50	Fairly poor	Significant organic pollution
7.51 - 8.50	Poor	Very significant organic pollution
8.51 - 10.00	Very poor	Severe organic pollution

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

BMWP^{Thai} Score Values



ตารางที่ 4.1 The BMWP score system modified by Mustow 2002

Order/Class	Family	BMWP score
O.Ephemeroptera	Baetidae, Siphonuliidae	4
	Caenidae	7
	Ephemerellidae, Ephemeridae, Hepageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae	10
O.Donata	Aeshnidae, Calopterygidae, Corduliidae, Coenagrioniidae, Macromiidae, Platystidae, Libellulidae, Gomphidae, Cordulegastridae	6
	Protoneuridae	3
O.Plecoptera	Nemouridae	7
	Perlidae	10
O.Hemiptera	Aphelocheiridae	10
	Corixidae, Gerridae, Hydrometridae, Mesoveliidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Pleidae	5
O.Trichoptera	Goeridae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Molannidae, Odontoceridae,	10
	Polycentropodidae, Stenopsychidae, Rhyacophilidae	7
	Hydroptilidae	6
	Hydropsychidae	5
O.Coleoptera	Chrysomelidae, Cureulionidae, Dryopidae, Dytiscidae, Elminthidae, Gyrinidae, Haliplidae, Helodidae, Hydrophilidae, Psephenidae	5
O.Diptera	Chironomidae	2
	Simuliidae, Tipulidae	5
Cl.Tricladida	Dugesiidae	5
Cl.Oligochaeta	All	1
Cl.Hirudinea	Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Hirudidae	3
	Piscicolidae	4
Cl.Bivalvia	Curbiculidae, Shaeriida	3
Cl.Gastropoda	Hydrobiidae, Triaridae, Lymnaeidae, Planorbidae	3
	Viviparidae, Ancylidae	6
O.Decapoda	Atyidae, Palaemonidae	8
	Parathelphusidae	3
O.Megaloptera	Corydalidae, Sialidae	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

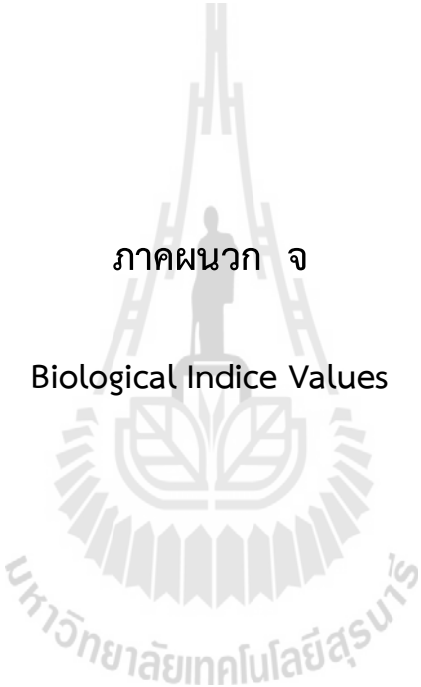
ตารางที่ 4.2 Interpretation of ASPT

ASPT	Water Quality Standard	Water Quality Assessment
1 - 2	Class5	Very poor
3 - 4	Class4	Fairy poor
5 - 6	Class3	Moderate
	Class2	Fairy good
	Class1	Good

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

Biological Indice Values



ตารางที่ 5.1 Biological Indice Values

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_1	February	1.43	4.64	5.00
	April	0.97	2.33	5.60
	June	0.90	4.87	5.40
	August	1.91	2.90	5.80
	October	0.68	3.75	6.00
	December	1.15	2.48	5.90
C_2	February	1.52	4.35	6.00
	April	1.03	3.25	5.90
	June	1.08	3.47	5.80
	August	-	-	-
	October	0.80	4.02	6.00
	December	0.80	2.80	6.00
C_3	February	1.16	4.80	7.30
	April	1.24	5.00	5.50
	June	0.79	5.56	3.90
	August	1.22	4.60	5.50
	October	0.96	3.15	6.00
	December	0.21	3.23	6.00
C_4	February	1.46	6.67	4.90
	April	1.18	5.08	6.00
	June	0.92	6.67	5.30
	August	-	-	-
	October	0.32	4.02	6.00
	December	1.87	4.78	5.60
C_5	February	1.62	4.21	5.70
	April	1.23	3.81	5.90
	June	1.12	6.85	5.80
	August	0.95	5.56	5.40
	October	0.37	3.15	6.00
	December	1.23	4.71	5.50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.1 Biological Indice Values (continued)

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_6	February	1.03	6.89	5.40
	April	1.21	6.75	6.00
	June	0.47	6.67	5.00
	August	1.47	6.33	4.60
	October	1.03	4.23	5.60
	December	0.90	3.70	5.90
C_7	February	1.46	5.18	5.60
	April	0.96	6.00	4.70
	June	0.50	3.00	5.10
	August	1.01	8.00	5.50
	October	1.09	3.20	5.80
	December	1.71	4.16	5.90
C_8	February	1.28	5.80	5.50
	April	1.04	5.00	6.40
	June	0.43	8.00	5.10
	August	-	-	-
	October	1.17	5.00	5.70
	December	0.64	4.16	5.80
C_9	February	1.08	5.92	5.60
	April	0.76	8.00	5.60
	June	0.94	6.00	5.50
	August	1.13	6.00	5.60
	October	1.39	4.90	5.90
	December	1.39	4.90	5.90
C_{10}	February	0.59	7.87	5.90
	April	1.41	6.67	5.60
	June	0.90	8.00	5.40
	August	1.16	6.75	5.50
	October	1.6	4.64	5.50
	December	1.35	7.53	5.80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.1 Biological Indice Values (continued)

