

วิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร

ปริญญานิพนธ์
ของ
สุกานดา จารุเวช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กันยายน 2546
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร

บทคัดย่อ
ของ
สุกานดา จารุเวฬุ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กันยายน 2546

h 230302

สุกานดา จารุเวฬุ . (2546). **วิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษในหนองหาน จังหวัด**

สกลนคร.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(ภูมิศาสตร์).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้อม งามนิสัย

อาจารย์ สุภาภรณ์ ศิริโสภณา.

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ในเรื่อง ความแตกต่าง การกระจาย ความผันแปร รวมถึงสร้าง สมการพยากรณ์ มลพิษทางน้ำ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1. ความเป็นกรดเป็นเบส 2. ความขุ่น 3. ความนำไฟฟ้า 4. ออกซิเจนละลาย 5. ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7. ไนเตรท-ไนโตรเจน และ 8. ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยใช้ข้อมูลจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ หนองหาน จากกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ 1. จุดสูบน้ำประปา 2. ปากน้ำพุ 3. ปากลำน้ำเก่า 4. ดอนพลาญ 5. ดอนแขง 6. ดอนสวรรค์ใหญ่ และ 7. หน้าโรงบำบัดน้ำเสีย คูหมากเลื้อ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543 รวมระยะเวลา 8 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ความแตกต่างของมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานี เกิดจากปัจจัยหลัก คือ การใช้ที่ดิน และลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ โดยที่ตัวแปรแต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน มาก ในสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 2 รองลงมา คือ สถานีที่ 3 สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 สถานีที่ 7 และ สถานีที่ 6 ตามลำดับ

การกระจายของมลพิษ พบว่า สถานีที่ 1 และ สถานีที่ 2 เป็นแหล่งกระจายมลพิษจำนวน 5 ชนิด รองลงมาคือ สถานีที่ 3 สถานีที่ 7 สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 และ สถานีที่ 6 มีการกระจายของ มลพิษจำนวนน้อยลงตามลำดับ

ความผันแปรของมลพิษ พบว่า สถานีที่ 7 เป็นแหล่งที่เกิดความผันแปรของมลพิษมากที่สุด รองลงมาคือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 2 ตามลำดับ ส่วน สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 และ สถานีที่ 6 พบค่าความผันแปรของมลพิษต่ำ

เนื่องจากสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชนเทศบาล เมืองสกลนคร สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ เป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพาน ซึ่งมีลักษณะเป็น เทือกเขาหินทราย และมีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้พบตะกอนที่เกิดจากการ ชะผิวหน้าดินมาก จึงพบค่าความขุ่นมากกว่าสถานีอื่น สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า เป็นทางระบายน้ำออก เพียงแห่งเดียวของหนองหาน รวมถึงมีการเลี้ยงสัตว์ บริเวณริมฝั่งโดยตรง จึงมีโอกาสพบค่า แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มปนอยู่ในน้ำได้มาก สถานีที่ 4 ดอนพลาญ เป็นบริเวณที่รับน้ำเสีย จากชุมชนขนาดเล็กรวมถึงพื้นที่เกษตรกรรม จึงมีโอกาสพบค่าไนเตรท-ไนโตรเจน และ ความขุ่น ได้มาก สถานีที่ 5 ดอนแขง เป็นเกาะทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จากการศึกษาพบว่า โดยส่วน ใหญ่ค่าเฉลี่ยมลพิษมีปริมาณน้อยกว่าสถานีอื่น สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ เป็นบริเวณกึ่งกลาง หนอง ที่มีระดับความลึกสูงที่สุด พบค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงกว่าสถานีอื่น และ สถานีที่ 7

หน้าโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ อยู่ในบริเวณเขตเทศบาลเมืองสกลนคร แต่จากการที่น้ำเสียบางส่วนได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่หนองหาน จึงทำให้บริเวณนี้มีค่าความผันแปรของมลพิษสูง

การสร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำ จากตัวแปร 8 ชนิด สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้ 5 ชนิด คือ 1. ความเป็นกรดเป็นเบส $pH = 5.595 + 0.256(DO)$ 2. ความขุ่น $TUR = -0.184 + 0.144(TS)$ 3. ออกซิเจนละลาย $DO = 5.853 + 1.076(BOD)$ 4. ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ $BOD = -1.037 + 0.303(DO)$ และ 5. ปริมาณของแข็งทั้งหมด $TS = 26.833 + 3.340(TUR)$ ส่วนค่าความนำไฟฟ้า แบบที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม และ ไนเตรท-ไนโตรเจน ไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้จากตัวแปรที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรทั้ง 3 น่าจะมีตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ เช่น การใช้ที่ดิน และปริมาณน้ำเสียแต่ละประเภทที่ระบายลงสู่หนองหาน เป็นต้น

ANALYSIS THE GEOGRAPHICAL CHARACTER OF WATER POLLUTION
IN NONG HAN , CHANGWAT SAKON NAKHON .

AN ABSTRACT
BY
SUKANDA JARRUWALE

Presented in partial fulfillment of the requirements for
the Master of Education degree in Geography
at Srinakharinwirot University
September 2003

Sukanda Jaruwale. (2003). **Analysis the Geographical Character of Water Pollution in Nong Han , Changwat Sakon Nakhon** . Master thesis, M.Ed. (Geography).

Bangkok: Graduate school, Srinakharinwirot University. Advisor Committee:

Assist Prof. Nom Ngamnisai , Mrs. Supaporn Sirisopana .

This study aims to study the geographical condition of water pollution around the marsh called Nong Han in Changwat Sakon Nakhon with connecting to the subjects of differentiation, distribution, variation and construction of the linear regression equation for 8 variables including : 1. Positive Potential of Hydrogen Ions (pH), 2. Turbidity (TUR), 3. Conductivity (COND), 4. Dissolved Oxygen (DO), 5. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 6. Fecal Coliform Bacteria (FCB), 7. Nitrate - Nitrogen (NO₃ - N), and 8. Total Solids (TS).

The data applied for this thesis is derived from Pollution Control Department which has collected such data for 8 years since 1993 to 2000, from 7 sample stations in Nong Han including 1. Sakon Nakhon Water Work Pumping Station, 2. Park Nam Pung , 3. Park Nam Kam, 4. Don Plam, 5. Don Saeng, 6. Don Sawan Yai and 7. Ku Mark Sua Water Treatment Plant .

The result of this study found that the significant difference in the occurrence of pollution in each station are mainly influenced by land use and feature of physical geography surrounding Nong Han. Accordingly, each variable is considered extremely different to each other in the average value, especially in Station 1 and Station 2, and less significant in Station 3, Station 4, Station 5, Station 7 and Station 6 respectively.

In relation to the distribution of water pollutants, it is found that Station 1 and Station 2 are major sources of the distribution of 5 pollutants; however, the distribution is less observed in Station 3, Station 7, Station 4, Station 5 and Station 6 respectively.

As per the study of the variation of water pollutants, Station 7 has been found as a source of the most variation. In comparison, there is less variation of pollutants in Station 1, Station 3, and Station 2 respectively, and the least found in Stations 4, Station 5 and Station 6.

As the above mentioned, the factors of the difference in pollution occurrence in each sample station can be summarized hereinafter.

Station 1, Sakon Nakhon Water Work Pumping Station has probably been contaminated with wastewater from the community of Sakon Nakhon Municipality.

Station 2, Park Nam Pung has received impure water flowing from Phu Pan Mountain Range which is sandstone-form mountain range and the most area of which is used for agriculture, thus the water of Station 2 is found having higher turbidity than other station because of contamination of sediment from soil erosion.

Station 3, Park Nam Kam is the only one gateway of Nong Han for water drainage along with the practice of domesticating animals at the bank; accordingly, the water of this station is found being contaminated highly by Fecal Coliform Bacteria (FCB).

Station 4, Don Plam is an area where to accept wastewater from a small community and agricultural area, so that it is probably found with very high value of Nitrate-Nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) and Turbidity (TUR) .

Station 5, Don Saeng is at the northwest of Nong Han, has less average of pollution than other stations.

Station 6, Don Sawan Yai located at the center of the marsh and close to the deepest area of the marsh, found highest value of Positive Potential of Hydrogen Ions (pH).

Station 7, Ku Mark Sua Water Treatment Plant had received domestic wastewater from Sakon Nakhon Municipality. However, the wastewater was partially treated before discharge into Nong Han, so this area was found having the most variation of pollution.

According to Linear regression equation analysis of 8 variables of pollution, the construction of the equation can be done appropriately for only 5 variables which are:

1. Positive Potential of Hydrogen Ions (pH) : $\text{pH} = 5.595 + 0.256(\text{DO})$
2. Turbidity (TUR) : $\text{TUR} = -0.184 + 0.144(\text{TS})$
3. Dissolved Oxygen (DO) : $\text{DO} = 5.853 + 1.076(\text{BOD})$
4. Biochemical Oxygen Demand (BOD) : $\text{BOD} = -1.037 + 0.303(\text{DO})$
5. Total Solids (TS) : $\text{TS} = 26.833 + 3.340(\text{TUR})$

However, the construction of linear regression equation can not be done appropriately for the remaining 3 variable pollutants which are Conductivity (COND), Fecal Coliform Bacteria (FCB) and Nitrate - Nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) because there may be other correlative factors that have not been concerned in this study i.e. land use and type of wastewater discharged into Nong Han.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

วิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร

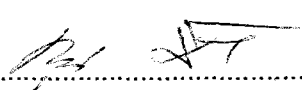
ของ
นางสาวสุกานดา จารุเวช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

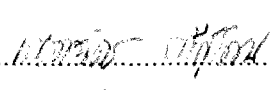

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)
วันที่ 22 เดือน กย พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้อม งามนิสัย)


.....กรรมการ
(อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาในการให้คำปรึกษา และคำแนะนำเป็นอย่างดี ทั้งในเรื่องการทำปริญญานิพนธ์ พร้อมการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องตลอดมา จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้อม งานนิสัย ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ สุภาภรณ์ ศิริโสภณา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างยิ่ง รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล และ อาจารย์ เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์ ที่ช่วยกรุณาเป็นกรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม และ อาจารย์ภาควิชาการศึกษาศาสตร์ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ รวมถึง กลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อม และอาชีวอนามัย สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดสกลนคร ที่ช่วยอนุเคราะห์ ข้อมูลมลพิษทางน้ำ เอกสารทางวิชาการ คำแนะนำ อีกทั้งความสะดวกต่าง ๆ ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ ครอบครัวพันธมิตร ครอบครัวแม่รับบุญ เพื่อน ญาติพี่น้อง ภาควิชาการศึกษาศาสตร์ รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุกานดา จารุเวฬุ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ความสำคัญในการศึกษาครั้งนี้.....	4
ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวความคิด.....	6
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
ข้อมูลจังหวัดสกลนครและหนองหาน	8
จังหวัดสกลนคร	8
ขอบเขตผังเมืองรวมสกลนครและการใช้ที่ดินจังหวัดสกลนคร	10
หนองหาน.....	12
แหล่งกำเนิดมลพิษในหนองหาน	13
ความรู้เกี่ยวกับมลพิษทางน้ำในหนองหาน	15
น้ำเสียจากชุมชน.....	16
น้ำเสียจากอุตสาหกรรม.....	17
น้ำเสียจากเกษตรกรรม.....	18
น้ำเสียจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย.....	19
น้ำเสียจากแหล่งอื่น.....	19
ลักษณะทางภูมิศาสตร์กับความแตกต่างของมลพิษทางน้ำ	20
สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน	24
การสร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน.....	35

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	37
แหล่งข้อมูล	37
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	37
การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	38
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	38
4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	135
บรรณานุกรม	173
ภาคผนวก	183
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	196

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ค่าความแตกต่างของความเป็นกรดเป็นเบสระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	42
2 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความเป็นกรดเป็นเบสเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน	46
3 ค่าความแตกต่างของความชุ่มระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	54
4 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความชุ่มเป็นรายสถานีตรวจวัด ในหนองหาน	58
5 ค่าความแตกต่างของความเป็นกรดเป็นเบสระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	66
6 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความเป็นกรดเป็นเบสเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน	69
7 ค่าความแตกต่างของออกซิเจนละลายระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	77
8 ค่านัยสำคัญทางสถิติของออกซิเจนละลายเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน	81
9 ค่าความแตกต่างของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	89
10 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน	92
11 ค่าความแตกต่างของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	100
12 ค่านัยสำคัญทางสถิติของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นรายสถานีตรวจวัด ในหนองหาน	104
13 ค่าความแตกต่างของไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	112
14 ค่านัยสำคัญทางสถิติของไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน.....	116
15 ค่าความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543	124

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 คำนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นรายสถานีตรวจวัด ในหนองหาน	128
17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำที่เป็นตัวพยากรณ์ กับตัวแปรอิสระ สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าที่ใช้ในการคำนวณ สมการถดถอย (B) และระดับความน่าเชื่อถือ (Sig of t).....	134

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	44
2 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	45
3 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537	47
4 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	48
5 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	49
6 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	50
7 แสดงค่าความขุ่น (หน่วย) ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	55
8 แสดงค่าความขุ่น (หน่วย) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	56
9 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความขุ่นของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537	59
10 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความขุ่นของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	60
11 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความขุ่นของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	61
12 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความขุ่นของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	62
13 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	67
14 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	68
15 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537	71

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
16 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	72
17 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	73
18 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	74
19 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูแล้ง ระหว่างพ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	79
20 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูน้ำ ระหว่างพ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	80
21 แผนที่แสดงการกระจายของค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537.....	82
22 แผนที่แสดงการกระจายของค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	83
23 แผนที่แสดงการกระจายของค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	84
24 แผนที่แสดงการกระจายของค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	85
25 แสดงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำ ในหนองหานช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	90
26 แสดงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำ ในหนองหานช่วงฤดูน้ำระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	91
27 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537	93
28 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	94
29 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541.....	95
30 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	96

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
31 แสดงค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร) ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูแล้ง ระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543.....	101
32 แสดงค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร) ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูน้ำ ระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	102
33 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์มของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537.....	106
34 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์มของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	107
35 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์มของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541.....	108
36 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความเบคที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์มของน้ำ ในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	109
37 แสดงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในหนองหานช่วงฤดูแล้ง ระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	114
38 แสดงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ ระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	115
39 แผนที่แสดงการกระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537	117
40 แผนที่แสดงการกระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539	118
41 แผนที่แสดงการกระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	119
42 แผนที่แสดงการกระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	120
43 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในช่วงฤดูแล้งในหนองหาน ระหว่างพ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	125
44 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในช่วงฤดูน้ำในหนองหาน ระหว่างพ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543	126

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
45 แผนที่แสดงการกระจายของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539.....	129
46 แผนที่แสดงการกระจายของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541	130
47 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543	131
48 จุดสูบน้ำประปา.....	187
49 ปากน้ำพุ	187
50 บริเวณปากน้ำเก่า	188
51 ชุมชนรอบหนองหาน	188
52 ประตูปะบายน้ำสุรสวัสดิ์.....	189
53 โรงเรียนเซ็นโยเซฟ	189
54 ผังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ.....	190
55 ผังรวมระบบบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ	190
56 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดค่ามลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร	191
57 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศบริเวณหนองหาน จังหวัดสกลนคร.....	192
58 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2530 บริเวณหนองหาน จังหวัดสกลนคร....	193
59 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2542 บริเวณหนองหาน จังหวัดสกลนคร....	194

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

หนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่อยู่ในจังหวัดสกลนครมีความสำคัญต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมาก ทั้งด้านอุปโภค บริโภคและเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่เอื้อประโยชน์นานับประการให้แก่ประชาชนในภูมิภาคนี้ จารุวรรณ สมศิริ ได้กล่าวว่า หนองหาน เป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นแหล่งรองรับน้ำทั้งจากชุมชนและจากกิจกรรมด้านเกษตรกรรม พื้นที่ส่วนใหญ่ของหนองหานอยู่ในเขตอำเภอมือหนึ่ง น้ำทั้งจากชุมชนและการเกษตร โดยเฉพาะการเพาะปลูกบริเวณริมหนองต่างไหลลงสู่แหล่งน้ำแห่งนี้ทำให้วัชพืชต่างๆเจริญงอกงาม ปัจจุบันหนองหานมีสภาพดีขึ้น (จารุวรรณ สมศิริ . 2536 : 1) สอดคล้องกับลือชัย คุรุช้อย และนพพันธ์ ตาปนานนท์ ที่กล่าวว่า เมืองสกลนครเป็นศูนย์กลางระดับจังหวัดที่ตั้งอยู่บนฝั่งหนองหาน การพัฒนาของเมืองสกลนครได้อาศัยน้ำจากหนองหานมาผลิตเป็นน้ำประปา และในขณะเดียวกันยังเป็นที่รองรับการระบายน้ำเสียที่เกิดจากชุมชน หนองหานจึงมีความสำคัญต่อสภาพความเป็นอยู่ (ลือชัย คุรุช้อย และ นพพันธ์ ตาปนานนท์. 2539:19)

จากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแอ่งโดยมีเทือกเขาภูพานอยู่ทางทิศตะวันตกติดต่อกันทางตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้น้ำจากแม่น้ำหลายสายไหลมารวมกันในหนองหาน พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหานนี้อยู่ในเขตอำเภอกุดบาก กิ่งอำเภอเต่างอย และอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร หนองหานจึงเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อจังหวัดสกลนครมาก ไมตรี ดวงสวัสดิ์ ได้กล่าวว่า แหล่งน้ำหนองหานเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ ที่เป็นพื้นที่ต่ำสุดที่ลำนํ้าต่างๆในลุ่มน้ำไหลมารวมกันและมีทางระบายน้ำออกจากหนองหานทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ตามแนวลำน้ำก่ำลงสู่แม่น้ำโขง ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศได้เป็น 5 ลักษณะคือเขตภูเขาสูงทางทิศใต้ ได้แก่ เทือกเขาภูพาน เขตที่ราบสูง เขตที่ราบเชิงเขา เขตที่ราบลุ่มรอบๆหนองหาน และแหล่งน้ำหนองหาน (ไมตรี ดวงสวัสดิ์.2535:6) ซึ่งสอดคล้องกับ ไพบุลย์ บุญไชย ที่กล่าวว่า เทือกเขาภูพานเป็นภูเขาหินทรายที่ปกคลุมด้วยป่า อยู่ทางใต้ของจังหวัดสกลนครระดับความสูงส่วนมากสูงเกิน 200 ฟุตจากระดับน้ำทะเล เทือกเขาภูพานเป็นต้นกำเนิดของลำธารหลายสายที่ไหลไปที่ต่ำทางตอนเหนือสู่แม่น้ำสงครามและหนองหาน เทือกเขานี้มีแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีแนวติดต่อกันมาจากจังหวัดนครพนมและ กาฬสินธุ์ (ไพบุลย์ บุญไชย.2517) หนองหานจึงเป็นแหล่งน้ำที่สมบูรณ์ วีระ ศรีสนธิ์ ได้กล่าวถึง สภาพของหนองหานว่า หนองหาน มีพื้นที่ผิวน้ำที่ระดับกักเก็บ 123 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับต่ำสุด 73 ตาราง

กิโลเมตร ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกัก 198 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำที่ระดับต่ำสุด 113 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่รับน้ำฝน 1,500 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ย 2.5 เมตร ส่วนลึกที่สุด 4 เมตร (วีระ ศรีสนธิ์ .2527:1) นอกจากนี้ บริเวณโดยรอบหนองหาน ยังเป็นเมืองสกลนคร การพัฒนาพื้นที่ชุมชนจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำในหนองหาน ปัญหามลพิษจึงส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำสำคัญของภูมิภาคนี้ ดังที่ ยอดชาย พลหาญ ได้ให้ความเห็นว่สภาพสิ่งแวดล้อมของชุมชนริมฝั่งหนองหาน ทั้งน้ำ และ ดินมีคุณภาพความอุดมสมบูรณ์ลดลงเนื่องจาก การเปลี่ยนจุดมุ่งหมายในการดำรงชีวิตจากการเกษตรเพื่อยังชีพมาเป็น การดำรงชีพเพื่อการค้าเพิ่มมากขึ้น (ยอดชาย พลหาญ .2541 :81) สอดคล้องกับ ลือชัย ครุฑน้อย และ นพพันธ์ ตาปานานท์ ที่กล่าวว่าฝั่งเมืองของเมืองสกลนคร รวมบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหนาแน่นสูง มีจำนวนประชากรมากอยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำหนองหาน ย่อมส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำได้โดยตรง แม้ในปัจจุบันจะมีโรงบำบัดน้ำเสีย 2 แห่ง แต่ไม่สามารถที่จะบำบัดน้ำเสียจากเขตเทศบาลทั้งหมดได้ ทำให้คุณภาพของน้ำในหนองหานมีความเสื่อมโทรมลงโดยตลอด (ลือชัย ครุฑน้อย และ นพพันธ์ ตาปานานท์ .2539:31)

จากสภาพของลักษณะภูมิประเทศและการขยายของชุมชนโดยรอบริมฝั่งหนองหานทำให้เกิดการสะสมของมลพิษต่างๆ หนองหานจึงเป็นที่รวมของมลพิษ จากการรายงานคุณภาพน้ำโดยกรมควบคุมมลพิษ กล่าวถึง แหล่งกำเนิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในหนองหานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน(Point Source) ได้แก่ แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน(Nonpoint Source) ได้แก่ การเกษตร เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ.2542) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากชุมชนย่อมมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นบริเวณรอบริมฝั่งหนองหาน

เนื่องจากน้ำในหนองหานเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ประชาชนรอบหนองหานได้ใช้ประโยชน์จากน้ำมาโดยตลอด นอกจากนี้หนองหานยังมี บทบาทในการช่วยเพิ่มความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย ดังที่ วีระ ศรีสนธิ์ ได้กล่าวว่า หนองหานเป็นแหล่งทรัพยากรประมง ที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ เป็นสถานที่ประกอบอาชีพการประมงอย่างถาวรและชั่วคราว ในที่ลุ่มรอบๆหนองหานเป็นแหล่งเกษตรกรรม ปลูกพืชหลัก คือ ข้าว ส่วนหน้าแล้งปลูกผักสวนครัว เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา รวมถึงเป็นสถานที่ท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ เป็นแหล่งเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญได้แก่ ควาย วัว และเป็ด นอกจากนี้ยังใช้ในด้านการคมนาคมขนส่งทางน้ำเป็นเส้นทางลัดในการติดต่อกับทางจังหวัดสกลนคร (วีระ ศรีสนธิ์.2527: 2) จากการพัฒนาการใช้ที่ดินให้เกิดเป็นเมือง ทำให้หนองหานมีความเสื่อมโทรมอย่างมาก คุณค่าและความงามทางธรรมชาติเกิดการเสื่อมคุณค่าลง เนื่องจากคุณภาพของน้ำในหนองหานมีมลสารสะสมอยู่มากซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า น้ำในหนองหานมีความสำคัญต่อประชาชนในชุมชนรอบหนองหาน รวมถึงพื้นที่ใกล้เคียงอย่างมาก จากการขยายตัวของชุมชน การพัฒนาเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ทำให้เกิดมลพิษไหลลงสู่หนองหานจำนวนมากทั้งมลพิษจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร และอุตสาหกรรม การปล่อยของเสียจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำทั้งเจตนาและไม่เจตนา อีกทั้งในปัจจุบันมีระบบบำบัดน้ำเสียเพียง 2 แห่ง คือ โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือและที่หนองสนม และ ภูมิประเทศของหนองหานมีลักษณะเป็นแอ่ง ทำให้การสะสมของมลพิษเกิดขึ้นได้ง่าย แต่การระบายน้ำออกจากหนองหานทำได้ไม่สะดวกจึงมีผลทำให้มลพิษสะสมมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษในหนองหาน ซึ่งผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ และอาจมีผลเสียต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำในหนองหาน รวมทั้งคุณภาพของน้ำประปาที่ใช้น้ำจากหนองหานเป็นน้ำดิบอีกด้วย โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของมลพิษทางน้ำในหนองหาน เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่และเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของมลพิษในหนองหาน จังหวัดสกลนคร รวมถึงเป็นทางเลือกในการตั้งสถานีสูบน้ำ เพื่อประโยชน์ในการทำน้ำประปาสำหรับประชาชนรอบหนองหาน ในการศึกษาครั้งนี้ จึงต้องการศึกษาถึงความแตกต่าง การกระจายและความผันแปรของมลพิษแต่ละชนิด จากข้อมูลที่กรมควบคุมมลพิษได้ตรวจวัดเป็นรายสถานีไว้ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ 1. จุดสูบน้ำประปา 2. ปากน้ำพุ่ง 3. ปากลำน้ำก่ำ 4. ดอนพลาญ 5. ดอนแซง 6. ดอนสวรรค์ใหญ่ และ 7. หน้าระบบบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ และการคาดการณ์ต่อไปในอนาคต ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตรียมตัวและป้องกันมิให้หนองหานมีความเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น สำหรับผู้เกี่ยวข้องในการวางแผนรักษาแหล่งน้ำให้คงความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้หนองหานคงไว้ซึ่งความมีคุณภาพประโยชน์ต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อไปในอนาคต

จุดมุ่งหมาย

1. ศึกษาความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร
2. ศึกษาความแตกต่างของการกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร
3. ศึกษาความแตกต่างในความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร
4. สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิด

ความสำคัญในการศึกษาครั้งนี้

เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดธรรมชาติขนาดใหญ่ ที่มีความสำคัญต่อจังหวัด สกลนคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังเป็นแหล่งรองรับน้ำที่สำคัญ หนองหาน จึงเป็น ศูนย์รวมของลำน้ำต่างๆทำให้เป็นแหล่งสะสมของสารมลพิษ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษา ถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำหนองหาน จังหวัดสกลนคร เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่และเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางน้ำในหนองหาน รวมถึง การเลือกที่ตั้งสถานีสูบน้ำเพื่อการทำน้ำประปา การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษา ความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปรของมลพิษแต่ละชนิด และสร้างสมการพยากรณ์ เพื่อใช้ คาดการณ์ต่อไป ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตรียมตัวและป้องกันมิให้หนองหาน มีความ เสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนรักษาแหล่งน้ำ และ เพื่อให้หนองหานคงไว้ซึ่งความมีคุณประโยชน์ต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไปในอนาคต

ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

ศึกษาในพื้นที่หนองหาน เขตอำเภอกุดบาก กิ่งอำเภอเต่างอย และ อำเภอเมือง จังหวัด สกลนคร โดยใช้ ข้อมูลจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำหนองหานของกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ 1). จุดสูบน้ำประปา 2). ปากน้ำพุ 3). ปากลำน้ำก่ำ 4). ดอนพลาญ 5). ดอนแขง 6). ดอนสวรรค์ใหญ่ และ 7). หนาระบบบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ โดยใช้ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ 8 ชนิด ได้แก่ 1). ความเป็นกรดเป็นเบส 2). ความขุ่น 3). ความนำไฟฟ้า 4). ออกซิเจน ละลาย 5). ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6). แบคทีเรีย กลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7). ไนโตรเจน-ไนโตรเจน และ 8). ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยทำการศึกษาจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาดังแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวม 8 ปี

ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษา

1. ข้อมูลมลพิษทางน้ำที่ใช้เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำของสถานีเก็บ ตัวอย่างน้ำหนองหาน โดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนที่เชื่อถือได้
2. ผลการศึกษาค้นคว้าถือว่าครอบคลุมพื้นที่ทั่วหนองหาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สภาพภูมิศาสตร์ หมายถึง ความแตกต่าง การกระจาย ความผันแปรของมลพิษในพื้นที่แหล่งน้ำ หนองหานจังหวัดสกลนคร
2. ความแตกต่าง หมายถึง ปริมาณของสารที่มีความแตกต่างกันในแต่ละรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่พ.ศ. 2536 – พ.ศ.2543
3. การกระจาย หมายถึง ปริมาณของสารที่มีอยู่ในแต่ละรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่พ.ศ. 2536 – พ.ศ.2543
4. ความผันแปร หมายถึง ความไม่สม่ำเสมอของปริมาณสาร ที่มีอยู่ในแต่ละรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่พ.ศ. 2536 – พ.ศ.2543
5. มลพิษทางน้ำ (Water Pollution) หมายถึง สภาวะของน้ำ ซึ่งเกิดจากการมีสิ่งที่เป็นพิษ หรือสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาปนเปื้อนอยู่
6. หนองหาน หมายถึง แหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติในจังหวัดสกลนคร ที่มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาภูพานและมีทางระบายน้ำทางด้านตะวันออกตามแนวลำน้ำก่ำ ลงสู่แม่น้ำโขง
7. ความเป็นกรดเป็นเบส (Positive Potential of Hydrogen Ions ,pH) หมายถึง ค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ.2536-พ.ศ.2543
8. ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง ค่าความขุ่นของน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2536-พ.ศ.2543 มีหน่วยเป็นหน่วย (Unit)
9. ความนำไฟฟ้า (Conductivity)หมายถึง ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ.2536-พ.ศ. 2543 มีหน่วยเป็น Microsiemen /centimeterหรือ $\mu\text{S}/\text{cm}$
10. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen ,DO) หมายถึง ค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ในหนองหานจังหวัดสกลนคร ที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ.2536-พ.ศ. 2543 มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
11. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)หมายถึง ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ของน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2536-พ.ศ.2543 มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
12. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria , FCB) หมายถึง แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในหนองหานจังหวัดสกลนคร ที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2536-พ.ศ. 2543 มีหน่วยเป็น เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100มิลลิลิตร

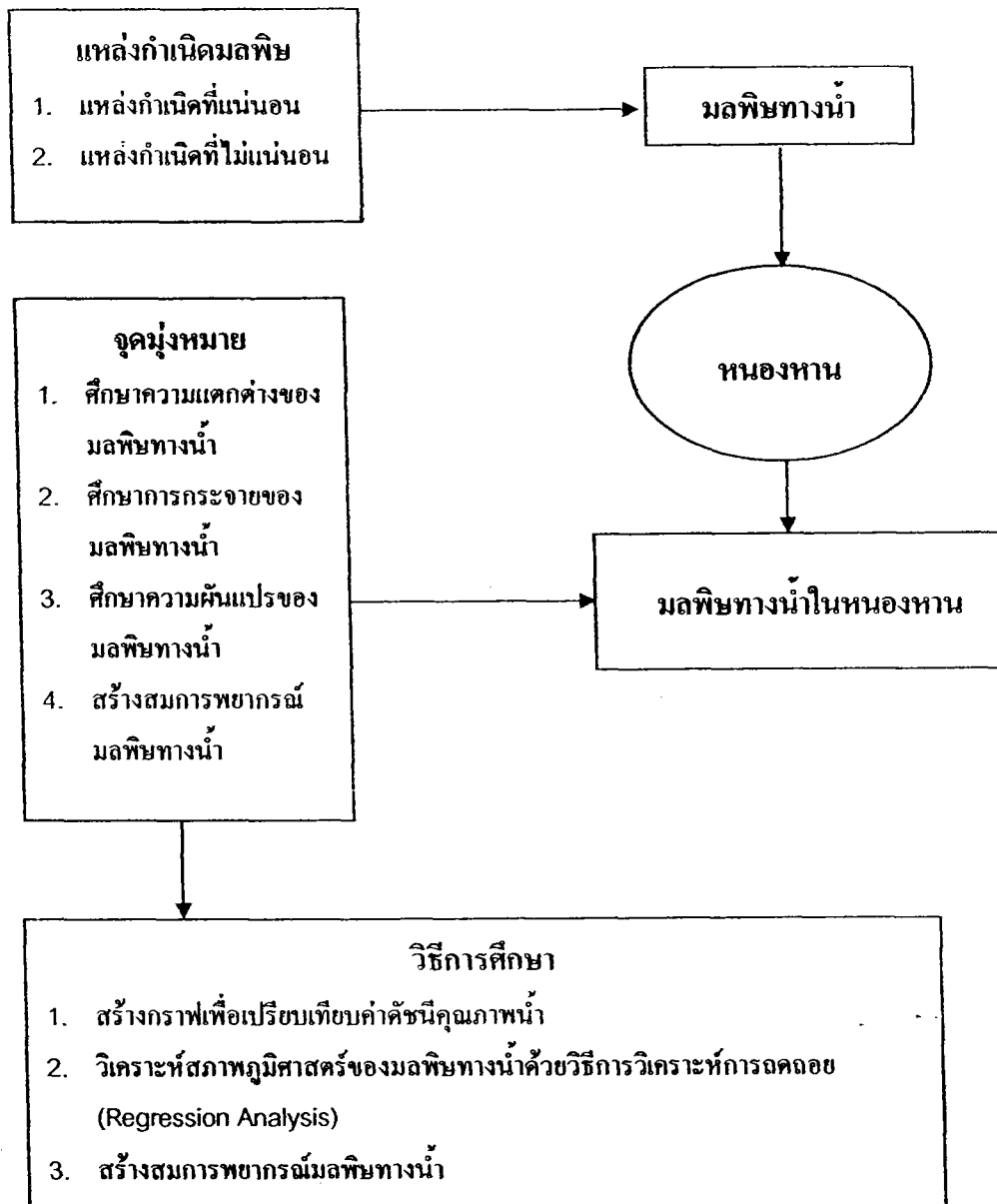
13. ไนเตรท-ไนโตรเจน(Nitrate-nitrogen, $\text{NO}_3\text{-N}$) หมายถึง ไนเตรทในหน่วยไนโตรเจนของน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2536-พ.ศ.2543 มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

14. ปริมาณของแข็งทั้งหมด(Total Solid ,TS) หมายถึง ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครที่กรมควบคุมมลพิษทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2536-พ.ศ.2543

กรอบแนวความคิด

หนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดสกลนครและของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หนองหานจึงเป็นแหล่งน้ำอุปโภค บริโภค ที่สำคัญ รวมถึงเป็นน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา แต่เนื่องจากการใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบหนองหานเป็นเขตชุมชนและเขตเกษตรกรรมที่สำคัญ อีกทั้งหนองหานมีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่ง จึงทำให้มีน้ำจากลำน้ำสายต่างๆ ไหลลงสู่หนองหานได้ง่าย หนองหานจึงเป็นแหล่งรองรับน้ำทั้งจากน้ำธรรมชาติ และน้ำทิ้งจากชุมชน ทำให้หนองหานเป็นแหล่งสะสมของมลพิษต่างๆ การศึกษารั้วนี้จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ที่มีการผันแปรไปตามฤดูกาล โดยศึกษาถึงความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปรของมลพิษแต่ละชนิด รวมถึงการสร้างสมการเพื่อใช้คาดการณ์ต่อไปในอนาคต ซึ่งสามารถจะใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตรียมตัวและป้องกัน มิให้หนองหานมีความเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น และเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาเลือกที่ตั้งสถานีสูบน้ำจากหนองหาน เพื่อใช้เป็นน้ำดิบในการทำน้ำประปาอีกด้วย

กรอบแนวความคิด



สมมติฐาน

1. มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองทาน จังหวัดสกลนครแต่ละชนิดแตกต่างกัน
2. การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองทาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน
3. ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองทาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน
4. สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองทาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร นั้นมีความสำคัญต่อการคาดการณ์สภาวะมลพิษทางน้ำในหนองหานในอนาคต และยังเกี่ยวข้องในการวางแผนรักษาแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงชีวิตความเป็นอยู่ สุขภาพอนามัยของประชาชนบริเวณโดยรอบหนองหาน เพื่อให้แหล่งน้ำมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค และสามารถใช้ได้ต่อไปในอนาคต ดังนั้นการศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำจึงควรพิจารณาทั้งแหล่งกำเนิดของมลพิษ และลักษณะของพื้นที่โดยรอบหนองหานด้วย เพื่อศึกษาถึงลักษณะของความแตกต่าง การแพร่กระจาย ความผันแปรของมลพิษทางน้ำในหนองหาน

การศึกษครั้งนี้เพื่อให้เห็นความสำคัญ และความสัมพันธ์ของสภาพภูมิศาสตร์ ของมลพิษและแหล่งกำเนิดของมลพิษ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และนำไปสู่การคาดการณ์ต่อไป ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ข้อมูลจังหวัดสกลนครและหนองหาน

1.1 จังหวัดสกลนคร

สกลนครเป็นจังหวัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งทางด้านกายภาพและวัฒนธรรม จังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีหนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัด และของภาค กรมควบคุมมลพิษได้กล่าวว่า สภาพทางภูมิศาสตร์ ที่ตั้ง จังหวัดสกลนครเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ที่ละติจูด 16 องศา 45 ลิปดา ถึง 18 องศา 15 ลิปดา เหนือ ลองจิจูด 103 องศา 15 ลิปดา ถึง 104 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ห่างจากกรุงเทพฯโดยทางรถยนต์ประมาณ 611 กิโลเมตร ห่างจากแม่น้ำโขงประมาณ 90 กิโลเมตร โดยวัดจากจุดที่ตั้งจังหวัดนครพนมซึ่งเป็นเขตแดนระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อาณาเขต ทิศเหนือ จรดเขตอำเภอโซพิลย์ อำเภอลือชัย จังหวัดหนองคาย และ อำเภอสว่างแดนดิน อำเภอน้ำอู่น้อย จังหวัดนครพนม โดยมีลำน้ำสงครามเป็นเขตจังหวัด ทิศใต้ จรดอำเภอลือชัย อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดนครพนม ทิศตะวันออก จรดเขตอำเภอน้ำอู่น้อย อำเภอน้ำอู่น้อย จังหวัดนครพนม ทิศตะวันตก จรดอำเภอน้ำอู่น้อย อำเภอน้ำอู่น้อย จังหวัดนครพนม มีเทือกเขาภูพานเป็นแนวเขตจังหวัด ทิศตะวันออก จรดเขตอำเภอน้ำอู่น้อย อำเภอน้ำอู่น้อย จังหวัดนครพนม มีลำน้ำสงครามเป็นแนวเขตจังหวัด จังหวัดสกลนครมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 9,605.76 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 6,003,603 ไร่ แบ่งการปกครองออกเป็น 17 อำเภอ 1 กิ่งอำเภอ (กรมควบคุมมลพิษ.2540:2-139) และ

นอกจากนี้ กรมควบคุมมลพิษกล่าวเสริมว่า จังหวัดสกลนครอยู่ในลุ่มน้ำโขง มีเนื้อที่ประมาณ 9,605 ตารางกิโลเมตร เทศบาลเมืองสกลนครมีพื้นที่เดิม 13.0 ตารางกิโลเมตร ต่อมาได้ขยายเขตเทศบาลเมืองเมื่อ พ.ศ. 2532 รวมพื้นที่ทั้งหมดเป็น 54.54 ตารางกิโลเมตร (กรมควบคุมมลพิษ.2540)

ลักษณะทางกายภาพของภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบสูง เกิดจากการยกตัวของพื้นผิวเปลือกโลกทำให้มีเทือกเขาโอบล้อม เกิดเป็นแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช จังหวัดสกลนครจึงมีลักษณะทางกายภาพที่สามารถกักเก็บน้ำได้ตามธรรมชาติ มีพื้นที่ราบลุ่ม กรมควบคุมมลพิษกล่าวว่า ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของสกลนคร เป็นที่ราบสูง โดยสูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 172 เมตร ตอนเหนือของจังหวัดได้แก่ อำเภอวานรนิวาส อำเภอกำแพงแสน อำเภออากาศอำนวย และบางส่วนของอำเภอสว่างแดนดิน พื้นที่เป็นที่ราบลุ่มใช้ในการทำนาสลับกับสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด มีสภาพป่าปนไร่ ป่าส่วนใหญ่เป็นพวกป่าแดงโปร่ง มีไม้เต็ง ไม้รัง ทางเหนือที่ตั้งอำเภออากาศอำนวยและบางส่วนริมแม่น้ำสงคราม เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วม จึงใช้ทำนาได้บางส่วนเท่านั้นส่วนใหญ่จะทิ้งไว้รกร้างว่างเปล่า มีพวกไม้พุ่มเตี้ยและหญ้าขึ้นปกคลุมทั่วไป ตอนใต้ของจังหวัดเป็นที่ราบสูงได้แก่ ที่ราบสูงบนเทือกเขาภูพานซึ่งเป็นที่ราบระหว่างหุบเขา มีสภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด อยู่บริเวณอำเภอกุศบาก เขตจังหวัดสกลนคร ได้สันเขาของเทือกเขาภูพานเป็นเขตติดกับที่ตั้งจังหวัด เป็นหนองน้ำขนาดใหญ่ชื่อหนองหานมีน้ำตลอดปี เป็นหนองน้ำจืดขนาดใหญ่อันดับ 3 ของประเทศไทย มีอาณาเขตกว้างประมาณ 12 กิโลเมตร ยาวประมาณ 20 กิโลเมตร ระดับน้ำลึกประมาณ 3-6 เมตร หนองหานเป็นที่รองรับน้ำจากลำห้วยต่างๆ ส่วนด้านตะวันออกของจังหวัดซึ่งมีเขตติดต่อกับจังหวัดนครพนม มีสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่น ลอนลาด รวมถึงบริเวณที่ติดกับอำเภอ นาแก จังหวัดนครพนม ด้านตะวันตก ติดกับอำเภอนาแก จังหวัดนครพนม และส่วนหนึ่งติดกับจังหวัดอุดรธานี เป็นพื้นที่ราบเรียบสลับกับพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาด (กรมควบคุมมลพิษ.2540: 2-138)

ลักษณะภูมิอากาศ ฤดูกาลของจังหวัดสกลนคร มีลักษณะอากาศเป็น 3 ฤดู ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง ตุลาคม ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน และ กุมภาพันธ์ และ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ย 26.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยฤดูร้อน 37.9 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,722.9 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคม 362.1 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือน ธันวาคม 0.7 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 136 วันต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 63.6 ถึง 82.5 เฉพาะช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม ซึ่งตรงกับฤดูฝน เป็นเวลานาน 7 เดือน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 70 เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 20-75 ช่วงระหว่างเดือน พฤศจิกายนถึงเมษายน เป็นเวลา 5 เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ (กรมควบคุมมลพิษ. 2540 : 2-138)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าจังหวัดสกลนครเป็นที่ตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มาตั้งแต่โบราณ เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ บริเวณที่ราบลุ่มแหล่งน้ำหนองหาน นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแอ่งกระทะของจังหวัดสกลนครยังทำให้น้ำจากลำน้ำสายต่างๆไหลมารวมยังหนองหานได้ง่าย จังหวัดสกลนครจึงมีแหล่งน้ำที่ใหญ่ที่มีความสำคัญต่อจังหวัดสกลนคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.2 ขอบเขตผังเมืองรวมสกลนครและการใช้ที่ดิน จังหวัดสกลนคร