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_{11}	February	1.13	6.79	5.70
	April	1.72	4.75	5.40
	June	0.65	5.67	5.80
	August	-	-	-
	October	1.23	5.23	5.30
	December	1.90	4.70	6.90
C_{12}	February	1.66	5.48	5.70
	April	1.96	6.00	4.70
	June	1.50	3.20	5.20
	August	1.40	6.00	5.20
	October	1.20	4.20	5.80
	December	1.10	4.30	5.90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.2 Interpretation of Biological Indice Values

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_1	February	Moderate pollution	Good	Moderate
	April	Polluted	Excellent	Moderate
	June	Polluted	Good	Moderate
	August	Moderate pollution	Excellent	Moderate
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Moderate	Excellent	Moderate
C_2	February	Moderate pollution	Very good	Moderate
	April	Moderate	Excellent	Moderate
	June	Moderate	Excellent	Moderate
	August	-	-	-
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Polluted	Excellent	Moderate
C_3	February	Moderate pollution	Good	Fairly good
	April	Moderate pollution	Good	Moderate
	June	Polluted	Fair	Fairly poor
	August	Moderate pollution	Good	Moderate
	October	Polluted	Excellent	Moderate
	December	Polluted	Excellent	Moderate
C_4	February	Moderate pollution	Fairly poor	Fairly good
	April	Moderate pollution	Good	Moderate
	June	Polluted	Fairly good	Moderate
	August	-	-	-
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Moderate pollution	Good	Moderate
C_5	February	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	April	Moderate pollution	Good	Moderate
	June	Polluted	Fairly poor	Moderate
	August	-	-	-
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Moderate pollution	Good	Moderate

ตารางที่ 5.2 Interpretation of Biological Indice Values (continued)

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_6	February	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	April	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	June	Polluted	Fairly poor	Moderate
	August	Moderate pollution	Fair	Fairly poor
	October	Moderate pollution	Very good	Moderate
	December	Polluted	Very good	Moderate
C_7	February	Moderate pollution	Good	Moderate
	April	Polluted	Fair	Fairly poor
	June	Polluted	Excellent	Moderate
	August	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	October	Moderate pollution	Excellent	Moderate
	December	Moderate pollution	Very good	Moderate
C_8	February	Moderate pollution	Fair	Moderate
	April	Moderate pollution	Very good	Moderate
	June	Polluted	Poor	Moderate
	August	-	-	-
	October	Moderate pollution	Fair	Moderate
	December	Polluted	Very good	Moderate
C_9	February	Moderate pollution	Fair	Moderate
	April	Polluted	Poor	Moderate
	June	Polluted	Fair	Moderate
	August	Moderate pollution	Fair	Moderate
	October	Moderate pollution	Good	Moderate
	December	Moderate pollution	Good	Moderate
C_{10}	February	Polluted	Poor	Moderate
	April	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	June	Polluted	Poor	Moderate
	August	Moderate pollution	Fairly poor	Moderate
	October	Moderate pollution	Good	Moderate
	December	Moderate pollution	Poor	Moderate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.2 Interpretation of Biological Indice Values (continued)

Site	Months	Biological Indices		
		Diversity	HBI	ASPT
C_1	February	Moderate pollution	Good	Moderate
	April	Polluted	Excellent	Moderate
	June	Polluted	Good	Moderate
	August	-	-	-
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Moderate	Excellent	Moderate
C_2	February	Moderate pollution	Very good	Moderate
	April	Moderate pollution	Good	Moderate
	June	Moderate	Excellent	Moderate
	August	-	-	-
	October	Polluted	Very good	Moderate
	December	Moderate pollution	Good	Moderate

ตารางที่ 5.3 Diversity value

< 1.5	1.5 - 3	> 3.5
polluted	Moderate	Good

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ

Benthic macroinvertebrate Samples of Chi river basin from February to December 2004

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 6.1 Benthic macroinvertebrates in February 2004

Order / Class		Family	Count
Hemiptera		Nepidae	86
		Naucoridae	7
		Notonectidae	7
Ordonata		Macromiidae	12
		Gomphidae	37
		Chlorocyphidae	3
		Coenagrionidae	96
		Libellulidae	1
		Corduliidae	34
		Protoneuridae	5
		Petaluridae	7
		Aeshnidae	3
Decapoda		Mysidae	5
Veneroida		Corbiculidae	1
Gastropoda		Bithyniidae	4
		Pleuroceridae	2
Isopoda		Corallanidae	7
		Cirolanidae	1
Trichoptera		Leptoceridae	1
Total	7	19	319

ตารางที่ 6.2 Benthic macroinvertebrates in April 2004

Order / Class		Family	Count
Hemiptera		Nepidae	55
		Naucoridae	2
		Notonectidae	8
Ordonata		Macromiidae	18
		Gomphidae	13
		Chlorocyphidae	5
		Coenagrionidae	85
		Corduliidae	51
Veneroida		Corbiculidae	1
Total	4	10	238

ตารางที่ 6.3 Benthic macroinvertebrates in June 2004

Order / Class	Family	Count
Hemiptera	Nepidae	133
	Naucoridae	3
	Notonectidae	1
Ordonata	Macromiidae	19
	Gomphidae	24
	Coenagrionidae	34
	Corduliidae	2
Decapoda	Mysidae	3
Isopoda	Cirolanidae	1
Total	4 9	220

ตารางที่ 6.4 Benthic macroinvertebrates in August 2004

Order / Class	Family	Count
Hemiptera	Nepidae	41
	Notonectidae	3
	Hydrometridae	1
Ordonata	Macromiidae	12
	Gomphidae	39
	Lestidae	1
	Libellulidae	3
	Cordulegastidae	1
	Corduliidae	6
	Chlorocyphidae	5
	Coenagrionidae	5
Decapoda	Mysidae	7
Gastropoda	Pleuroceridae	1
	Bithyniidae	1
Veneroida	Corbiculidae	2
Total	6 16	128

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 6.5 Benthic macroinvertebrates in October 2004

Order / Class	Family	Count
Hemiptera	Nepidae	47
	Notonectidae	1
Ordonata	Gomphidae	164
	Corduliidae	24
	Coenagrionidae	9
	Aeshnidae	5
	Petaluridae	2
	Chlorocyphidae	12
Decapoda	Mysidae	33
Isopoda	Corallanidae	3
	Cirolanidae	7
Gastropoda	Pleuroceridae	2
Total 5	12	309

ตารางที่ 6.6 Benthic macroinvertebrates in December 2004

Order / Class	Family	Count
Hemiptera	Nepidae	75
	Naucoridae	4
Ordonata	Macromiidae	12
	Gomphidae	324
	Corduliidae	45
	Coenagrionidae	71
	Chlorocyphidae	34
	Libellulidae	23
	Aeshnidae	5
	Lestidae	7
Isopoda	Corallanidae	19
	Cirolanidae	1
Ephemeroptera	Heptageniidae	2
	Baetidae	4
Total 4	14	626

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช

Total Variance Explained

ตารางที่ 7.1 Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	**% of Variance**	**Cumulative %**
1	4.301	28.674	28.674
2	1.811	12.071	40.745
3	1.666	11.104	51.849
4	1.264	8.425	60.274
5	1.093	7.289	67.563
6	1.016	6.775	74.337
7	0.785	5.233	79.571
8	0.726	4.843	84.413
9	0.581	3.874	88.288
10	0.455	3.036	91.324
11	0.428	2.855	94.178
12	0.355	2.369	96.548
13	0.286	1.908	98.456
14	0.139	0.929	99.384
15	0.092	0.616	100.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7.2 Component Score Coefficient Matrix

	Component	
	1	2
TEMP	-0.128	0.211
DO	0.076	-0.059
PH	-0.026	0.319
TUR	-0.204	0.071
EC	0.120	0.201
HAR	0.165	0.117
ALK	0.159	0.060
BOD	-0.025	0.241
PO	-0.202	0.002
NO	-0.117	-0.076
NK	0.023	-0.354
VE	-0.114	-0.156
DIVER	0.148	-0.153
HPI	-0.004	0.218
ASPT	0.163	-0.053

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7.3 Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.275	21.373	21.373
2	2.212	11.062	32.435
3	1.797	8.985	41.420
4	1.470	7.350	48.770
5	1.420	7.098	55.869
6	1.235	6.177	62.046
7	1.102	5.508	67.554
8	1.067	5.337	72.891
9	0.914	4.572	77.463
10	0.807	4.036	81.499
11	0.705	3.526	85.025
12	0.627	3.137	88.161
13	0.512	2.560	90.722
14	0.479	2.393	93.115
15	0.429	2.147	95.262
16	0.315	1.573	96.835
17	0.208	1.042	97.877
18	0.182	0.910	98.786
19	0.149	0.745	99.531
20	0.094	0.469	100.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7.4 Component Score Coefficient Matrix

	Component	
	1	2
TEMP	0.112	-0.107
DO	-0.086	0.085
PH	-0.003	-0.194
TUR	0.190	-0.017
EC	-0.127	-0.158
HAR	-0.188	-0.091
ALK	-0.181	-0.028
BOD	0.003	-0.122
PO	0.191	0.053
NO	0.127	0.070
NK	0.011	0.310
VE	0.108	0.178
ODN	-0.154	0.083
HIM	0.043	-0.069
DEC	-0.012	0.014
TRI	0.009	0.288
ISO	-0.083	0.037
GAS	0.045	-0.165
EPH	-0.055	0.043
VEN	0.057	-0.171