จังหวัดสกลนครเป็นจังหวัดที่มีประวัติศาสตร์ วัฒนธรรมที่เก่าแก่มาแต่อดีตโบราณ เป็นแหล่งชุมชนหนาแน่น โดยเฉพาะบริเวณที่ราบรอบหนองหาน เนื่องจากบริเวณนี้มีลักษณะภูมิประเทศเหมาะแก่การตั้งถิ่นฐาน อยู่ใกล้แหล่งน้ำและดินมีความอุดมสมบูรณ์ จึงมีการเจริญเติบโตของชุมชนอย่างรวดเร็ว รวมถึงเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญ การวางขอบเขตผังเมืองของกรมการผังเมือง ซึ่งวางผังเมืองให้จังหวัดสกลนคร สรุปได้ว่า ภูมิลักษณะของบริเวณผังเมือง พื้นที่ด้านทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของชุมชน ติดกับหนองหาน ด้านทิศตะวันตกติดแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติและอ่างเก็บน้ำห้วยเดียก ในเขตผังเมืองรวม พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบบางตอนเป็นที่สูงลอนคลื่น สภาพพื้นที่กลางตัวเมืองมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะเกิดปัญหาน้ำท่วมขังในบางครั้งที่ฝนตกหนัก ภายในพื้นที่ผังเมืองรวมมีลำน้ำไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ห้วยสมอ ห้วยทราย ห้วยโม่ ห้วยเต่าทราย ห้วยเดียก ห้วยศรีวิชาและห้วยกุดจาน นอกจากนี้ยังมีที่สาธารณประโยชน์ ได้แก่ หนองน้ำ ป่าช้า และที่เลี้ยงสัตว์ กระจายอยู่ทั่วไปในเขตผังเมืองรวม

สภาพของชุมชน บริเวณที่เป็นที่ตั้งทำการพาณิชย์ จะกระจุกตัวอยู่อย่างหนาแน่น บริเวณย่านใจกลางเมือง บริเวณที่เป็นบ้านพักอาศัยทั่วไป อยู่ถัดไปจากย่านพาณิชย์ กระจุกตัวอยู่เต็มพื้นที่ในเทศบาลเมืองสกลนครเดิม และกระจายตัวอยู่ทั่วไปตามเส้นทางคมนาคมในเขตผังเมืองรวม ย่านพักอาศัยที่เกิดขึ้นใหม่ คือ การจัดสรรที่ดินขนาดเล็ก การ

อุตสาหกรรมที่ใช้ที่ดินขนาดเล็กจะกระจายอยู่ปนกับการพาณิชย์ โดยเฉพาะบริเวณถนนรัฐพัฒนา ส่วนการอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะอยู่ติดถนนสองฟากทางไปกาฬสินธุ์ และไปอำเภอนาแก สถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา สถานพยาบาล และ ศาสนสถาน พบว่า การใช้ที่ดินประเภทนี้มีอยู่เป็นจำนวนมากและจะกระจุกกระจายอยู่โดยรอบเขตผัง ซึ่งเป็นการใช้ที่ดินขนาดใหญ่ในแต่ละแปลง ส่วนที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมและชนบท ยังคงพบในเขตเทศบาลเมืองสกลนครอยู่มาก เนื่องจากเทศบาลมีพื้นที่กว้างมาก และพื้นที่นอกเขตส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนา

ในเขตอำเภอเมืองสกลนคร ลักษณะพื้นฐานของอำเภอเมืองสกลนคร ขึ้นอยู่กับการเกษตรกรรม กิจการอุตสาหกรรมภายในชุมชน เป็นขนาดเล็กและเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตร แต่การขยายตัวของประชาชนอยู่ในอัตราส่วนที่ลดลง

ในเขตผังเมืองรวมเมืองสกลนคร พื้นที่ที่ได้รับการวางผังเมืองเป็นพื้นที่ชุมชนที่เป็นที่ตั้ง ของเขตเทศบาลเมืองสกลนคร และชุมชนใกล้เคียง ซึ่งเป็นพื้นที่ต่อเนื่องเขตเทศบาลมีการกระจายความเจริญออกไปรอบๆ พื้นที่เขตเทศบาลเมืองสกลนครโดยตัวชุมชนเมืองสกลนครเป็นศูนย์ราชการ ศูนย์การศึกษา การคมนาคม และการบริการด้านสาธารณสุขและการสาธารณสุขโรคในระดับจังหวัด การขยายตัวของประชากรในเขตวางผังเมืองรวม น่าจะขึ้นอยู่กับ การขยายตัวของประชากรในเขตเทศบาลเมืองและเขตอำเภอเมือง (กรมการผังเมือง.2539: 8-9)

เนื่องจากจังหวัดสกลนครมีหนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สำคัญ ความอุดมสมบูรณ์ของดินตะกอนบริเวณโดยรอบหนองหานเหมาะแก่การเกษตรกรรม การใช้ที่ดินของจังหวัดสกลนคร โดยส่วนใหญ่ จึงเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการทำเกษตร ดังที่กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อมได้กล่าวว่า สภาพการใช้ที่ดินของจังหวัดสกลนคร ส่วนใหญ่มีการใช้ที่ดินทางการเกษตรโดยเฉพาะการเพาะปลูกเป็นส่วนมาก ซึ่งบางส่วนของพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรเป็นผลมาจากการบุกรุกทำลายป่า ทำให้พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดลดลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2534 จังหวัดสกลนครมีพื้นที่ป่าไม้ 1,465,730.69 ไร่ เนื้อที่ถือครองการเกษตร 4,327,588.56 ไร่ โดยสามารถคิดเป็นพื้นที่นาได้ ร้อยละ 53.38 พื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่และสวนได้ ร้อยละ 11.39 พื้นที่ป่าไม้ ร้อยละ 28.62 พื้นที่ลุ่มน้ำขัง ร้อยละ 0.61 นาเกลือ ร้อยละ 0.04 พื้นที่ที่อยู่อาศัย ร้อยละ 2.40 แหล่งน้ำธรรมชาติ ร้อยละ 1.88 และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น ร้อยละ 1.61 ส่วนจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2538 รวมทุกประเภทได้ทั้งหมด 2,098 โรงงาน แบ่งได้เป็นโรงสีข้าว 1,745 โรงงาน โรงงานขนาดเล็ก 339 โรงงาน โรงงานขนาดกลาง 14 โรงงาน และโรงงานขนาดใหญ่ 0 โรงงาน (กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม.2542:34)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การใช้ที่ดินของจังหวัดสกลนครแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ การเกษตรกรรมและพื้นที่ที่อยู่อาศัย ซึ่งกล่าวได้ว่าทั้งสองแหล่งนี้เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียที่สำคัญ ดังนั้นในการศึกษามลพิษทางน้ำในหนองหาน ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ใช้จึงควรเป็นค่าที่ได้จากแหล่งกำเนิดมลพิษทั้งสองเป็นหลัก ในที่นี้จึงทำการศึกษาดัชนีบ่งชี้

คุณภาพน้ำจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ ความเป็นกรดเบส ความขุ่น ความนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในเตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด

1.3 หนองหาน

หนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดสกลนคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณรอบหนองเป็นพื้นที่ราบที่มีความอุดมสมบูรณ์ ดังที่ สวาท เสนาณรงค์ กล่าว ว่าลักษณะภูมิประเทศของหนองหานจัดอยู่ในลุ่มน้ำโขง ซึ่งอยู่ตอนเหนือสุดของภาค คือจาก ทิวเขาภูพานไปจดแม่น้ำโขง มีสาขาที่สำคัญในประเทศไหลลงทางฝั่งขวาคือ น้ำเหือง น้ำเลย น้ำโมง ห้วยหลวง แม่น้ำสงคราม แม่น้ำเหล่านี้นส่วนใหญ่ได้น้ำจากน้ำฝนที่ได้รับจากฝนจาก มรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฝนจากพายุดีเปรสชัน ซึ่งปริมาณฝนมีมากที่สุดทางตะวันออกเฉียงเหนือของภาค บริเวณแม่น้ำโขงแล้วค่อยๆลดลงมาจนถึงน้อยที่สุดบริเวณต้นน้ำมูลและ ต้นน้ำชี (สวาท เสนาณรงค์ .2529:112) กรมประมง รายงานว่า หนองหานเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ ขนาดใหญ่ที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเป็นแหล่งผลิตพันธุ์สัตว์น้ำที่สำคัญของพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน หนองหานมีพื้นที่ประมาณ 48,600 ไร่ แหล่งต้นน้ำที่ไหลลงสู่ หนองหาน ประกอบด้วยลำน้ำจำนวน 14 สาย โดยมีลำน้ำพุงเป็นแม่น้ำสายหลัก ที่ไหลลงสู่ หนองหานและน้ำจากหนองหานจะระบายออกทางลำน้ำก่ำไหลลงสู่แม่น้ำโขง (กรมประมง.2537 :1) สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกล่าวว่า ที่ตั้งของหนองหานอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร โดยตัวหนองหานจะอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของตัวเมืองสกลนคร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 78,250 ไร่ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2542:193) นอกจากนี้ กรมควบคุมมลพิษกล่าวว่า หนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่เกิดจากธรรมชาติ มีความจุ 230 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นแหล่งรับน้ำเสีย ทั้งที่บำบัดแล้ว และยังไม่ได้บำบัดของ เทศบาลเมืองสกลนครและสุขาภิบาลท่าแร่ (กรมควบคุมมลพิษ.2540:2-139) เนื่องจากบริเวณ หนองหานมีสภาพเป็นที่ลุ่มอยู่ในพื้นที่ที่เป็นแอ่งของภาคน้ำจากแม่น้ำสายต่างๆจึงไหลมารวมที่ หนองหานได้สะดวก สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมจึงกล่าวว่า สภาพภูมิประเทศรอบ หนองหานจะเป็นที่ราบความลาดชันส่วนใหญ่ 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ บางแห่งเป็นพื้นที่ลูกคลื่น เล็กน้อย ภายในหนองหานประกอบด้วยเกาะหลายเกาะ เช่น ดอนสวรรค์ใหญ่ ดอนสวรรค์น้อย ดอนผลาญ ดอนสะคราญ เป็นต้น หนองหานรับน้ำจากลำน้ำพุง ซึ่งไหลมาจากเทือกเขาภูพาน และระบายออกทางห้วยน้ำฟ้าสู่แม่น้ำโขง ความกว้างในช่วงที่กว้างที่สุดของหนองหานประมาณ 9 กิโลเมตร ยาวที่สุดประมาณ 17 กิโลเมตร ความลึกโดยเฉลี่ย 1.9 เมตร ความลึกที่สุด 10 เมตร เป็นที่รับน้ำจากบริเวณที่สูงกว่าและระบายออกทางห้วยน้ำฟ้าสู่แม่น้ำโขง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 150 เมตร หนองหานเป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของแอ่งสกลนคร ซึ่งเกิดจากการโค้งงอของชั้นหิน ทำให้ชั้นหินเกลือหนาถูกบีบเคลื่อนตัวมาใกล้พื้นผิว และถูกน้ำ

ใต้ดินละลายออกไป ทำให้ดินทรุดตัวเป็นแอ่งกว้างลึก มีลักษณะเป็นหลุมยุบ (sink hole) และต่อมาตะกอนลำน้ำเข้ามาทับถมเป็นตะกอนทะเลสาบ ดินจึงมีความเค็มบ้างเล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่จะไม่เค็ม บริเวณนี้พบตะกอนลำน้ำที่สะสมตัวมีทั้งดินและก้อนกรวด ในยุคควาเตอรนารี (Quaternary) จึงมีอายุค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับส่วนอื่นของภาค ดินรอบๆหนองหานส่วนใหญ่ จึงเป็นดินตะกอนเนื้อค่อนข้างละเอียด ความอุดมสมบูรณ์ ปานกลาง

พิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูด 17 องศา 06 ลิปดาเหนือ ถึง 17 องศา 15 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 104 องศา 17 ลิปดาตะวันออก ถึง 104 องศา 20 ลิปดาตะวันออก UTM 1908000 N ถึง 1891000 N และ 408000 E ถึง 429000 E แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 5843 II,III,IV (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2542:103)

ลักษณะภูมิอากาศของหนองหาน สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกล่าวว่า สภาพภูมิอากาศเป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savanna Climate "AW") ตามการจำแนกของ เคิปเพิน (Koppen) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่หนาวที่สุดมากกว่า 18 องศาเซลเซียส มีฝนตกไม่ตลอดทั้งปี จากข้อมูลอุณหภูมิของจังหวัดสกลนคร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม 29.0 องศาเซลเซียส สูงที่สุดในเดือนเมษายน 31.9 องศาเซลเซียส ฝน จากข้อมูลน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศเมืองสกลนคร มีฝนตกตลอดปี 1587.0 มิลลิเมตร เดือนสิงหาคม มีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุด 326.0 มิลลิเมตร เดือนธันวาคม ปริมาณฝนต่ำสุด 2.7 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 127.5 วันต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์ มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 72.9 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดในเดือนมีนาคม 62 เปอร์เซ็นต์ และเดือนสิงหาคม 83 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2542:104)

2. แหล่งกำเนิดมลพิษในหนองหาน

เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญ และมีขนาดใหญ่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งอุปโภคและบริโภค และหนองหานยังเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชน ดังนั้นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญจึงมาจากการที่มีชุมชนขนาดใหญ่ตั้งอยู่รอบหนอง รวมถึงการใช้ที่ดิน พื้นที่ทางการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม ดังที่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า สถานภาพทางสังคมและวัฒนธรรมของหนองหาน เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำและแหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่กว่า 78,250 ไร่ จึงเป็นที่ตั้งถิ่นฐานชุมชนมาแต่สมัยลพบุรีหรือ สมัยขอม จนกระทั่งปัจจุบันมีประชากรที่พึ่งพาอาศัย น้ำจากหนองหาน ทั้งหมู่บ้านในเขตอำเภอเมืองและอำเภอโพนนาแก้วหลายหมู่บ้านรอบ หนองหาน และมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่นโดยส่วนใหญ่เป็นชาวไทยย้อ ประมาณ 80 % อีก 20% เป็นชาวไทยลาว (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2542:193) กรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า ชุมชนที่มีผล

ต่อแหล่งน้ำคือเทศบาลเมืองสกลนคร จากเดิมเขตเทศบาลมีพื้นที่ 13.0 ตารางกิโลเมตร ใน พ.ศ. 2532 ขยายเป็น 54.54 ตารางกิโลเมตร นอกจากการประกาศสกลนครจะสูบน้ำดิบจาก หนองหานนำมาใช้ประโยชน์แล้ว หนองหานยังเป็นแหล่งรับน้ำเสียจากชุมชนด้วย กรมควบคุม มลพิษยังกล่าวต่ออีกว่า เนื่องจากความเจริญที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาของชุมชนทำให้มีการ ประกอบกิจกรรมต่างๆเพิ่มจากเดิมมาก โดยเฉพาะโรงแรม ร้านอาหาร และสถานเริงรมย์ต่างๆ ที่เพิ่มขึ้น การระบายน้ำและบำบัดน้ำเสีย ในเขตเทศบาล มุ่งเน้นการระบายน้ำฝนที่ตกในเขต พื้นที่เทศบาลลงสู่หนองหานให้เร็วที่สุด น้ำเสียจากตลาดและชุมชนภายในเขตเทศบาล จะเข้า สู่โรงบำบัดน้ำเสียที่คูหมากเสือ (ประมาณร้อยละ 70 ของน้ำเสียชุมชน) และบางส่วนไปสู่อำเภอ บำบัดน้ำเสียที่หนองสนม (ประมาณร้อยละ 30 ของน้ำเสียชุมชน) รวมทั้งสุขาภิบาลทั่วทั้งที่มี พื้นที่ 5.13 ตารางกิโลเมตรเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ติดกับหนองหาน ทางทิศเหนือ น้ำเสียที่เกิดจาก การประกอบกิจการของชุมชนจะถูกปล่อยให้ไหลลงหนองหานโดยตรง ซึ่งจะทำให้น้ำในหนอง หานมีคุณภาพต่ำลง (กรมควบคุมมลพิษ.2540) จากที่กล่าวมาหนองหานเป็นแหล่งเมืองเก่า ชุมชนโบราณ ทำให้มีการใช้น้ำมาโดยตลอดแต่ขาดการควบคุม รักษาคุณภาพ เนื่องจากการ ขยายตัวอย่างรวดเร็วของชุมชน ทำให้มีน้ำเสียจากแหล่งต่างๆไหลลงสู่หนองหานได้อย่าง สะดวก และนอกจากนี้ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ได้กล่าวถึง สถานภาพทาง เศรษฐกิจของหนองหานว่าเป็น แหล่งประมงน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดของภาคอีสาน เป็นแหล่งน้ำจืดที่มี ปริมาณมาก ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์แก่ชุมชนโดยรอบเป็นสำคัญ ได้แก่ การทำนารอบหนองหาน และในพื้นที่หนอง นับเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของอำเภอสกลนคร นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืช สวนครัว ไม้ผล พืชไร่ ลำสัตว์ เก็บหน่อไม้ หาเห็ด การเลี้ยงวัว ควายและเป็ด รวมถึงการจับสัตว์ น้ำ ส่วนการใช้พื้นที่น้ำ เพื่อการผลิตนอกจาก การประมง แล้วมีการเก็บผลผลิตจากพืชน้ำ รายได้ของชุมชนที่เกิดจากหนองหานโดยเฉลี่ย ร้อยละ 65 ของรายได้ทั้งหมด แนวโน้มการ เจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของชุมชนรอบพื้นที่หนองหาน มีผลกระทบต่อหนองหานรุนแรงยิ่งขึ้น เพราะหนองหานอยู่ติดกับตัวเมืองจังหวัดสกลนคร การขยายตัวของชุมชน เป็นไปอย่างรวดเร็ว มีโรงพยาบาลตั้งอยู่ใกล้หนอง แม้จะมีการบำบัดของเทศบาล เนื่องจากน้ำเสียสามารถไหลลง หนองหานหลายทิศทาง (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2543 :193) เนื่องจากหนอง หานมีคุณสมบัติต่อประชาชนเป็นอย่างมาก เพราะขนาดของแหล่งน้ำที่ใหญ่สามารถนำน้ำมา ใช้ได้ตลอดทุกฤดูกาล และยังเป็นแหล่งผลิตอาหารประเภทโปรตีนที่สำคัญ รวมถึงเป็นแหล่ง ประกอบอาชีพ ดังนั้นคุณค่าและการใช้ประโยชน์จึงมีความหลากหลาย ดังที่สำนักงานนโยบาย สิ่งแวดล้อมได้กล่าวว่า หนองหานเป็นตัวแทนที่ดี ในการแสดงพื้นที่ชุ่มน้ำในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นบึงน้ำจืดขนาดใหญ่ เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีคุณค่าสำคัญทางด้าน เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของชนิดพันธุ์ สายพันธุ์ของนกที่หายากและ มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ เป็นที่อยู่อาศัยของประชากรสัตว์นานาชนิด เนื่องจากหนองหานเป็น แหล่งประมงน้ำจืดที่มีความสำคัญ ดังนั้นบริเวณโดยรอบจึงเป็นที่ตั้งถิ่นฐานชุมชนมาแต่อดีต

ตั้งแต่สมัยลพบุรีจนถึงปัจจุบัน และมีสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ของชุมชนหลายแหล่ง ชุมชนโดยรอบหนองประกอบอาชีพโดยการทำนา ปลูกพืชไร่ เลี้ยงสัตว์ และดักจับสัตว์น้ำ รายได้ของชุมชนที่เกิดจากหนองหานโดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ของรายได้ทั้งหมด หนองหานมีศักยภาพเชิงการท่องเที่ยวสูง เพราะเป็นแหล่งน้ำกว้างใหญ่ เห็นทัศนียภาพของภูเขาพานทองด้านทิศใต้ที่สวยงาม และยังมีคุณค่าด้านวัฒนธรรมที่แสดงถึงวิถีชีวิตชุมชนที่แตกต่างกัน เช่น หมู่บ้านบันดินเผา หมู่บ้านเกษตร ชีวิตประมงน้ำจืด (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2542:50-51) สอดคล้องกับกรมควบคุมมลพิษ ที่กล่าวว่า การใช้ประโยชน์จากหนองหานเพื่อการประปาปัจจุบันมีชุมชนที่ใช้น้ำจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปา คือ เทศบาลเมืองสกลนครโดยมีปริมาณการสูบน้ำดิบประมาณ 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีจุดสูบน้ำอยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 2 กิโลเมตร และหนองหานเป็นแหล่งประมงน้ำจืดที่สำคัญในจังหวัดซึ่งทำให้จังหวัดมีรายได้จากการประมงเป็นอันดับ 1 ของภาค รวมถึงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาน้ำจืดของสถานีประมงน้ำจืดของจังหวัดสกลนคร แต่ปัจจุบันเริ่มมีมลพิษของน้ำในหนองหานทำให้รายได้ทางประมงของจังหวัดลดลง ส่วนการสันทนากการปัจจุบันลดลงมาก เนื่องจากเกิดน้ำเน่าเสียจากการระบายน้ำเสียของเทศบาลเมืองสกลนคร เกิดสภาพตื้นเขินและเต็มไปด้วยวัชพืช (กรมควบคุมมลพิษ.2540:2-139) นอกจากนี้ กรมควบคุมมลพิษได้ทำการประเมินว่า ปริมาณความสกปรกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ที่ระบายมลพิษออกสู่ภายนอกคิดเป็น 3.5 ,0 และ2.6 ตันบีโอดี ต่อวัน จะเห็นว่าน้ำเสียชุมชน ระบายมลพิษออกสู่ภายนอกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 57 ของทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ .2540)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การขยายและเติบโตขึ้นของชุมชนเมือง การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นสาเหตุหลักของการเกิดมลพิษในหนองหาน เพราะการที่แหล่งผลิตมลพิษทุกประเภทอยู่ใกล้แหล่งน้ำมากมีการถ่ายเทของเสียลงสู่แหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชนที่ไม่มีการบำบัดคุณภาพน้ำก่อนการทิ้ง รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีต่างๆที่มาจากการเกษตร ทั้งปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง สารกำจัดศัตรูพืชที่ไหลรวมมาลงสู่หนองหาน หากเป็นเช่นนี้ต่อไปและขาดการควบคุมดูแล คุณภาพน้ำในหนองหานจะไม่สามารถนำมาใช้งานได้ และอาจมีน้ำไม่พอใช้ด้วย

3. ความรู้เกี่ยวกับมลพิษทางน้ำในหนองหาน

มลพิษทางน้ำเกิดจากสาเหตุหลายประการ ดังนั้น ปริมาณความเข้มข้นของสารพิษจะมากหรือน้อยมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่และแหล่งกำเนิดสารชนิดนั้นๆ ลักษณะทางกายภาพ สังคมและวัฒนธรรม มีส่วนสำคัญในการก่อให้เกิดปัญหามลพิษ ดังที่ ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ ได้กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึงน้ำที่ผ่านการใช้มาแล้วมีแหล่งกำเนิดของน้ำเสียที่แตกต่างกัน และในบางครั้งไม่ทราบแหล่งกำเนิดที่ชัดเจน(Nonpoint

Sources) เช่น การไหลของน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีท่อหรือรางระบายน้ำทั้งนี้แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีท่อหรือรางระบายน้ำเสีย (Point Source) สามารถแบ่งได้ 2 แหล่งใหญ่ คือ น้ำเสียจากแหล่งชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ซึ่งทั้ง 2 แหล่งนี้ถ้าจะมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านลักษณะและปริมาณของน้ำเสียที่ปล่อยออกมาค่อนข้างชัดเจน (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์.2541:67) สภาพของมลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำหนองหานจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจนอกจากนี้หนองหานยังเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนิ่งได้ดี แหล่งกำเนิดปัญหามลพิษทางน้ำในหนองหานสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater)

น้ำเสียจากชุมชนส่วนมาก มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นน้ำทิ้งที่ใช้ในกิจกรรมการดำรงชีวิตประจำวัน ดังที่ ทรงกฤษณ์ ประภักดิ์ ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสียจากชุมชนหมายถึง น้ำทิ้งจากการใช้น้ำต่างๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ รวมถึงน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน และกิจกรรมในชุมชน เช่น โรงแรม ตลาด บ้านพัก และสถานบริการอื่นๆ น้ำเสียเหล่านี้มักมีสารอินทรีย์ และ จุลินทรีย์โคลิฟอร์มปนเปื้อนเป็นส่วนใหญ่ (ทรงกฤษณ์ ประภักดิ์.2541:4-8) และศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ กล่าวว่า น้ำเสียจากแหล่งชุมชน อาจถูกแบ่งย่อยออกไปได้เป็นแหล่งน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย สถานที่ ทำการต่างๆ เช่น สถานศึกษา สำนักงาน โรงพยาบาล ฯลฯ แหล่งน้ำเสียที่ใช้ในงานสันตนาการ หรือพักผ่อนหย่อนใจ เช่น รีสอร์ท โรงแรม บ้านพักตากอากาศ ฯลฯ แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชนต่างๆ จะมีลักษณะของน้ำเสียที่มีความใกล้เคียงกันในองค์ประกอบของน้ำเสีย แต่อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของปริมาณน้ำเสีย และปริมาณของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชนิดเดียวกัน อาจมีความแตกต่างกันไปตามกาลเวลา และช่วงของฤดูกาลต่างๆ ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย จะมีปริมาณส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 1 ส่วนที่เป็นของเหลวประมาณร้อยละ 99 และในส่วนที่เป็นของแข็งมักจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ ประมาณร้อยละ 50-70 น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาในแต่ละวันมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น จารีตประเพณีของประชาชนแต่ละท้องถิ่น ลักษณะของการดำรงชีพ ของแต่ละครอบครัว ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ฯลฯ โดยทั่วไปอาจใช้การคาดคะเนว่าปริมาณน้ำเสียที่จะถูกทิ้งลงสู่ท่อ หรือรางระบายน้ำคิดเป็นประมาณร้อยละ 60-80 ของปริมาณการใช้น้ำ (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์.2541:67-68) สอดคล้องกับ พุทธิพร ชลสาคร ที่กล่าวว่า ค่าความสกปรกของน้ำเสียจากชุมชนนิยมวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ทำการวิเคราะห์ในรูปของค่า BOD (พุทธิพร ชลสาคร .2542:71) นอกจากนี้ วิชัย เทียนน้อย กล่าวถึง สิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือนได้แก่ เศษอาหาร ขยะมูลฝอย น้ำโสโครกและผงซักฟอก ดังนั้นในบริเวณชุมชนหนาแน่นที่ตั้งอยู่ตามชุมชนริมชายฝั่งของลำน้ำหรือแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆ จะทำให้เกิดมลพิษของน้ำขึ้น ซึ่งจะปรากฏอย่างรุนแรงและเห็นได้ชัดในช่วงฤดูแล้ง (วิชัย เทียนน้อย.ม.ป.ป.:94) เนื่องจาก การตั้งถิ่นฐานในอดีตนิยมอยู่ใกล้แหล่งน้ำเป็นหลัก

ปัญหาน้ำเสียจากแหล่งชุมชนจึงเป็นปัญหาที่ทำการแก้ไขได้ยาก เพราะขาดการวางแผนที่ดีในการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของประชากรที่รวดเร็วทำให้ปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

น้ำเสียจากชุมชนจึงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการควบคุม บำบัด ก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจาก หนองหานเป็นแหล่งน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่หลายอำเภอ มีประชากรอาศัยอยู่รอบหนองหานเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะบริเวณเขตเทศบาล อำเภอเมือง ดังนั้น ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนจึงไหลลงสู่หนองหานได้ง่าย แม้จะมีโรงบำบัดน้ำเสียอยู่หลายแห่ง ที่ทำการบำบัดน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองก่อนการปล่อยน้ำลงสู่หนองหาน แต่น้ำเสียจากชุมชนโดยรอบหนองหานอีกจำนวนมากยังขาดการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่ไหลลงสู่หนองหานจึงยังคงมีปริมาณมาก

3.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ทรงกฤษณ์ ประภคิตี ให้ความหมายไว้ว่า หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ขบวนการถ่ายเทความร้อน น้ำที่ใช้ล้างถัง หรือภาชนะที่ใช้ ในกระบวนการผลิต น้ำเสียนี้มีปริมาณ และชนิดของสารมลพิษปนเปื้อนแตกต่างกันไปตามประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และกระบวนการหรือขั้นตอนที่ต่างกัน โดยส่วนใหญ่ปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารเคมีโลหะหนัก (ทรงกฤษณ์ ประภคิตี .2541:4-8) ส่วนศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ ให้ความเห็นว่า น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีลักษณะและปริมาณของน้ำเสียขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทของอุตสาหกรรม ขนาดของกิจการอุตสาหกรรม และการควบคุมกำกับการดำเนินกิจการอุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ลักษณะ และปริมาณของน้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจมีความแตกต่างกัน (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์.2541:73) สอดคล้องกับ วิชัย เทียนน้อย ที่กล่าวว่าสิ่งโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษอย่างรุนแรงและขยายขอบเขตไปอย่างกว้างขวาง ของเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ คือ (1) สารที่ลอยน้ำ เช่น น้ำมัน เศษขี้เลื่อย เศษผัก และผลไม้จากโรงงานอาหารกระป๋อง เป็นต้น (2) สารที่ตกตะกอน เช่น เศษถ่านและละอองแร่หรือเศษโลหะต่างๆ (3) อนุภาคขนาดเล็กเมื่อตกลงไปในน้ำจะแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น แป้ง สีย้อม และ เศษเยื่อกระดาษขนาดเล็ก (4) สารละลาย จะเป็นพวกของแข็งแต่เมื่อถูกน้ำจะละลายปนไปกับน้ำได้ง่าย เช่น สารประกอบพวกเกลือชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี และ (5) สารพิษที่สำคัญ ได้แก่ อาร์ซีนิก เบริลเลียม โครเมียม สารกัมมันตรังสี พลาสติกคาร์บอน และปรอท (วิชัย เทียนน้อย.ม.ป.ป.:93-94) พุทธิพร ชลสาคร ยังได้กล่าวว่า น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมาจากระบบหล่อเย็น ขณะที่น้ำจากการทำความสะอาดวัตถุดิบและน้ำจากกระบวนการผลิตจะมีปริมาณน้อยกว่า แต่มีการปนเปื้อนสูงกว่า (พุทธิพร ชลสาคร.2542:72) จะเห็นได้ว่าใน

ภาพรวมแล้วอาจสรุปกว้างๆได้ว่าทุกกระบวนการผลิตย่อมมีการปล่อยของเสียโดยเฉพาะน้ำเสีย ดังนั้น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสิ่งเจือปนที่แตกต่างกันไปตามแต่ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

เนื่องจากพื้นที่รอบหนองหานมีความอุดมสมบูรณ์เป็นแหล่งชุมชนและเกษตรกรรม โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น โรงสีข้าว โรงงานทำนมจืด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงานน้ำตาล ปัญหา น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น น้ำร้อน โลหะหนัก จึงมีน้อย

3.3 น้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural wastewater)

น้ำเสียจากภาคเกษตรกรรมเป็นน้ำเสียประเภทที่มีแหล่งกำเนิดไม่แน่นอน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำการบำบัดน้ำก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ทรงกฤษณ์ ประภักดี ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสียจากเกษตรกรรมหมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมภาคเกษตรกรรม รวมถึงการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและชายฝั่ง ทั้งนี้ น้ำเสียจากฟาร์มสุกร นากุ้ง บ่อเลี้ยงปลา มักปนเปื้อนด้วยมูลสัตว์ และอาหารสัตว์ ที่เป็นสารอินทรีย์ และ น้ำเสียจากการเพาะปลูกอาจปนเปื้อนด้วยสารเคมีปราบศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี (ทรงกฤษณ์ ประภักดี .2541 : 4-8) สอดคล้องกับพุทธิพร ชลสาคร ที่กล่าวโดยสรุปได้ว่า น้ำทิ้งของการเกษตรกรรม หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งรวมการเพาะปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ ทั้งสุกรและสัตว์ปีก การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและชายฝั่ง นอกจากการเกษตรทั่วไปแล้ว สารเคมีจากการเกษตร ยังมีแหล่งที่มาจากสนามกอล์ฟเป็นสำคัญ สนามแต่ละแห่งใช้สารเคมีไม่ต่ำกว่า 3-4 ตันต่อปี (พุทธิชัย ชลสาคร .2542:72) และ วิชัย เทียนน้อย กล่าวว่า การทำการเพาะปลูกผิดวิธีทำให้เกิดมลพิษทางน้ำที่ประกอบด้วย ตะกอนที่เป็นหิน ดิน ทราย ที่น้ำชะพามา สารเคมีที่นำมาใช้มากเกินไปและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช และปุ๋ยเคมี เป็นต้น การเลี้ยงสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ที่ขังไว้ตามคอกหรือเล้า เช่น เป็ด ไก่ ห่าน และสุกร หรือสัตว์ที่เลี้ยงไว้ตามทุ่งหญ้า เช่น โค กระบือ มูลของสัตว์เหล่านั้นเมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เกิดมลพิษได้ (วิชัย เทียนน้อย.ม.ป.ป.:94-95) ในเรื่องเดียวกันนี้ เฟลินจิต ทมทิตขงค์ ให้ความเห็นว่า น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เพาะปลูกกลับลงสู่ลำน้ำจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติ เนื่องจากได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เต็มที่ เมื่อไหลคืนสู่แหล่งน้ำอุณหภูมิจึงสูง นอกจากนี้ยังมีตะกอน และ จุลินทรีย์มากับน้ำด้วย ทั้งน้ำที่มาจากฟาร์มหรือคอกปศุสัตว์ มีปริมาณสารอินทรีย์สูง รวมถึง แร่ธาตุอาหาร จุลินทรีย์ และปริมาณของแข็ง (เฟลินจิต ทมทิตขงค์.ม.ป.ป.:89) น้ำเสียจากการเกษตรกรรมจึงเป็นอีกปัญหาที่ต้องมีการควบคุม จัดการที่ดีเนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ไม่สามารถกำหนดแหล่งที่ชัดเจนได้

เนื่องจากพื้นที่รอบหนองหานมีการทำเกษตรกรรมมากโดยเฉพาะการทำนา น้ำเสียจากการเกษตรจึงมีการปนเปื้อนของปุ๋ย สารเคมี สารอาหารของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

รวมถึงยาฆ่าแมลงต่างๆ นอกจากนี้การเลี้ยงสัตว์ ที่ปล่อยตามธรรมชาติบริเวณรอบหนอง และการเลี้ยงสุกร ทำให้มีการปนเปื้อนของมูลสัตว์ ปัญหาน้ำเสียจากการเกษตรเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เนื่องจากไม่สามารถกำหนดจุดกำเนิดที่แน่นอนได้ การควบคุมจึงทำได้ยาก ดังนั้นจึงควรมีการขอความร่วมมือจากประชาชนให้หันกลับมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ในปริมาณที่พอเหมาะ ซึ่งเป็นอินทรีย์เคมีที่สลายตัวได้รวดเร็วตามธรรมชาติ เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำเสียจากการเกษตรกรรม ให้ไหลสู่หนองหานน้อยลง

3.4 น้ำเสียจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยเป็นสิ่งปฏิกูลที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการจัดเก็บ หรือการทำลายที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ พุทธิพร ชลสาคร ให้ความหมายของน้ำเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอยว่าหมายถึง ขยะที่กำจัดไม่ถูกวิธีนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำจากกองขยะ หรือการชะล้างของน้ำฝน ทำให้มลพิษจากกองขยะไหลซึมปนเปื้อนไปกับน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะการทิ้งขยะที่มีโลหะหนัก เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รถยนต์ หรือภาชนะบรรจุเคมีภัณฑ์ (พุทธิพร ชลสาคร .2542 :73) สอดคล้องกับ ทรงกฤษณ์ ประภักดี ที่กล่าวว่า น้ำเสียจากสถานที่กำจัดมูลฝอย เกิดจากการนำมูลฝอยไปกองทิ้งไว้อย่างไม่ถูกวิธี เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญประเภทหนึ่ง เนื่องจากมูลฝอยประกอบด้วยเศษอาหาร และของเน่าเสีย เมื่อฝนตกชะลงมาทำให้น้ำเน่าเสียไหลปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและซึมลงสู่น้ำใต้ดินด้วย (ทรงกฤษณ์ ประภักดี.2541:4-8)

เนื่องจากระบบการจัดการในเขตเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ได้รับการควบคุมดูแลอย่างทั่วถึงทำให้มีการกำจัดขยะอย่างถูกวิธี มีระบบฝังกลบอย่างดี และ ทุกโรงพยาบาล อนามัย มีเตาเผาขยะ แต่โดยรวมในท้องถิ่นยังมีการกำจัดที่ไม่ถูกวิธี.ปัญหาน้ำเสียจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ควรได้รับการดูแลในเรื่องการจัดเก็บขยะ สถานที่ในการจัดเก็บ ความใกล้ชิดไกลจากแหล่งน้ำ วิธีการทำลายที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค และขอความร่วมมือจากประชาชนในการแยกขยะเพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ปัญหาน้ำเสียจากขยะน่าจะลดลงด้วย

3.5 น้ำเสียจากแหล่งอื่น

กิจกรรมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ล้วนมีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพแวดล้อม ทรงกฤษณ์ ประภักดี ให้ความหมายว่า น้ำเสียจากแหล่งอื่น หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่น น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการคมนาคมขนส่ง การบริการ การก่อสร้าง และการรื้อถอน การพาณิชย์ การล้างถนน อาคาร รถยนต์ และน้ำเสียจากกิจกรรมแพปลา ทำเทียบเรือประมง เป็นต้น (ทรงกฤษณ์ ประภักดี .2541:4-9) สอดคล้องกับ พุทธิพร ชลสาคร ที่กล่าวว่า การเดินเรือทำให้เกิดมลพิษจากน้ำมัน การก่อสร้างทำให้เกิดตะกอน หรือ สาร

แขวนลอยมากขึ้น การรั่วไหลของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของการขนส่ง เช่น อุบัติเหตุเรือบรรทุกน้ำมันชนกัน การขุดเจาะสำรวจก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษ เมื่อเกิดการรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ น้ำมันจะกระจายลอยอยู่บนผิวน้ำ บางส่วนถูกพัดเข้าฝั่ง ผลกระทบที่เกิดขึ้นทำความเสียหายทั้งต่อระบบนิเวศน์ และเศรษฐกิจ (พุทธิพร ชลสาคร . 2542 : 75) นอกจากนี้ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพก็มีส่วนในการก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ดังที่ วิชัย เทียนน้อย กล่าวว่า มลพิษทางน้ำที่เกิดจากธรรมชาติจะไม่รุนแรงมากนัก เช่น น้ำฝนได้ชะล้างมูลสัตว์หรือ ซากพืชซากสัตว์ที่ตายลงสู่แหล่งน้ำ การเกิดภัยการของดินทำให้น้ำขุ่นขึ้น เป็นต้น (วิชัย เทียนน้อย.ม.ป.ป.:94)

จะเห็นได้ว่าน้ำเสียจากแหล่งอื่นมีอยู่จำนวนมาก ส่วนมากจึงถูกมองข้ามไป ทั้งนี้บริเวณรอบหนองหานนอกจากจะมีชุมชนอยู่อย่างหนาแน่นแล้ว ยังมีเทือกเขาที่เป็นหินทราย เทือกเขาภูพานโอบล้อม และจากลักษณะภูมิประเทศ ที่เป็นแอ่งน้ำ น้ำที่ไหลลงสู่หนองหานจึงมาจากทุกทิศทุกทาง น้ำจึงมีการปนเปื้อนทั้งจากการกระทำของมนุษย์และจากธรรมชาติ อย่างหลีกเลี่ยงมิได้ นอกจากนี้มลพิษยังเกิดจากในตัวหนองหานเอง เนื่องจากมีพืชและสัตว์น้ำอยู่เป็นจำนวนมาก การทับถมจากซากพืชน้ำทำให้หนองหานตื้นเขินอย่างรวดเร็วยังมีผลต่อระบบอื่นๆในแหล่งน้ำอีกด้วย

จากที่กล่าวมาแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปจะมีสิ่งเจือปนในน้ำตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่ แต่เนื่องจากความเจริญของเทคโนโลยีและการขยายตัวของชุมชนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้นรวมถึงขาดการควบคุมป้องกันที่ดี จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญจะมาจากแหล่งชุมชน เพราะการขยายตัวของประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ความสนใจของประชาชนในการบำรุงรักษาสภาพแวดล้อมให้มีความสมบูรณ์ ยังกระจายไม่ทั่วถึง แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำจึงมีอยู่ในทุกพื้นที่ สำหรับหนองหานซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่หลายหมื่นไร่ มีชุมชน ประชาชนอาศัยอยู่กระจายโดยรอบ มลพิษจึง ไหลลงสู่หนองหานได้มาก การได้รับความร่วมมือจากประชาชนจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้มลพิษไหลลงสู่หนองหานลดลง โดยที่ทางหน่วยงานทั้งรัฐบาลและเอกชนจะร่วมกันเป็นแรงสนับสนุนที่ดี

1. ลักษณะทางภูมิศาสตร์กับความแตกต่างของมลพิษทางน้ำ

หนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีลำน้ำจากทุกทิศทุกทางไหลเข้าสู่หนองหานและมีทางระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียว จากลักษณะภูมิประเทศรอบหนองหานที่แตกต่างกัน รวมถึงลักษณะภายในของหนองหาน ย่อมทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณที่ทำการสำรวจถึงความเข้มข้นของมลพิษ ความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปรของมลพิษในหนองหาน จึงมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีปัจจัยมาจาก ลักษณะภูมิประเทศทั้งภายในและ

ภายนอกของหนองหาน การใช้ที่ดินบริเวณรอบหนอง ฤดูกาล กระแสลม รูปร่างและความลึกของหนองหาน ล้วนมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น วรวิทย์ ชีวาพร ได้กล่าวว่า ในการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ คือ การเก็บข้อมูลพื้นฐานของปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการแพร่กระจายของสารพิษ ในปัจจุบันว่าอยู่ขั้นใด เช่น ข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น ความลึก การหมุนเวียนของกระแสน้ำ ข้อมูลพื้นฐานทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดเบส ปริมาณแร่ธาตุอาหารพิษ ข้อมูลเหล่านี้ จะใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่จะเก็บได้ในอนาคต ดังนั้นการเก็บข้อมูลจะต้องทำโดยละเอียด เพื่อให้ทราบถึงการแปรผันตามฤดูกาลด้วย โดยส่วนมากใช้เวลาสำรวจตั้งแต่ 2-10 ปี แล้วจึงทำการประเมิน ทั้งนี้จะต้องมีการตรวจสอบอยู่เสมอว่ามลพิษหรือปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมชนิดใด มีแนวโน้มจะเปลี่ยนแปลงและก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เพื่อการป้องกันและแก้ไข (วรวิทย์ ชีวาพร.ม.ป.ป.: 75-76) ดังนั้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปร ของน้ำจึงมีหลายประการ จากการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ สรุปได้ว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพบางประการตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในภาคใต้ตอนล่าง

ความขุ่นของน้ำ มีการผันแปรแตกต่างกันไปตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณและความหนักเบาของฝน การผันแปรค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในรอบปี พบว่ามีแนวโน้ม ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน และเดือนมกราคม (ฤดูหนาว) และมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม และเดือนกันยายน (ฤดูฝน)

ความเป็นกรดเป็นเบส มีการผันแปรแตกต่างกันน้อยมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเบสอยู่ระหว่าง 6.1-6.8 การผันแปรค่าเฉลี่ย ความเป็นกรดเบส พบว่า มีแนวโน้มสูงสุดในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน มีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม

ความนำไฟฟ้า มีการผันแปรแตกต่างกันตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 65.5-162.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ การผันแปรค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าพบว่ามีแนวโน้มสูงสุดในเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) มีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนกันยายน (ฤดูฝน)

ออกซิเจนละลาย มีการผันแปรแตกต่างกันตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายระหว่าง 3.8-7.0 มก./ล. และมีการผันแปรสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน(ฤดูหนาว) และต่ำสุดในเดือนมีนาคม(ฤดูร้อน)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีการผันแปรตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการใช้ที่ดิน อย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดระหว่าง 99.5-184.7 มก./ล. และมีการผันแปรสูงสุดในเดือนพฤษภาคม(ฤดูฝน) และต่ำสุดในเดือนมีนาคม(ฤดูร้อน) (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ.