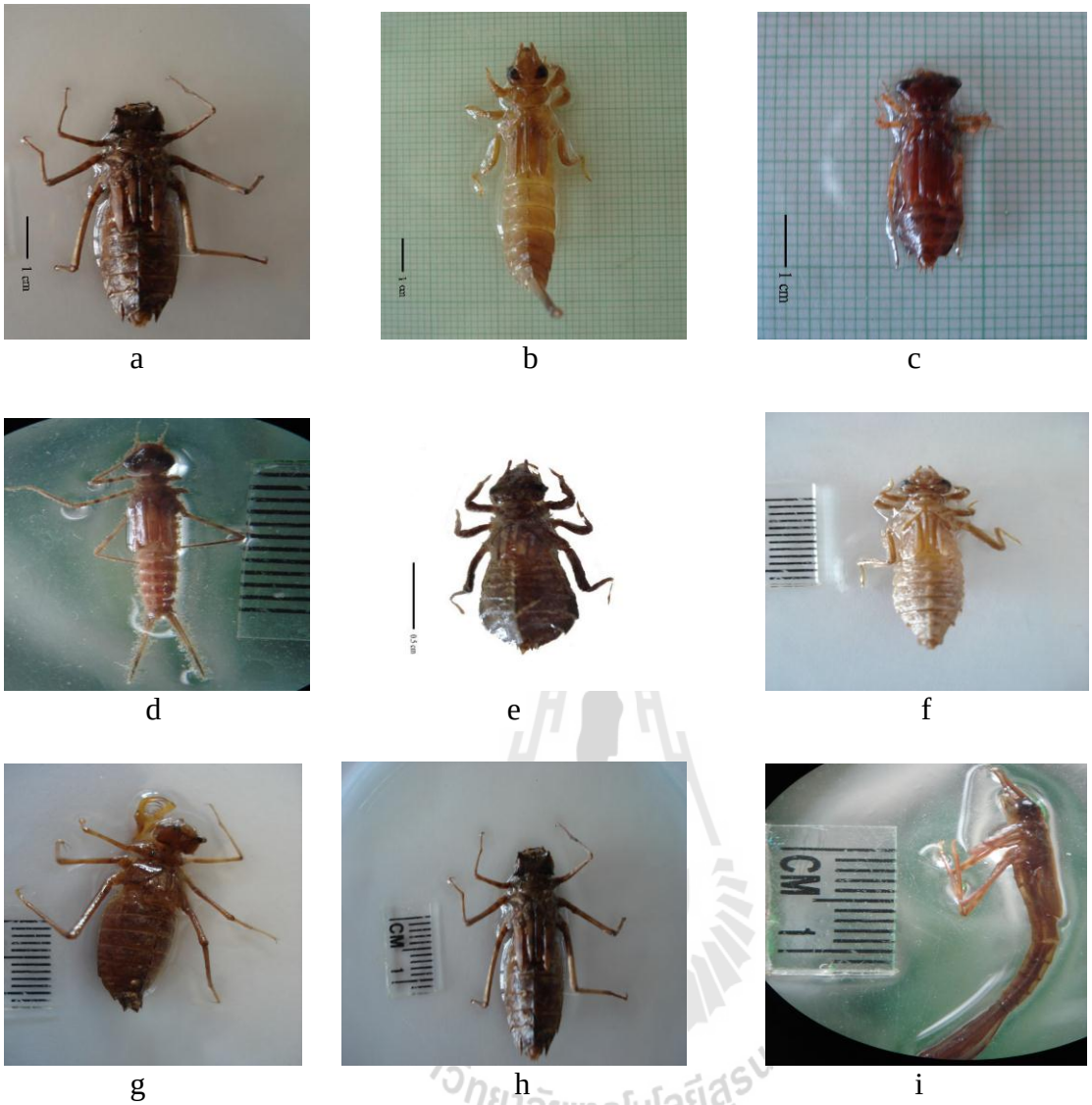
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ซ

Benthic macroinvertebrates of Chi river basin
February to December 2004

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ORDER ODONATA



a b c

d e f

g h i

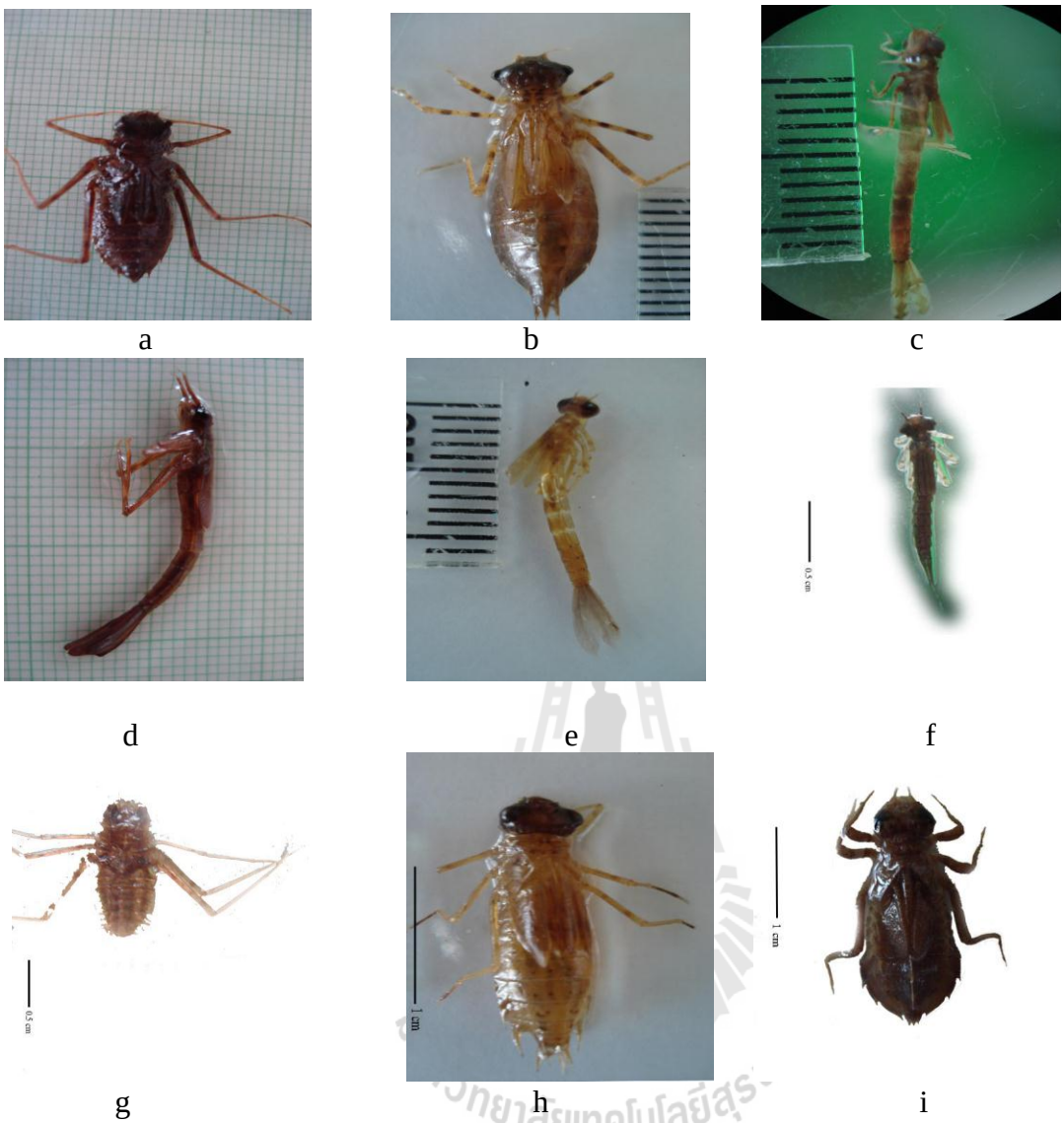
รูปที่ 1 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Macromiidae b. Gomphidae c. Corduliidae