2535:113-116) สอดคล้องกับการศึกษาของ อวยพร แสงเทียน ที่กล่าวว่า อิทธิพลภูมิกายภาพ ลุ่มน้ำ ต่อคุณภาพน้ำในเขตพื้นที่อนุรักษ์ สรุปได้ดังนี้

ความนำไฟฟ้า ในลุ่มน้ำหินปูนมีค่าเฉลี่ย 416.89 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน เป็น เพราะหินปูนมีส่วนประกอบเป็นพวก คาร์บอเนตที่ง่ายต่อการละลายน้ำ ทำให้การนำไฟฟ้าซึ่งเป็นความสามารถในการให้กระแสไฟฟ้าผ่าน โดยจะผันแปรตามความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ในน้ำ

ไนเตรท-ไนโตรเจน ในลุ่มน้ำหินทรายมีค่าเฉลี่ยสูง 781 มก./ล. ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน เพราะในลุ่มน้ำหินทรายจะมีปริมาณ การชะล้างธาตุอาหารมาก ประกอบกับพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำนี้มีปริมาณน้อยทำให้ธาตุอาหารขาดความสมดุลในระบบ รวมทั้งมีการเตรียมพื้นที่โดยการเผา และก่อนเก็บตัวอย่างน้ำมีฝนตกหนัก มีผลทำให้การชะล้างธาตุอาหารออกนอกลุ่มน้ำมากยิ่งขึ้น

ความขุ่น ในลุ่มน้ำหินทรายมีปริมาณความขุ่นมากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่มีสารแขวนลอยในน้ำมาก ซึ่งลุ่มน้ำหินทรายมีปริมาณการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ อีกทั้งในพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง กิจกรรมในลุ่มน้ำจึงส่งผลทำให้ค่าความขุ่นสูง

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ในลุ่มน้ำหินทรายมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุด เนื่องจาก ในพื้นที่หินทรายมีการชะล้างสูงที่สุด

ความเป็นกรดเบส ในพื้นที่ที่มีการเกษตรกรรมค่าความเป็นกรดเบสจะมีค่าสูง และความเป็นกรดเบสจะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนด้วย

แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในลุ่มน้ำหินทรายจะมีปริมาณสูง โดยมีการผันแปรตามการใช้ประโยชน์ของสัตว์เลื้อยคลานที่ใช้น้ำ ปริมาณธาตุอาหาร และอุณหภูมิของน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ มนุษย์ เมื่อมีจำนวนมาก ทำให้ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม จะมีปริมาณมากขึ้นด้วย (อวยพร แสงเทียน.2536:46-78)

นอกจากนี้ วรวิทย์ ชีวาพร ได้กล่าวว่า ความเข้มข้นหรือปริมาณของฟอสฟอรัส ในแหล่งน้ำจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสิ่งควบคุม 4 ประการ คือ

1. รูปร่างของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่ มีปริมาตรมาก จะมีโอกาสที่จะเจือจางได้มาก ฟอสฟอรัสละลายอยู่ได้น้อย
2. ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ที่มีหินฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นสูง
3. ระยะใกล้หรือไกลจากแหล่งน้ำที่มีน้ำโสโครกหรือสารอินทรีย์ ถ้าแหล่งน้ำอยู่ใกล้ลำน้ำล้นผิวดินอาจนำพาฟอสฟอรัส ลงมาในแหล่งน้ำได้มาก ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจึงสูงขึ้น

4. ความสามารถในการย่อยสลายของฟอสเฟตอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ซึ่งอาจทำให้มีการตกตะกอนของฟอสฟอรัสออกไปจากน้ำได้ ซึ่งจะสะสมที่พื้นดินแทน(วรวิทย์ ชีวาพร. ม.ป.ป.:38)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าความแตกต่าง การกระจายและความผันแปรของดัชนี บ่งชี้คุณภาพน้ำมีหลายประการ อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมได้กล่าวว่า การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของน้ำเสียที่ระบายลงสู่หนองหาน จะมีอิทธิพลมาจาก

- การเคลื่อนที่โดยวิธีการแพร่กระจาย ซึ่งจะเกิดทุกทิศทาง
- การเคลื่อนที่และการกวนผสมเนื่องจากแรงลม ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ที่มีความลึก

0-1.0 ม. จากผิวน้ำ ซึ่งมีอิทธิพลมาก 2 ทิศทาง ในแนวราบ

- การเคลื่อนที่กวนผสม เนื่องจากเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ระดับผิวน้ำกับด้านล่าง ซึ่งจะมีอิทธิพลมากในแนวตั้ง (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2538:3-36)

นอกจากนี้ จากการรายงานของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สรุปได้ว่า คุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ด ระยะเวลาหลังการลดระดับน้ำเพื่อการปรับปรุง และระหว่างการเก็บกักน้ำ พบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำไม่อาจสรุปได้แน่นอน เพราะค่าของคุณภาพน้ำก่อนยังมีการผันแปรตามระยะเวลา และฤดูกาลที่เก็บตลอดจน วิธีการวิเคราะห์ และปัจจัยอื่นๆ แต่มีแนวโน้มว่า ค่าความเป็นกรดเบส มีการเปลี่ยนแปลงจากที่เป็นด่างอ่อนๆ มาสู่สภาพความเป็นกรดอ่อน ค่าออกซิเจนละลาย มีปริมาณลดลง 6-7 มก./ล. ยกเว้น บริเวณเขื่อนกันน้ำ ซึ่งคาดว่าจะยังมีขบวนการย่อยสลายเศษพืชดั้งเดิมก่อนน้ำท่วม ค่าความเป็นด่าง มีค่าลดลงจากที่สูงกว่า 100 มก./ล. มาเป็นประมาณ 70-80 มก./ล. ค่าฟอสเฟตและไนเตรท มีค่าลดลงและ ค่าความกระด้างใกล้เคียงของเดิม สรุป ในสถานการณ์ ปัจจุบันที่มีการบูรณะบึงบอระเพ็ดและมีการเก็บกักน้ำ จนมีสภาพตามเดิม คุณภาพของน้ำยังคงมีลักษณะใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำเดิมก่อนมีการบูรณะ(คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์.2537:3-8)

เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำที่กว้างใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่หลายหมื่นไร่ อีกทั้งลักษณะภายในตัวหนองเป็นแอ่งกระทะ ปัจจัยต่างๆที่ก่อให้เกิดความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปรของมลพิษทางน้ำในหนองหานแต่ละจุดเก็บจึงมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของจุดนั้นๆ การใช้ที่ดิน รวมถึงฤดูกาล ที่ทำการศึกษาด้วย

5. สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน

หนองหานเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของจังหวัดสกลนคร การใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบหนองหานจึงมีความเข้มข้น ทั้งในเรื่องการตั้งถิ่นฐานเป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ รวมถึงการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะการเกษตรกรรม (การทำนาข้าว) ดังที่กรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า การเพิ่มของประชากร และ กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ในด้านการอุปโภค พร้อมกับระบายของเสียที่เกิดออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่น้อย ทำให้เกิดการแพร่กระจาย และการปนเปื้อนของของเสียในสิ่งแวดล้อมในอัตราที่สูงเพิ่มขึ้น สารมลพิษจึงเกิดการแพร่กระจาย และเกิดการกระจาย และ สะสมในสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ.ม.ป.ป.:12) หนองหาน อยู่ในแอ่งสกลนครที่มีภูเขาภูพานโอบล้อม ทำให้แม่น้ำลำคลองหลายสายสามารถไหลลงมารวมกันได้ในทุกทิศทุกทาง คุณภาพน้ำหนองหาน จึงเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีทั้งน้ำดีและน้ำเสียไหลลงหนองหานจากพื้นที่โดยรอบ การระบายน้ำ ในหนองหานมีประตูระบายน้ำออกที่มีขนาดเล็กทำให้น้ำในหนองหานเกิดการไหลเวียนไม่สะดวก จากการเก็บตัวอย่างน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ทั้ง 7 จุด เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ ในแต่ละจุดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพของภูมิประเทศ, การใช้ที่ดิน, ความลึก, ฤดูกาล, ความใกล้-ไกล จากแหล่งกำเนิดมลพิษ, ชนิดของสารพิษที่มีความสามารถในการละลายน้ำ, ความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ และวัฒนธรรม มีผลต่อการกระจายตัวของมลพิษทางน้ำ รวมถึงฤดูกาล และตัวแปรของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ, ความกดอากาศ, ออกซิเจน, ค่าความเป็นกรดเบส ตัวแปรเหล่านี้จึงมีผลต่อความแตกต่าง การกระจาย ความผันแปร ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน ซึ่งความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ในการศึกษาครั้งนี้ จึงนำเสนอโดยการแยกออกเป็น ค่าดัชนีของมลพิษ ดังต่อไปนี้

5.1 ความเป็นกรดเป็นเบส (Positive Potential of Hydrogen Ions , pH)

ปริมาณความเข้มข้นของสภาพความเป็นกรดเบสในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งในเรื่องระยะเวลา อุณหภูมิ ฤดูกาล ฯลฯ ดังที่ สุดสาคร พุกงามได้กล่าวว่า ความเป็นกรดเบส หรือ pH (Positive Potential of Hydrogen Ions) เป็นค่าที่แสดงว่าน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส ระดับความเป็นกรดเบส มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 โดย pH 7 มีค่าเป็นกลาง หาก pH มีค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำมีสภาพเป็นกรดแต่ถ้า pH มีค่าสูงกว่า 7 ขึ้นไป แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นเบส ค่า pH ของแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 9 ความแตกต่างของค่า pH ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและลักษณะสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะพื้นดิน และหิน ปริมาณน้ำฝน การใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำ pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำนั้นๆ ถ้าค่า pH มีระดับที่ต่ำมากเช่น ต่ำกว่า 4.5 จะทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี หากค่า pH ของน้ำมีค่าต่ำหรือสูงเกินไปจะไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์

น้ำได้ (สุตสาคร พุทฺกาม.2541:9) โรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดปล่อยน้ำเสียที่มีความเป็นกรดเป็นเบสสูง ดังที่ รวีวรรณ ชินะตระกูลได้สรุปว่า กรดหรือเบสปรากฏอยู่ในน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเคมี และโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น โรงงานย้อมผ้า โรงงานสุรา โรงงานผลิตเคมีภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เคมี ยาง พลาสติก เป็นต้น (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2540:19)

สำนักงานสิ่งแวดล้อม ชี้ให้เห็นว่าโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทจะมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำเปลี่ยนไปจากธรรมชาติได้มาก และทำให้เกิดน้ำเสียขึ้นได้ ความเป็นกรดเบสของน้ำในบริเวณที่ได้รับการปนเปื้อนโดยตรงจากสิ่งขับถ่ายมีแนวโน้มลดต่ำลง เพราะเกิดการอินทรีย์จากการย่อยสลายของแบคทีเรีย (สำนักงานสิ่งแวดล้อม.ม.ป.ป.) นอกจากนี้ ชีรศักดิ์ บุญชูดวง ยังได้สรุปว่า น้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ผสมเกษตรกรรม ความเป็นกรดเบสประมาณ 7.0 โดยค่าจะสูงขึ้นในฤดูฝนและลดลงในฤดูแล้ง ทั้งนี้ อาจจะเนื่องมาจากถูกปะปนโดยกรดหรือเบสในน้ำทั้งจากชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม (ชีรศักดิ์ บุญชูดวง : 2526, อ้างอิงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่3. 2543:4-6)

จากรายงานข้างต้น เห็นได้ว่าสภาพภูมิศาสตร์ ความเป็นกรดเป็นเบสของมลพิษทางน้ำ มีหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจาย ความแตกต่างและความผันแปร ความเป็นกรดเบสในน้ำบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกที่ต่างกันก็มีค่าที่แตกต่างกัน

5.2 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นมีผลต่อความผันแปรของคุณภาพน้ำ สารต่างๆที่ทำให้เกิดความขุ่นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพของน้ำ สุตสาคร พุทฺกามกล่าวถึงความขุ่นว่า ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่า น้ำมีสารแขวนลอย (suspended and colloid matter) อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวาง ไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปได้ลึก สารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับแสงเอาไว้ ดังนั้นการวัดความขุ่นของน้ำจึงเป็นการวัดความเข้มข้นของแสงที่ลดลง เนื่องจากสารแขวนลอย ดังกล่าว สิ่งที่ทำให้เกิดความขุ่น ได้แก่ ดินละอียด สารอินทรีย์ อนินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กซึ่งมีขนาดระหว่าง 1-10 ไมครอน ปรากฏอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น ความขุ่น มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะน้ำผิวดินจะดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงกว่าปกติ และยังมีผลต่อปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำ โดยที่น้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่มากจะสามารถรับปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าน้ำที่ใสกว่า (สุตสาคร พุทฺกาม.2541:7) สอดคล้องกับ อานอบ คันทะชา ที่กล่าวว่า ความขุ่นเกิดจากการที่น้ำมีของแข็งลอยอยู่ในน้ำ ทำให้มีลักษณะขุ่น คุณภาพน้ำเสียมักเกิดจากโคลน น้ำทิ้ง แบคทีเรีย และของแข็ง อาจปนอยู่ในรูปสารแขวนลอย สารอินทรีย์ อนินทรีย์ (อานอบ คันทะชา.2540: 15) จากการรายงานของกรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า สภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขา ที่ราบสูง การบุกรุกพื้นที่ป่าธรรมชาติ และการทำเกษตรบนที่สูง ทำให้เกิดการพัฒนาตะกอนดินลงสู่ลำน้ำ

เพิ่มความขุ่นในน้ำมากขึ้น อาจทำให้เป็นอุปสรรคต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และเกิดผลกระทบต่อการกระบวนการผลิตน้ำประปา (กรมควบคุมมลพิษ.2542:4) ค่าของความขุ่น นิยมแสดงในรูปของหน่วย (Unit) หมายถึง ระดับความลึกของน้ำที่สามารถมองเห็นแสงสว่างจากแสงเทียนมาตรฐาน น้ำที่ใสมีความขุ่นไม่เกิน 25 หน่วย น้ำขุ่นปานกลาง มีความขุ่นระหว่าง 25-100 หน่วย และน้ำที่มีความขุ่นมากมีความขุ่นเกิน 100 หน่วยขึ้นไป ความขุ่นที่ทำให้สัตว์น้ำถึงแก่ชีวิตต้องมีมากกว่า 20,000 หน่วยขึ้นไป (ประเทือง เชาววันกลาง.2534:15) นอกจากนี้ ณรงค์ ณ เชียงใหม่ กล่าวว่า ความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- พื้นที่ท้องน้ำ (bed stream) คือ พื้นที่ของแหล่งน้ำซึ่งไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำคลอง ฯลฯ ชนิดของพื้นที่ท้องน้ำนั้นอาจเป็น ดินเหนียว ทราย โคลน กรวด ซึ่งแต่ละชนิดจะทำให้ความขุ่นไม่เหมือนกัน มากน้อยต่างกัน น้ำที่มีพื้นที่ท้องน้ำเป็นดินเหนียว โคลน จะมีความขุ่นมากกว่าน้ำที่มีพื้นที่ท้องน้ำเป็นทรายและกรวด

- ความเร็วของน้ำ (velocity of water) ความเร็วของน้ำมีอิทธิพลต่อความขุ่นของน้ำ เพราะน้ำที่ไหลเร็วและแรงนั้น พวกอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่เป็นสาเหตุของความขุ่นสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำตลอดเวลา ส่วนน้ำที่มีการไหลช้าๆ จะทำให้พวกอนุภาคแขวนลอยที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเกิดการตกตะกอนโดยธรรมชาติ ซึ่งทำให้ความขุ่นของน้ำลดลง

- การใช้พื้นดินต้นน้ำลำธาร (use of land upstream) ในกรณีที่น้ำไหลผ่านบริเวณที่เป็นทุ่งนา ป่าเขาตามธรรมชาติ น้ำจะมีความขุ่นพอสมควร แต่ถ้าน้ำไหลผ่านบริเวณแหล่งเกษตรกรรม เหมืองแร่ โรงงานอุตสาหกรรม หรือผ่านชุมชนหนาแน่นน้ำจะยังมีความขุ่นสูง

- การย่อยสลายของพืช (decomposed vegetation) ความขุ่นของน้ำ อาจเกิดขึ้นจากการเน่าเปื่อยของพืชผักต่างๆ ในน้ำจึงทำให้น้ำมีความขุ่นเพิ่มมากขึ้นกว่าธรรมดา

- อุณหภูมิ (temperature) น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นมากขึ้น และจะมีความหนืดสูงขึ้นด้วย ทำให้อนุภาคแขวนลอยในน้ำตกตะกอนได้ยากน้ำจึงมีความขุ่นสูงขึ้น (ณรงค์ ณ เชียงใหม่ : 2525 อ้างอิงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 .2543:4-4)

ความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยความขุ่นของน้ำมีผลต่อคุณภาพของน้ำเป็นอย่างมาก สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษจึงขึ้นอยู่กับระยะทางความใกล้ไกลจากแหล่งกำเนิด เนื่องจากอนุภาคแขวนลอยบางประเภทสามารถตกตะกอนได้ตามธรรมชาติ บริเวณริมฝั่งรอบหนองหานเนื่องจากเป็นแหล่งชุมชนและแหล่งเกษตรกรรม ความขุ่นจึงน่าจะมีมากกว่าบริเวณภายในหนองหาน

5.3 ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าความนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามสิ่งแวดล้อมที่น้ำนั้นอยู่หรือไหลผ่าน รวมถึงสารประกอบต่างๆ เนื่องจากน้ำที่ไหลลงสู่หนองหานมาจากบริเวณพื้นที่โดยรอบ และการใช้ที่ดินที่มีความแตกต่างกัน ประเทือง เชาววันกลาง ให้ความเห็นว่า ความนำไฟฟ้าเป็นการวัด

ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านคุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิที่ทำการวัด สารต่างๆ ที่ให้อิออนแก่กันได้แก่ สารประกอบอนินทรีย์สาร เช่น กรดอนินทรีย์ เกลือและเบส ความนำไฟฟ้านิยมวัดออกมาในรูปอัตราส่วนของความต้านทาน โดยหน่วยเป็น ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร (Microsiemen /centimeter หรือ $\mu\text{s/cm}$) วัดที่อุณหภูมิ 25 °C อุณหภูมิมีผลต่อการแตกตัวของไอออน อุณหภูมิสูงขึ้นค่าการแตกตัวจะมากขึ้น ความนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ประโยชน์ของค่าความนำไฟฟ้าคือ เป็นเครื่องแสดงความเข้มข้นของแร่ธาตุ หรือสารประกอบ หรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solid , TDS) ค่าความนำไฟฟ้า 1,500 $\mu\text{s/cm}$ จะเท่ากับ 1,000 ppm TDS อย่างไรก็ตามค่าความนำไฟฟ้าไม่ได้แสดงให้เห็นถึงชนิดของสารในน้ำ เพียงแต่แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ค่าความนำไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนและเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ในแหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่งจะมีค่าความนำไฟฟ้า ที่ค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ทำให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล หากมีการเปลี่ยนแปลงเร็วเกินไปแสดงว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150 – 300 $\mu\text{s/cm}$ หรือประมาณ 100-200 ppm TDS ถ้าใน แหล่งน้ำธรรมชาติมีค่ามากกว่านี้จะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการบริโภค การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ โดยทำให้โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้นๆเปลี่ยนแปลงไป สรุปว่า ค่าความนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) รวมทั้งความเค็มของน้ำด้วย (ประเทือง เชาวน์กลาง.2534:17) ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะแตกต่างกันไปตามระยะทางของน้ำ ตลอดจน อิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้แก่ ลักษณะทางเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน กระบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำและทะเลเนื่องจากในระยะยาวที่เพิ่มขึ้น น้ำจะชะล้างสารต่างๆ ซึ่งเกิดจากธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์สะสมเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ : 2528 อ้างอิงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่3.2543:4-5)

ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีค่าความนำไฟฟ้าเสมอแต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสารที่แตกตัวได้ในน้ำ เนื่องจากในหนองหานมีบริเวณกว้าง ความเข้มข้นของสารประกอบในน้ำแต่ละบริเวณก็มีความแตกต่างกันด้วย ค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละที่จึงมีค่าแตกต่างกันโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ จะมีค่าความนำไฟฟ้าสูง

5.4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen , DO)

ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำ และออกซิเจนในน้ำมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของสารบางชนิดด้วย ดังที่วีระ ศรีสนธิ์

ได้กล่าวว่า การแพร่กระจายออกซิเจนจะผันแปรไปตามความลึก การย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่ก้นหนอง ทำให้ปริมาณออกซิเจนก้นหนองน้อยลง (วีระ ศรีสนธิ์ .2527:34) เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมากและยังเป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำด้วย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในระยะเวลาใดเวลาหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ความกดอากาศที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำมากขึ้น และการที่น้ำมีความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต.ม.ป.ป.:41) สอดคล้องกับการสรุปของ ประเทือง เชาวน์กลาง จาก เวียง เชื้อโพธิ์หัก ที่กล่าวว่า ถ้าออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 0° C และ 7.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 35° C ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ เมื่อความกดอากาศเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการละลายน้ำจะเปลี่ยนแปลงด้วย คือถ้าระดับความสูงเพิ่มขึ้น อัตราการละลายน้ำของออกซิเจนจะลดลง ความเค็มเพิ่มขึ้นออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลงที่อุณหภูมิระหว่าง 20 และ 35° C ออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้นทุกๆ 210 มิลลิกรัมต่อลิตร (เวียง เชื้อโพธิ์หัก .2534:43)

การที่ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีความสำคัญต่อการย่อยสลายสิ่งโสโครกในน้ำมาก เนื่องจากความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลง ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในแหล่งน้ำ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการย่อยสลายสิ่งโสโครก เห็นได้จากการเน่าเหม็นของแม่น้ำหลายสายในฤดูร้อน (วรวิทย์ ชีวาพร. ม.ป.ป.:15) ในความเห็นของ มิ่งสรรพ ขาวสะอาด กล่าวถึงปริมาณการละลายของออกซิเจน สรุปว่า ดีโอเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นค่าที่ชี้บอกคุณภาพในแหล่งน้ำนั้นๆ คือถ้าน้ำมีค่า ดีโอมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานจะเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี แต่ถ้าน้ำมีค่าดีโอน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าน้ำมีคุณภาพไม่ดี (มิ่งสรรพ ขาวสะอาด .2538:129) และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความกดดันของอากาศในบรรยากาศ และความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ(สำนักงานสิ่งแวดล้อม. 2543:4-7)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำกับสภาพทางภูมิศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในหลายตัวแปร การศึกษาถึงความแตกต่าง การกระจาย ความผันแปรจึงขึ้นอยู่กับสภาวะในการตรวจวัดคุณภาพของน้ำ จากการที่หนองหานมีประชากรพืชน้ำอยู่มาก ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงมีความแตกต่างกันมากระหว่างช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแบคทีเรียในน้ำ และ ความลึกของหนองหานในแต่ละจุดสำรวจ ทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แต่ละจุดเก็บมีค่าแตกต่างกัน

5.5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand :BOD)

ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ หรือ BOD กรมควบคุมมลพิษ สรุปไว้ว่า หมายถึงปริมาณ ออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้ภาวะของออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 วันซึ่งใช้เป็นการตรวจวัดระดับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำนั้นๆ (กรมควบคุมมลพิษ.2540: 2-350) นอกจากนี้ วรวิทย์ ชีวาพร กล่าวไว้ว่า ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้หรือความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่หาได้โดยใช้กระบวนการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ค่าบีโอดีเป็นลักษณะของน้ำทิ้งที่สำคัญที่สุด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ในการกำจัดน้ำทิ้งประเภทอินทรีย์และในการควบคุมปัญหาน้ำเสีย น้ำในลำน้ำหากมีค่าบีโอดีสูงเกินกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจะเน่าเสียเพราะจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในน้ำจนหมด (วรวิทย์ ชีวาพร.ม.ป.ป.:19) สอดคล้องกับคำกล่าวของกระทรวงมหาดไทยที่ว่า จุลินทรีย์ตามธรรมชาติ จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ โดยใช้ออกซิเจนเป็นพลังงาน และเมื่อออกซิเจนหมดไปจึงทำให้แหล่งน้ำเน่าเหม็นและมีสีดำ(กระทรวงมหาดไทย.1994:66) และ มิ่งสรรพ ขาวสะอาด ที่กล่าวว่า บีโอดี เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นค่าที่ชี้บอกถึงความสามารถของน้ำเสียนั้นมีมากน้อยเพียงใด คือ ถ้าน้ำมีค่าบีโอดีมากนั้นคือมีความต้องการออกซิเจนมาก แสดงว่าน้ำมีความสกปรกมาก (มิ่งสรรพ ขาวสะอาด.2538:129) นอกจากนี้ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้สรุปจาก การณิการ์ สิริสิงห์(2522) ว่า อัตราของปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวเคมีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ โดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงในช่วงอุณหภูมิ 10-30 องศาเซลเซียส และปฏิกิริยาจะเท่ากับศูนย์เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส ผลของการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 24 - 35 องศาเซลเซียส จะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นโดยจุลินทรีย์ในสภาพใช้ออกซิเจน ผลของอุณหภูมิในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาของพวกจุลินทรีย์จะสูง และจะลดปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิน้อยกว่าหรือมากกว่าที่กล่าว ซึ่งตรงกับอัตราความเร็วของปฏิกิริยาชีวเคมีจะเพิ่มตามอุณหภูมิ จนถึง 30 องศาเซลเซียส และถ้าเพิ่มสูงขึ้นไปอีกจะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาลดลง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 . 2543 : 4-10) ความแตกต่างของความต้องการออกซิเจนจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำด้วย

ดังนั้นสรุปได้ว่าการศึกษาบีโอดีจะทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำ เนื่องจากถ้าในน้ำมีแบคทีเรียมากความต้องการออกซิเจนในน้ำจะสูงขึ้นตามไปด้วย ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานแต่ละบริเวณ จึงมีค่าแตกต่างกันไปตามปริมาณแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ ณ ขณะนั้น ค่าบีโอดีจะมากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาในการเก็บน้ำตัวอย่างน้ำ และระยะทาง ความใกล้ ไกลจากแหล่งสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของแบคทีเรีย

5.6 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria : FCB)

โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีหลายชนิด โดยส่วนใหญ่จะปนเปื้อนอยู่ในมูลสัตว์เลื้อยคืบ พงา ผลประพติ กล่าวว่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ที่ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี มีอยู่ในอุจจาระประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ 5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าพบเกิน 10 MPN/100 ml ไม่ควรใช้เป็นน้ำดื่ม ถ้าเกิน 10,000 MPN/100 ml ไม่ควรใช้ทำน้ำประปา และถ้าเกิน 25,000 MPN/100 ml ไม่ควรลงไปอาบน้ำในแหล่งน้ำ และปริมาณของแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะพบมากหรือน้อย พงา ผลประพติสรุปได้ว่า ขึ้นอยู่กับปริมาณครั้งแรกของแหล่งน้ำว่ามีจุลินทรีย์ปะปนอยู่เท่าไร ความสามารถในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต เพิ่มจำนวน ทั้งนี้จำนวนที่เพิ่มขึ้นอยู่กับ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ pH สารอาหารในแหล่งน้ำ ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ ฤดูกาล ชนิดของแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน น้ำผิวดินจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าน้ำใต้ดิน เพราะมีโอกาสในการปนเปื้อนสูง ขณะที่น้ำใต้ดินจะถูกชั้นดินกวดทรายช่วยกรองแบคทีเรียเอาไว้ (พงา ผลประพติ .2536) สอดคล้องกับ นวลทอง เมฆาจารย์ ที่สรุปจากกรมอนามัย โดยให้ความสำคัญกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรีย คือ โรคมักเกิดจากแบคทีเรีย การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยแบคทีเรียเป็นข้อมูลพื้นฐาน แสดงการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำ แสดงถึงความปลอดภัยของน้ำที่ใช้บริโภค ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจาก อุจจาระของคน และสัตว์เลื้อยคืบ แบคทีเรียชนิดนี้สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส ในเวลา 24 ชั่วโมง ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Escherichia* สาเหตุที่ใช้โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย เป็นเครื่องชี้บอกการปนเปื้อนของน้ำทางแบคทีเรียเนื่องจากโรคระบาดต่างๆ เช่น อุจจาระร่วง และอหิวาตกโรค ส่วนมากมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิด *Enteric Pathogens Bacteria* เหล่านี้มักยากต่อการตรวจวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำแต่พบว่า ที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียมักตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สามารถมีชีวิตอยู่รอดและทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดีกว่าพวก *Enteric Pathogens* จึงง่ายและสะดวกที่จะนำมาตรวจวิเคราะห์ (นวลทอง เมฆาจารย์.2540:14)

นอกจากนี้ระวีวรรณ งามศิริ ได้กล่าวว่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน เนื่องจากความสอดคล้องกับการผันแปรของปริมาณแบคทีเรีย กล่าวคือฝนจะทำให้ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้น การชะล้างแบคทีเรียที่ปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นในฤดูแล้งปริมาณ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะน้อยลง (ระวีวรรณ งามศิริ. 2538:76) สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 กล่าวว่า การพบ ฟีคัลโคลิฟอร์ม ในปริมาณสูงแสดงได้หลายอย่าง เช่น อาจมาจากโคลน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่าย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3.2543: 4-12) จากที่กล่าวมา แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม จะมากหรือน้อยนั้นปัจจัยที่สำคัญมาจากการเคลื่อนย้ายของสิ่งปฏิกูลโดยมีน้ำเป็นตัวนำพา ในฤดูฝนจะมีปริมาณมาก เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น และ

ภายในจังหวัดสกลนครมีระบบการจัดระบบสาธารณสุขไม่มีความชัดเจน รวมถึงการจัดตั้ง
โรงพยาบาลน้ำเสียที่คูหมากเสือ ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในหนองหานจึงมีค่าลดลง

5.7 ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ดังที่ เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต
กล่าวว่า ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำมากเพราะเป็นส่วนประกอบของ
สารอินทรีย์หลายชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ สารประกอบไนโตรเจน
จึงเป็นสิ่งจำกัดอย่างหนึ่งของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต.2536:56)
ประเทือง เชาว์วันกลาง กล่าวว่า อินทรีย์เคมีสารประกอบไนโตรเจนมีหลายรูป เช่น
แอมโมเนีย (NH_3) , ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) สารประกอบพวกนี้อยู่ในรูปปุ๋ย
หรือเกลือปัสสาวะ ไนโตรเจนในหมู่ไนเตรทมักพบในรูปของสารประกอบไฮเดรตไนเตรท หรือ
แคลเซียมไนเตรท เนื่องจาก ไนเตรท มีความสำคัญต่อการเจริญของแพลงตอนพืชและพืชน้ำ
ดังนั้นปริมาณไนเตรทจึงสามารถบอกกำลังผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำได้ ซึ่งแพลงตอน
พืชจะใช้ไนเตรทในการสร้างโปรตีน โดยได้มาจากการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ
จากการชะล้างจะพบไนเตรทปริมาณสูงบริเวณปากอ่าวหรือปากแม่น้ำ นอกจากนี้ ประเทือง
สรุปจากชาญยุทธ์ คงภิมย์ขึ้น ว่า ทางด้านประมง ไนเตรทไม่ถือว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ
โดยตรงนอกเสียจากมีความเข้มข้นสูงมาก แต่จะทำให้เกิดปัญหาทางอ้อมในกรณีที่ ไนเตรทได้
เปลี่ยนสภาพมาจากไนไตรท์ และแอมโมเนีย การบริโภคน้ำที่มีไนเตรทสูง จะก่อให้เกิดอันตราย
ต่อร่างกาย ทำให้เกิดโรคต่อระบบโลหิต เรียกว่า Methemoglobinemia (ประเทือง เชาว์วันกลาง
.ม.ป.ป.) สอดคล้องกับ พจนา ผลประพฤติ ที่ว่า ไนเตรทมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของ
แหล่งน้ำ เนื่องจากพืชสามารถใช้ไนเตรทในการปรุงแต่งอาหารได้ดี โดยทั่วไปน้ำในแหล่ง
น้ำตามธรรมชาติจะมีไนเตรทละลายอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียจะมี
ปริมาณของไนเตรทมากเป็นพิเศษ ทำให้ประชากรพืชน้ำเกิดอย่างรวดเร็ว สัตว์น้ำจึงอาจได้รับ
ผลกระทบจากการลดลงของปริมาณออกซิเจนในเวลากลางคืน (พจนา ผลประพฤติ . 2536)
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 กล่าวว่า ไนเตรทที่มีในแหล่งน้ำมาจากบริเวณพื้นที่ชนบท ได้แก่
ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำฝน การเผาปุ๋ยของซากพืช สารอินทรีย์ในดินและการใช้ปุ๋ย โดยเฉพาะ
น้ำไหลบ่ามีผลต่อการนำพาไนเตรท ความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำผิวดินมักพบในพื้นที่ที่ทำ
การเกษตรกรรมอย่างเข้มข้น ดินที่มีการระบายอากาศได้ดี และมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน
สูง นอกจากนี้ไนเตรทอาจหลุดมาจากดินที่ ถูกชะล้างโดยมักเกิดกับดินที่ไม่มีพืชปกคลุม
และพื้นที่ลาดชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 .2543 :4-8)

น้ำในหนองหานมีค่าไนโตรเจนมาจากแหล่งน้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจาก
เกษตรกรรม เพราะไนเตรทเป็นธาตุอาหารที่อยู่ในสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนและปุ๋ยจากการเกษตร
ซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแหล่งนี้เป็นน้ำเสียที่ไหลลงสู่หนองหานในปริมาณที่มาก จากที่กล่าวมา

ข้างต้นจะเห็นได้ว่า สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ภูมิประเทศ ทั้งที่เป็นภูเขา ที่ราบสูง , ภูมิอากาศ , ฤดูกาล , การใช้ที่ดิน เช่น แหล่งชุมชนขนาดใหญ่ บริเวณแหล่งเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การแพร่กระจายของสารมลพิษต่าง ๆ ก็จะมี ความแตกต่างกัน การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละสถานี จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่ ต่างกันด้วย

5.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

สารที่เจือปนอยู่ในน้ำมีทั้งสภาพที่ละลายน้ำได้และเป็นของแข็ง กรมอนามัยกล่าวว่า ปริมาณและชนิดของสารที่ละลายและไม่ละลายน้ำแตกต่างกันไปแต่ละชนิดของของเหลว ในน้ำ บริโภคส่วนใหญ่ของสารอยู่ในรูปของเกลืออนินทรีย์ จะละลายน้ำเป็นส่วนมากมีเพียงจำนวน เล็กน้อยที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ และก๊าซที่ละลายน้ำ ค่า Total Solids ของน้ำบริโภคส่วนมากอยู่ ระหว่าง 20-1,000 มก./ลิตร(กรมอนามัย.2537:80) พจนา ผลประพจน์ ได้กล่าวว่าของแข็งใน น้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ Total Suspended Solids ประกอบด้วย ของแข็งที่ตกตะกอนได้ และของแข็งแขวนลอย ส่วนที่ 2 เป็นของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids) ได้แก่ เกลืออนินทรีย์ต่างๆ และส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ (พจนา ผลประพจน์ . 2538) และ เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต ได้ให้ความหมายไว้ว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเป็นเครื่องชี้ ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่สำคัญอย่างหนึ่ง (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต.2536 : 54 - 55) รวีวรรณ ชินะตระกูล กล่าวว่า ของแข็งในสภาพแขวนลอยที่ถูกปล่อยมากับน้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมจะทำให้เกิดการตกตะกอน หรือถูกพัดพาไปทับถมอยู่ตามริมฝั่ง ทำให้เกิดการ เน่าเปื่อย มีกลิ่นเหม็น ส่วนที่ทับถมอยู่ด้านล่างจะทำให้ลายการแพร่พันธุ์ของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ส่วนที่ยังไม่จมจะเพิ่มความขุ่นให้น้ำมากขึ้น(รวีวรรณ ชินะตระกูล .2540:19) วิลาส พุ่มพิมล ให้ความหมายว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดคือ ปริมาณสารที่เหลือยู่ในภาชนะ หลังการระเหยน้ำ ออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของของแข็ง หรือสารทั้งหมด มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg / l) (วิลาส พุ่มพิมล.2538)

นอกจากนี้สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 กล่าวว่า ของแข็งแขวนลอยจะเปลี่ยนไป ตามชนิดและแหล่งน้ำทั้งตลอดฤดูกาล ของแข็งทั้งหมดในน้ำทั้งจากบ้านเรือนจะมีสารอินทรีย์ มาก ของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับผิวน้ำ มีทั้งพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้สรุปจาก ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ (2528) แสดงให้เห็นว่า สารแขวนลอยมีผลทำให้เกิดความขุ่นและทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง น้ำทิ้งจากชุมชนมีสารแขวนลอยแตกต่างกันไปแต่ละชุมชน โดยทั่วไปพบว่าในจำนวนน้ำทิ้ง 1 ตัน จะมีของแข็งแขวนลอยประมาณ ¼ ปอนด์ การฟอกตัวของแหล่งน้ำทางกายภาพเป็น การลดปริมาณสารแขวนลอย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3.2543:4-6)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับประเภทของน้ำทิ้ง ในแต่ละแหล่งกำเนิดจะมีปริมาณความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดต่างกัน และเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ของแข็งเหล่านี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในน้ำ ดังนั้นสภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จึงพิจารณาถึงระยะทางที่อยู่ใกล้ไกลจากแหล่งกำเนิดด้วย เนื่องจากสารเหล่านี้อาจมีการตกตะกอนในระยะทางที่ต่างกัน การแพร่กระจาย ความแตกต่าง ในแต่ละพื้นที่ จึงไม่เท่ากัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหานแต่ละจุดสำรวจจึงมีค่าแตกต่างกันโดยเฉพาะบริเวณปากลำน้ำพุง สีของน้ำจะมีความขุ่นมาก ตะกอนเหล่านี้มาจากหมู่บ้าน และเทือกเขาภูพาน ความลึกบริเวณนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร สีของน้ำจะขุ่นเป็นสีแดงตะกอนมากขึ้นในช่วงฤดูฝน

5.9 ภาพรวมของสภาพภูมิศาสตร์มลพิษทางน้ำในหนองหาน

กล่าวโดยสรุป หนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่สำคัญต่อจังหวัดสกลนครและจังหวัดใกล้เคียง ดังที่ ลือชัย คุรุช้อย และนพพันธ์ ตาปนานนท์ ได้ศึกษาพบว่าลักษณะการตั้งถิ่นฐานของชุมชนเมืองสกลนคร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปัจจัยสำคัญในการเลือกที่ตั้งจะขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำหนองหานเป็นหลัก(ลือชัย คุรุช้อย.2539:29) เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณค่าทั้งทางด้านอุปโภค บริโภค เป็นแหล่งประมงที่สร้างรายได้ มีการนำน้ำไปผลิตเป็นน้ำประปา รวมถึงเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนที่สำคัญ จากการศึกษาของสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ได้กล่าวว่าหนองหานเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่ 80 ตารางกิโลเมตร มีการควบคุมระดับน้ำโดยประตูระบายน้ำสุรัสวดี คุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี จัดอยู่ในประเภท 2 ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ของมาตรฐานน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล ยกเว้นระยะ 1,000 เมตรจากชายฝั่ง ซึ่งเป็นที่ตั้งของเทศบาลเมืองสกลนคร พบว่ามีการปนเปื้อนสารมลพิษสูงซึ่งเกิดจากการระบายน้ำเสียจากชุมชน (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2538:29)

เมื่อปี 2541 สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข รายงานคุณภาพน้ำที่หนองหานสรุปได้ว่า

1. บริเวณดอนยาง ต.เหล่าขอแดง จัดอยู่ในคุณภาพแหล่งน้ำ ประเภทที่ 4 เกิดจากปริมาณ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่า 6,050 MPN : 100 มิลลิลิตร
2. บริเวณจุดสูบน้ำดิบ สกลนคร จัดอยู่ในคุณภาพแหล่งน้ำประเภทที่ 4 เกิดจากปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่า 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่า 5,820 MPN : 100 มิลลิลิตร
3. บริเวณดอนสวรรค์ ต. ธาตุเชิงชุม จัดอยู่ในคุณภาพแหล่งน้ำประเภทที่ 2 เกิดจากปริมาณออกซิเจนละลาย และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์มีค่า 7.90 และ 1.50

มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณโคลิฟอร์มและ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่า 130 และ 33 MPN : 100 มิลลิลิตร

4. บริเวณปากห้วยโหม่ง จัดอยู่ในคุณภาพแหล่งน้ำประเภทที่ 3 เกิดจากปริมาณ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่า 2,315 MPN : 100 มิลลิลิตร

5. บริเวณประตูระบายน้ำ ต. โคกโก่ง อ. เมือง จ.สกลนคร จัดอยู่ในคุณภาพ แหล่งน้ำประเภทที่4 เกิดจากปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์มีค่า 2.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม.2541:158)

ต่อมาในปี 2542 จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษได้รายงานว่ แหล่งน้ำ ภาคตะวันออกเจียงเหนือ คุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกิดจาก ความขุ่นของลำน้ำ และปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าต่ำเกินไป รวมถึงความเค็มของน้ำในช่วง ฤดูน้ำน้อย การแพร่กระจายของเกลือจากดินเค็มเข้าสู่แหล่งน้ำ(กรมควบคุมมลพิษ.2542:6)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในหนองหานสาเหตุหลัก มาจากการขยายตัวของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของเสียถูกปล่อยลงในหนองหานเป็น จำนวนมาก ดังที่ ลือชัย คุรุฑน้อย ได้กล่าวว่า การตั้งถิ่นฐานบริเวณริมน้ำเมื่อชุมชนมีจำนวน ประชากรเพิ่มขึ้น อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อชุมชน และแหล่งน้ำได้โดยเฉพาะในเรื่องของคุณภาพ น้ำ ชุมชนเมืองที่มีประชากรหนาแน่นมากไม่ควรตั้งถิ่นฐานอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ เนื่องจากโอกาส ที่น้ำเสียจากชุมชนจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ชุมชนเมืองสกลนครในปัจจุบัน บริเวณที่มี ความหนาแน่นจะกระจุกตัวอยู่บริเวณศูนย์กลางเมืองที่เป็นเขตเทศบาลเดิม มีเนื้อที่ 13 ตาราง กิโลเมตร เนื่องจากสภาพพื้นที่ของตัวเมืองสกลนครมีลักษณะคล้ายเกาะบริเวณรอบๆ เป็น ที่ ลุ่ม (ลือชัย คุรุฑน้อย.2539:29)

การตั้งถิ่นฐานจึงมีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาพแวดล้อม ดังที่ ยอดชาย พลหาญ ศึกษา ได้ว่า การตั้งถิ่นฐาน ของประชากรที่อาศัยอยู่ริมหนองหาน ก่อนปี 2530 ประชากรมีการตั้งถิ่น ฐานแบบดั้งเดิม คือ เน้นการคมนาคมสะดวก มีแหล่งน้ำใกล้การเกษตร และบริโภคอย่าง เพียงพอ ใกล้ที่ประกอบอาชีพ ส่วนผู้ประกอบการนอกภาคเกษตร จะไม่เลือกทำเลแต่เลือก ความเหมาะสมกับชนิด ประเภท อาชีพที่ตนดำเนินการ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้สะดวก ต่อการประกอบอาชีพ โดยมากจะอยู่ในแหล่งชุมชน การประกอบอาชีพก่อนปี 2530 – 2541 อาชีพของประชากรส่วนใหญ่ทำการเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนา รองลงมาเป็นการทำ สวนและเลี้ยงปลา อาชีพนอกภาคเกษตรกรรมคือ กิจการร้านค้า ปั่นน้ำมัน โรงงาน สวนอาหาร บ่อตกปลา รีสอร์ท บ้านจัดสรร เครื่องปั้นดินเผา และชำแหละเนื้อสุนัข ปัจจุบันได้มีการนำ เทคโนโลยีมาใช้แทนแรงงานสัตว์และคนมากขึ้น เช่น เครื่องสูบน้ำ รถไถเดินตาม รถเกี่ยวข้าว จึงเปลี่ยนจากการผลิตเพื่อยังชีพเป็นเพื่อการค้า (ยอดชาย พลหาญ.2541:52) และจากการ พัฒนาทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ทำให้พื้นที่บริเวณรอบหนองหานถูกใช้มากขึ้น ความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ การขยายตัวของชุมชนอย่างรวดเร็ว ทำให้หนองหานเกิด

การเสื่อมโทรมลง ดังที่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ได้กล่าวว่า หนองหานอยู่ติดกับตัวเมืองสกลนคร การขยายตัวของชุมชนเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีโรงพยาบาลตั้งอยู่ใกล้หนองหานจะมีระบบบำบัดของเทศบาล แต่คลองระบายน้ำฝนปนน้ำเสียได้ไหลลงหนองหลายทิศทาง นอกจากนี้ ชุมชนขนาดใหญ่หลายแหล่งที่อยู่รอบหนอง และไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนไหลลงสู่หนองหาน (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม .2542:193)

ความเปลี่ยนแปลงของน้ำในหนองหานนอกจากปัจจัยทางด้านสังคม วัฒนธรรมแล้ว ปัจจัยทางกายภาพ จะเป็นตัวส่งเสริมที่สำคัญ ดังที่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมสรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพของหนองหาน จากพื้นที่ผิวน้ำ 46,000 ไร่ มีความลึกเฉลี่ย 2.0 เมตร บริเวณชายฝั่ง จะมีความลึกระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 เมตรทำให้มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเข้ามา ดังนั้น การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของน้ำเสียที่ระบายลงสู่หนองหาน จะมีอิทธิพลมาจากการเคลื่อนที่โดยวิธีการแพร่กระจาย(diffusion) ซึ่งเกิดทุกทิศทุกทาง การเคลื่อนที่ และการกวนผสม เนื่องจากแรงลมซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ที่มีความลึก 0-1.00 เมตร จากผิวน้ำ และการเคลื่อนที่กวนผสม เนื่องจากเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ระดับผิวน้ำกับด้านล่างซึ่งจะมีอิทธิพลมากในแนวตั้ง(สำนักงานและแผนนโยบายสิ่งแวดล้อม.2538:3-36)

จากที่กล่าวมาข้างต้นความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้น เป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องมาจากลักษณะการตั้งถิ่นฐานของชุมชน มักอยู่ริมหนองหานเพื่อความสะดวกในการใช้สอย นอกจากใช้ในการอุปโภค บริโภคแล้ว หนองหานยังเป็นแหล่งรองรับสิ่งสกปรก ของเสียจากชุมชน โดยที่ไม่มีการบำบัดก่อนทิ้งลงสู่หนองหาน หนองหานจึงเสื่อมโทรมลง การศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาความแตกต่างของมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในหนองหาน ความแตกต่างของการกระจายในแต่ละแห่งของจุดสำรวจ และความผันแปรของมลพิษทางน้ำ รวมถึงการคาดการณ์ต่อไปในอนาคตที่จะเกิดขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้เกี่ยวข้องในการวางแผนพัฒนาฟื้นฟูแหล่งน้ำ ที่เป็นแหล่งทรัพยากรสำคัญของจังหวัดสกลนคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

6. การสร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน

การสร้างสมการพยากรณ์ในครั้งนี้ เพื่อต้องการทราบแนวโน้มของมลพิษทางน้ำในหนองหาน เพื่อการจัดการและป้องกันมิให้คุณภาพน้ำในหนองหานมีความเสื่อมโทรมลง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ในการพยากรณ์ จากการศึกษาของประสิทธิ์ โอสมานนท์ ในการพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ ได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) แบบ Stepwise Multiple Regression เพื่อคัดเลือกลักษณะ ธรณีสัณฐานเพื่อเป็นตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุด (ประสิทธิ์ โอสมานนท์ .2522:62) สอดคล้องกับ สุกัญญา วิศาล ที่ใช้วิธี Multiple Regression ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ระหว่างลักษณะการไหลของน้ำกับสัดส่วนของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จากการศึกษาถือได้ว่าเป็นสมการที่สามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนได้ (สุกัญญา วิศาล.2531:24) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่าง ๆ กับอิทธิพลของภูมิกายภาพลุ่มน้ำของอวยพร แสงเทียน ได้ทำการวิเคราะห์จาก ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย ใช้สมการสหสัมพันธ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำกับ ปัจจัยทางกายภาพของลุ่มน้ำ โดยใช้สมการ Regression และวิเคราะห์โดยใช้ Stepwise Regression หาสมการที่มีความสัมพันธ์และเลือกสมการที่เด่นชัดเพื่อพยากรณ์ผลการศึกษา (อวยพร แสงเทียน.2536:16) นอกจากนี้ ถาวร คงแป้น ได้วิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยลุ่มน้ำคลองชะอุ่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise เพื่อคัดเลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เหมาะสม (ถาวร คงแป้น .2535:70)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า สมการการถดถอย (Regression) เป็นสมการที่สามารถใช้คาดการณ์แนวโน้มหรือทิศทางของงานวิจัยที่ศึกษาได้ดี ซึ่ง ขวัญชัย วิเศษสุวรรณ ได้สรุปว่า การใช้สมการถดถอยในการวิจัยงานต่าง ๆ จะทำให้ทราบถึงทิศทางของผลการศึกษาได้ว่าจะเป็นไปในแนวเดียวกัน (ทิศทางบวก) หรือเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (ทิศทางลบ) (ขวัญชัย วิเศษสุวรรณ .2541:69) ในการศึกษาความแตกต่างของมลพิษทางน้ำครั้งนี้ได้ใช้วิธี Analysis of Variance หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Spearman Rank Correlation Coefficient และใช้สมการถดถอยอย่างง่าย Regression Analysis พยากรณ์ปริมาณมลพิษทางน้ำ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ศึกษาจากเอกสารข้อมูลแหล่งต่างๆ ซึ่งมีการดำเนินการศึกษาใน 5 หัวข้อ ดังนี้

1. แหล่งข้อมูล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แหล่งข้อมูล

1. สถิติดัชนีคุณภาพน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 จากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จำนวน 8 ชนิด คือ 1) ความเป็นกรดเป็นเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด

2. สถานีเก็บตัวอย่างน้ำหนองหาน จำนวน 7 สถานี คือ 1) จุดสูบน้ำประปา 2) ปากน้ำพุ 3) ปากลำน้ำก่ำ 4) ดอนพลาญ 5) ดอนแขง 6) ดอนสวรรค์ใหญ่ 7) หน้าระบบบำบัดน้ำเสีย คู่มากเสื่อ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่

1. เอกสาร งานวิจัย ตำรา บทความ และวารสารต่างๆ จากหน่วยงานราชการ
2. แผนที่หนองหาน จากกรมควบคุมมลพิษ
3. แผนที่ L 7017 มาตราส่วน 1 : 50,000 ครอบคลุมพื้นที่หนองหาน จากกรมแผนที่ทหาร
4. แผนที่การใช้ที่ดิน จังหวัดสกลนคร พ.ศ.2535 และ พ.ศ.2544 มาตราส่วน 1 : 50,000 ครอบคลุมพื้นที่หนองหาน จาก กลุ่มวิเคราะห์การใช้ที่ดิน กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3.การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. รวบรวมข้อมูลจากตำรา เอกสารผลงานวิจัยและบทความจากวารสารต่างๆเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นตลอดจนเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา
2. รวบรวมข้อมูลสถิติดัชนีคุณภาพน้ำ จำนวน 7 สถานี โดยเก็บรวบรวมทั้งหมด 8 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2536 - 2543 จากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละสถานีตรวจวัด และแต่ละชนิด ระหว่าง พ.ศ. 2536 - 2543
2. นำข้อมูลทางสถิติ ของดัชนีคุณภาพน้ำ แต่ละชนิด มาทำการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)
3. นำผลที่ได้จากข้อ 2 มาสร้างสมการการพยากรณ์ค่ามลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครเป็นรายชนิด
4. จัดรวบรวมข้อมูลและจัดระเบียบของข้อมูล นำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลผลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน
5. ทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครเป็นรายปีที่ทำการตรวจวัดมลพิษ โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. หาค่าเฉลี่ยของมลพิษทางน้ำได้จากสูตร
$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$
2. หาค่าความแตกต่างโดยใช้ Analysis of Variance เพื่อบอกความแตกต่างของมลพิษทางน้ำ
3. หาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน
$$\left(\frac{SD}{\bar{X}} \right) 100$$
 เพื่อบอกความผันแปรของมลพิษทางน้ำ

4. สร้างสมการพยากรณ์ปริมาณมลพิษทางน้ำด้วยสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) โดยใช้วิธีแบบ Stepwise

$$Y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม (ดัชนีมลพิษทางน้ำตัวที่กำหนด)
 X = ตัวแปรอิสระ (ดัชนีมลพิษทางน้ำที่ใช้ในการตรวจวัด)

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำการศึกษาถึงลักษณะของความแตกต่าง การแพร่กระจาย ความผันแปรของมลพิษทางน้ำในหนองหาน การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการศึกษา เรื่องวิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบคำอธิบาย โดยทำการวิเคราะห์ ดังนี้

- 1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน
- 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของการกระจายของมลพิษทางน้ำ แต่ละชนิดในหนองหาน
- 3 การวิเคราะห์ความแตกต่างในความผันแปรของมลพิษทางน้ำ แต่ละชนิดในหนองหาน
- 4 สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหานรายชนิด

ในการศึกษาค่าความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิด ได้ใช้ตัวแปรทั้งหมด จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1) ความเป็นกรดเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนโตรเจนไนโตรเจน และ 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยทำการศึกษาทุกตัวแปรและทุกสถานี จำนวน 7 สถานีคือ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า สถานีที่ 4 ดอนพลาย สถานีที่ 5 ดอนแซง สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ และสถานีที่ 7 หน้าโรงพยาบาลน้ำเสียคูหมากเสือ ในแต่ละปี ตั้งแต่ พ.ศ.2536-2543 (จำนวน 15 ครั้ง) โดยพิจารณาได้ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นเบส (pH) ของน้ำในหนองหาน

1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นเบสเฉลี่ย

ความเป็นกรดเป็นเบส สดสาคร พุกงาม ให้ความหมายว่า คือ เครื่องแสดงว่าน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 โดยค่าความเป็นกรดเป็นเบส 7 มีค่าเป็นกลาง หากค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำมีสภาพเป็นกรด แต่ถ้ามีค่าสูงกว่า 7 ขึ้นไป แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นเบส ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 9 ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบสขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะสภาพ

แวดล้อมในแต่ละพื้นที่ (สุตสาคร พุกงาม. 2541: 9) จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.0 - 9.0 ซึ่งเกณฑ์การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 2 จากกรมควบคุมมลพิษ ให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสควรอยู่ในช่วง 5.0 - 9.0 ดังนั้นค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหานส่วนใหญ่จึงมีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน

จากตาราง 1 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นเบส ของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี เนื่องจากบริเวณรอบหนองหานมีการใช้ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัย และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนมาก น้ำเสียที่ไหลลงสู่หนองหานจึงมีสารเจือปนที่แตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณที่ทำการตรวจวัด ทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานมีค่าแตกต่างกันไป ซึ่งจากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 6 บริเวณดอนสวรรค์ใหญ่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.93 รองลงมาเป็นสถานีที่ 1 บริเวณจุดสูบน้ำประปา มีค่า 7.78 สถานีที่ 7 หน้าโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ มีค่า 7.75 สถานีที่ 5 ดอนแซง มีค่า 7.5 สถานีที่ 4 ดอนพลาญ มีค่า 7.34 สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ มีค่า 7.28 และ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่า 7.14 ตามลำดับ จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า น้ำในหนองหานมีค่าความเป็นเบสเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่มีลักษณะเป็นหินทราย ที่ทำให้น้ำมีสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตเจือปนอยู่ ดังที่ สมบัติ เทพรส กล่าวว่า ดินกำเนิดดินมีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียมในน้ำ เนื่องจากปริมาณแคลเซียมในน้ำ และในดิน เป็นไปในลักษณะเดียวกันคือ ถ้าในดินมีค่าสูงจะส่งผลในน้ำมีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำหินทรายจะมีค่าแคลเซียมต่ำกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ แสดงว่ามีโอกาสถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำได้ดีที่สุด เพราะแคลเซียมง่ายต่อการถูกชะล้าง (สมบัติ เทพรส.2536 : 58) และจากข้อมูลทางธรณีวิทยา หน่วยหินต่างๆซึ่งได้จากแผนที่กรมทรัพยากรธรณี ในจังหวัดสกลนคร สรุปได้ว่า หน่วยหินมหาสารคามมีมากที่สุดในจังหวัดสกลนคร ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนประกอบของหินโคลน หินดินดาน หินทรายแป้ง หินทรายเม็ดละเอียดสีน้ำตาลแกมแดง มีเกล็ดหิน ดังนั้นในพื้นที่ จังหวัดสกลนคร จึงมีโอกาที่จะเกิดดินเค็มได้สูง (กองสารสนเทศ สิ่งแวดล้อม.2543: 22) ดังนั้นทำให้มีโอกาสน้ำในหนองหานจะค่าความเป็นเบสค่อนข้างสูง สอดคล้องกับ อวยพร แสงเทียน ที่ทำการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำ ในแต่ละชนิดหิน โดยที่หินทรายมีค่าความเป็นกรดเป็นเบส 7.78 ซึ่งมากกว่าหินปูนที่มีค่า 7.25 และมากกว่าหินแกรนิตที่มีค่า 6.66 ดังนั้นคุณภาพน้ำในบริเวณที่เป็นหินทรายจึงมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงที่สุด (อวยพร แสงเทียน .2536:77) นอกจากนี้

ตาราง 1 ค่าความแตกต่างของความถี่เป็นกรณีเป็นแบบสลับระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	8.7	**	6.9	**	6.8	**	6.8	**	6.8	**	8.6	**	**	**	**	**
2537	7	7.3	7.1	6.7	7.1	6.8	7.2	7.3	7	7.2	7.2	7.2	**	**	0.15	0.88
2538	8.7	8.5	6.9	7	**	7.8	7.2	7.5	7.7	7.3	6.7	7.1	**	**	-0.23	0.83
2539	6.9	7.4	8.2	8	7.2	8	7.4	7.8	8.6	7.9	9	8.1	**	**	0.47	0.96
2540	9.3	6.6	7.4	7	7.4	7	7.4	**	7.3	**	8.2	7.1	9.5	6.6	3.2	0.015*
2541	7	6.9	7.1	7	7.2	7	7.8	7	7.6	6.9	8.2	7	6.9	7	2.3	0.06
2542	7	7	6.9	7	6.9	6.7	7	7.4	7	7.6	6.8	7.2	6.6	7.6	-2.3	0.046*
2543	7.7	7.3	7.8	7.2	7.4	7.1	7.9	7.3	8	7.2	8.7	7.4	8	7.2	4.4	0.003*
$\bar{x}$	7.78	7.28	7.28	7.13	7.14	7.2	7.34	7.38	7.5	7.35	7.93	7.3	7.75	7.1		
SD	0.97	0.6	0.48	0.41	0.23	0.5	0.37	0.21	0.6	0.351	0.9	0.37	1.31	0.42		
CV(%)	12.6	8.3	6.6	5.75	3.22	6.9	5.06	2.8	8	4.7	11.4	5.06	16.9	5.9		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

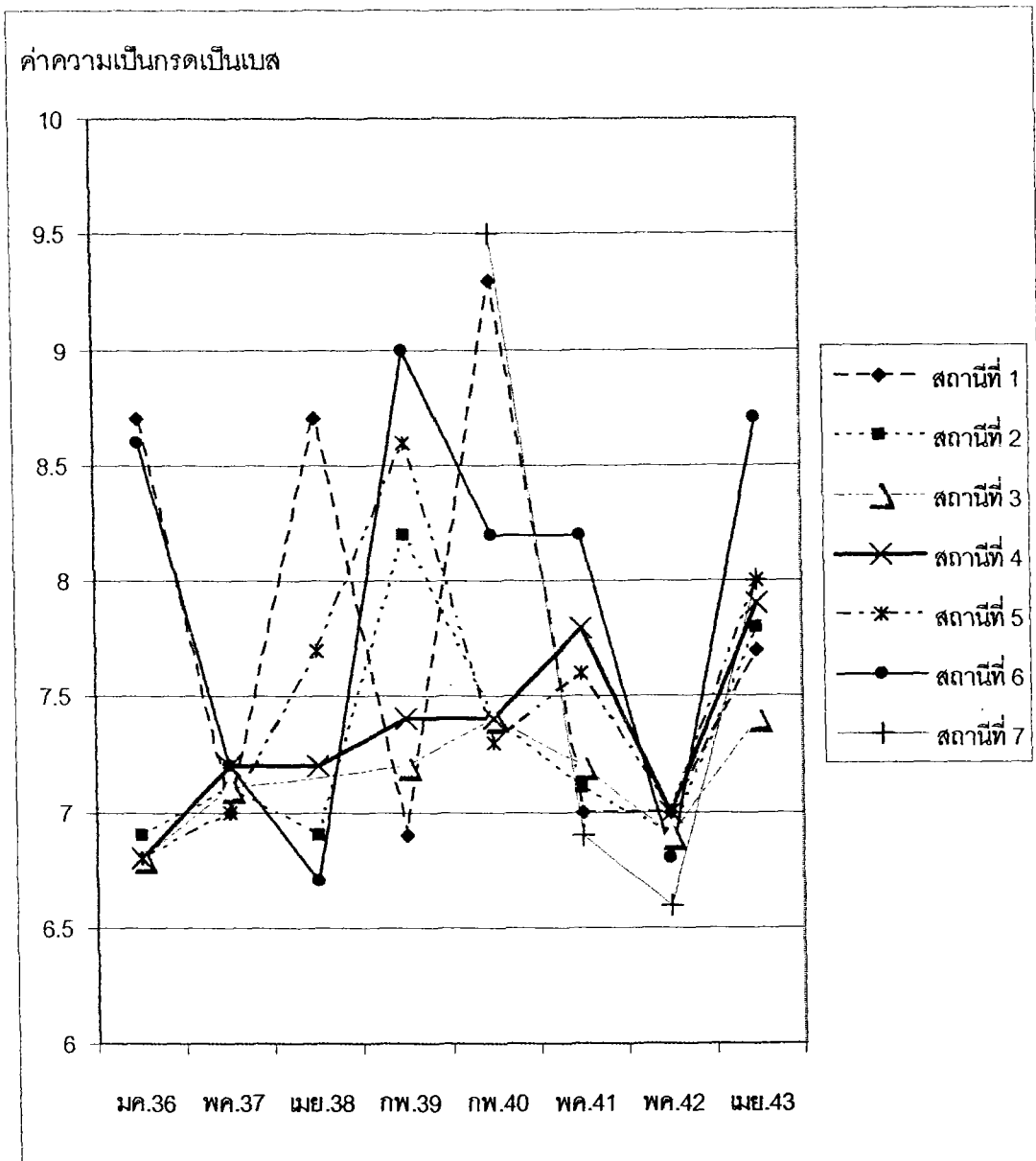
ที่มา : ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ

จากการสรุปของ พจนา ผลประพฤติ กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในธรรมชาติในประเทศไทย อยู่ในช่วง 5.00-9.00 และส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นเบสเล็กน้อย โดยที่ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแหล่งน้ำธรรมชาติขึ้นอยู่กับ ลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อม ลักษณะพื้นดิน หิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดิน ในบริเวณแหล่งน้ำนั้นๆ (พจนา ผลประพฤติ. 2536)

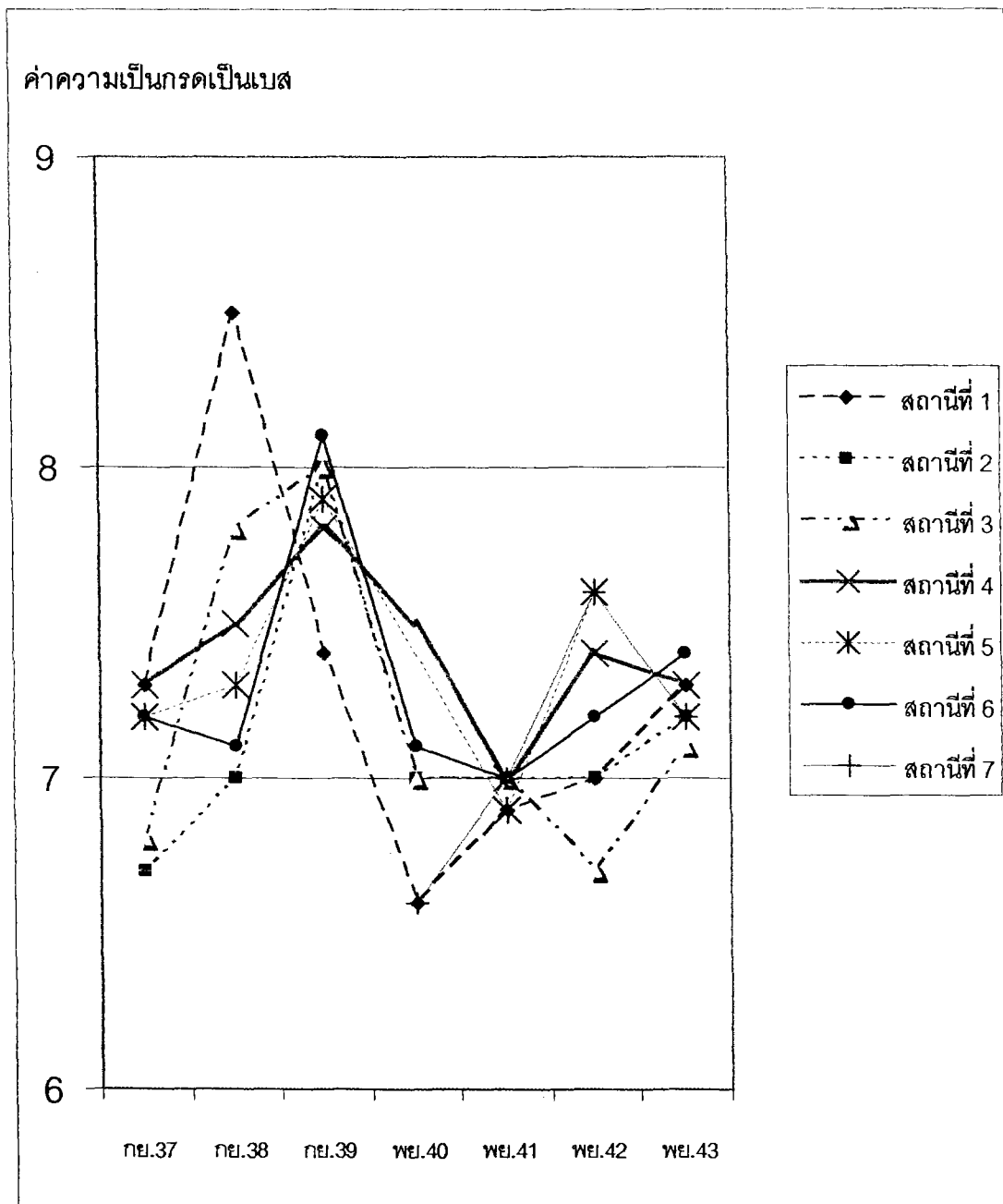
ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นเบสเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.38 สถานีที่ 5 มีค่า 7.35 สถานีที่ 6 มีค่า 7.3 สถานีที่ 1 มีค่า 7.28 สถานีที่ 3 มีค่า 7.2 สถานีที่ 2 มีค่า 7.13 และสถานีที่ 7 มีค่า 7.1 ตามลำดับ ซึ่งเพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 1 และ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นเบสช่วงฤดูน้ำแต่ละสถานีตรวจวัดจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.6 – 8.0 ส่วน ช่วงฤดูแล้ง ค่าความเป็นกรดเป็นเบสอยู่ในช่วง 6.5 – 9.5

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกัน คือในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นในบางสถานีและบางปีที่มีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง คือ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า และสถานีที่ 4 ดอนพลาญ สาเหตุที่ค่าความเป็นกรดเป็นเบส ในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ อาจเนื่องมาจาก ฤดูแล้ง น้ำในหนองหานลดลง มีโอกาสที่ปริมาณค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหานมีค่าเพิ่มขึ้น การปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ เช่น สิ่งปฏิกูลจากครัวเรือน สารเคมี ยากำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย โดยเฉพาะจากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ผสมเกษตรกรรม ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสมีโอกาสเพิ่มสูงมากขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหานจึงเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับ ศรีชัย พรประชาธรรม ที่กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นเบสจะเพิ่มมากขึ้นในเขตพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าผสมเกษตรกรรม โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเบสอยู่ที่ 7.0 และจะมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสลดลงในพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเบสอยู่ที่ 6.8 (ศรีชัย พรประชาธรรม .2531:59)

จากการศึกษาค่า t-test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 1 เพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นเบส ระหว่างช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี และช่วงฤดูน้ำคือ ตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบสมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูน้ำกับฤดูแล้ง ในบางปีเท่านั้น ได้แก่ ปีพ.ศ. 2540 , 2542 และ 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.015 , 0.046 และ 0.003 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการที่หนองหานมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำปิดที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสที่ได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก



ภาพประกอบ 1 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้ง
ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 2 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ
ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

1.2 ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบส เป็นรายสถานีตรวจวัดใน

หนองหาน

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบสเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance ในตาราง 2 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ การผสมระหว่างน้ำในหนองหานกับสารมลพิษจึงเจือจางลง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำของทั้ง 7 สถานีตรวจวัด จึงได้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหานไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติ ในแต่ละสถานีตรวจวัด ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

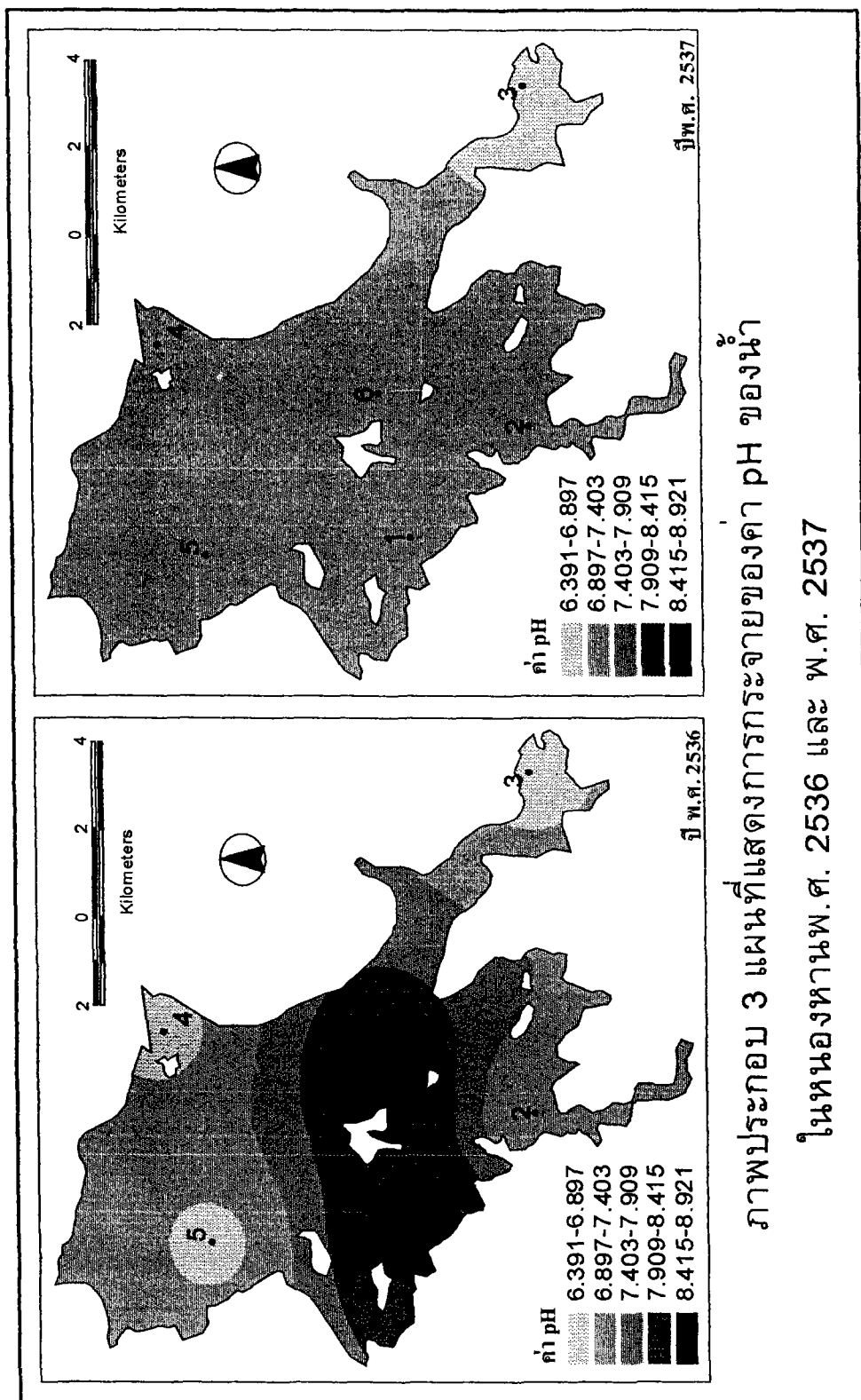
ตาราง 2 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความเป็นกรดเป็นเบสเป็นรายสถานีตรวจวัดใน

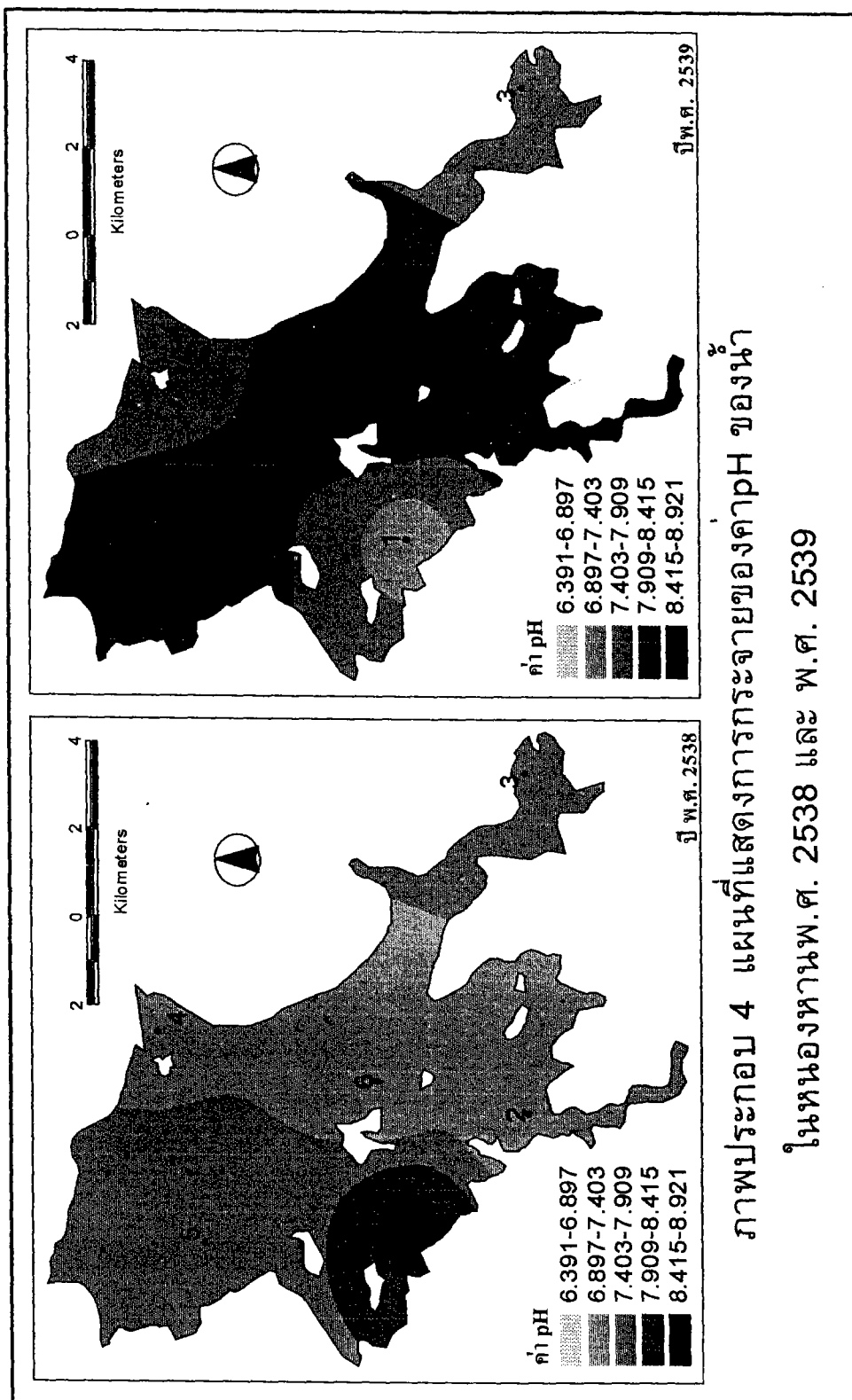
หนองหาน

	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.88	0.85	0.88	0.82	1.00	
สถานีที่ 2			1.00	1.00	1.00	0.849	
สถานีที่ 3				1.00	1.00	0.82	
สถานีที่ 4					1.00	0.85	
สถานีที่ 5						0.79	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

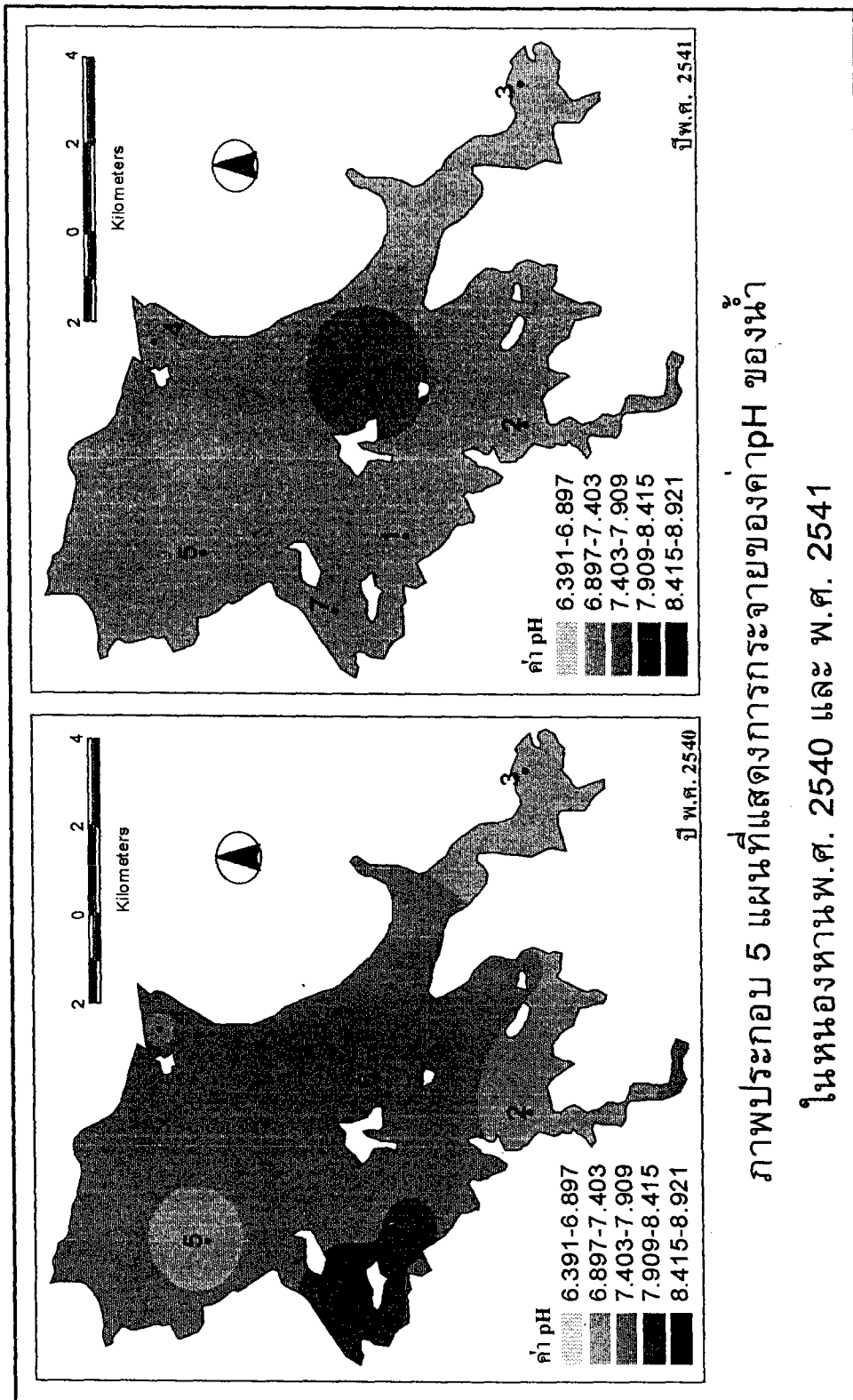
1.3 ความแตกต่างของการกระจายความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน

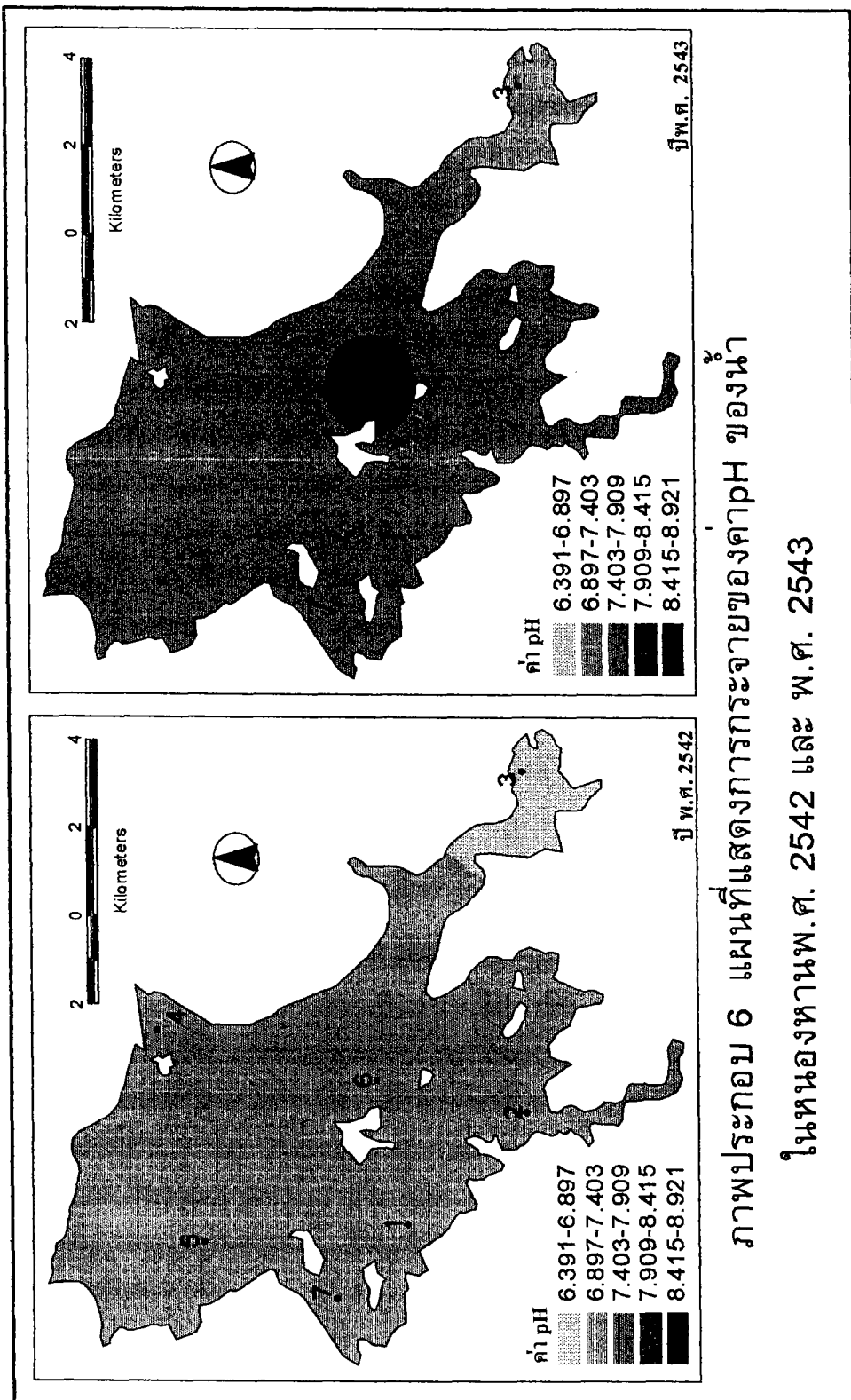
จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์ของความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน ดังภาพประกอบ 3 , 4 , 5 และ 6 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่งลำดับความเข้มข้น





ภาพประกอบ 4 แผนที่แสดงการกระจายของค่า pH ของน้ำ
ในหนองหานพ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539





ภาพประกอบ 6 แผนที่แสดงการกระจายของค่า pH ของน้ำ
ในหนองหานพ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543

ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสระหว่าง 6.391 - 6.897 , 6.897 — 7.403 , 7.403 — 7.909 , 7.909 — 8.415 และ 8.415 — 8.921 เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายความเป็นกรดเป็นเบสพบว่า มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและแต่ละสถานี ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูง แสดงว่าคุณภาพของน้ำในหนองหานมีค่าความเป็นเบสเล็กน้อย และมีความเข้มข้นมากในบริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา , สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ และ สถานีที่ 7 หน้าโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ เนื่องจาก ในสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 มีที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร โอกาสที่น้ำที่มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั่วทั้งเขตเทศบาลมารวมกันอยู่ จึงมีความเข้มข้นมากกว่าสถานีอื่น ส่วนสถานีที่ 6 เนื่องจากบริเวณดอนสวรรค์ใหญ่เป็นจุดศูนย์รวมที่เป็นแอ่งสะสมสารต่างๆ อาจทำให้น้ำได้รับการปนเปื้อนมากกว่าสถานีอื่น ก่อให้เกิดค่าความเป็นกรดเป็นเบสที่มีค่าแตกต่างกันสูง ด้วยสาเหตุนี้การแพร่กระจายของค่าความเป็นกรดเบสในบริเวณสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 6 จึงเกิดขึ้นได้ง่ายและเด่นชัด อีกทั้งสามารถมีการแพร่กระจายได้มากกว่าสถานีอื่นๆ เพราะเป็นแหล่งที่มีความเป็นเบสสูงกว่าสถานีอื่น ส่วนสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า ค่าความเป็นกรดเป็นเบสต่ำกว่าสถานีอื่น เนื่องจากลักษณะที่ตั้งของจุดนี้เป็นทางระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน รวมทั้งมีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค บริเวณริมฝั่งหนองหานทำให้น้ำอาจได้รับการปนเปื้อนจากมูลสัตว์เกิดการย่อยสลายของแบคทีเรีย ดังที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมได้กล่าวว่า ความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในบริเวณที่ได้รับการปนเปื้อนโดยตรงจากสิ่งขับถ่ายมีแนวโน้มลดต่ำลงเพราะเกิดการลดอินทรีย์จากการย่อยสลายของแบคทีเรีย (สำนักงานสิ่งแวดล้อม,ม.ป.ป.) สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

1.4 ความแตกต่างในความผันแปรของความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน

จากตาราง 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูงสุดคือ 16.9% รองลงมาสถานีที่ 1 มีค่า 12.6% สถานีที่ 6 มีค่า 11.4% สถานีที่ 5 มีค่า 8.0% สถานีที่ 2 มีค่า 6.6% สถานีที่ 4 มีค่า 5.06% และสถานีที่ 3 มีค่า 3.22% ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าความผันแปรสูงสุดคือ 8.3% สถานีที่ 3 มีค่า 6.9% สถานีที่ 7 มีค่า 5.9% สถานีที่ 2 มีค่า 5.75 % สถานีที่ 6 มีค่า 5.06 % สถานีที่ 5 มีค่า 54.7% และสถานีที่ 4 มีค่า 2.8% ตามลำดับ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าค่าความผันแปรของความเป็นกรดเป็นเบสในแต่ละช่วงฤดูกาลและแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นบางสถานีที่ช่วงฤดูน้ำมีความผันแปรสูงกว่า คือในสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่าที่เป็นทางน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน ดังนั้น จากลักษณะทางกายภาพ ช่วงฤดูน้ำ ทำให้น้ำในหนองหานไหล

มายังทางระบายน้ำได้อย่างรวดเร็วกว่าในฤดูแล้ง จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความผันแปรแตกต่างกันไปจากสถานอื่น ส่วนสถานที่ 7 และ สถานที่ 1 มีความผันแปรมากกว่าสถานที่อื่น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสถานที่ 7 เป็นสถานที่ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงสุด และต่ำสุดคือ 9.5 - 6.6 ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นได้จากการ มีน้ำเสียจากชุมชนมากในบริเวณสถานที่ 7 เพราะเป็นโรงบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร โอกาสที่ได้รับปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษมีสูงกว่าสถานอื่น โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร อีกทั้งค่าความเป็นกรดเป็นเบสมีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลาย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสถานที่ 1 และ สถานที่ 7 มีค่าความผันแปรของออกซิเจนละลายสูง ดังตารางที่ 1 ย่อมทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสเกิดการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องตามไปด้วย จากที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่าความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

1.5 สร้างสมการพยากรณ์ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน

การวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตาราง 17 ได้สมการพยากรณ์ ค่าความเป็นกรดเป็นเบส จากตัวแปรต่างๆ ทั้ง 7 ชนิด ในหนองหาน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ โดยที่ค่าความเป็นกรดเป็นเบส จะมีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลายมากที่สุด กล่าวคือ อิทธิพลของออกซิเจนละลายมีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นเบสที่ระดับ 57 เปอร์เซ็นต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าค่าออกซิเจนละลาย ใช้เป็นตัวพยากรณ์ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสได้ดีที่สุด โดยใช้สมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ดังนี้

$$\text{pH} = 5.595 + 0.256 (\text{DO})$$

เมื่อ pH = ค่าความเป็นกรดเป็นเบส

DO = ออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2.วิเคราะห์ความขุ่น (Turbidity) ของน้ำในหนองหาน

2.1 ค่าความขุ่นเฉลี่ย

ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่น้ำมีสารแขวนลอยเจือปนอยู่ ดังที่ ประเทือง เชาววัน กลาง กล่าวไว้ว่า ความขุ่น เกิดจากการที่น้ำมีของแข็งลอยอยู่ในน้ำ ทำให้มีลักษณะขุ่น สิ่งที่ทำให้เกิดความขุ่น ได้แก่ ดินละเอียด สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ ความแตกต่างของความขุ่นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ลักษณะสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งแบ่งค่าของความขุ่นได้ ดังนี้ น้ำที่ใสจะมีความขุ่นไม่เกิน 25 หน่วย น้ำขุ่นปานกลาง มีค่าความขุ่นระหว่าง 25 - 100 หน่วย และน้ำที่มีความขุ่นมากมีค่าความขุ่นเกิน 100 หน่วยขึ้นไป (ประเทือง เชาววันกลาง . 2534 : 15) จากการศึกษาค่าความขุ่น ของน้ำในหนองหาน ปรากฏผลดังตาราง 3 ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1-15 หน่วย

ดังนั้นค่าความขุ่นของน้ำในหนองหานจึงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี โดยค่าเฉลี่ยของความขุ่นในช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งมีค่าแตกต่างกัน จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 40 หน่วย รองลงมาสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่า 13.6 หน่วย สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ มีค่า 3.33 หน่วย สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ มีค่า 2.5 หน่วย สถานีที่ 5 ดอนแซง มีค่า 1.67 หน่วย สถานีที่ 4 ดอนพลาญ มีค่า 1.17 หน่วย และ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา มีค่า 1.5 หน่วย ตามลำดับ เนื่องจาก สถานีที่ 2 ปากน้ำพุเป็นจุดที่น้ำไหลมาจากเทือกเขาภูพานโดยตรง อีกทั้งเทือกเขาภูพานเป็นหินทราย ทำให้ตะกอนที่มาจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ไหลลงมากับน้ำมากก่อให้เกิดความขุ่นเพิ่มขึ้น น้ำที่ไหลลงมาสู่หนองหานจึงมีลักษณะขุ่นข้น เป็นตะกอนสีแดง อีกทั้งน้ำยังได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลต่างๆทั้งในธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีการใช้ที่ดินบนเทือกเขาภูพานเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นน้ำในบริเวณนี้จึงมีค่าความขุ่นสูง ในบางปีค่าความขุ่นจึงมีค่าสูงเกิน 100 หน่วย ทั้งนี้เมื่อเทียบกับค่าความขุ่นมาตรฐานพบว่ายังคงไม่เป็นอันตราย

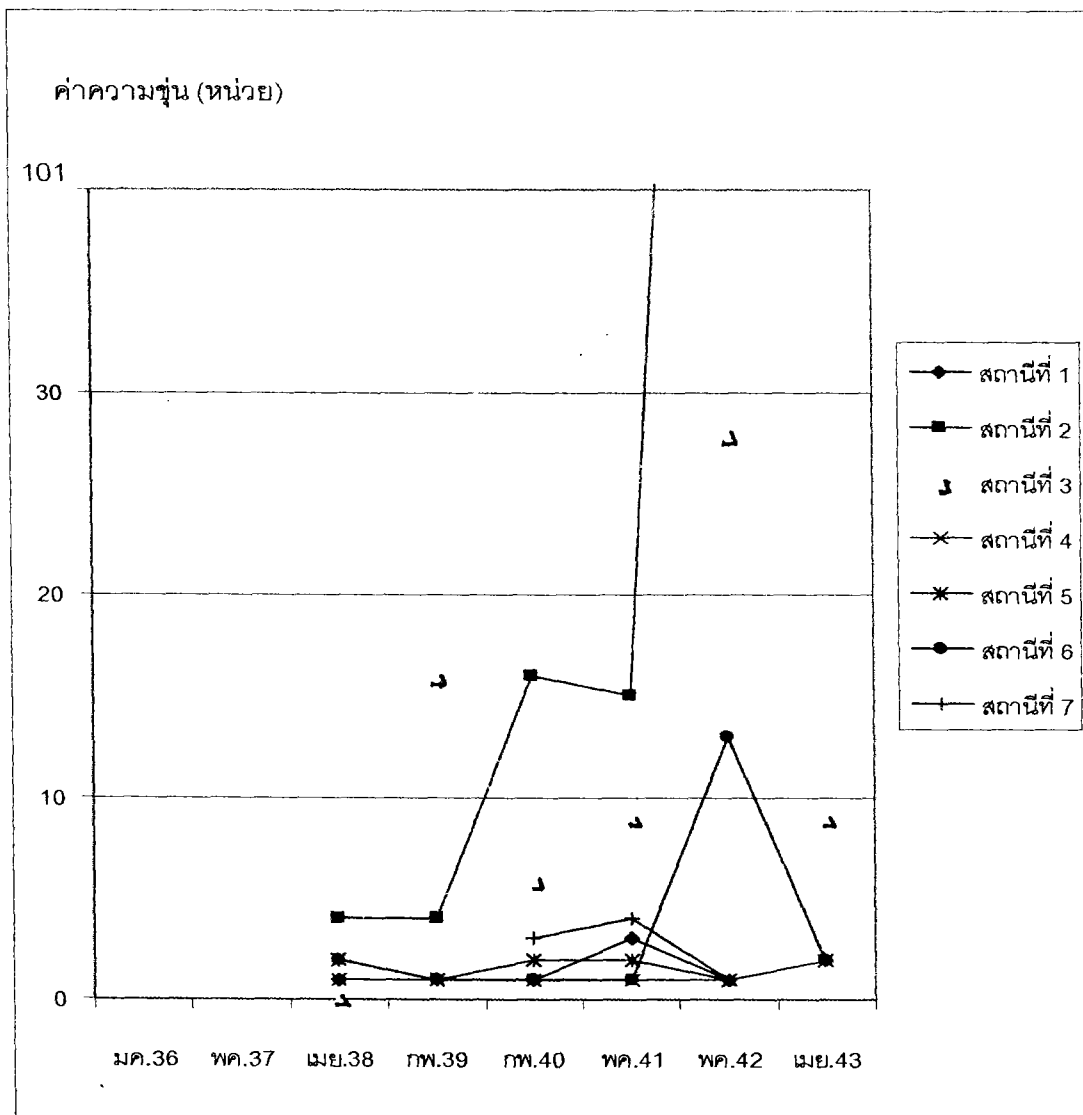
ส่วนในบริเวณสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า เนื่องจากเป็นบริเวณจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวในหนองหาน กระแสน้ำจึงสามารถพัดพาตะกอนมารวมกันได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบว่ามี การเลี้ยงสัตว์บริเวณริมหนอง โดยเฉพาะโค กระบือ โดยสัตว์สามารถลงมายังหนองหานได้แบบอิสระ โอกาสที่ให้น้ำขุ่นจึงมีสูง สอดคล้องกับ ศรีชัย พรประชาธรรม ที่สรุปได้ว่า ความขุ่นเกิดจากตะกอนและสารแขวนลอยจากพื้นดินในบริเวณลุ่มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณโนนหรือเนินจากถนน และการเลี้ยงสัตว์ในลำธาร (ศรีชัย พรประชาธรรม.2531:86)

ตาราง 3 ค่าความแตกต่างของความถี่ระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่พ.ศ.2536-พ.ศ.2543

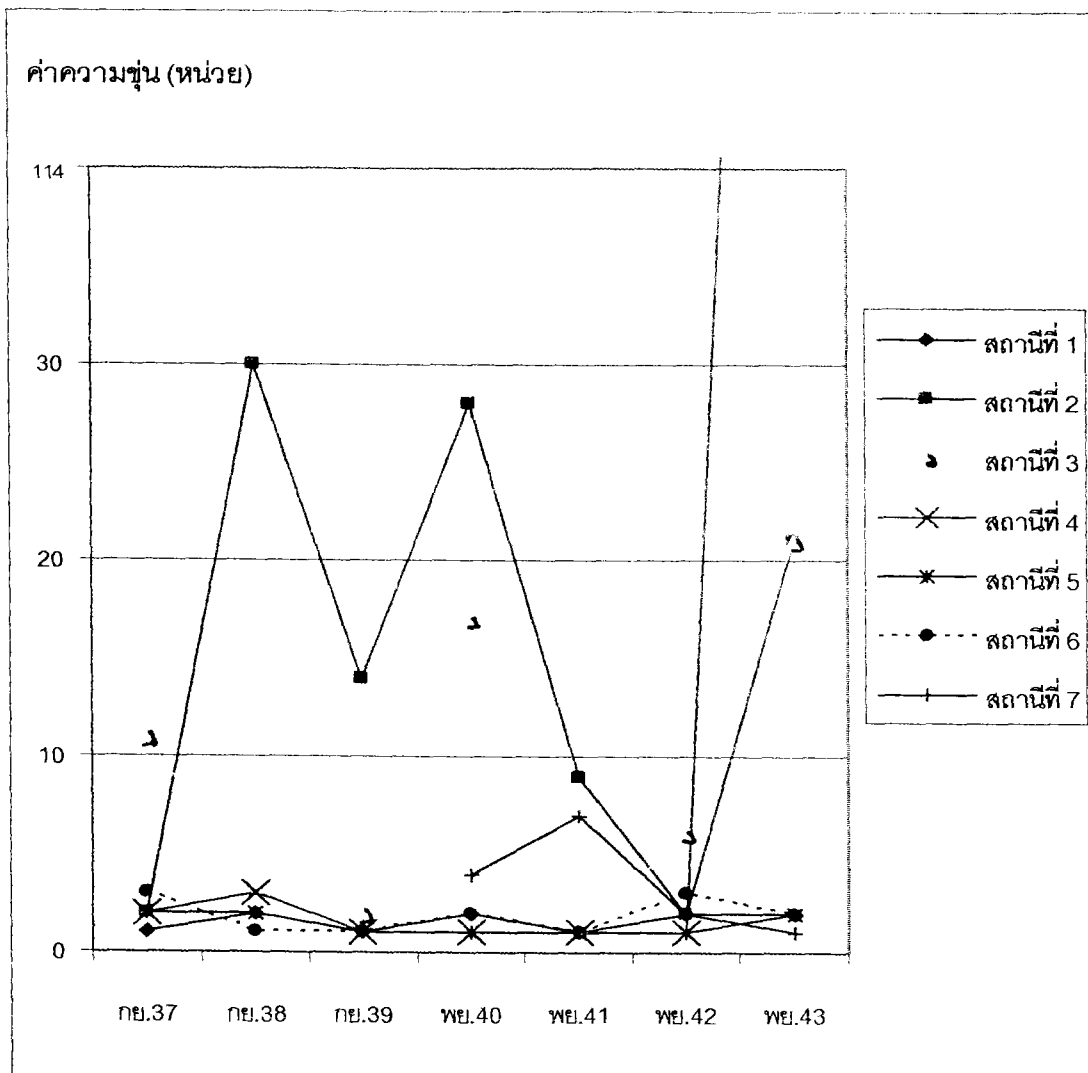
พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2537	**	1	**	2	**	11	**	2	**	2	**	3	**	**	**	**
2538	1	2	4	30	**	3	1	3	2	2	2	1	**	**	-0.93	0.37
2539	1	1	4	14	16	2	1	1	1	1	1	1	**	**	0.21	0.84
2540	1	2	16	28	6	17	1	**	2	**	1	2	3	4	-1.28	0.23
2541	3	1	15	9	9	1	1	1	2	1	1	1	4	7	0.85	0.41
2542	1	2	101	2	28	6	1	1	1	1	13	3	1	2	1.33	0.21
2543	2	2	100	21	9	21	2	114	2	2	2	2	2	1	-0.3	0.76
$\bar{x}$	1.5	1.57	40	15.14	13.6	8.71	1.17	20.33	1.67	1.5	3.33	1.86	2.5	3.5		
SD	0.84	0.54	47.15	11.58	8.85	7.85	0.41	45.89	0.52	0.55	4.76	0.9	1.29	2.65		
CV(%)	56	34.39	117.8	76.49	65.07	90.13	35.04	225.72	33.53	36.67	142.9	48.39	51.6	75.7		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 7 แสดงค่าความชุ่ม (หน่วย) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้ง
ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 8 แสดงค่าความชุ่ม (หน่วย) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ
ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

ส่วนค่าเฉลี่ยของความชุ่มชื้นรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ คือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ของแต่ละปี สถานีที่ 4 มีค่าสูงสุดคือ 20.33 หน่วย สถานีที่ 2 มีค่า 15.14 หน่วย สถานีที่ 3 มีค่า 8.71 หน่วย สถานีที่ 7 มีค่า 3.5 หน่วย สถานีที่ 6 มีค่า 1.86 หน่วย สถานีที่ 1 มีค่า 1.57 และ สถานีที่ 5 มีค่า 1.5 หน่วย ตามลำดับ เนื่องจาก สถานีที่ 4 ดอนพลาญ เป็นจุดที่รองรับน้ำจาก พื้นที่เกษตรกรรม จึงมีโอกาสที่จะเกิดความชุ่มชื้น โดยเฉพาะจากการชะล้างของหน้าดิน เพื่อ ความชัดเจนยิ่งขึ้น ดังแสดงเป็นกราฟตามภาพประกอบ 7 และ 8

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ทั้งสองช่วงฤดูมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แน่นอน ทำให้ ช่วงฤดูแล้งในบางสถานีมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ คือ ในสถานีที่ 2 , สถานีที่ 3 , สถานีที่ 5 และ สถานีที่ 6 ส่วนช่วงฤดูน้ำที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง คือสถานีที่ 1, สถานีที่ 4 และสถานีที่ 7 ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของทั้งฤดูแล้ง และฤดูน้ำส่วนใหญ่ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐาน โดยค่าความชุ่มชื้นในแหล่งน้ำหนองหานอยู่ในช่วงพิสัย 1 - 15 หน่วย สาเหตุที่ค่าความชุ่มชื้น ในช่วง ฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ อาจเนื่องมาจาก ฤดูแล้ง น้ำในหนองหานลดลง มีโอกาสที่ ปริมาณค่าความชุ่มชื้นของน้ำในหนองหานมีค่าเพิ่มขึ้น การปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ เช่น สิ่งปฏิกูล จากครัวเรือน สารเคมี ยากำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย โดยเฉพาะจากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ผสม เกษตรกรรม อีกทั้ง ประชากรพืชและสัตว์น้ำในหนองหานมีจำนวนมาก การย่อยสลายของซาก พืช ซากสัตว์ ในน้ำทำให้ค่าความชุ่มชื้นมีโอกาสเพิ่มสูงมากขึ้น ค่าความชุ่มชื้นของน้ำในหนองหานจึง เพิ่มขึ้นด้วย

จากการศึกษาค่า t-test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จาก ตาราง 3 เพื่อเปรียบเทียบค่าความชุ่มชื้น ระหว่างช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคมของแต่ละปี และช่วงฤดูน้ำคือ ตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าความชุ่มชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างฤดูน้ำกับฤดูแล้งใน ทุกปีที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษส่วนใหญ่ มีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในบางปีและบางสถานีที่ อีกทั้งหนองหานมีลักษณะเป็นแหล่ง น้ำปีตขนาดใหญ่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่า สม่ำเสมอ ค่าความที่ได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก

2.2 ค่าความแตกต่างของค่าความชุ่มชื้นเป็นรายสถานตรวจวัด ในหนองหาน

ความแตกต่างของค่าความชุ่มชื้นเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance พบว่า ในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำมาก จึงอาจทำให้ความชุ่มชื้นเจือจางลง ค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหาน จึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติในแต่ละสถานีด้วยเหตุนี้ จึงไม่สอดคล้องกับ

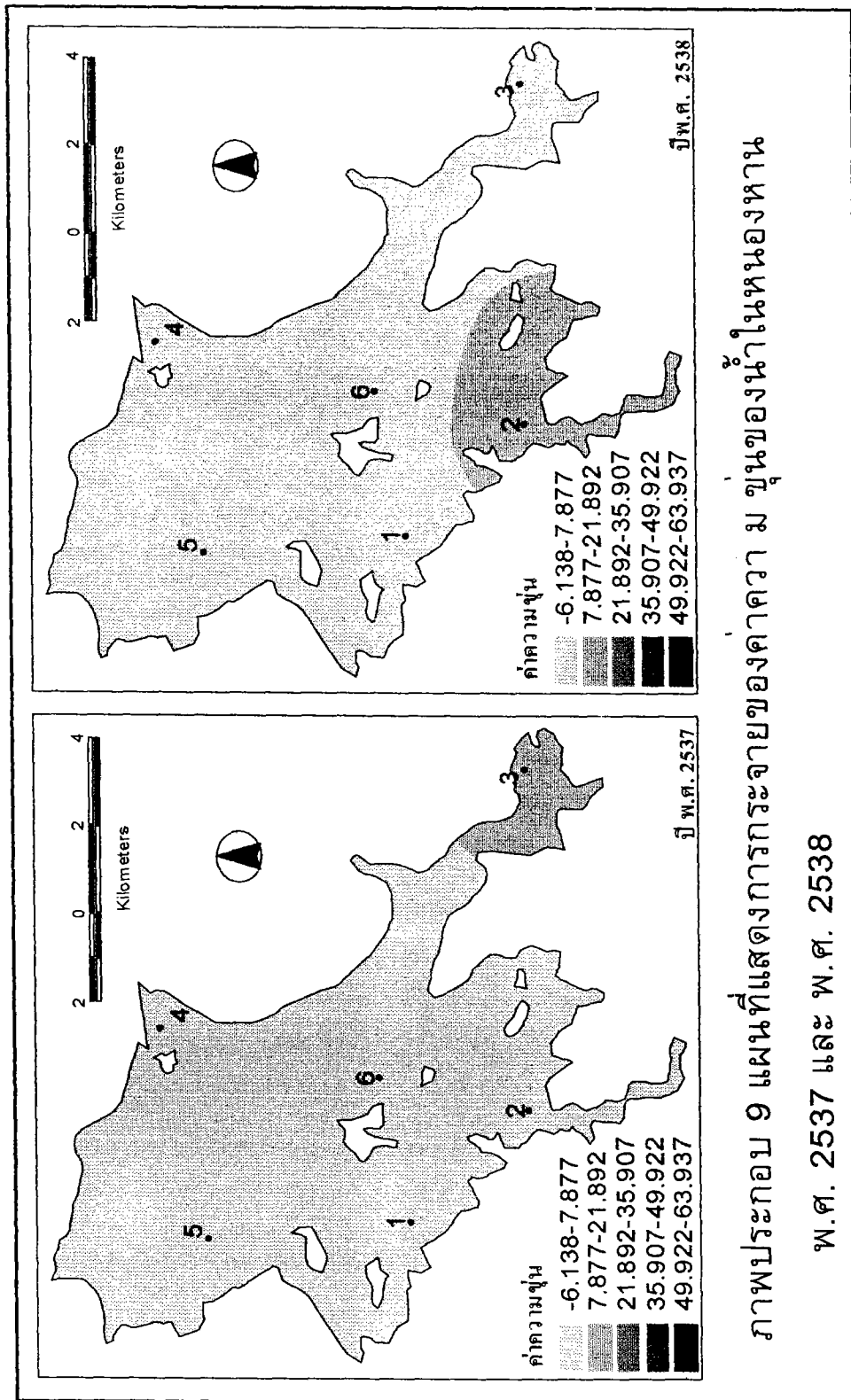
สมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 4

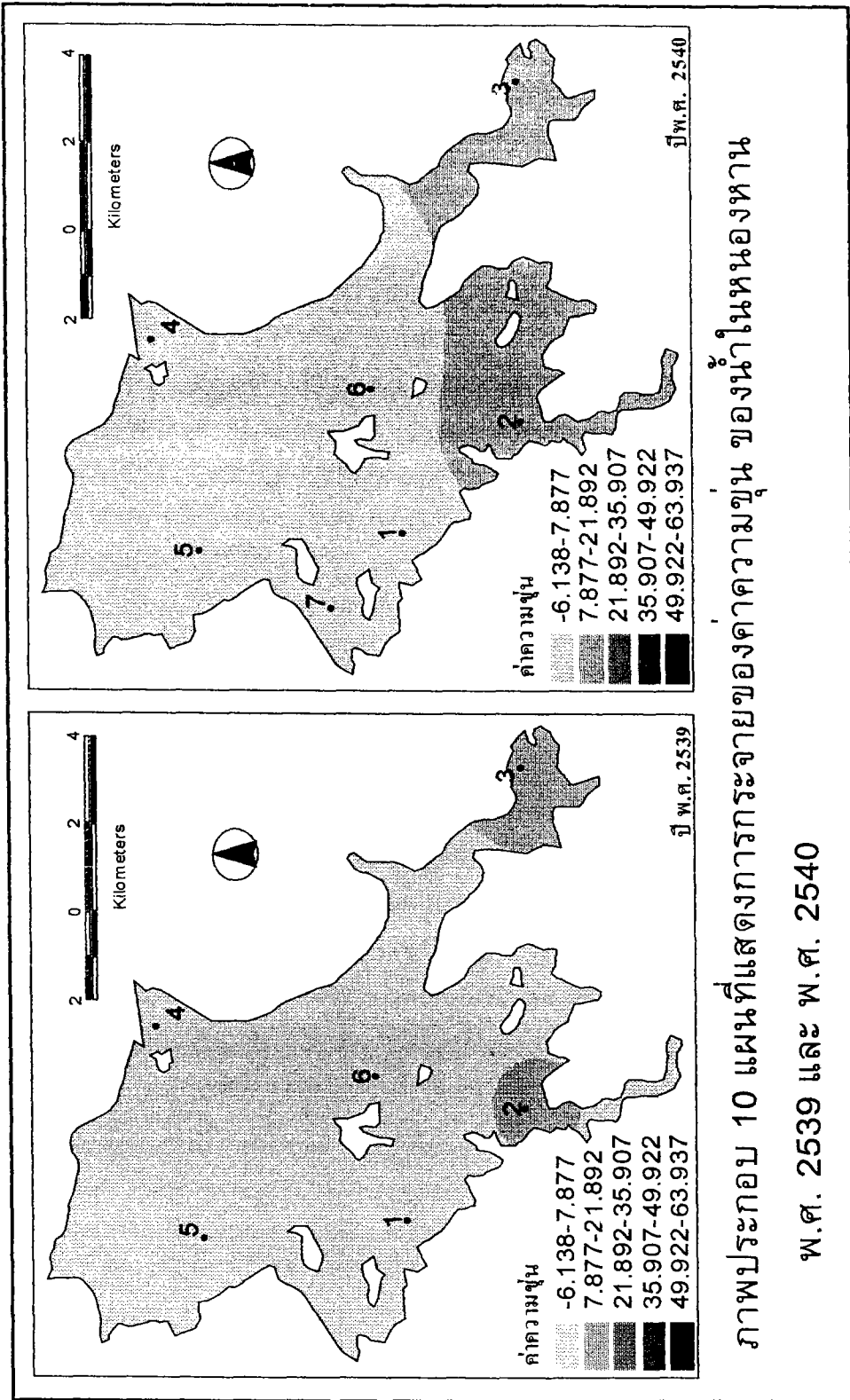
ตาราง 4 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความชุ่มเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.185	0.972	1.000	1.000	1.000	
สถานีที่ 2			0.490	0.130	0.156	0.130	
สถานีที่ 3				0.902	0.944	0.902	
สถานีที่ 4					1.000	1.000	
สถานีที่ 5						1.000	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

2.3 ความแตกต่างของการกระจายความชุ่มในหนองหาน

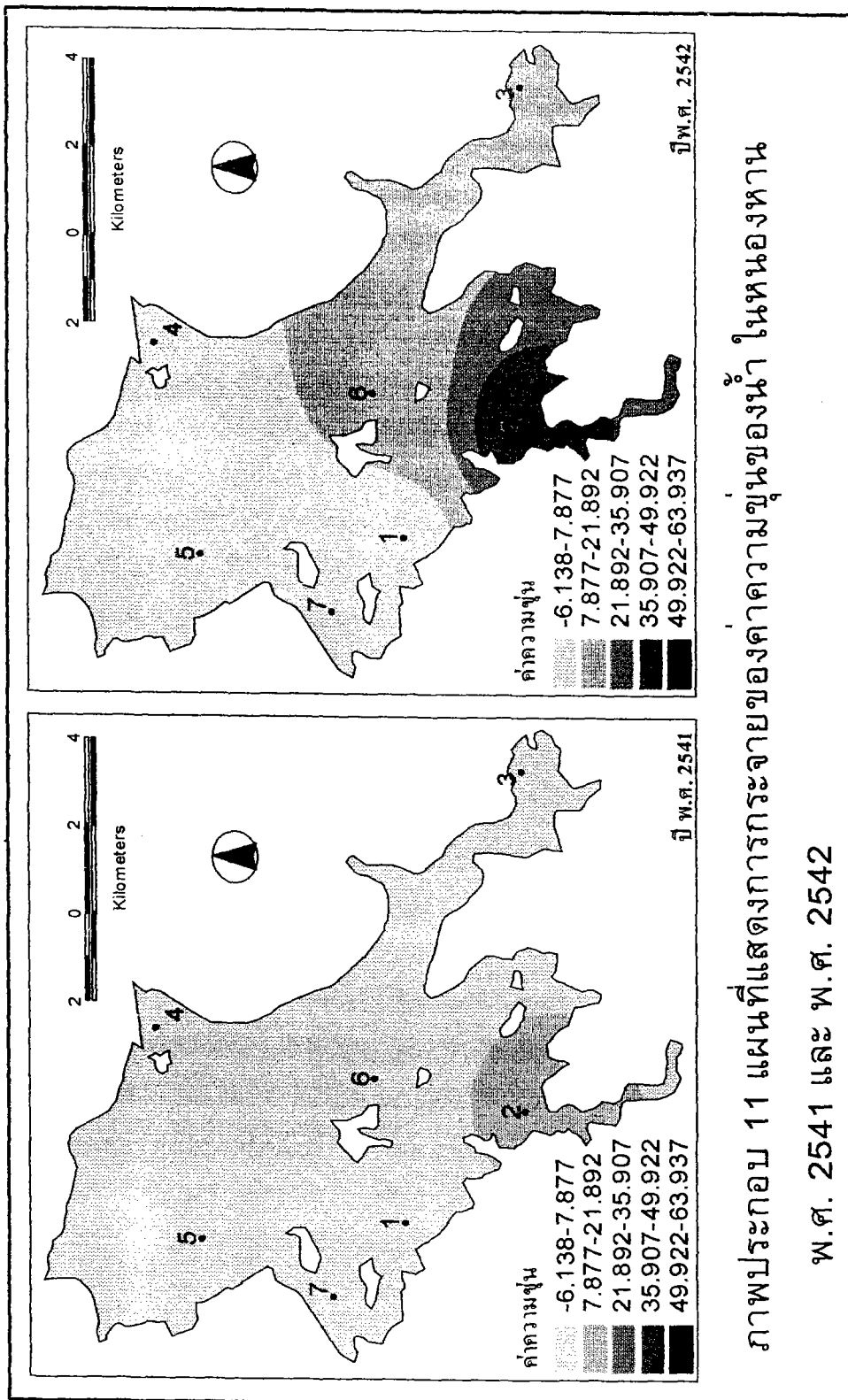
จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าความชุ่มในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายสถานีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าความชุ่ม ในหนองหานดังภาพประกอบ 9,10,11 และ 12 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการแบ่งลำดับความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง -6.138 — 7.877 , 7.877 — 21.892 , 21.892 — 35.907 , 35.907 — 49.922 , 49.922 - 63.937 หน่วย ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายความชุ่มพบว่า มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและแต่ละสถานี ซึ่งในบริเวณสถานีที่ 2 ปากน้ำพุงมีค่าความชุ่มสูงกว่าสถานีอื่นๆ จึงก่อให้เกิดการแพร่กระจายของค่าความชุ่มได้สูง ส่วนในพ.ศ. 2543 มีค่าความชุ่มสูงถึงสองแห่ง คือสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง และ สถานีที่ 4 ดอนพลาย เนื่องจาก บริเวณสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง จะพบความชุ่มที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในหนองหาน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหาน อีกทั้งจากการศึกษาความชุ่มมีความ สัมพันธ์ กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบมากในสถานีที่ 2 เช่นกัน ดังที่ อานอบ คันทะชา กล่าวไว้ว่า ความชุ่มเกิดจากการที่น้ำมีของแข็งลอยอยู่ในน้ำ ทำให้มีลักษณะชุ่ม คุณภาพ

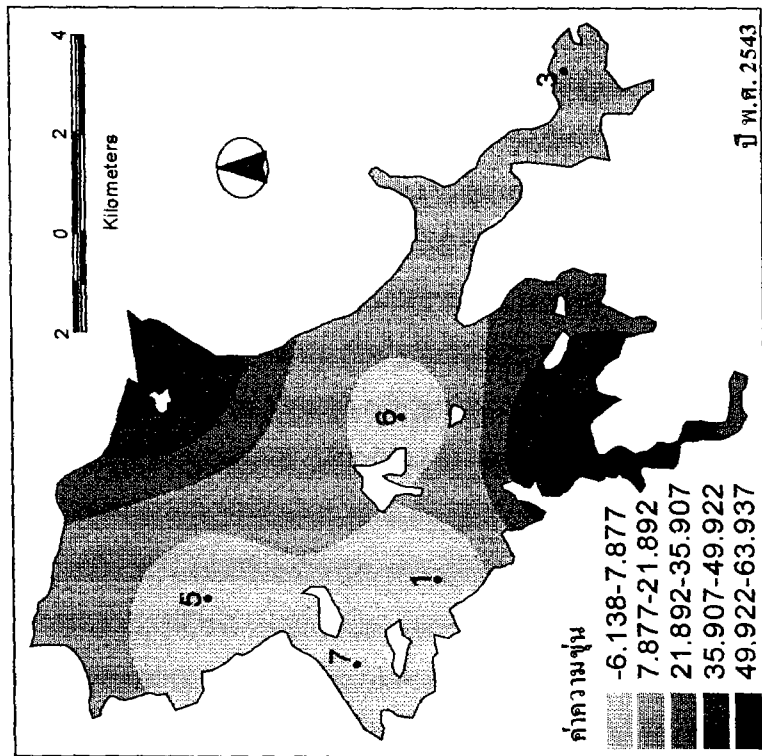




ภาพประกอบ 10 แผนที่แสดงการกระจายของความขุ่น ของน้ำในหนองหาน

พ.ศ. 2539 และ พ.ศ. 2540





ภาพประกอบ 12 แผนที่แสดงการกระจายของค่าความสูง ใน ของน้ำในหนองหาน

พ.ศ. 2543

น้ำเสียมักเกิดจากโคลน น้ำทิ้ง แยกที่เรีย และของแข็งอาจปนอยู่ในรูปสารแขวนลอย สารอินทรีย์ อนินทรีย์ (อานอบ คันทะชา . 2540: 15) ดังนั้นค่าความขุ่นในบริเวณสถานที่ 2 จึงมีการกระจายที่เห็นได้ชัดเจน จะเห็นได้ว่าการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติที่มนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น น้ำป่าหลาก และจากกิจกรรมของมนุษย์เอง มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ การแพร่กระจายของสารมลพิษที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นๆจึงมีค่าแตกต่างกันตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

2.4 ความแตกต่างในความผันแปรของความขุ่นในหนองหาน

จากตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานที่พบว่า ในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานที่ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 142.9 % รองลงมาคือ สถานที่ 2 มีค่า 117.8 % สถานที่ 3 มีค่า 65.07 % สถานที่ 1 มีค่า 56 % สถานที่ 7 มีค่า 51.6 % สถานที่ 4 มีค่า 35.04 % และ สถานที่ 5 มีค่า 33.53 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ของแต่ละปี สถานที่ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 225.72 % รองลงมา สถานที่ 3 มีค่า 90.13 % สถานที่ 2 มีค่า 76.49 % สถานที่ 7 มีค่า 75.7 % สถานที่ 6 มีค่า 48.39 % สถานที่ 5 มีค่า 36.67 % และ สถานที่ 1 มีค่า 34.39 % ตามลำดับ จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความขุ่นในแต่ละช่วงฤดูกาล และแต่ละสถานที่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูน้ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการที่มีน้ำฝนเป็นตัวนำพาตะกอนจากแหล่งต่างๆ มาสู่หนองหานได้รวดเร็วมากขึ้น ดังที่ ถาวร คงแป้น ได้กล่าวว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับตลิ่งลำน้ำ และท้องน้ำซึ่งมีการกัดเซาะเกิดขึ้นตลอดเวลา นอกจากนี้หากมีน้ำไหลป่าเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น อันจากการกัดเซาะและพัดพาของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจะเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยรายเดือนซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการกัดเซาะและพัดพาจึงเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน (ถาวร คงแป้น. 2535:70) แต่ทั้งนี้ยกเว้นบางปีและบางสถานที่ในหนองหาน ที่ช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ ดังใน สถานที่ 1 จุดสูบน้ำประปา สถานที่ 2 ปากน้ำพุ และสถานที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ อาจเนื่องจาก ในฤดูแล้งที่ปริมาณน้ำในลำน้ำมีน้อยทำให้เกิดความเข้มข้นของตะกอนเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรจึงเพิ่มขึ้นด้วย