d. Chlorocyphidae e. Gomphidae f. Gomphidae

g. Cordulegastridae h. Ashnidae i. Lestidae

ORDER ODONATA (Continued)



รูปที่ 2 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Macromiidae b. Petaluridae c. Protoneuridae

d. Coenagrionidae e. Coenagrionidae f. Chlorocyphidae

g. Macromiidae h. Libellulidae i. Gomphidae

ORDER HEMIPTERA

a

b

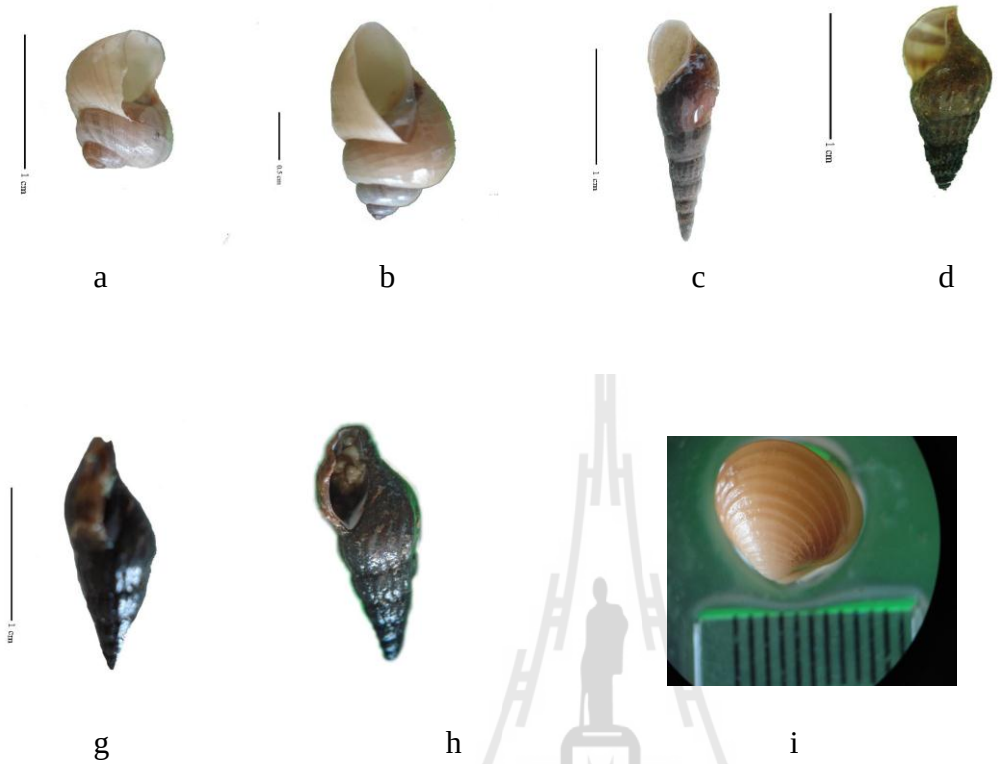
c

d

รูปที่ 3 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Naucoridae b. Notonectidae c. Nepidae d. Nepidae