2.5 สร้างสมการพยากรณ์ความขุ่นในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตาราง 17 ได้สมการพยากรณ์ค่าความขุ่นจากตัวแปรต่างๆ ทั้ง 7 ชนิด ในหนองหาน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ โดยที่ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นมากที่สุด กล่าวคือ อิทธิพลของปริมาณของแข็งทั้งหมด มีผลต่อความขุ่นที่ระดับ 70 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ใช้เป็นตัวพยากรณ์ ค่าความขุ่นได้ดีที่สุดโดยใช้สมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ดังนี้

$$TUR = -0.184 + 0.144 (TS)$$

เมื่อ $TUR =$ ความขุ่น (หน่วย)

$TS =$ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. วิเคราะห์ความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำในหนองหาน

3.1 ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย

ความนำไฟฟ้า คือ เครื่องแสดงความเข้มข้นของแร่ธาตุ สารประกอบ เกลือ หรือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าจะแสดงว่ามีการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของไอออนที่ละลายในน้ำ ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามระยะทางของน้ำ โดยที่ น้ำจะชะล้างสารต่างๆซึ่งเกิดจากธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ตลอดจนอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ลักษณะทางเคมีของดิน ภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ .2528 ;อ้างอิงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3) ดังนั้น ความแตกต่างของความนำไฟฟ้าจึงขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อม ภูมิประเทศ ภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหาน พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 50 — 150 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ดังตารางที่ 5 ซึ่งอย่างไรก็ตามค่าความนำไฟฟ้าในหนองหานยังคงมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ประเทือง เชาวน์กลาง ได้กล่าวว่า ในแหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่งจะมีค่าความนำไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150 — 300 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร (ประเทือง เชาวน์กลาง.2534:17)

จากตาราง 5 แสดงค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 172.5 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ สถานีที่ 1 , สถานีที่ 5 , สถานีที่ 4 , สถานีที่ 6, สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 2 มีค่า 150 , 106.88 , 104 , 98.12 , 89 และ 76.12 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงมา สถานีที่ 5 , สถานีที่ 7 , สถานีที่ 6 , สถานีที่ 4 , สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 2 มีค่า 170.6 , 151.83 , 126 , 115.86 , 108 , 94.85 , 81.85 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำ ประปา และสถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร การใช้ที่ดินบริเวณนี้เป็นไปอย่างเข้มข้น โอกาสที่สารอนินทรีย์ต่างๆที่มาจากน้ำเสียชุมชน เกษตร กรรม ซึ่งเกิดการชะล้างลงสู่หนองหานได้ ในบริเวณใกล้เคียงย่อมก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอิออนของสารประกอบที่จะก่อให้เกิดความนำไฟฟ้าได้ดี จึงทำให้มีค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำ น้ำที่ได้รับการเจือปนจากสารต่างๆที่ไหลลงสู่หนองหานในทุกทิศทาง จะมีปริมาณมากกว่าน้ำในช่วงฤดูแล้ง จึงทำให้มีค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหานสูงขึ้นด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้น จึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 13 และ 14 ซึ่งสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และสถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ มีค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าสูงกว่าสถานีอื่น แต่ยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าความนำไฟฟ้าช่วงฤดูแล้งของแต่ละสถานีตรวจวัดจะมีค่าอยู่ในช่วง 50 — 150 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร และ ช่วงฤดูน้ำค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 40 - 200 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกัน คือ ในช่วงฤดูน้ำค่าเฉลี่ยจะสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ยกเว้น สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ ที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ สาเหตุที่ค่าความนำไฟฟ้าในช่วงฤดูน้ำมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง อาจเนื่องมาจาก ในช่วงฤดูน้ำ น้ำในหนองหานได้รับการปนเปื้อนจากสารต่างๆมาก โอกาสที่ได้รับปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษมีสูง โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร อีกทั้งความชุ่มชื้น และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับค่าความนำไฟฟ้า กล่าวคือค่าความนำไฟฟ้าเป็นเครื่องแสดงความเข้มข้นของแร่ธาตุ หรือ สารประกอบ ดังที่ประเทือง เชาววันกลาง ได้กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้า จะแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในน้ำ (ประเทือง เชาววันกลาง.2534:17) สอดคล้องกับอวยพร แสงเที่ยง ที่กล่าวว่า การชะล้าง ผังทลาย พร้อมสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในลุ่มน้ำมีเพิ่มขึ้น

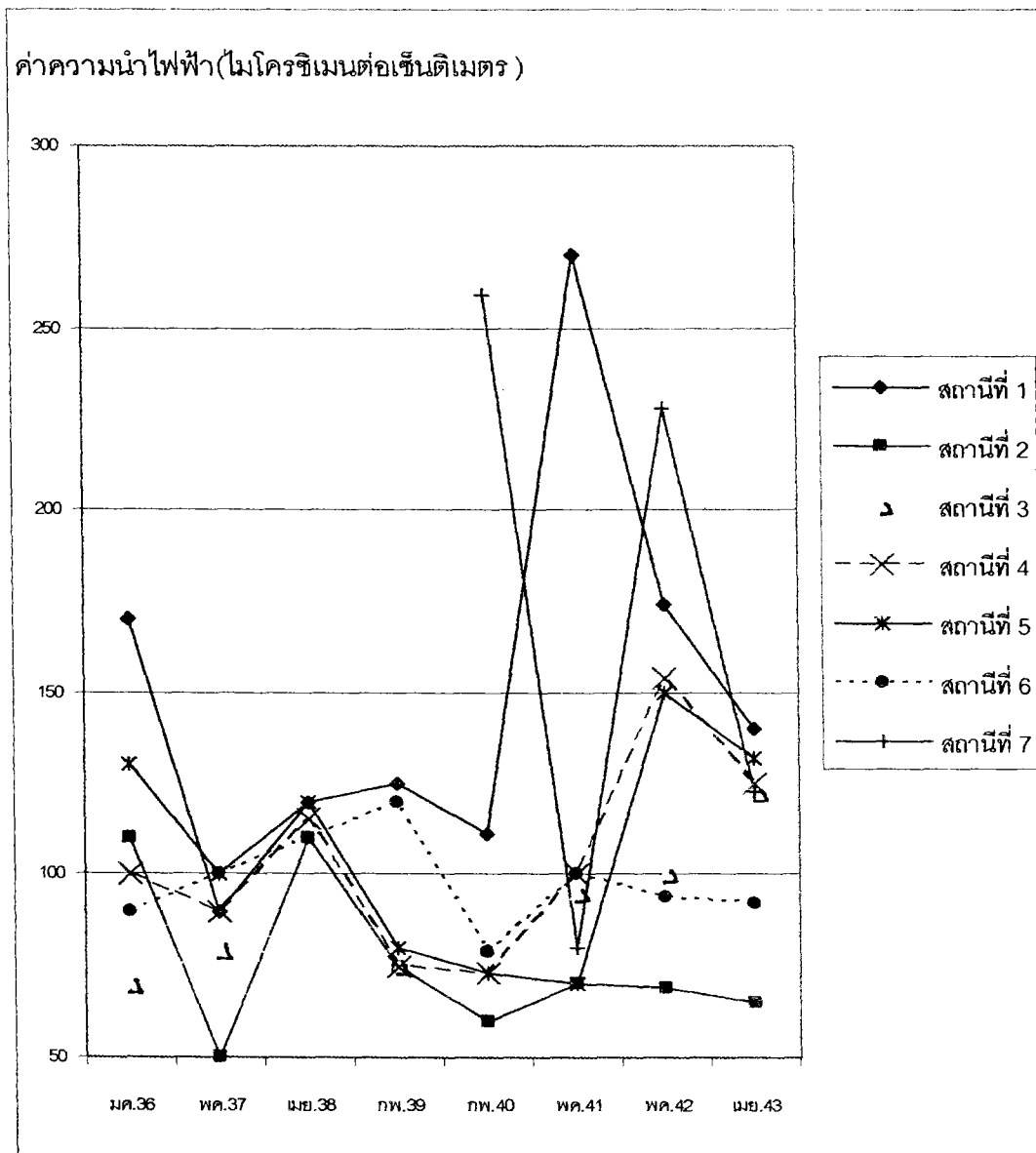
ตาราง 5 ค่าความแตกต่างของความนำไฟฟ้าระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	170	**	110	**	70	**	100	**	130	**	90	**	**	**		
2537	90	480	50	200	80	200	90	200	100	320	100	200	**	**	-3.81	0.011*
2538	120	106	110	56	**	63	115	57	120	102	110	94	**	**	0	0.013*
2539	125	178	75	80	75	100	75	120	80	195	120	170	**	**	-2.27	0.06
2540	111	42	60	63	80	54	73	**	73	**	79	67	259	64	1.48	0.17
2541	270	161	70	8	95	74	100	89	70	119	100	90	80	220	0.93	0.17
2542	174	122	69	86	100	98	154	96	150	92	94	103	228	113	1.75	0.11
2543	140	105	65	80	123	75	125	86	132	83	92	87	123	106	2.32	0.047*
$\bar{x}$	150	170.6	76.12	81.85	89	94.85	104	108	106.88	151.83	98.12	115.86	172.5	126		
SD	56.22	143.3	22.2	58.4	18.92	49.34	26.97	49.39	30.41	91.68	12.61	49.23	84.79	66.5		
CV(%)	37.48	84	29.16	71.35	21.25	52.02	25.93	45.73	28.47	60.38	12.85	42.49	49.15	52.78		

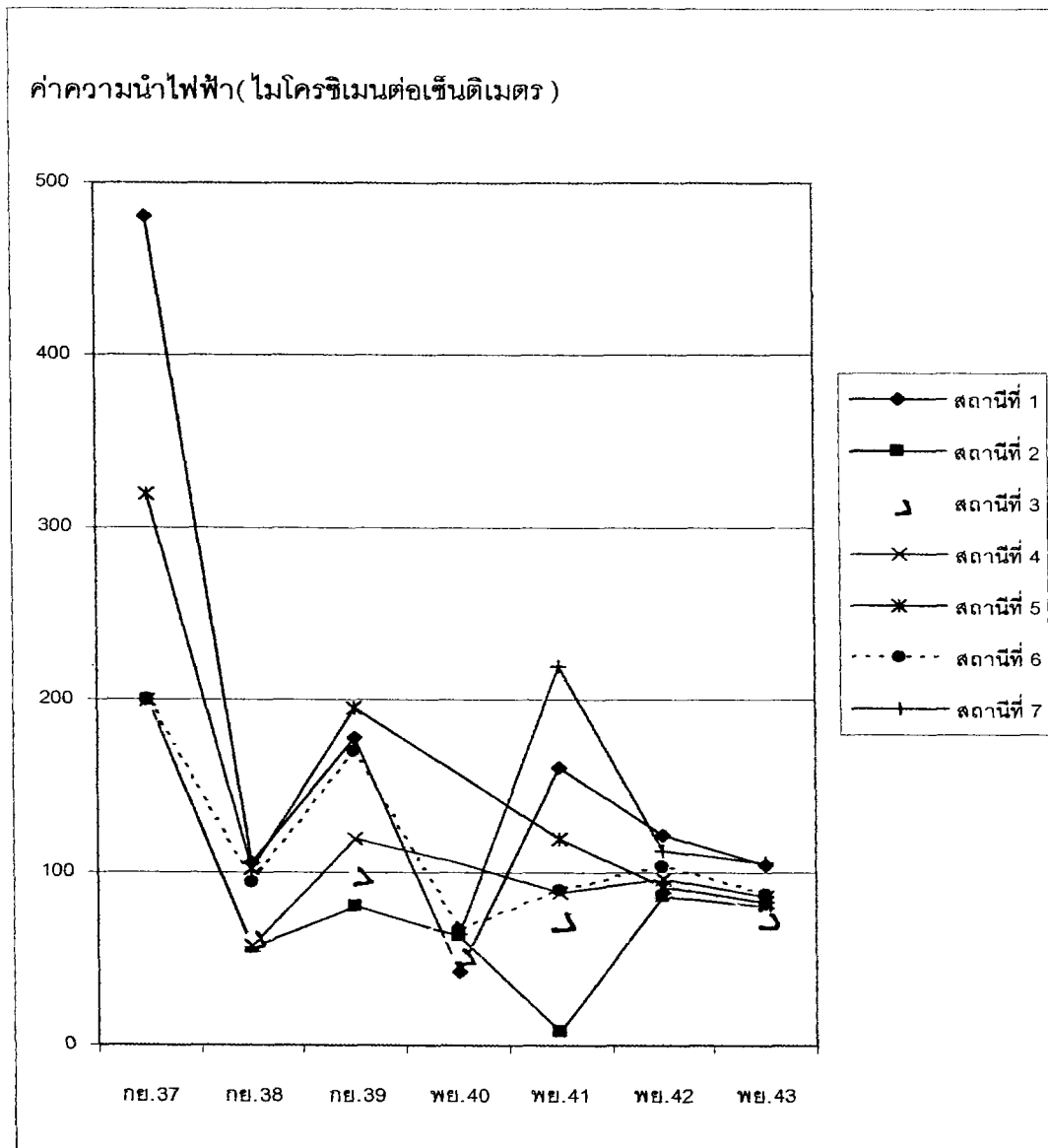
หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 13 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 14 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (อวยพร แสงเทียน .2536:69)

จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 5 เพื่อเปรียบเทียบค่าความนำไฟฟ้า ระหว่างช่วงฤดูแล้ง คือ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนพฤษภาคม และช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ปรากฏว่า ความนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ ปี พ.ศ. 2537, 2538 และ 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.011 , 0.013 และ 0.047 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่หนองหานมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำปิดที่มีขนาดใหญ่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ค่าความนำไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

3.2 ความแตกต่างของค่าความนำไฟฟ้า เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความนำไฟฟ้าเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance ในตาราง 6 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของหนองหานที่เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของความนำไฟฟ้าเจือจางลงได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหาน จึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อีกทั้งปริมาณความเข้มข้นของค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน ดังนั้นค่าความแตกต่างที่พบจึงมีค่าไม่ชัดเจนทางสถิติ ฉะนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

ตาราง 6 ค่านัยสำคัญทางสถิติของความนำไฟฟ้าเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

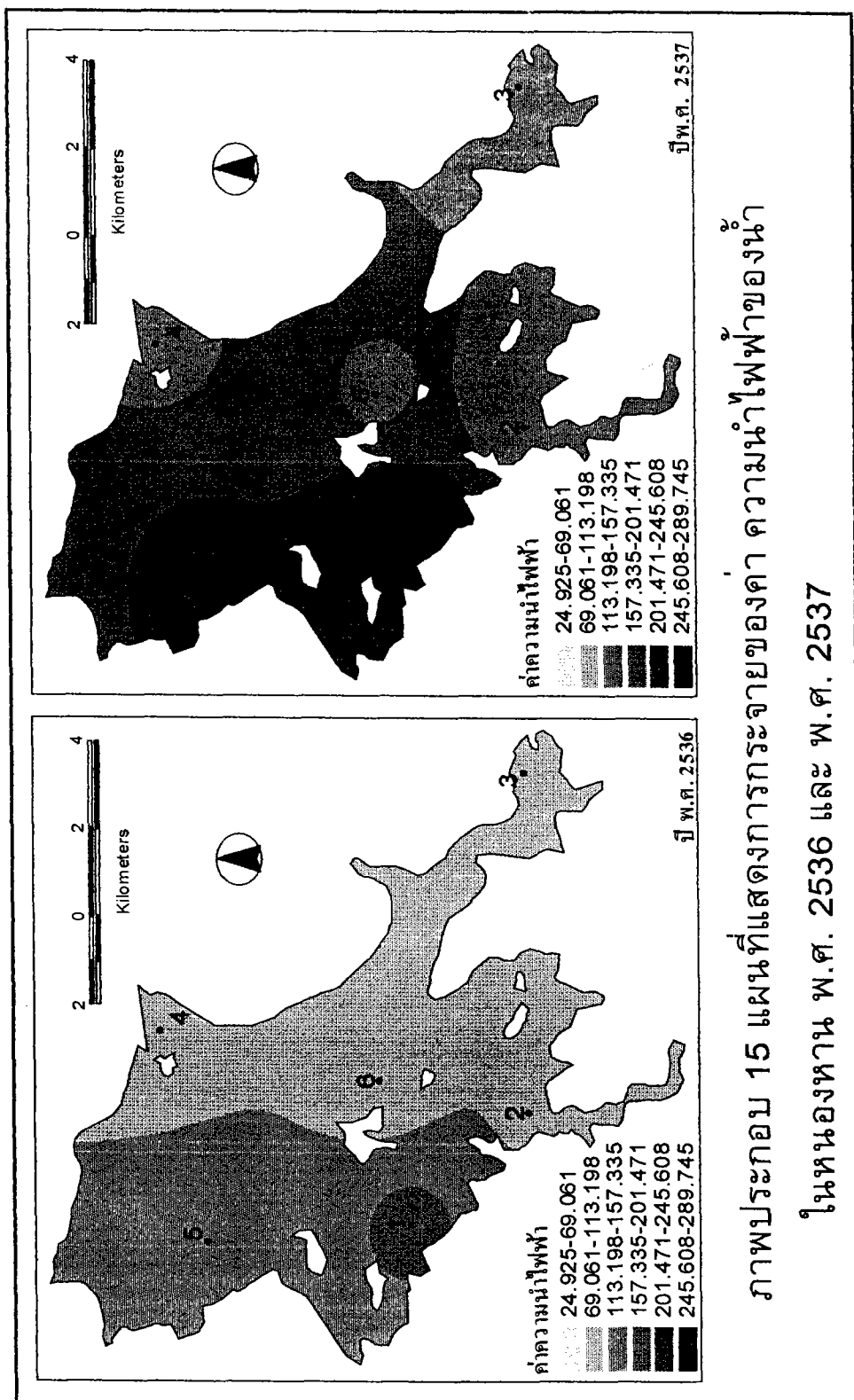
	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.745	0.675	0.918	0.998	0.918	
สถานีที่ 2			1.000	0.998	0.918	0.998	
สถานีที่ 3				0.992	0.870	0.992	
สถานีที่ 4					0.992	1.000	
สถานีที่ 5						0.992	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

3.3 ความแตกต่างของการกระจายความนำไฟฟ้าในหนองหาน

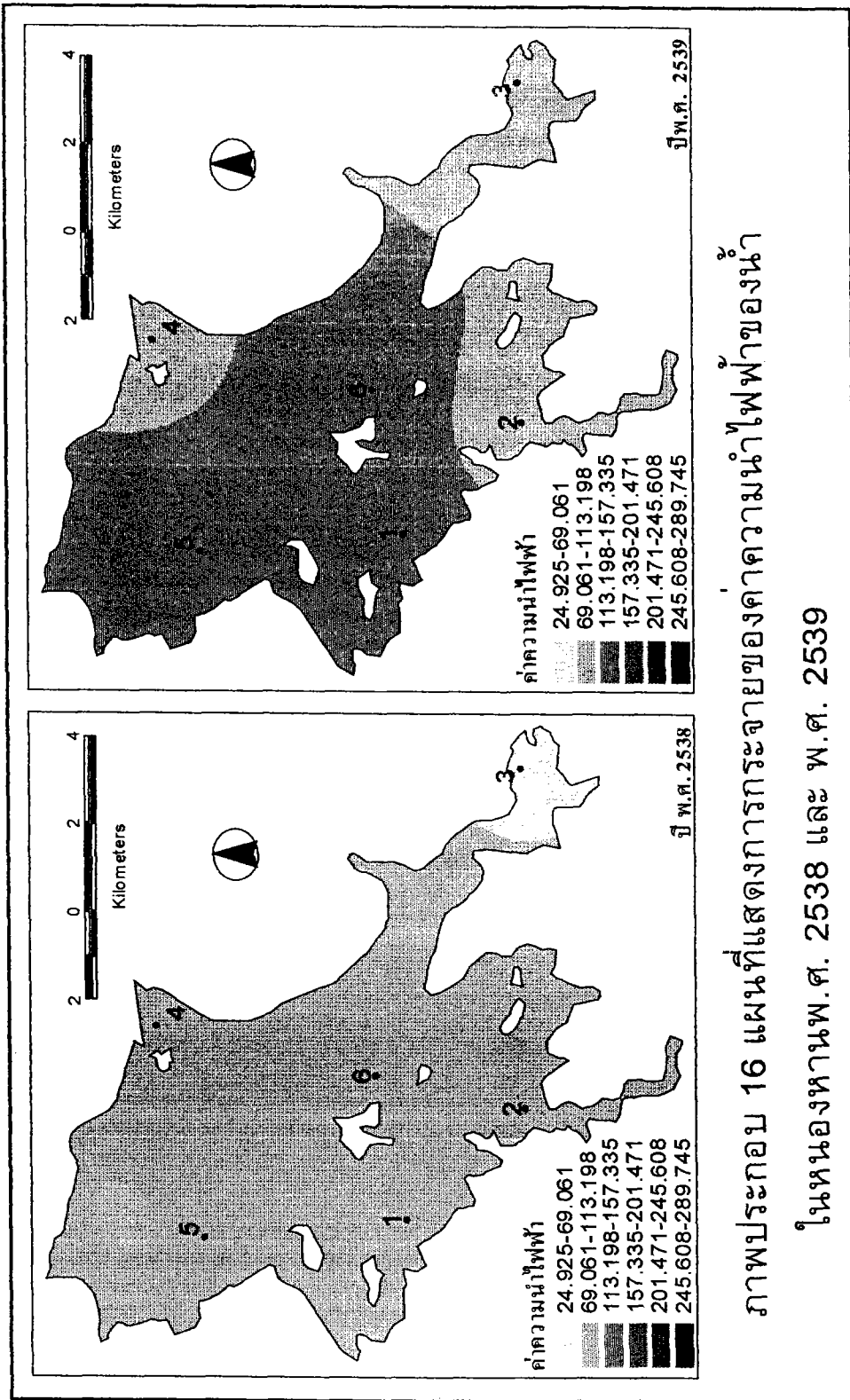
จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้ โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน ดังภาพประกอบ 15,16,17 และ 18 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่งลำดับความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือ ระหว่าง 24.925 – 69.061 , 69.061 – 113.198 , 113.198 – 157.335 , 157.335 – 201.471 , 201.471 – 245.608 และ 245.608 – 289.745 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายความนำไฟฟ้าพบว่า ในพ.ศ. 2537 ในหนองหานมีค่าความนำไฟฟ้าสูง โดยเฉพาะบริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา แม้ในปีถัดมาค่าความนำไฟฟ้ามีค่าลดลง แต่ในบริเวณสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 ยังคงมีค่ามากกว่าสถานีอื่น ดังนั้นการแพร่กระจายของค่าความนำไฟฟ้าในบริเวณสถานีที่ 1 และ 7 จึงเกิดการแพร่กระจายได้มากกว่าสถานีอื่น เนื่องมาจากการใช้ที่ดินรอบหนองหานในบริเวณนี้ซึ่งมีความเข้มข้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชนเทศบาลเมืองสกลนคร และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญ โอกาสที่น้ำจะได้รับการปนเปื้อนจึงมีสูง ซึ่งมีผลกระทบถึงค่าความนำไฟฟ้า ก่อให้เกิดความนำไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ด้วยเหตุนี้การแพร่กระจายของความนำไฟฟ้าในบริเวณ สถานีที่ 1 และสถานีที่ 7 จึงเกิดขึ้นได้ง่ายและเด่นชัด กว่าสถานีอื่นๆ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

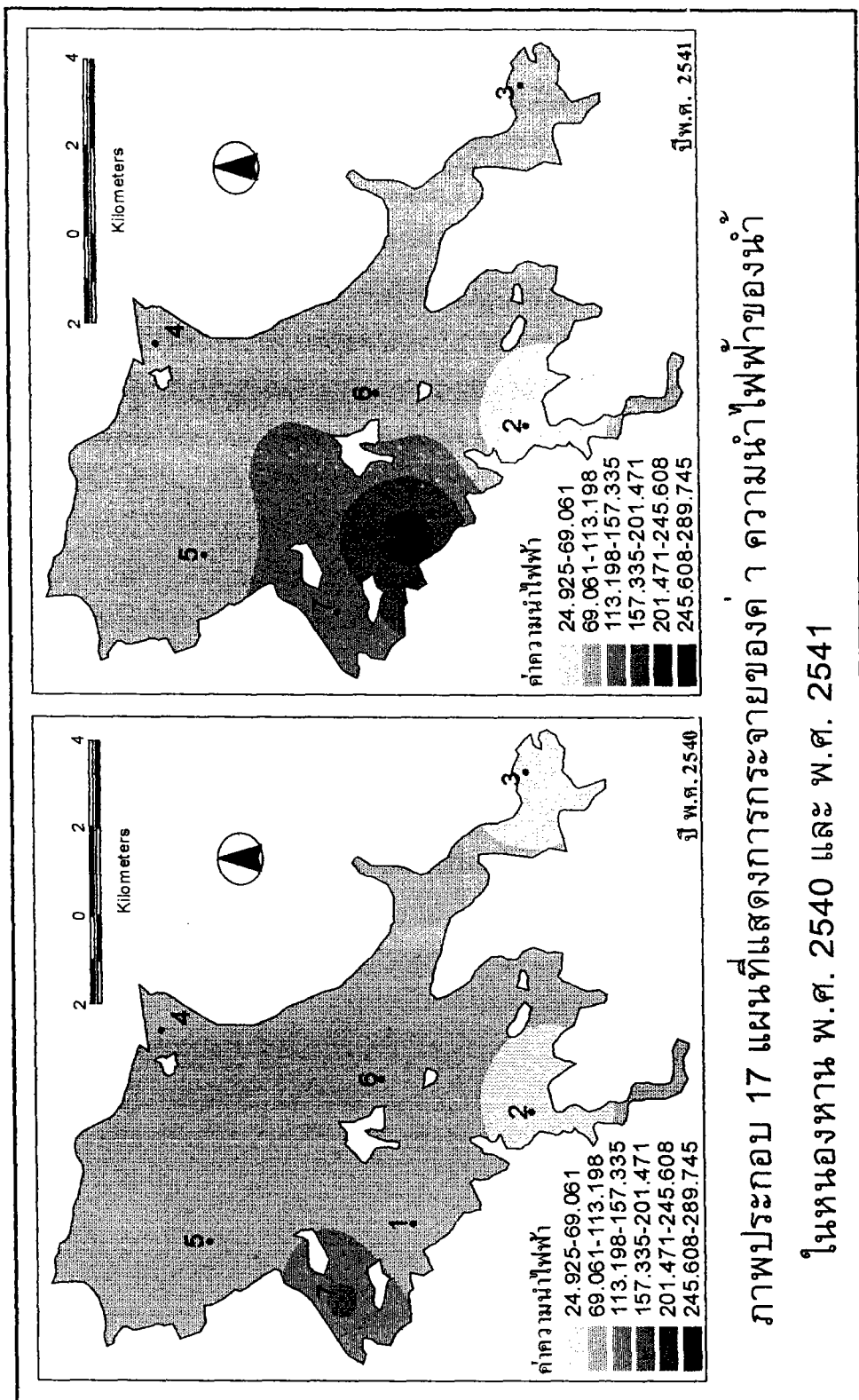
3.4 ความแตกต่างในความผันแปรของความนำไฟฟ้าในหนองหาน

จากตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูงที่สุด คือ 49.15 % รองลงมาสถานีที่ 1 มีค่า 37.48% สถานีที่ 2 มีค่า 29.16% สถานีที่ 5 มีค่า 28.47 % สถานีที่ 4 มีค่า 25.93 % สถานีที่ 3 มีค่า 21.25% และ สถานีที่ 6 มีค่า 12.85% ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสูงสุดคือ 84% รองลงมาสถานีที่ 2 มีค่า 71.35% สถานีที่ 5 มีค่า 60.38% สถานีที่ 7 มีค่า 52.78 % สถานีที่ 3 มีค่า 52.02 % สถานีที่ 4 มีค่า 45.73 % และ สถานีที่ 6 มีค่า 42.49 % ตามลำดับ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าค่าความผันแปรของความนำไฟฟ้าในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกัน แต่ในช่วงฤดูการ ฤดูน้ำจะมีค่าความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งทุกสถานี ทั้งนี้เนื่องมาจากในฤดูน้ำมีโอกาสน้ำจะเกิดตะกอนเพิ่มมากขึ้นจากการกัดเซาะของน้ำฝนตามธรรมชาติ รวมถึงตะกอนที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชนและเกษตรกรรม

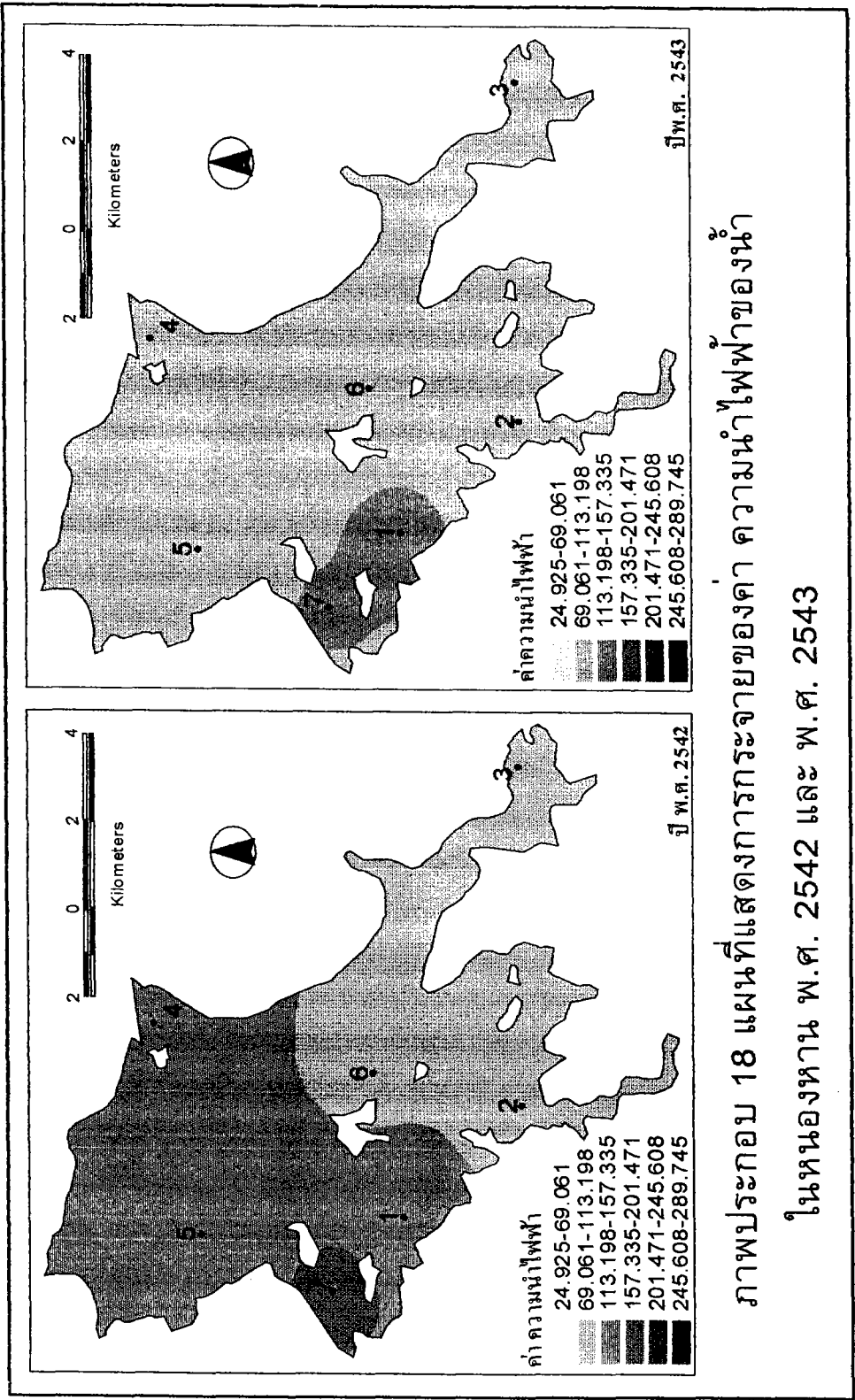


ภาพประกอบ 15 แผนที่แสดงการกระจายของค่า ความนำไฟฟ้าของน้ำ
ในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537





ภาพประกอบ 17 แผนที่แสดงการกระจายของค่า ความนำไฟฟ้าของน้ำ
ในหนองหาน พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541



ค่าความนำไฟฟ้าในสถานีที่ 1 และ 7 มีค่าความผันแปรมาก เนื่องจากการใช้ที่ดินในบริเวณนี้อย่างเข้มข้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชน รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญ โอกาสที่น้ำจะได้รับการปนเปื้อนจึงมีสูง ซึ่งมีผลกระทบถึงค่าความนำไฟฟ้า จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สอดคล้องกับ ศรีชัย พรประชาธรรม ที่กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้าสูงเนื่องมาจากกิจกรรมทางด้านการเกษตร และพื้นที่ที่เป็นชุมชนมีมาก โอกาสที่จะปล่อยสารอินทรีย์ จากกิจกรรมของมนุษย์จึงมีมาก (ศรีชัย พรประชาธรรม .2531:118) นอกจากนี้ นิธิ พลไชย กล่าวว่า โดยปกติเมืองที่อยู่ริมน้ำจะมีการปล่อยน้ำเสียจากชุมชน และกิจกรรมอื่นๆ ลงสู่แม่น้ำทำให้ความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้น โดยเฉพาะสารอินทรีย์ จึงพบค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น (นิธิ พลไชย.2532:93) จากที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

3.5 สร้างสมการพยากรณ์ค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตาราง 17 พบว่าในตัวแปรทั้ง 7 ชนิดในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าความนำไฟฟ้า ดังนั้นจากตัวแปรทั้ง 7 ชนิดที่ทำการศึกษา จึงไม่มีตัวแปรที่ดีในการพยากรณ์ค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน จังหวัดสกลนคร จึงไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่าสร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้

4.วิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ของน้ำในหนองหาน

4.1 ค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย

ค่าออกซิเจนละลาย คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยที่ ถ้าน้ำมีค่าออกซิเจนละลายมากถือว่าเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ ดังที่ วีระ ศรีสนธิ์ ให้ความเห็นว่าการแพร่กระจายของออกซิเจนจะผันแปรไปตาม ความลึก การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ก้นหนอง ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ก้นหนองลดลง (วีระ ศรีสนธิ์. 2527: 34) จากการศึกษาค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหาน ปรากฏผลดังตารางที่ 7 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือว่ามีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำ ตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 2 ของกรมควบคุมมลพิษ ยกเว้นในบางฤดูของบางปีและบางสถานี ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ เช่น ในฤดูแล้ง

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2537 สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ มีค่า 4.8 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ในวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2541 สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา มีค่า 4.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในฤดูน้ำปริมาณออกซิเจนละลายที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จะพบในสถานีที่ 1 , 4 , 5 และ 6 เดือนกันยายน พ.ศ. 2537 มีค่า 5.4 , 5 , 5.2 และ 5.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากตาราง 7 แสดงค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งจืดขนาดใหญ่ที่มีทั้งพืชและสัตว์น้ำอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก อีกทั้งบริเวณโดยรอบเป็นแหล่งชุมชนและเกษตรกรรม จึงมีผลทำให้ค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหานมีความแตกต่างกันไปในแต่ละจุด ผลการศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลาย เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหานพบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายแต่ละสถานีมีค่าเพิ่มขึ้นสลับกับค่าที่ลดลง ทั้งในช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง โดยค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 5 มีค่าสูงสุดคือ 7.65 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 6 สถานีที่ 4 สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 มีค่า 7.56, 7.52 , 7.1 , 6.65 , 6.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในหนองหาน สถานีที่ 7 มีค่าสูงสุดคือ 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 4 มีค่า 7.13 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานีที่ 1 สถานีที่ 6 มีค่า 7.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานีที่ 5 มีค่า 7.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานีที่ 2 มีค่า 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 6.08 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าสถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 มีค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่าสถานีอื่นๆ ทั้งนี้เพราะ สถานีที่ 3 บริเวณปากน้ำเก่าจะเป็นทางน้ำไหลออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน โอกาสที่สิ่งต่างๆจะมารวมกันในบริเวณนี้ย่อมมีเพิ่มมากขึ้น อวยพร แสงเทียน ได้กล่าวว่า เมื่อความหนาแน่นการระบายน้ำเพิ่มขึ้น ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลง (อวยพร แสงเทียน.2536:69) ส่วนสถานีที่ 2 ปากน้ำพุเป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มากับน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำย่อมก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ง่าย นิธิ พลไชย สรุปว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น อัตราการไหลของน้ำ ความลึก อุณหภูมิ ความขุ่น ปริมาณพืชน้ำ การใช้ที่ดิน การใช้ประโยชน์จากลำน้ำบริเวณนั้นๆ รวมถึงซากพืชที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และการสังเคราะห์แสงจากพืช (นิธิ พลไชย. 2532:58) จากที่กล่าวมา ค่าออกซิเจนละลาย ในสถานีที่ 3 และ สถานีที่ 2 มีค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่าสถานีอื่น

ตาราง 7 ค่าความแตกต่างของออกซิเจนละลายระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	7.1	**	6.1	**	6.5	**	6.7	**	7.1	**	7	**	**	**	**	**
2537	5.6	5.4	4.8	6.2	4	6	6.9	5	6.9	5.2	6.8	5.6	**	**	0.49	0.63
2538	7.1	7.2	6.7	6	**	7.1	6.6	7.2	7.1	7	6.8	6.9	**	**	-0.71	0.86
2539	8	7.1	8.9	6.5	8.6	5.7	10	7.3	9.8	7.8	9.8	7.6	**	**	4.76	0.001*
2540	8.1	6.2	7	6.9	6.8	6.9	7.1	**	7.1	**	7.7	7.2	9	6.8	1.94	0.08
2541	4.6	8	7.3	7	5.9	6.1	7.1	8	7.3	7	7.2	7.6	5.4	8	-1.98	0.07
2542	8.5	8.1	5.4	6.7	7.1	5.3	8	8.4	7.5	8.2	5.5	7	6.2	8.8	-0.94	0.36
2543	7.8	7.4	7	5.6	7	5.5	7.8	6.9	8.4	6.8	9.7	7.5	9.1	7.2	2.85	0.015*
$\bar{x}$	7.1	7.05	6.65	6.41	6.55	6.08	7.52	7.13	7.65	7	7.56	7.05	7.42	7.7		
SD	1.35	0.97	1.25	0.51	0.97	0.68	1.12	0.78	0.99	0.76	1.49	0.7	1.91	0.89		
CV(%)	19.01	13.76	18.79	7.96	14.81	11.18	14.89	10.93	12.94	10.85	19.87	9.92	25.74	11.56		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

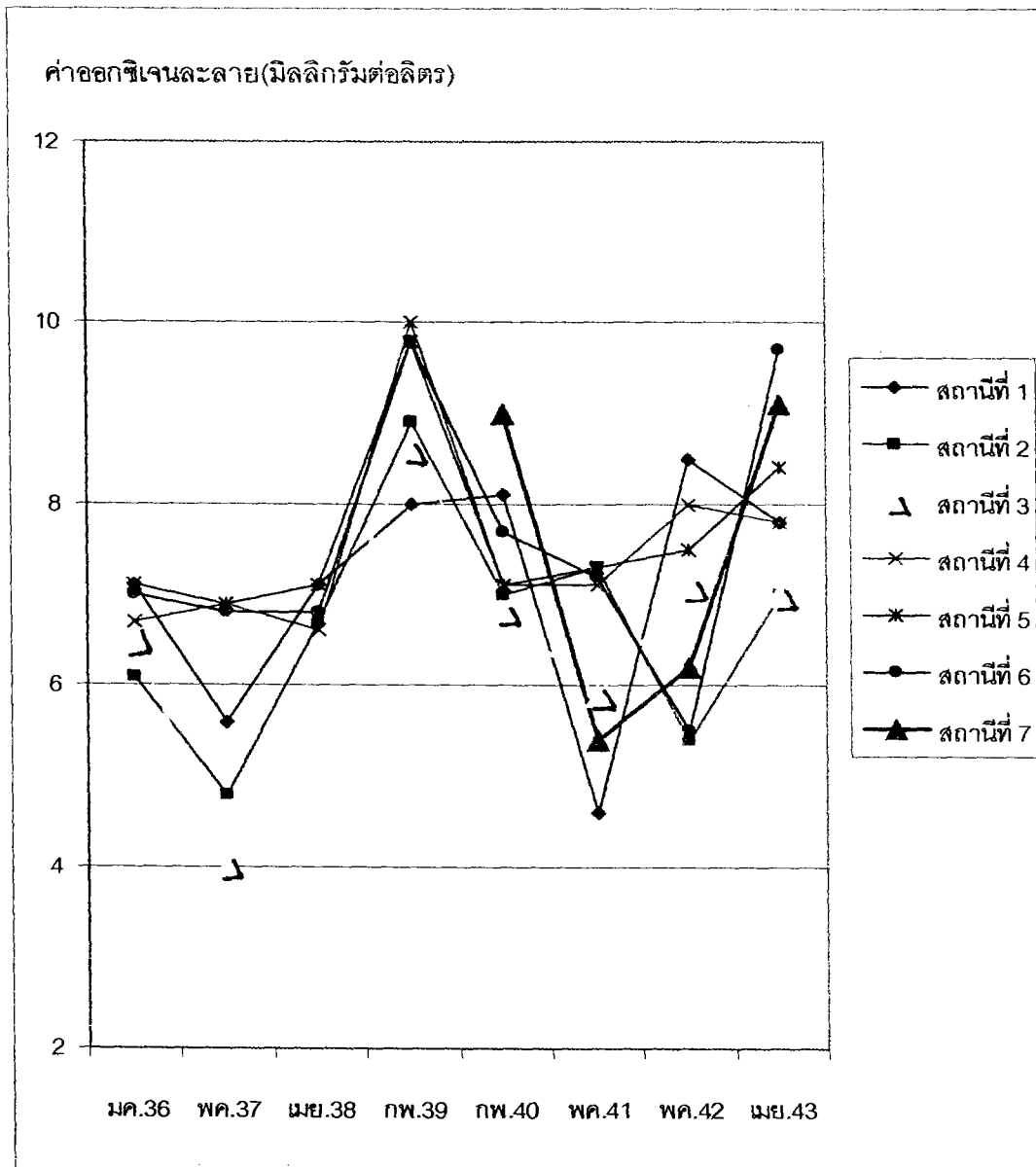
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างตามฤดูกาล ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูน้ำปริมาณออกซิเจนละลายจะมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง ยกเว้น สถานีที่ 7 ที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูน้ำ น้ำในหนองหานมีการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลได้ง่ายกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำที่ไหลลงสู่หนองหานในช่วงฤดูฝน จะมีตะกอนเพิ่มมากขึ้นเพราะ น้ำฝนจะนำพาตะกอนจากบริเวณต่างๆ มาลงสู่หนองหาน ทำให้น้ำในหนองหานมีความสกปรกเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้ออกซิเจนในน้ำช่วงฤดูน้ำจึงมีอัตราเพิ่มขึ้น ค่าออกซิเจนในน้ำจึงลดลง เพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 19 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 5.00 – 10.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนภาพประกอบ 20 ค่าออกซิเจนละลายในช่วงฤดูน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 5.00 – 9.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

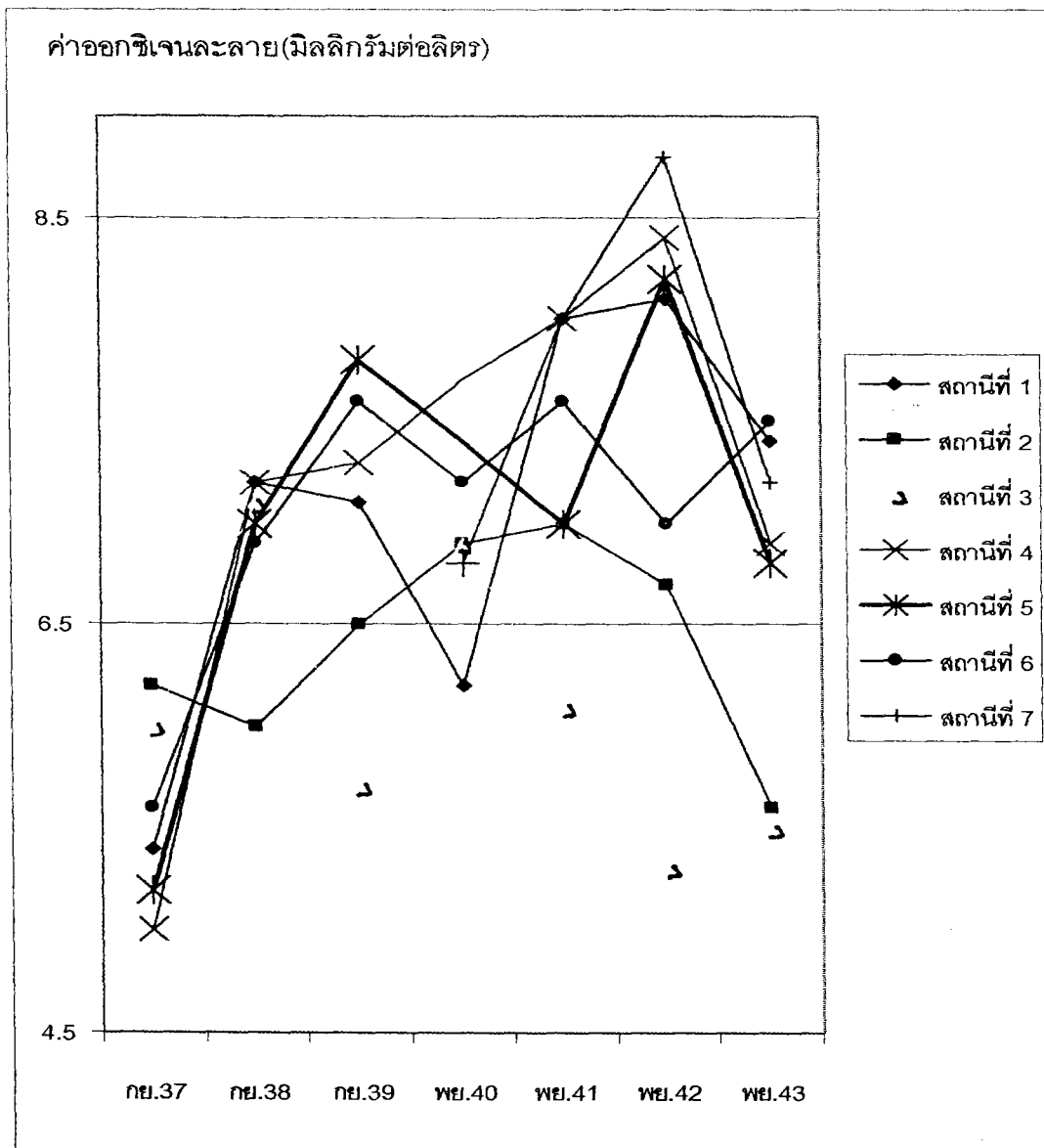
จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 7 เพื่อเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน ระหว่างช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี และช่วงฤดูน้ำคือระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าออกซิเจนละลายมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2539 และ พ.ศ. 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และ 0.015 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำปิดสามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ค่าออกซิเจนละลายในหนองหานจึงแตกต่างกันไม่มากนัก

4.2 ความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลายเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลายเป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้วิธี Analysis of Variance ในตาราง 8 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหานจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าออกซิเจนละลายในหนองหานแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน ดังนั้นค่าความแตกต่างที่พบจึงมีค่าไม่ชัดเจนทางสถิติ ฉะนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน



ภาพประกอบ 19 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูแล้ง ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



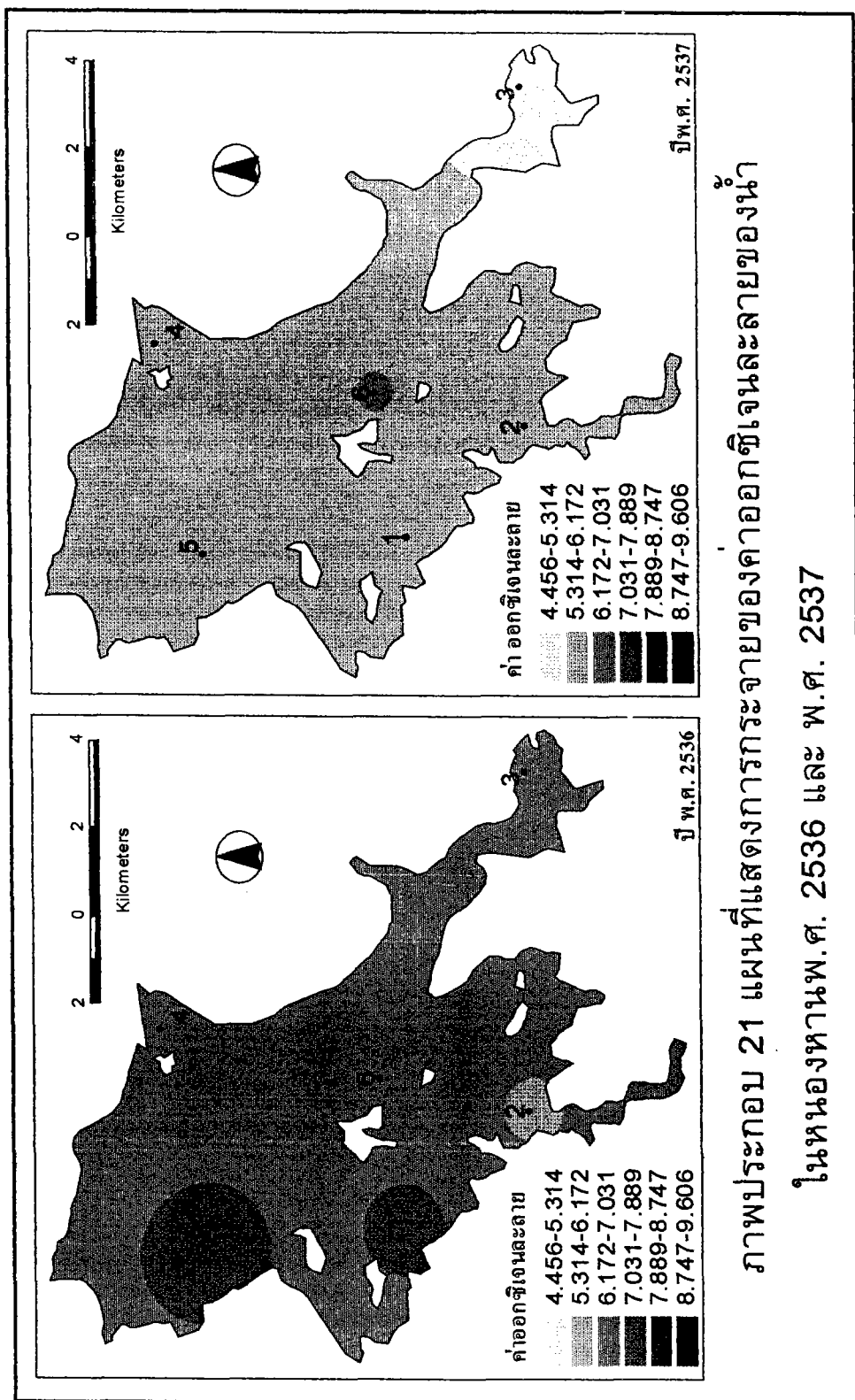
ภาพประกอบ 20 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ
ระหว่าง พ.ศ.2536 - พ.ศ. 2543

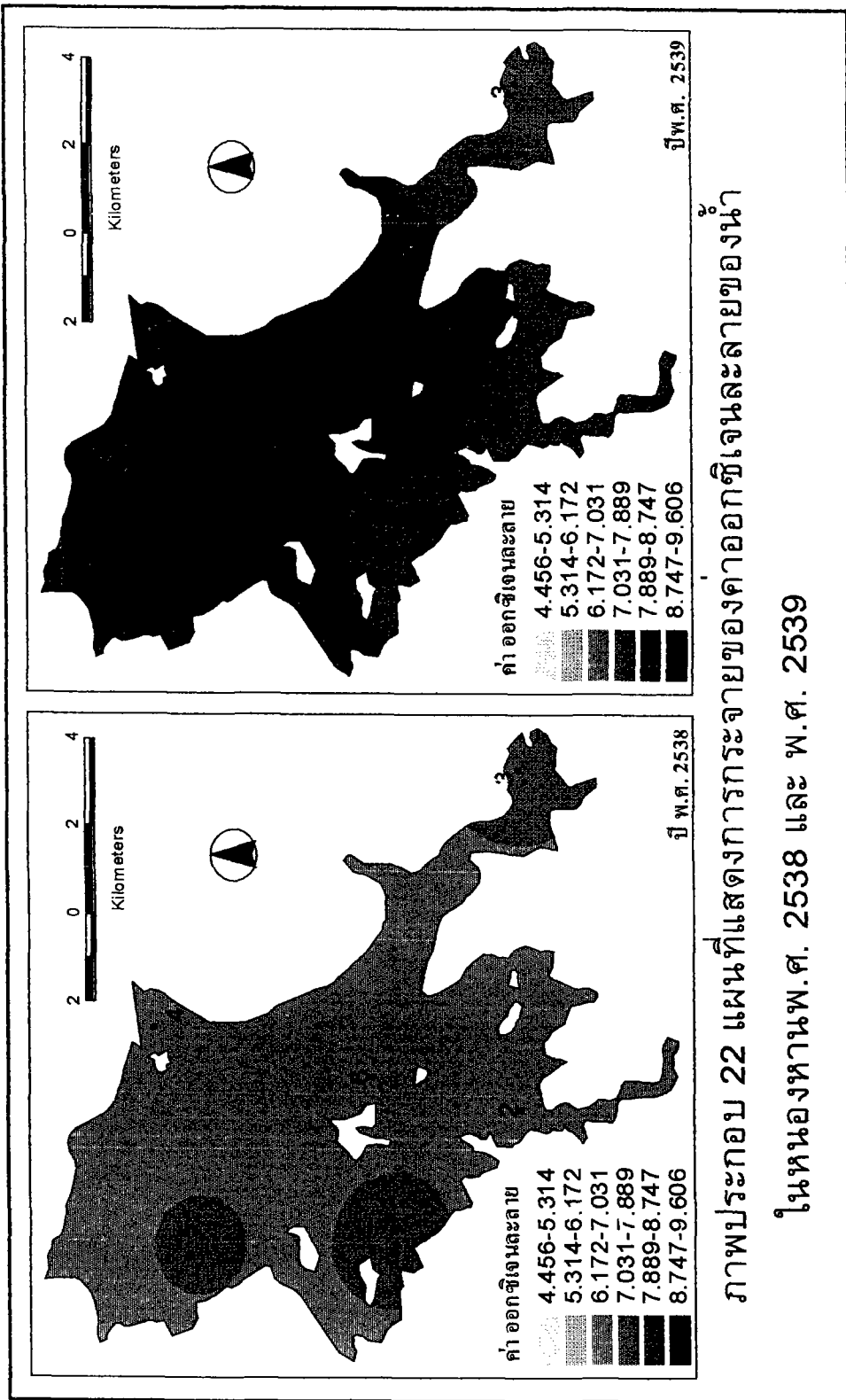
**ตาราง 8 ค่านัยสำคัญทางสถิติของออกซิเจนละลายเป็นรายสถานีตรวจวัดใน
หนองหาน**

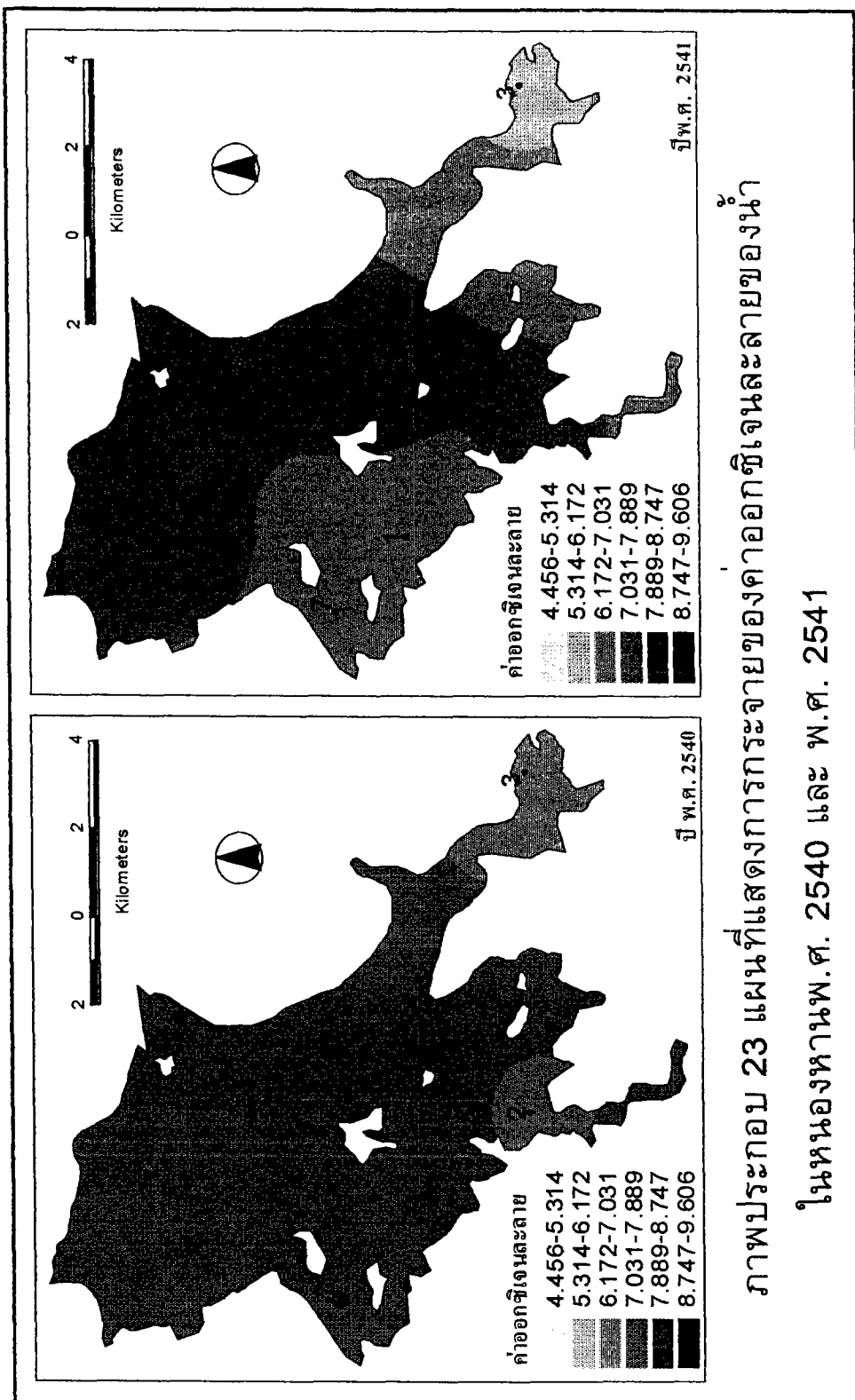
	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.956	0.907	0.998	0.989	0.995	
สถานีที่ 2			1.000	0.817	0.730	0.775	
สถานีที่ 3				0.730	0.636	0.683	
สถานีที่ 4					1.000	1.000	
สถานีที่ 5						1.000	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

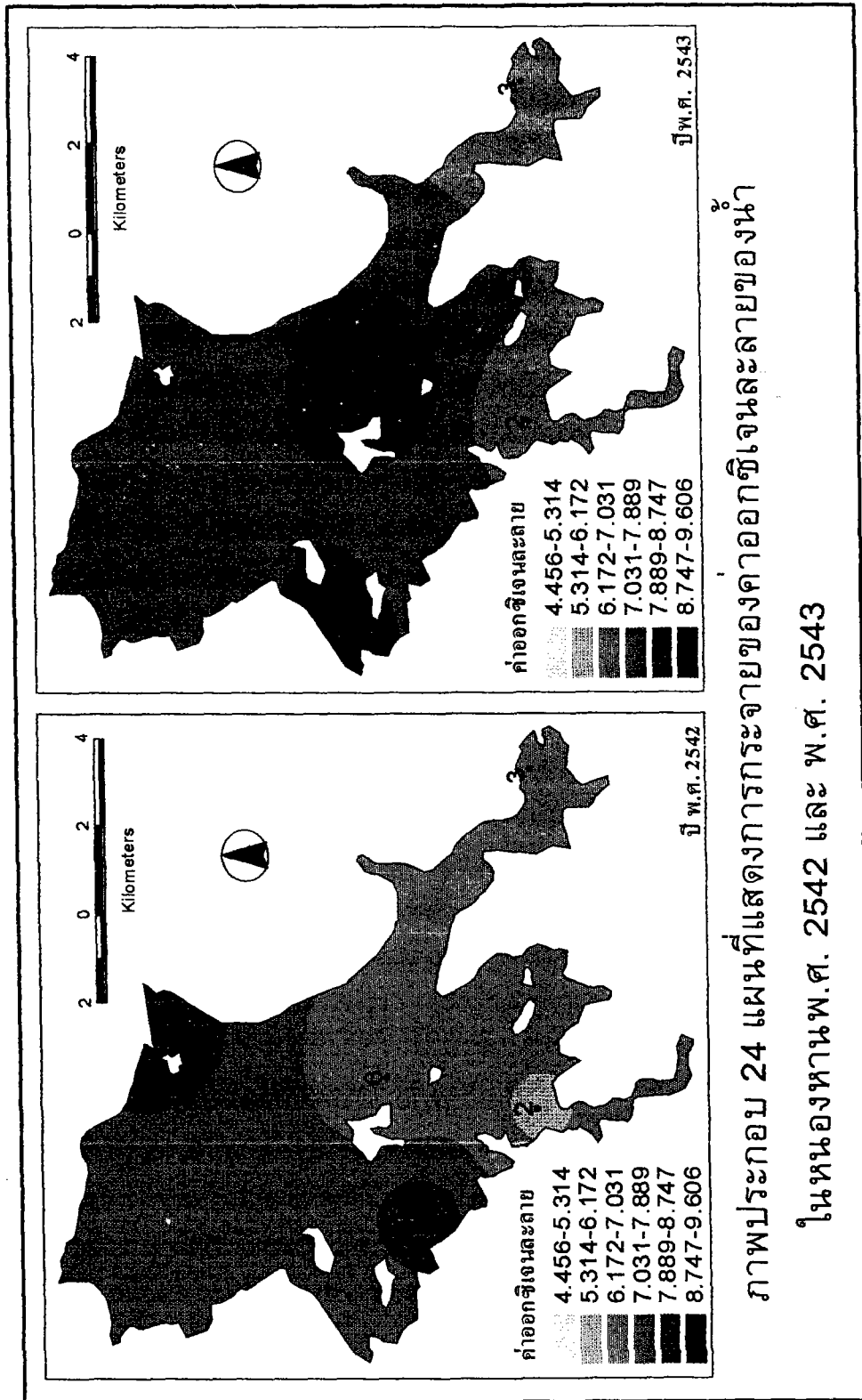
4.3 ความแตกต่างของการกระจายค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน

จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้ โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน ดังภาพประกอบ 21,22,23 และ 24 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่งลำดับค่าความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง 4.456 - 5.314 , 5.314 - 6.172 , 6.172 - 7.031 , 7.031 - 7.889 , 7.889 - 8.747 และ 8.747 -9.606 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบการกระจายออกซิเจนละลายในหนองหานพบว่า มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ซึ่งค่าออกซิเจนละลายในหนองหานมีการกระจายที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี โดยที่ค่าออกซิเจนละลายในหนองหานจะมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 คือมีค่าออกซิเจนละลายไม่น้อยกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าคุณภาพน้ำในหนองหานยังคงปลอดภัยต่อการอุปโภค บริโภค แม้ว่าในบางสถานีและบางช่วงฤดูกาลจะมีค่าลดลงดังที่กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหนองหานมีโรงบำบัดน้ำเสียอยู่มากเสียที่ช่วยลดปริมาณน้ำเสียจากเทศบาลเมืองสกลนครก่อนการปล่อยน้ำลงสู่หนองหาน รวมถึงในปัจจุบันมีการให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น หนองหานจึงได้รับการดูแลทำให้น้ำในหนองหานยังคงมีคุณภาพที่ดี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในแต่ละจุดที่ทำการตรวจวัด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน









4.4 ความแตกต่างในความผันแปรของค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน

จากตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่า ในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 25.74 % รองลงมา สถานีที่ 6 มีค่า 19.87 % สถานีที่ 1 มีค่า 19.01% สถานีที่ 2 มีค่า 18.79 % สถานีที่ 4 มีค่า 14.89 % สถานีที่ 3 มีค่า 14.81 % และ สถานีที่ 5 มีค่า 12.94 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 13.76 % รองลงมา สถานีที่ 7 มีค่า 11.56% สถานีที่ 3 มีค่า 11.18 % สถานีที่ 4 มีค่า 10.93% สถานีที่ 5 มีค่า 10.85 % สถานีที่ 6 มีค่า 9.92% และสถานีที่ 2 มีค่า 7.96 %

จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของออกซิเจนละลายในแต่ละช่วงฤดูกาลและแต่ละสถานี มีค่าแตกต่างกัน โดยช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี โดยในสถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อมีค่าความผันแปรมากที่สุด ซึ่งเป็นสถานีที่มีค่าออกซิเจนละลายสูงสุดและต่ำสุด คือ มีค่าพิสัย 5.40 - 9.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความผันแปรที่เกิดขึ้นมีผลมาจาก บริเวณสถานีตรวจวัดอยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ น้ำเสียที่มาจากทั่วทั้งเขตเทศบาลจึงมารวมกัน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญทำให้มีโอกาสที่น้ำจะได้รับการปนเปื้อน ปริมาณมลพิษจึงเพิ่มขึ้น ปริมาณค่าออกซิเจนในน้ำจึงมีการผันแปรมาก เช่นเดียวกับในบริเวณสถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ที่ในช่วงฤดูแล้งค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมีค่าเป็นอันดับที่ 2 เนื่องจาก เป็นบริเวณที่มีความลึกสูงสุด การพัดพาตะกอนจากคลื่น ลม กระแสน้ำ ที่เกิดขึ้นย่อมสามารถทำให้เกิดการสะสมของมลพิษในบริเวณนี้ได้ ปริมาณค่าออกซิเจนละลายในน้ำจึงมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี จากที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่าความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

4.5 สร้างสมการพยากรณ์ค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตาราง 17 ได้สมการพยากรณ์ ค่าออกซิเจนละลาย จากตัวแปรต่างๆทั้ง 7 ชนิด ในหนองหาน ซึ่งสอดคล้องกับ สมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ โดยที่ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ จะมีความสัมพันธ์ กับค่าออกซิเจนละลายมากที่สุด กล่าวคือ อิทธิพลของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีผลต่อค่าออกซิเจนละลายมากที่สุดที่ระดับ 57 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า ค่าความต้องการ

ออกซิเจนทางชีวภาพ สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่าออกซิเจนละลายได้ดีที่สุด โดยใช้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$DO = 5.853 + 1.076 (BOD)$$

เมื่อ DO = ออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

BOD = ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

5. วิเคราะห์ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) ของน้ำในหนองหาน

5.1 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเฉลี่ย

ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ วรวิทย์ ชีวาพร ให้ความหมายว่า คือปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้ หรือความต้องการออกซิเจนของน้ำเสีย ซึ่งเป็นการที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ค่าบีโอดีเป็นลักษณะของน้ำทิ้งที่สำคัญที่สุด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (วรวิทย์ ชีวาพร ,ม.ป.ป. 19) จากการศึกษาค่าบีโอดีของน้ำในหนองหาน ค่าเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 0 - 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกณฑ์การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 2 จากกรมควบคุมมลพิษ กำหนดค่าไว้ว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ควรไม่มากกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐาน ยกเว้น บางปีและบางสถานีเท่านั้น ที่มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 2

จากตาราง 9 แสดงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี เนื่องจากบริเวณรอบหนองหานมีการใช้ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนมาก น้ำเสียที่ไหลลงสู่หนองหานจึงมีสารปนเปื้อนที่แตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณที่ทำการตรวจวัด ทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีค่าแตกต่างกันไป ซึ่งจากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นสถานีเดียวที่มีค่าเกินมาตรฐานไปเล็กน้อย คือ มากกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาเป็นสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า , สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง , สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ , สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ , สถานีที่ 4 ดอนพลาญ , และสถานีที่ 5 ดอนแขง มีค่า 1.52 , 1.42 , 1.33 , 1.17 , 1.05 และ 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา เป็นเขตชุมชนขนาดใหญ่ คือ เขตเทศบาลเมืองสกลนคร ปัญหาน้ำปนเปื้อนสิ่งสกปรกจากชุมชนจึงเกิดขึ้นได้ง่าย ทำให้มีโอกาสที่น้ำสกปรกไหลลงสู่หนองหานในบริเวณนี้มากกว่าสถานีอื่น ส่วนในสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า

พบว่า บริเวณปากน้ำพุงมีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค กระบือ อยู่ริมหนองหานโดยตรง โอกาสที่จะพบการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลจากมูลสัตว์จึงเกิดขึ้นได้ง่าย นอกจากนี้ เนื่องจากหนองหานมีประชากรพืชและสัตว์น้ำอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก การที่มีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพสูงเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน อาจเกิดขึ้นได้จากในบริเวณที่ทำการตรวจวัดมีสิ่งปฏิกูลอยู่มาก เช่น ในบริเวณนั้นๆอาจเกิดการเน่าเปื่อยของพืชหรือสัตว์ ฯลฯ ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะพบค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพสูง

ส่วนค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ของแต่ละปี สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง มีค่าสูงที่สุดคือ 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ , สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา , สถานีที่ 4 ดอนพลาญ , สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ , สถานีที่ 5 ดอนแขง , สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่า 1.15 , 1.02 0.86 , 0.84 , 0.78 และ 0.71 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สถานีที่ 2 ปากน้ำพุงเป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มากับน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำยมก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ง่าย เพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 25 และ 26 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพทั้งในฤดูแล้ง และฤดูน้ำ แต่ละสถานีตรวจวัดจะมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกัน คือในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี โดยในสถานีที่ 1 , 3 และ 6 ของช่วงฤดูแล้ง ในบางปีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ดังในตาราง 9 ซึ่งค่าสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา วันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2543 คือ 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา เป็นเขตชุมชนขนาดใหญ่ คือ เขตเทศบาลเมืองสกลนคร ปัญหาน้ำปนเปื้อนสิ่งสกปรกจากชุมชนจึงเกิดขึ้นได้ง่าย ทำให้มีโอกาสที่น้ำสกปรกไหลลงสู่หนองหานในบริเวณนี้มากกว่าสถานีอื่น

จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 จากตาราง 9 เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ระหว่างช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี และช่วงฤดูน้ำคือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.006 และ 0.041 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หนองหานเป็นแหล่งน้ำปิดขนาดใหญ่ ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ในทางสถิติค่าความแตกต่างของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพที่ได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก

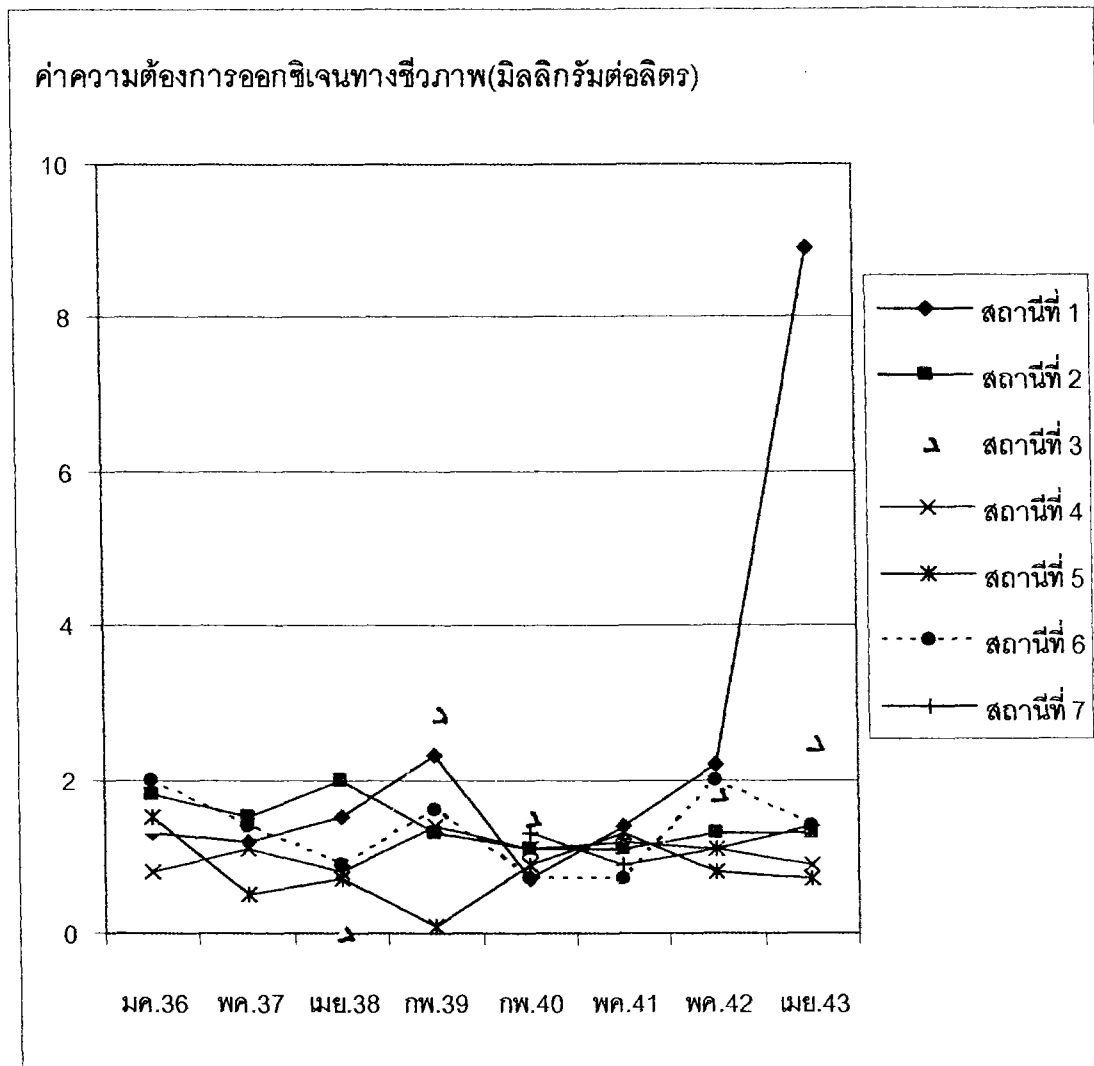
ตาราง 9 ค่าความแตกต่างของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	1.3	**	1.8	**	1.4	**	0.8	**	1.5	**	2	**	**	**	**	**
2537	1.2	0.7	1.5	0.2	1.4	0.4	1.1	0.8	0.5	0.6	1.4	0.7	**	**	3.52	0.006*
2538	1.5	1.2	2	1.1	0	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	0.7	**	**	0.55	0.59
2539	2.3	1.5	1.3	2.1	2.9	0.4	1.4	0.9	0.1	1.2	1.6	0.6	**	**	1.03	0.32
2540	0.7	0.9	1.1	2.1	1.5	1.1	1.1	**	0.9	**	0.7	1.1	1.3	1.3	-1.01	0.32
2541	1.4	1.3	1.1	1.3	0.7	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	0.7	1.1	0.9	1.9	-1.6	0.14
2542	2.2	1	1.3	1.3	1.8	0.8	1.1	1	0.8	0.6	2	1.1	1.1	0.8	2.42	0.041*
2543	8.9	0.6	1.3	0.6	2.5	0.6	0.9	0.6	0.7	0.6	1.4	0.6	1.4	0.6	1.67	0.14
$\bar{x}$	2.43	1.02	1.42	1.24	1.525	0.714	1.05	0.86	0.81	0.78	1.33	0.84	1.17	1.15		
SD	2.66	0.33	0.32	0.71	0.86	0.3	0.21	0.31	0.44	0.29	0.53	0.24	0.22	0.58		
CV(%)	109.13	32.08	22.45	57.12	56.39	42	20	35.76	54.15	37.02	39.62	28.47	18.72	50.4		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

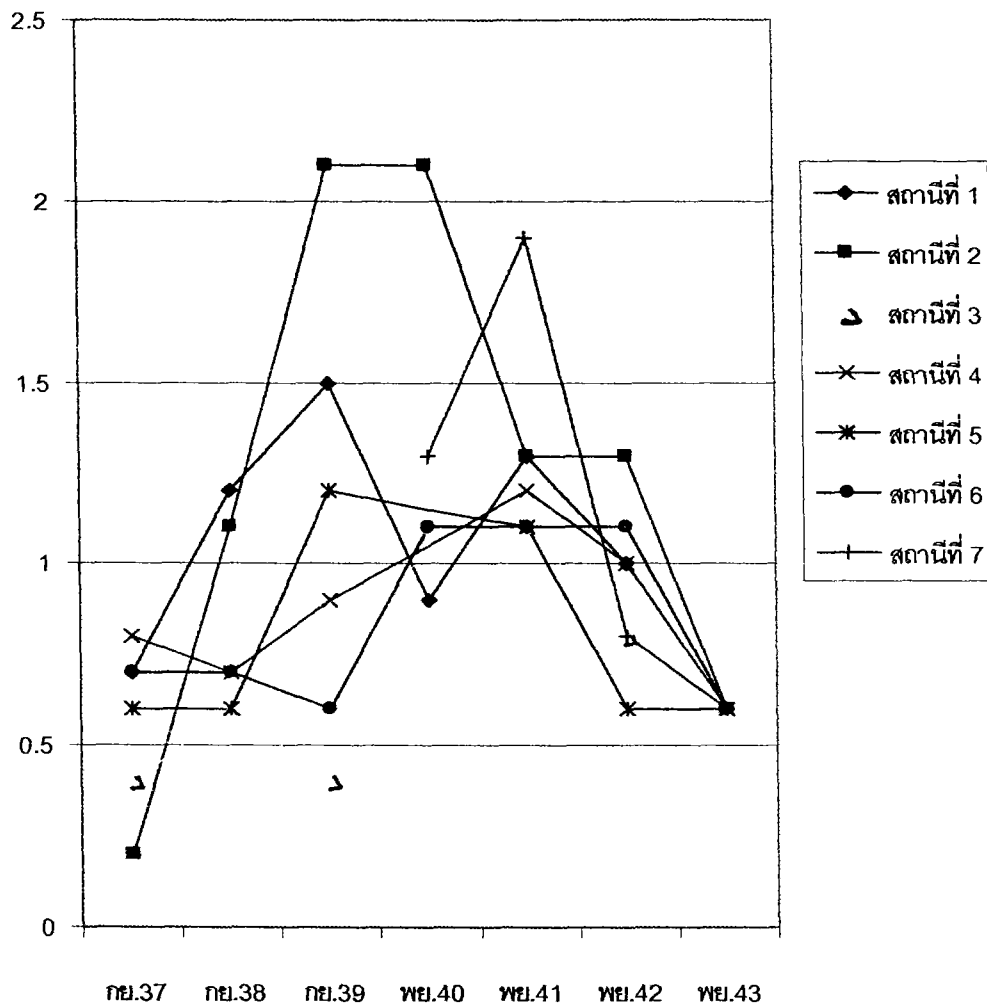
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 25 แสดงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้งระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ(มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพประกอบ 26 แสดงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

5.2 ความแตกต่างของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ เป็นรายสถานี ตรวจวัดในหนองหาน

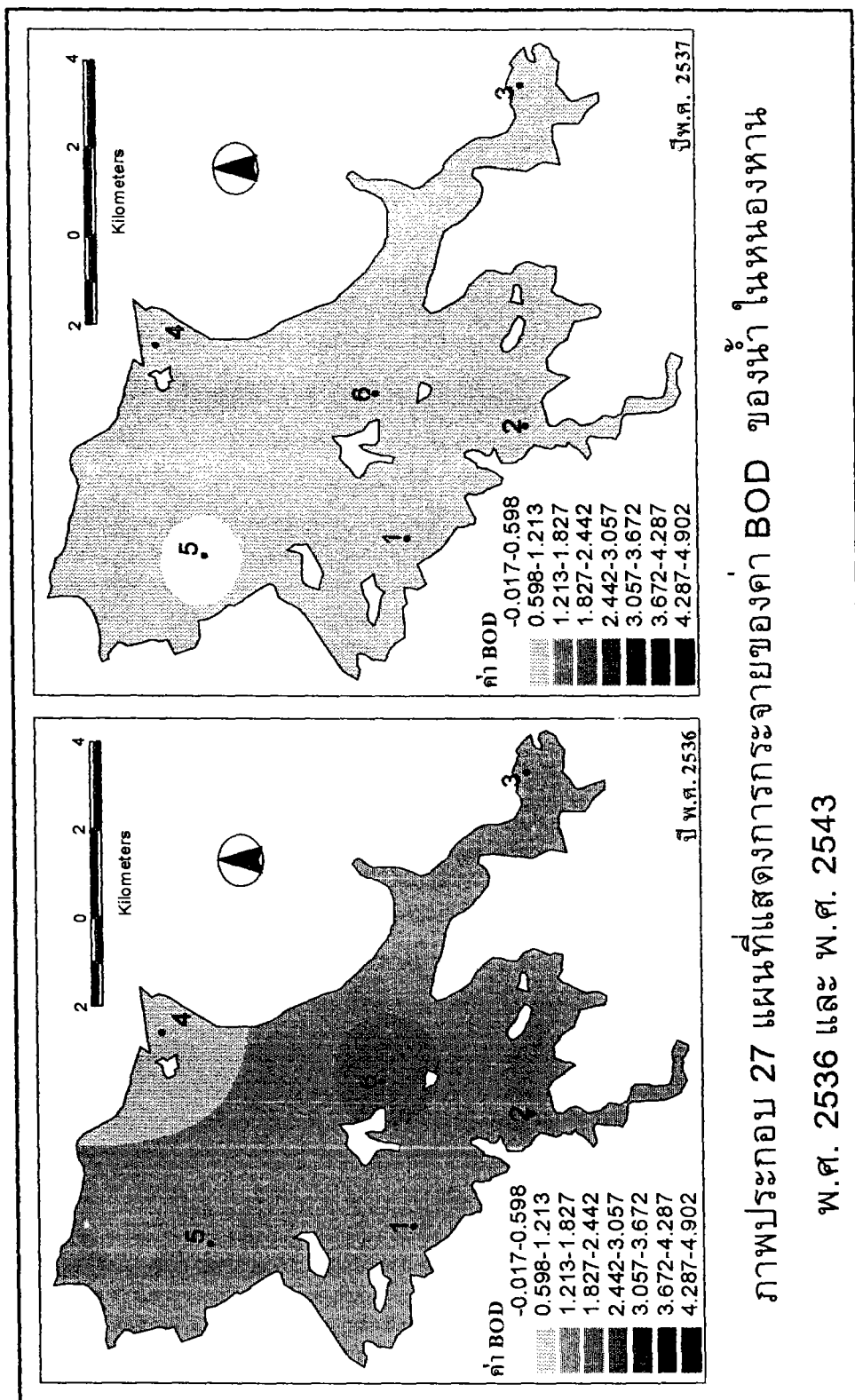
จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้วิธี Analysis of Variance ในตาราง 10 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหานจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติ ในแต่ละสถานี ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