CLASS GASTROPODA and CLASS VENEROIDA



a b c d

g h i

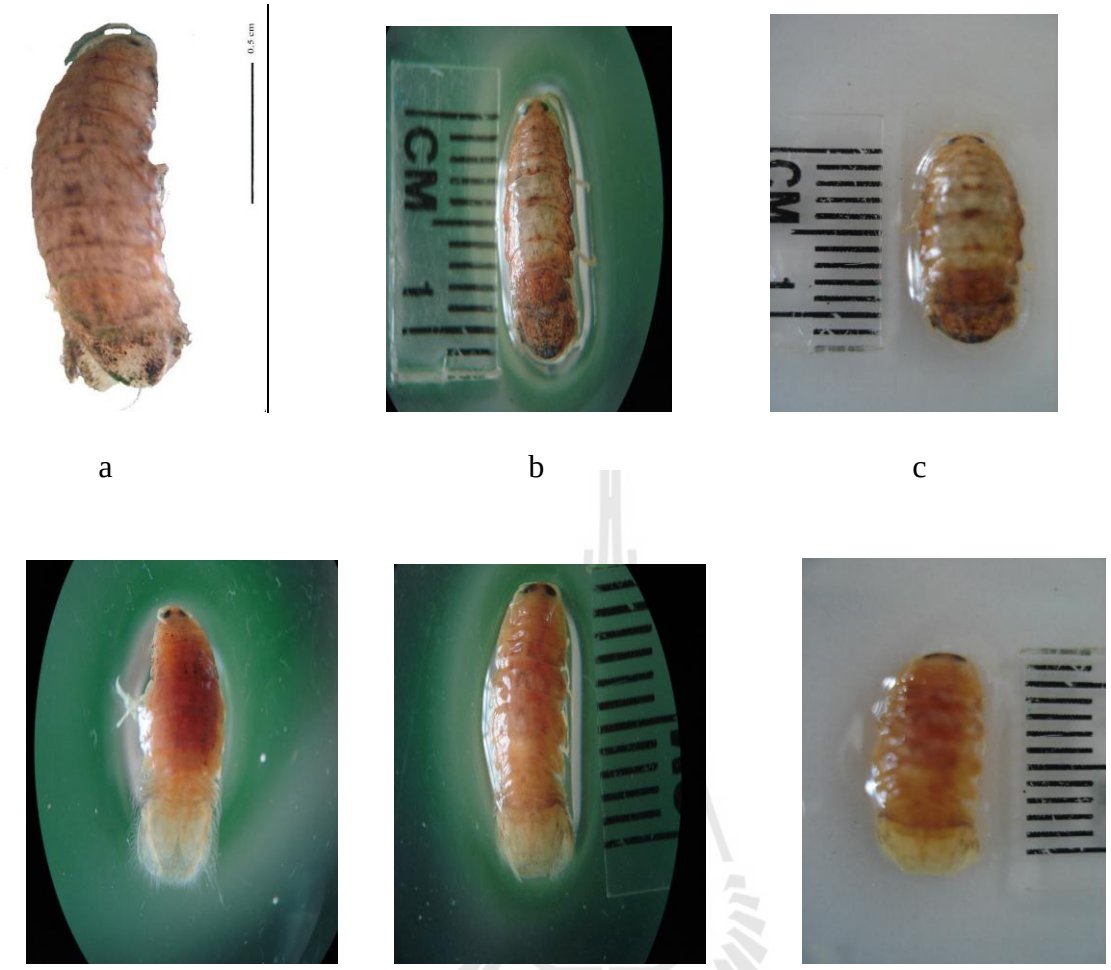
รูปที่ 4 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Bithyniidae b. Bithyniidae c. Pleuroceridae

d. Pleuroceridae h. Pleuroceridae i. Class Veneroida

F. Corbiculidae

ORDER ISOPODA



a b c

d e f

รูปที่ 5 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Corallanidae b. Cirolanidae c. Cirolanidae

d. Corallanidae e. Cirolanidae f. Corallanidae

ORDER EPHEMEROPTER and ORDER TRICHOPTERA

a

b

c

d

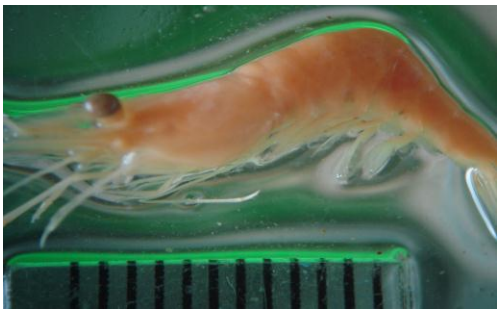
รูปที่ 6 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Baetidae b. Ephemeridae c. Heptageniidae

d. Order Trichoptera F. Leptoceridae

ORDER DECAPODA

a



b

c

รูปที่ 7 Examples of benthic macroinvertibrates in each family of Chi river basin

a. Mysidacea b. Mysidacea c. Mysidacea

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ธานี
   ชื่อ (ภาษาอังกฤษ) Dr. Nathawut Thanee
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3–4099–00527–28–4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์: 044-224633, 089-9492052
โทรสาร: 044-224633
E-mail: nathawut@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

Year	Degree	Field	Institution/Country
1978	B.Sc.	Biology	Khon Kean University Khon Kean, Thailand
1980	M.Sc.	Environmental Biology	Mahidol University Bangkok, Thailand
1988	Ph.D.	Ecological Entomology	Massey University Palmerston North, New Zealand
1998	Ph.D.	Plant Health	Massey University Palmerston North, New Zealand
1982	Postgraduate Certificate	Bioassay Techniques	Biotropical Center Bogor, Indonesia
1990	Postgraduate Certificate	Integrated Environmental Planning and Management	Griffith University Nathan, Australia
1992	Postgraduate Certificate	Mathematical Ecology	International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy
1994	Postgraduate Certificate	Island Ecosystem and Ecotourism	Biotropical Center Bogor, Indonesia
2002	Postgraduate Certificate	Water Quality Management And Planning	ATPAC/USA/Canada Mae Jo University, Thailand