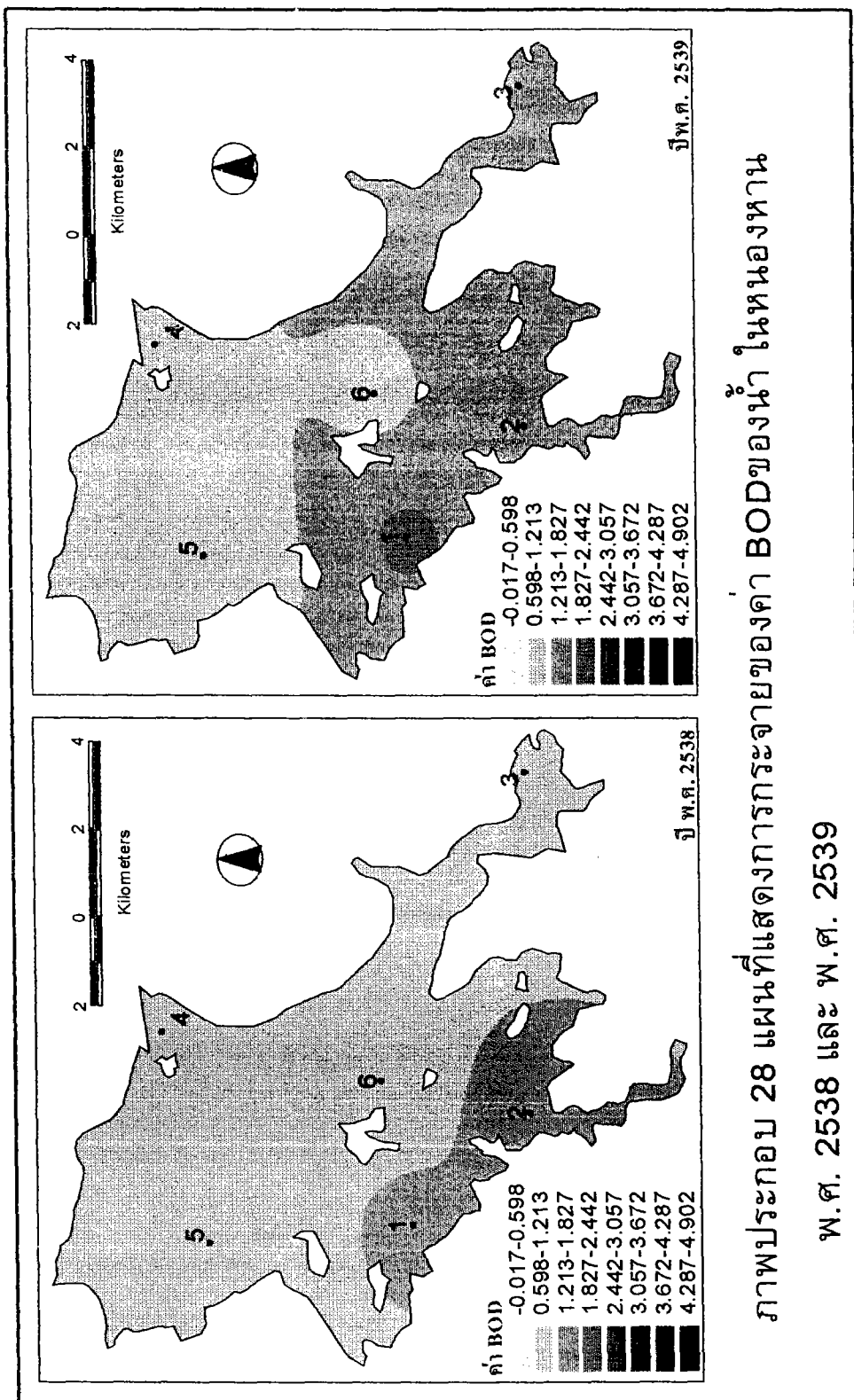
ตาราง 10 ค่านัยสำคัญทางสถิติของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นรายสถานี
ตรวจวัดในหนองหาน

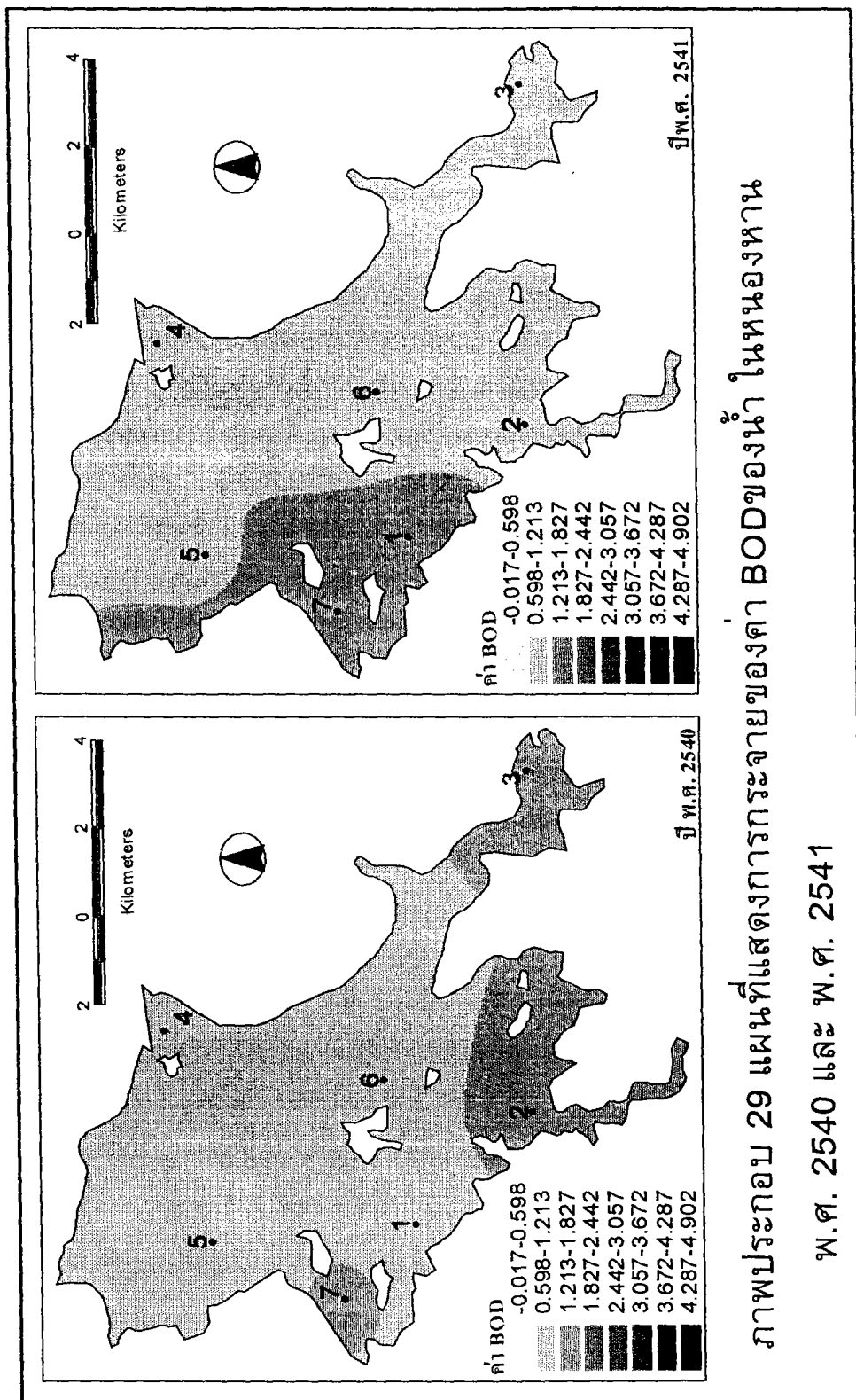
	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.926	0.999	0.976	0.989	0.888	
สถานีที่ 2			0.989	0.610	0.671	1.000	
สถานีที่ 3				0.888	0.926	0.976	
สถานีที่ 4					1.000	0.551	
สถานีที่ 5						0.610	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

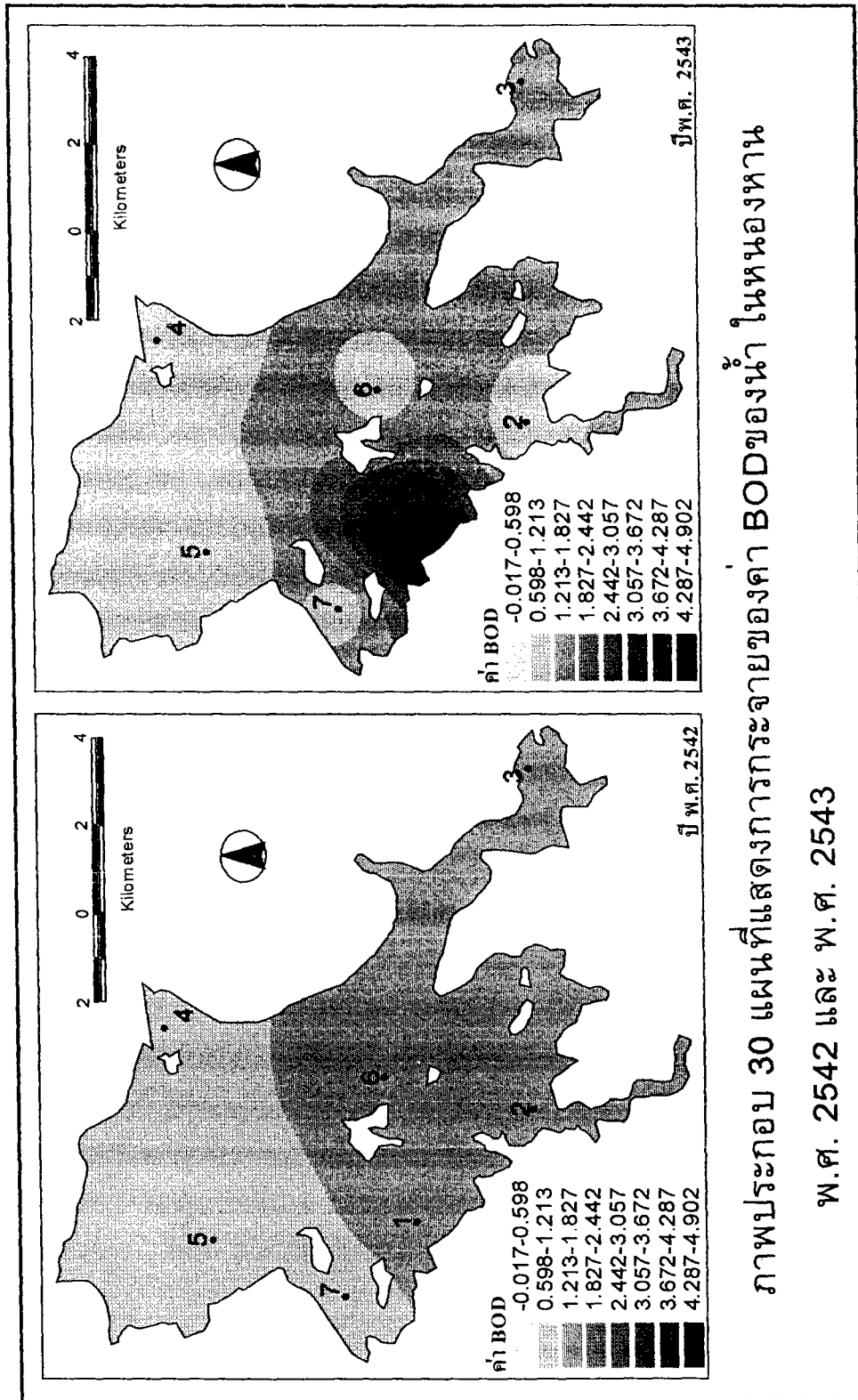
5.3 ความแตกต่างของการกระจาย ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ในหนองหาน

จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหาน ดังภาพประกอบ 27, 28, 29 และ 30 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการแบ่งลำดับความเข้มข้น ได้









ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง $-0.017 - 0.598$, $0.598 - 1.213$, $1.213 - 1.827$, $1.827 - 2.442$, $2.442 - 3.057$, $3.057 - 3.672$, $3.672 - 4.287$ และ $4.287 - 4.902$ มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพพบว่า มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ซึ่งค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมักมีค่าสูงในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา โดยเฉพาะในพ.ศ. 2543 เนื่องจากสถานีที่ 1 อยู่ในเขตชุมชนขนาดใหญ่ คือ เขตเทศบาลเมืองสกลนคร ปัญหาน้ำปนเปื้อนสิ่งสกปรกจากชุมชนจึงเกิดขึ้นได้ง่าย ทำให้มีโอกาสที่น้ำสกปรกไหลลงสู่หนองหานในบริเวณนี้มากกว่าสถานีอื่น ในที่นี้บริเวณสถานีที่ 1 จึงเป็นแหล่งแพร่กระจายค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพที่สำคัญ รวมถึงมีทิศทางการแพร่กระจายไปทางสถานีที่ 3 ปากลำน้ำเก่า ซึ่งเป็นทางระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน ดังนั้นการกระจายตัวของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ในบริเวณสถานีที่ 1 จึงมีค่ามากกว่าสถานีอื่นด้วย อีกทั้งบริเวณริมหนองหานมีความลึกเฉลี่ยเพียง 1 เมตร การแพร่กระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ในทุกทิศทุกทางจากผิวน้ำจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่าย ดังที่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมได้กล่าวไว้ว่า การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของน้ำเสียที่ระบายสู่หนองหานจะมีอิทธิพลมาจาก 1. การเคลื่อนที่โดยวิธีการแพร่กระจายซึ่งจะเกิดทุกทิศทุกทาง 2. การเคลื่อนที่และการกวนผสมเนื่องจากแรงลม ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ที่ความลึก 0 – 1.0 เมตร ซึ่งมีอิทธิพลมากสองทิศทางในแนวราบ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2538:3-36) สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

5.4 ความแตกต่างในความผันแปรของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหาน

จากตาราง 9 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่า ในช่วงฤดูแล้ง คือ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 109.13% รองลงมาคือ สถานีที่ 3 สถานีที่ 5 สถานีที่ 6 สถานีที่ 2 สถานีที่ 4 และ สถานีที่ 7 มีค่า 56.12 , 54.15, 39.62 , 22.45 ,20.00 ,18.72 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำคือตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร สูงที่สุดคือ 57.12% รองลงมา คือ สถานีที่ 7 สถานีที่ 3 สถานีที่ 5 สถานีที่ 1 สถานีที่ 6 และ สถานีที่ 4 มีค่า 50.40 , 42.00 , 37.02 , 32.08 , 28.48 และ 25.58% ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในแต่ละฤดูกาลและแต่ละสถานี มีความแตกต่างกัน โดยส่วนมากในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำยกเว้นในบางสถานีที่ช่วงฤดูน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในฤดูแล้ง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในฤดูแล้งสถานที่ที่ 1 จุดสูบน้ำประปา จะมีค่าความผันแปรมากกว่าสถานที่อื่น เนื่องจากในบริเวณโดยรอบของสถานที่ที่ 1 มีแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำที่สำคัญ คือ ชุมชน ดังนั้นน้ำเสียจากเทศบาลเมืองสกลนครที่เป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ส่วนสถานที่ที่ 2 ปากน้ำพุ เป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มากับน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำท่วมก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ง่าย จากที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

5.5 สร้างสมการพยากรณ์ ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 ได้สมการพยากรณ์ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ จากตัวแปรต่างๆ ทั้ง 7 ชนิด ในหนองหาน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร รายชนิดได้ โดยที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำ จะมีความสัมพันธ์กับค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ มากที่สุด กล่าวคือ อิทธิพลของออกซิเจนละลายน้ำ มีผลต่อความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ที่ระดับ 57 เปอร์เซ็นต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ได้ดีที่สุด ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$BOD = -1.037 + 0.303 (DO)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } BOD &= \text{ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \\ DO &= \text{ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \end{aligned}$$

6.วิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ของน้ำในหนองหาน

6.1 ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ย

แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม นวลทอง เมธาจารย์ ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระของคนและสัตว์เลื้อยคลาน ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคระบาดต่างๆ เช่น อุจจาระร่วง และอหิวาตกโรค มีหน่วยเป็น เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นแบคทีเรียที่สามารถมีชีวิตอยู่รอดและทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี จึงง่ายและสะดวกต่อการนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (นวลทอง

เมฆาจารย์ .2540:14) ทั้งนี้จากการศึกษาค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 33.50 - 517.87 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งในแต่ละสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่จะมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำ ตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 2 กรมควบคุมมลพิษ คือ ต้องมีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มไม่มากกว่า 1,000 เอ็ม.พี.เอ็น. ต่อ 100 มิลลิลิตร ยกเว้นบางสถานีและบางปี คือ ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 1 , สถานีที่ 3 เดือน มกราคม พ.ศ. 2536 และ สถานีที่ 1 , สถานีที่ 2 , สถานีที่ 3 , สถานีที่ 6 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539 ส่วนช่วงฤดูน้ำ พบว่าสถานีที่ 1 วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541 มีค่าเกินค่ามาตรฐาน

จากตาราง 11 แสดงค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ของน้ำในหนองหาน ที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ผลการศึกษาค่าความแตกต่างของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน พบว่าค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่ เดือน มกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่าสูงที่สุดคือ 791.67 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาก็คือ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ สถานีที่ 4 ดอนพลาญ สถานีที่ 5 ดอนแซง และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสีย คูหมากเสือ มีค่า 518 , 517.5 , 417.71 , 203.43 , 203.43 , และ 68 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เนื่องจากสถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค กระบือ อยู่ริมหนองหานโดยตรง โอกาสที่จะพบการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลจากมูลสัตว์ อีกทั้งเป็นบริเวณจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวในหนองหาน กระแสน้ำจึงสามารถพัดพาตะกอนมารวมกันได้ง่าย

ส่วนค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยรายสถานีในฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือน กันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสูงที่สุดคือ 517.7 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาก็คือ สถานีที่ 5 สถานีที่ 2 สถานีที่ 4 สถานีที่ 6 สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 7 มีค่า 184.4 , 143.67 , 128.4 , 97.42 , 94.85 และ 16 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 31 และ 32

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี การที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ เนื่องจาก ปริมาณน้ำที่มีน้อยในช่วงฤดูแล้ง โอกาสที่น้ำจากบริเวณต่างๆที่ไหลลงสู่หนองหานจะได้รับการปนเปื้อนมีสูง โดยเฉพาะในบริเวณ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา ที่เป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ น้ำเสียจากครัวเรือนเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจะพบมากในอุจจาระของคน และสัตว์เลือดอุ่น ส่วนบริเวณ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า เนื่องจากมีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค กระบือ ริมหนองด้วยวิธีการปล่อยให้สัตว์อยู่อย่างอิสระ น้ำในบริเวณนี้จึงได้รับการปนเปื้อนจากมูลสัตว์ได้ง่าย

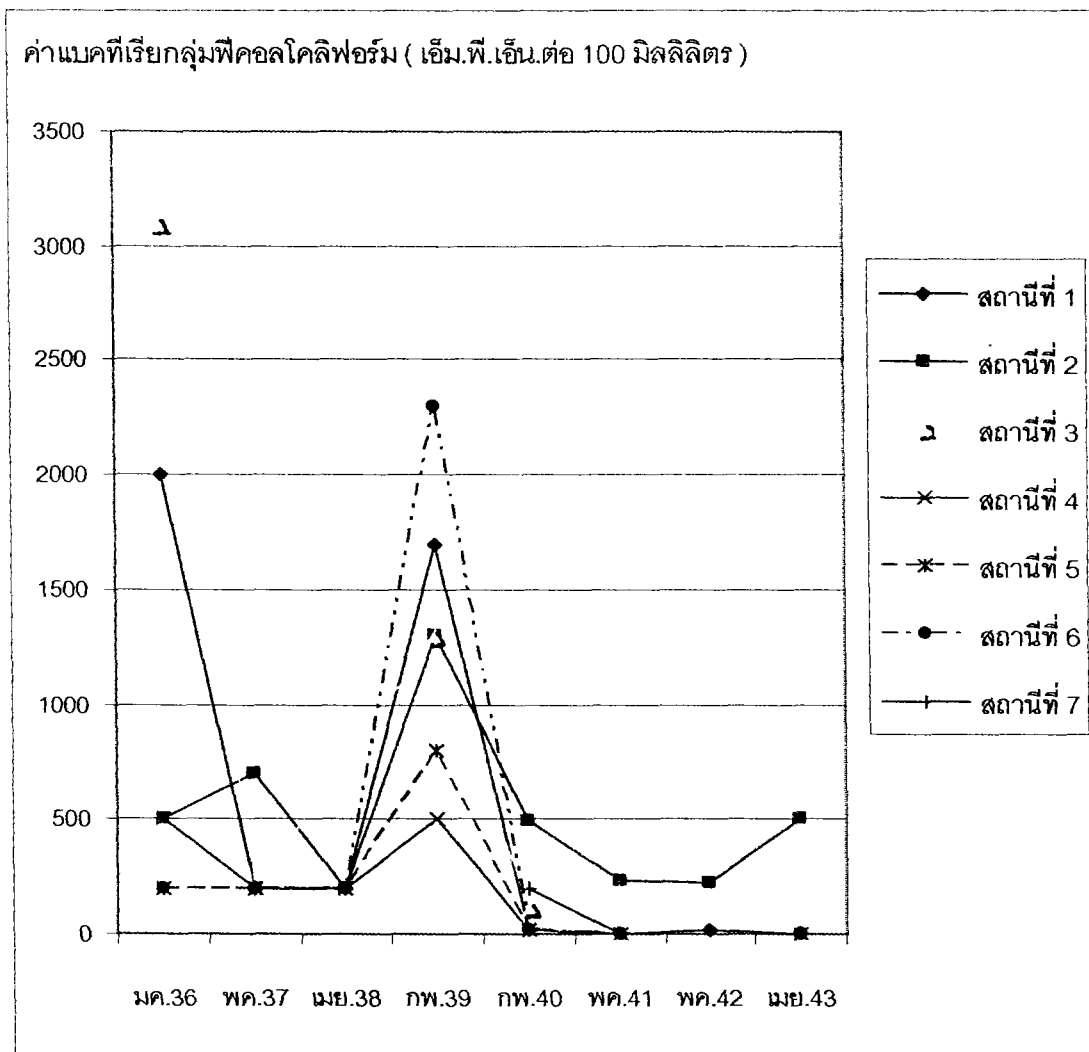
ตาราง 11 ค่าความแตกต่างของแบบที่เรียกกลุ่มพีคโวลติลิตี้ระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่พ.ศ. 2536-พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	2000	**	500	**	3100	**	500	**	200	**	200	**	**	**	**	**
2537	200	200	700	200	200	200	200	200	200	200	200	200	**	**	3.52	0.006*
2538	200	200	200	200	**	200	200	200	200	200	200	200	**	**	0.55	0.59
2539	1700	200	1300	200	1300	200	500	200	800	500	2300	200	**	**	1.03	0.32
2540	20	20	490	130	110	20	20	**	20	**	20	20	200	20	-1.01	0.32
2541	2	3000	230	**	20	40	2	**	2	**	2	40	2	40	-1.6	0.14
2542	20	2	220	2	**	2	**	2	**	2	**	20	**	2	2.42	0.041*
2543	2	2	500	130	20	2	2	40	2	20	2	2	2	2	1.68	0.14
$\bar{x}$	518	517.7	517.5	143.67	791.67	94.85	203.43	128.4	203.43	184.4	417.71	97.42	68	16		
SD	830.16	1099	362.32	77.41	1232.3	99.18	866.1	98.96	280.1	200.24	835.56	96.57	114.3	18.1		
CV(%)	160.26	212.3	70.01	53.88	155.66	104.56	425.75	77.07	137.69	108.59	200.03	99.11	168.1	113		

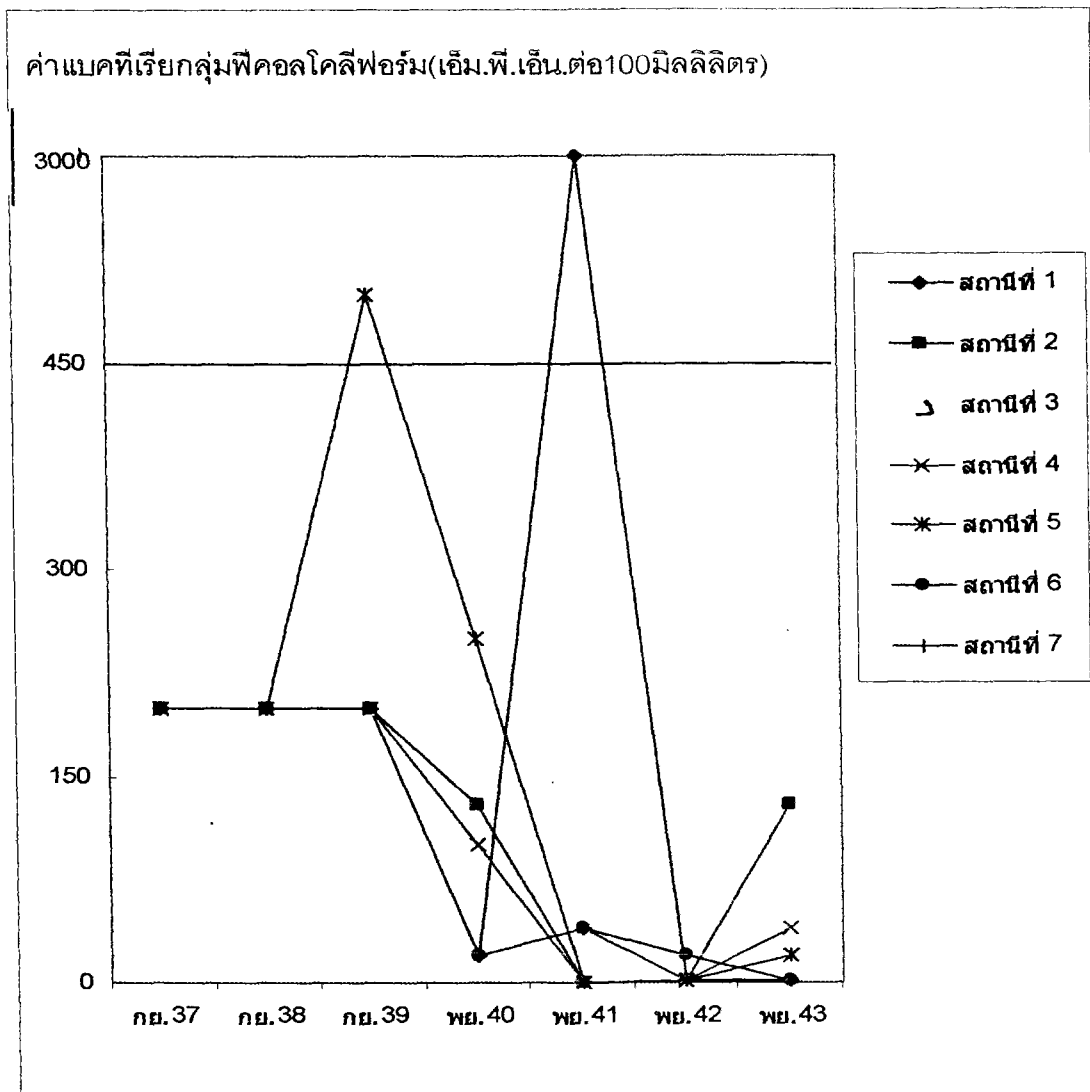
หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 31 แสดงค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร)
ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูแล้ง ระหว่างพ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 32 แสดงค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร)
ของน้ำในหนองหาน ช่วงฤดูน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 11 เพื่อเปรียบเทียบค่าแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ระหว่างฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี และ ช่วงฤดูน้ำ คือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าค่าแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีความแตกต่างกัน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 และพ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.006 และ 0.041 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก หนองหานมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำปิดที่มีขนาดใหญ่สามารถเก็บกักน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงฤดูมีค่าสม่ำเสมอ ค่าแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มที่ตรวจวัดได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก

6.2 ค่าความแตกต่างของแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance ในตาราง 12 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหานจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าแบบคที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติ ในแต่ละสถานี ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

ตาราง 12 คำนัยสำคัญทางสถิติของแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นรายสถานี
ตรวจวัดในหนองหาน

	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.998	0.996	0.984	0.967	0.967	
สถานีที่ 2			0.939	1.000	0.999	0.999	
สถานีที่ 3				0.869	0.815	0.815	
สถานีที่ 4					1.000	1.000	
สถานีที่ 5						1.000	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

6.3 ความแตกต่างของการกระจายแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน

จากการทำแผนที่แสดงภูมิศาสตร์การกระจายของค่าแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายสถานีตรวจวัดตั้งแต่พ.ศ. 2536 ถึงพ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในหนองหานดังภาพประกอบ 33,34,35 และ 36 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่งลำดับความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง -243.571 — 319.327 , 319.327 — 882.225 , 882.225 — 1445.123 , 1445.123 — 2008.022 , 2008.022 — 2570.920 และ 2570.920 - 3133.818 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม พบว่า มีความแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งลักษณะการกระจายจะเกิดขึ้นได้มากในบริเวณสถานีที่ 1 โดยปริมาณค่าแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน พ.ศ. 2536 มีค่าสูง แต่มีแนวโน้มที่ลดลงในปีถัดมา แม้ในบางปีและบางสถานีค่าแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจะเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในสถานีที่ 1, สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3

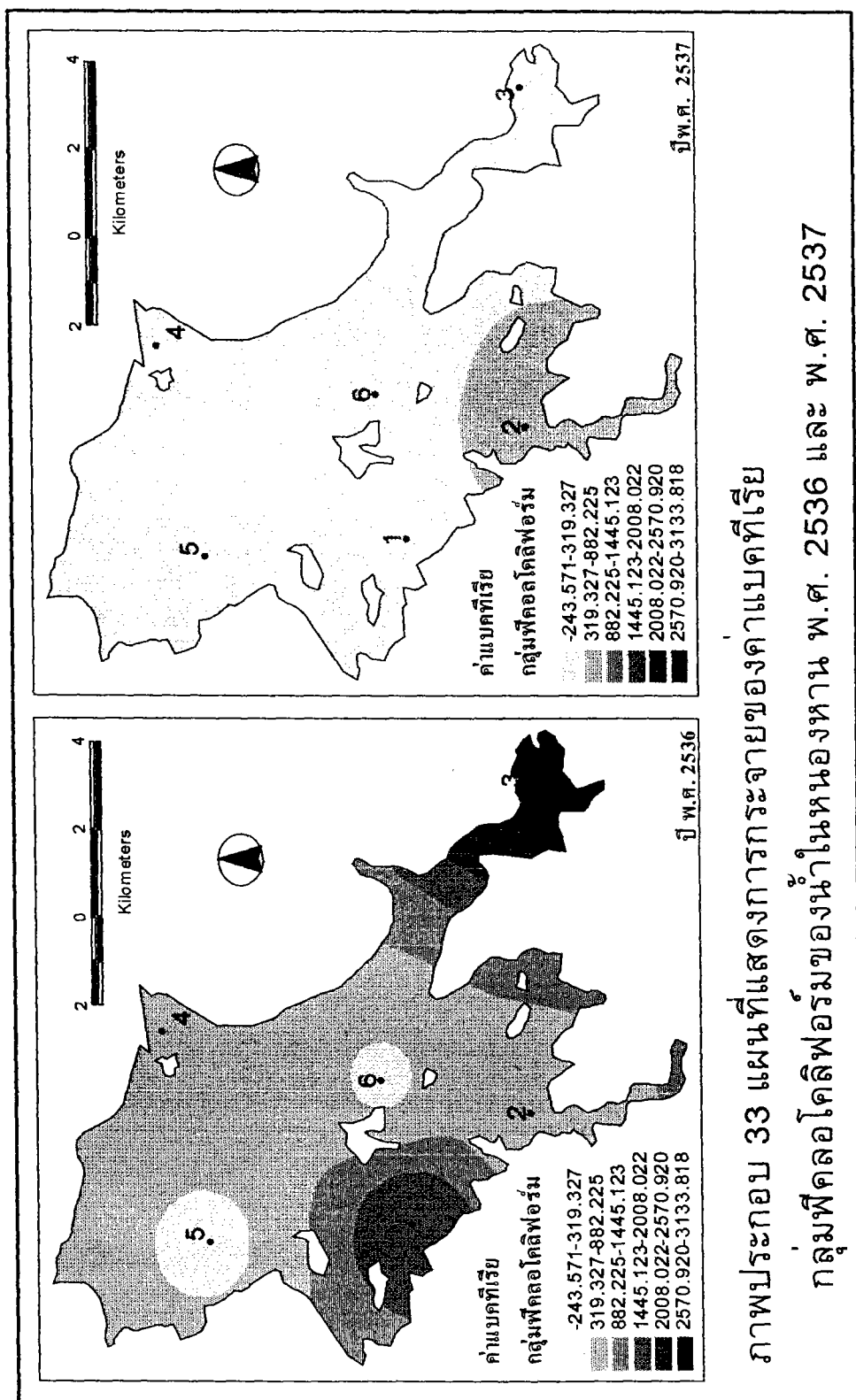
เนื่องจากสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา อยู่ในเขตเทศบาลที่มีประชาชนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีโอกาสที่จะได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระของคนและสัตว์เลื้อยคลานง่าย รวมถึงสิ่งปฏิกูลอื่นๆ สถานีที่ 2 เป็นบริเวณที่ได้รับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง ที่มักพบตะกอนจากดินทราย และจากการเกษตรกรรม ซึ่งนอกจากจะมีการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชนแล้ว สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้กล่าวว่า น้ำที่มาจากโคลน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ จะพบแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในปริมาณสูง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3. 2543: 4-12)

ส่วน สถานีที่ 3 ปากน้ำท่า เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค กระบือ อยู่ริมหนองหาน โดยตรง โอกาสที่จะพบการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลจากมูลสัตว์ อีกทั้งเป็นบริเวณจุดระบายน้ำ ออกเพียงแห่งเดียวในหนองหาน กระแสน้ำจึงสามารถพัดพาตะกอนมารวมกันได้ง่าย ดังนั้น คุณภาพน้ำในสถานีเหล่านี้จึงมีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสียสูง สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

6.4 ความแตกต่างในความผันแปรของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

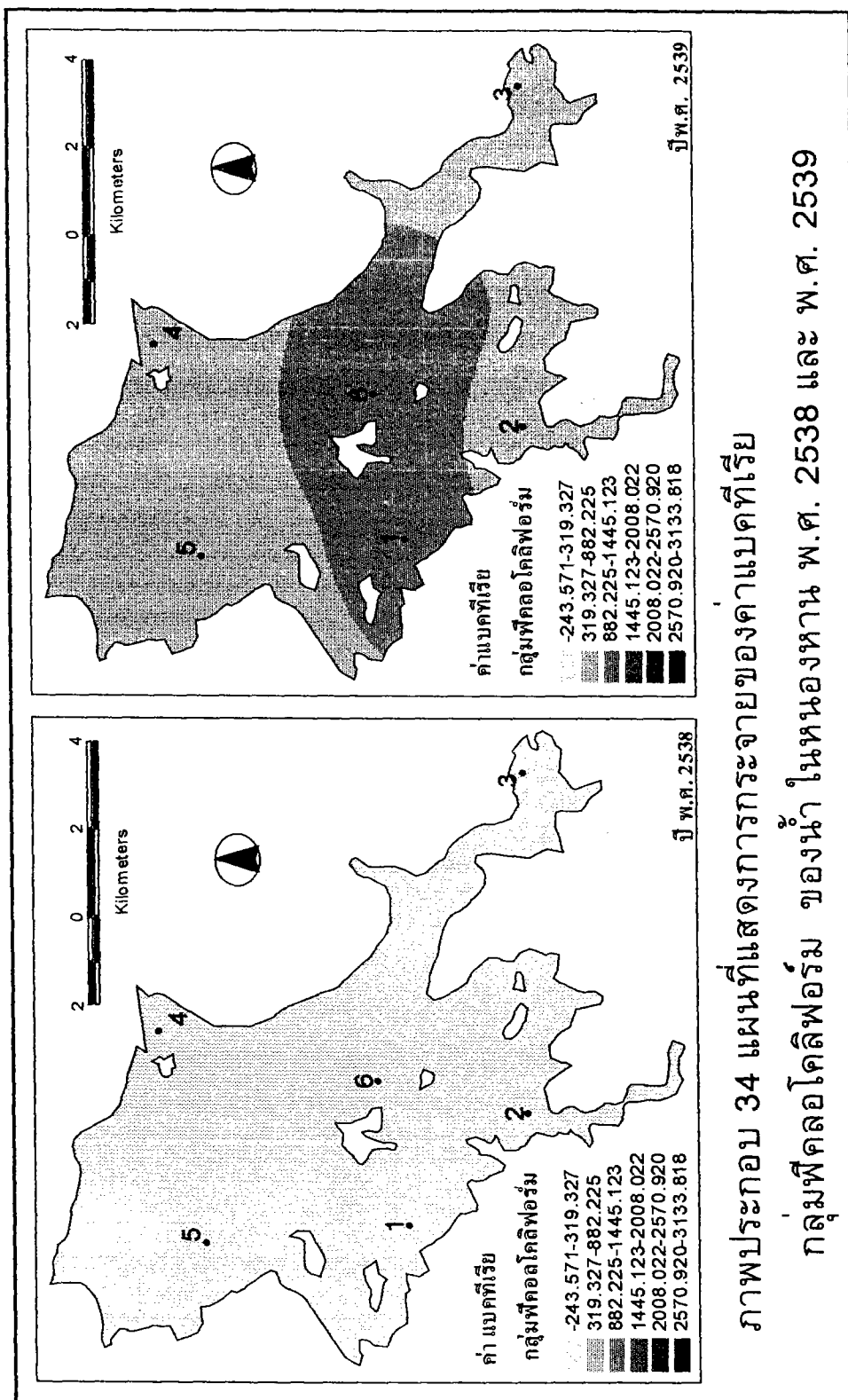
ในหนองหาน

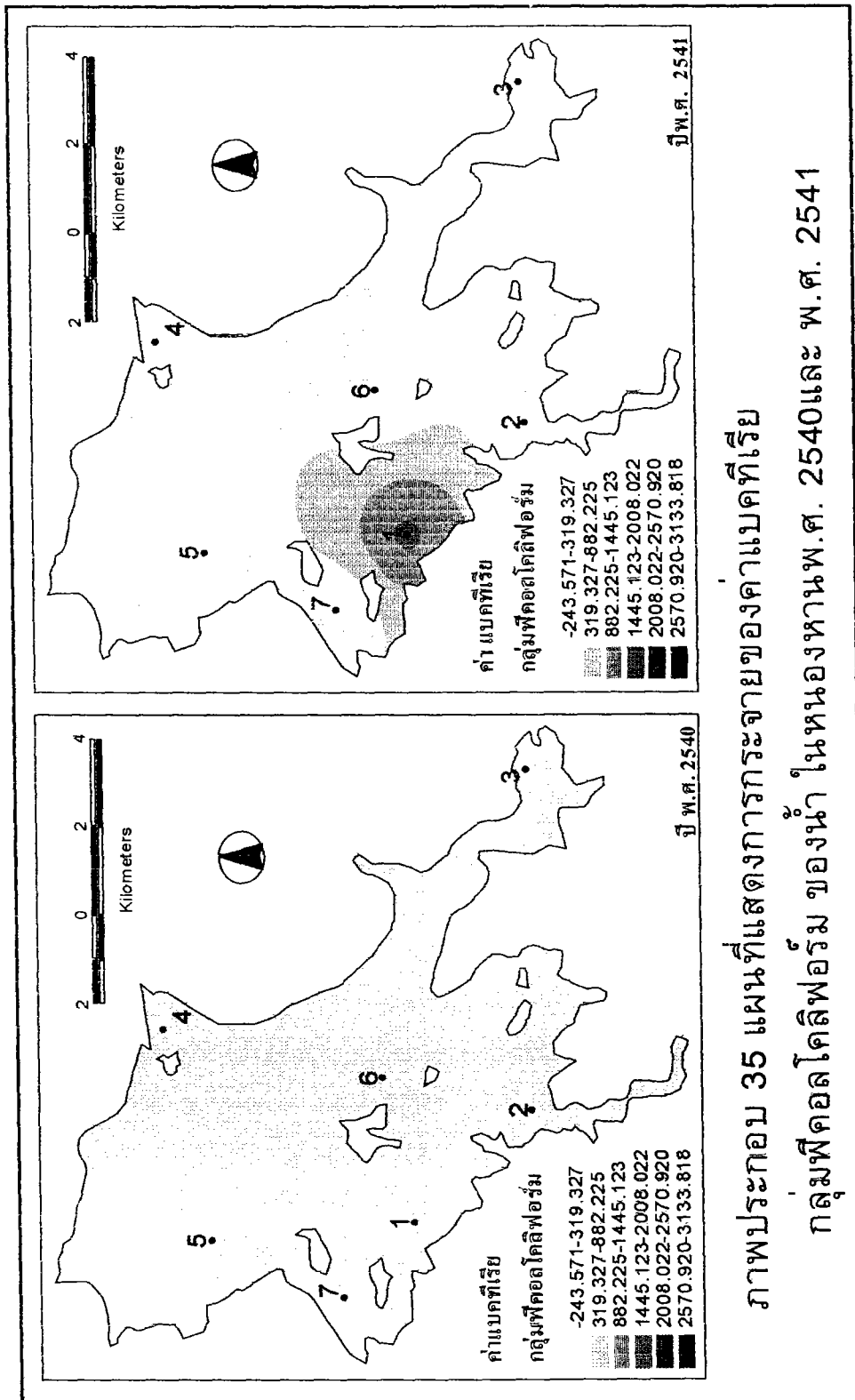
จากตาราง 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variance) ของแต่ละ สถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 200.03 % รองลงมาคือ สถานีที่ 7 สถานีที่ 1 สถานีที่ 3 สถานีที่ 5 สถานีที่ 4 และ สถานีที่ 2 มีค่า 168.1 , 160.26 , 155.66 , 137.39 , 108.20 และ 70.01 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุดคือ 212.3 % รองลงมาคือ สถานีที่ 7 สถานีที่ 5 สถานีที่ 3 สถานีที่ 6 สถานีที่ 4 และสถานีที่ 2 มีค่า 113.00 , 108.59 , 104.56 , 99.11 , 77.07 และ 53.88 % ตามลำดับ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ ความผันแปรของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในแต่ละช่วงฤดูกาลและแต่ละสถานี มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี



ภาพประกอบ 33 แผนที่แสดงการกระจายของค่าแบบที่เรีย