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Environmental Planning and Management

Integrated Pest Management

Ecosystem Analysis and Management

Ecotourism and Environmental Conservation

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

1) ภูกิจ พันธ์เกษม, ธำรง เปรมปรีดิ์, สงวน ปัทมธรรมกุล, **ณัฐวุฒิ ธานี** และ ธิติ วิสารัตน์. (2553). การเก็บกักคารบอนของแปลงปลูกไม้ตะกู. **งานประชุมวิชาการประจำปี มหาวิทยาลัยรังสิต Rsucon 2010**. สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี.

2) ภูกิจ พันธ์เกษม, ธำรง เปรมปรีดิ์, สงวน ปัทมธรรมกุล, **ณัฐวุฒิ ธานี** และ ธิติ วิสารัตน์. (2553). การเก็บกักคารบอนของแปลงปลูกไม้โตเร็ว. **งานประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง "ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 1 ความเสี่ยงและโอกาสท้าทายในกลไกการจัดการสภาพภูมิอากาศโลก Climate Thailand Conference 2010"**. สำนักวิเคราะห์และรับรองโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (สวร.) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) กรุงเทพมหานคร.

3) Keeratiurai, P., **Thanee, N.**, and Vichairattatragul, P. (2013). Assessment of the carbon emitted from the layer and young chicken farming under the uncertainty. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(9): 630-644.

4) Keeratiurai, P., **Thanee, N.**, and Vichairattatragul, P. (2013). Assessment of the carbon massflow from the layer farming with life cycle inventory. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(9): 673-682.

5) Keeratiurai, P. and **Thanee, N.** (2013). The decision making to reduce carbon emission under uncertainty of herbivore meat production. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(7): 531-540.

6) Keeratiurai, P. and **Thanee, N.** (2013). Comparison of carbon equivalent emissions under uncertainty of energy using for industries of pig and broiler meat production. **Science Series Data Report**. 5(5): 55-65.

7) Aroon, S., Artchawakom, T., Hill, J. G., and **Thanee, N.** (2012). Seasonal variation in the diet of common Palm Civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) at Sakaerat Biosphere Reserve, Thailand. **Proceedings of the 8th Inter conference Inter-University Cooperation Program. ASEAN Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability**. 8 - 12 July, 2012. Kyung Hee University, Seoul, Korea. (The Best Practice Awards)

8) Keeratiura P., Pankasam, P., Prempree T., Patamatamkul, S., and **Thanee, N.** (2012). Carbon sequestration of fast growing tree. **European Journal of Operational Research (EJOR).** 81(4): 459-464.

9) Pankasam, P., Prempree T., Keeratiura P., Patamatamkul, S., and **Thanee, N.** (2012). Carbon sequestration of fast growing tree for rural electricity generation.

International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2012). Periodical of Advanced Materials Research on title Electrical Power & Energy Systems. Mainland, China. 516-517.

10) **Thanee, N.** and Thipsantia, P. (2012). Relationship between termite biodiversity and gut protozoa at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Proceedings of the 8th Inter conference Inter-University Cooperation Program. ASEAN Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability**. 8 - 12 July, 2012. Kyung Hee University, Seoul, Korea.

11) Pitakpong, A., Saipunkaew, W., Dathong, W., and **Thanee, N.** (2011). Use of epiphytic lichens as bioindicators for air quality monitoring in Nakhon Ratchasima municipality, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program**. **Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

12) Sukteeka, S. Jitpukdee, S., and **Thanee, N.** (2011). Species diversity of millipedes in Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program**. **Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

13) Tantikamton, K., Nhaknaen, P., Pokaew, K., Ninlaor, N., and **Thanee, N.** (2011). Solid waste composition and the behavior of household solid waste management in some small islands, Trang province, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program**. **Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

14) Tantipanatip, T., **Thanee, N.**, and Keeratiurai, P. (2011). Carbon massflow from egg production using life cycle assessment to develop carbon footprint in Khon Kaen and Nakhon Nayok provinces, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program**. **Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

15) Thipsantia, P. and **Thanee, N.** (2011). Biodiversity of termites and their relationship to dry dipterocarp and dry evergreen ecosystems at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program**. **Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka. (The Best Practice Awards)

16) Vichairattanatragul, P., **Thanee, N.**, and Keeratiurai, P. (2011). Carbon footprint of fattening pig production in Thailand: Case studies in Ratchaburi, Nakhon Pathom and Nakhon Ratchasima provinces. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

17) Thassanapak, H., Qinglai, F., Grant-Mackei, J., Chonglakmani, C. and **Thanee, N.** (2011). Middle Traissic radiolarian faunas from Chiang Dao, Northern Thailand. **Palaleoworld**. 20: 179-202.

18) Boonriam, W., Yamada, A., Saitoh, S., Hasin, S., Wiwatwitaya, D., Artchawakom, T., and **Thanee, N.** (2010). How much area is foraged by termites in tropical forest. **The 7th Conference of the Pacific Rim Termite Research Group, Singapore**. 1st and 2nd March 2010.

19) Kudthalang, N. and **Thanee, N.** (2010). The assessment of water quality in the upper part of the Chi Basin using physicochemical variables and benthic macroinvertibrates. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 17(2): 165-176.

20) **Thanee, N.** and Keeratiurai, P. (2010). Carbon footprint and carbon massflow for chicken meat and egg production in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. **The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference**, Nong Khai, Thailand. pp 6.

21) **Thanee, N.**, Saipankaew, W., and Pitakpong, A. (2010). Use of lichens as bioindicators for air quality monitoring in Nakhon Ratchasima municipality area. **The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference**, Nong Khai, Thailand. pp 6.

22) Aroon, S., Artchawachom, T., Hill, J. G., Kupittayanant, S., and **Thanee, N.** (2009). Ectoparasites of the common palm civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) at Sakaerat Environmental Research Station, Thailand. **Suranaree Journal of Science and Tachnology**. 16(4): 277-281.

23) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). **Comparison of carbon emitted factors from ox and buffalo farms and slaughterhouses in meat production**. **Thai Journal of Agricultural Science.** 42(2): 97-107.

24) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). Comparison of carbon emitted for meat production from ox buffalo pig and chicken. **Proceedings of the 8th National Convention on Environmental Engineering, Suranaree University of Technology**, Nakhon Ratchasima, March 25-27, 2009.

25) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). Comparison of carbon emitted from ox buffalo pig and chicken farms and slaughterhouses in meat production. **Suranaree Journal of Scince and Technology**. 16(2): 79-90.

26) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). The study of carbon massflow in ox, buffalo, and pig meat production from farms and slaughterhouses in Thailand. **Thai Environmental Engineering Journal**. 23(2): 37-51.

27) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). The study of carbon massflow in ox, buffalo and pig production from farms and slaughterhouses in Thailand. **Proceedings of the 5th International Conference-University Cooperation Program, Toward Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, Environment and Health for the Greater Mekong Subregion and Asia-Pacific**. Kohinoor Continental Hotel, Mumbai, India, September 6-10, 2009.

28) **Thanee, N.**, Kupittayanant, S., and Pinmongkholgul, S. (2009). **Prevalence of ectoparasites and blood parasites in small mammals at Sakaerat Environmental Research Station, Thailand.** Thai Journal of Agricultural Science. 42(3): 149-158.

29) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2008). Comparison of carbon emission factors from ox and buffalo farms and energy of slaughterhouses in meat production. **Proceedings of International Conference, Energy Security and Climate Change: Issues, Strategies, and Options (ESCC 2008)**, Sofitel Centara Grand Hotel, Bangkok, Thailand, August 06-08, 2008.

30) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2008). Comparison of carbon mass flow and emission factors from ox and buffalo farms in meat production. **Proceedings of the 4th International Conference, Knowledge Networks and Regional Development in the Greater Mekong Subregion and Asia-Pacific**, Golden Dragon Hotel, Kunming, Yunnan Province, People's Republic of China, June 22-27, 2008.

31) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2007). The study of carbon mass flow in milk production from daily farms: A case study in Nachon Ratchasima province. **Proceedings of the Second GMSARN International Conference, Sustainable Development: Challenges and Opportunities for the Greater Mekong Subregion**. Pattaya, Thailand, December 12-14, 2007.

32) Chitnarin, A., **Thanee, N.**, Crasquin-Soleau, S., and Chonglakmani, C. (2006). First discovery of Middle Triassic (Anisian) ostracods from the Pha Khan Formation, Northern Thailand. **Circum-Pacific Triassic Stratigraphy and Correlation Symposium**, New Zealand (poster).

33) Chonglakmani, C., Noipaw, N., Chitnarin, A., and **Thanee, N.** (2006). Late Triassic (Norian) stromatolites and ostracods from the Huai Hin Lat Formation, North-Central Thailand. **Circum-Pacific Triassic Stratigraphy and Correlation Symposium**, New Zealand (poster).

34) Thassanapak, H., Qinglai, F., Chonglakmani, C., Udchachon, M., and **Thanee, N.** (2006). Middle Triassic radiolarians from Chiang Dao area, Northern Thailand. **Interred XI: Radiolarians in Stratigraphy & Paleoceanography**, New Zealand (poster).

35) Uchachon, M., Chonglakmani, C., Campbell, H., and **Thanee, N.** (2006). Paleoecolgogy of the Permian Alatoconchid bivalves from North-Central, Thailand. **International Palaeontological Congress**, China (poster).

36) Pongswat, S., **Thanee, N.**, Thammathaworn, S., Peerapornpisal, Y., and Nontanum, S. (2005). Water quality and diversity of phytoplankton in a hard-water lake, Thailand. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 13(1): 55-70.

37) Onlamai, C. and **Thanee, N.** (2004). Some ecological aspects of little honeybee (*Apis florae* F.) and type of sugar contents in honey in Northeast Thailand. **Pakistan Journal of Biologcal Sciences**. 7(4): 658-661.

38) Pongswat, S., Thammathaworn, S., Peerapornpisal, Y., **Thanee, N.**, and Somsiri, C. (2004). Phytoplankton in the Rama IX lake, a mand-made lake, Pathumthani province, Thailand. **Science Asia**. 30: 261-267.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี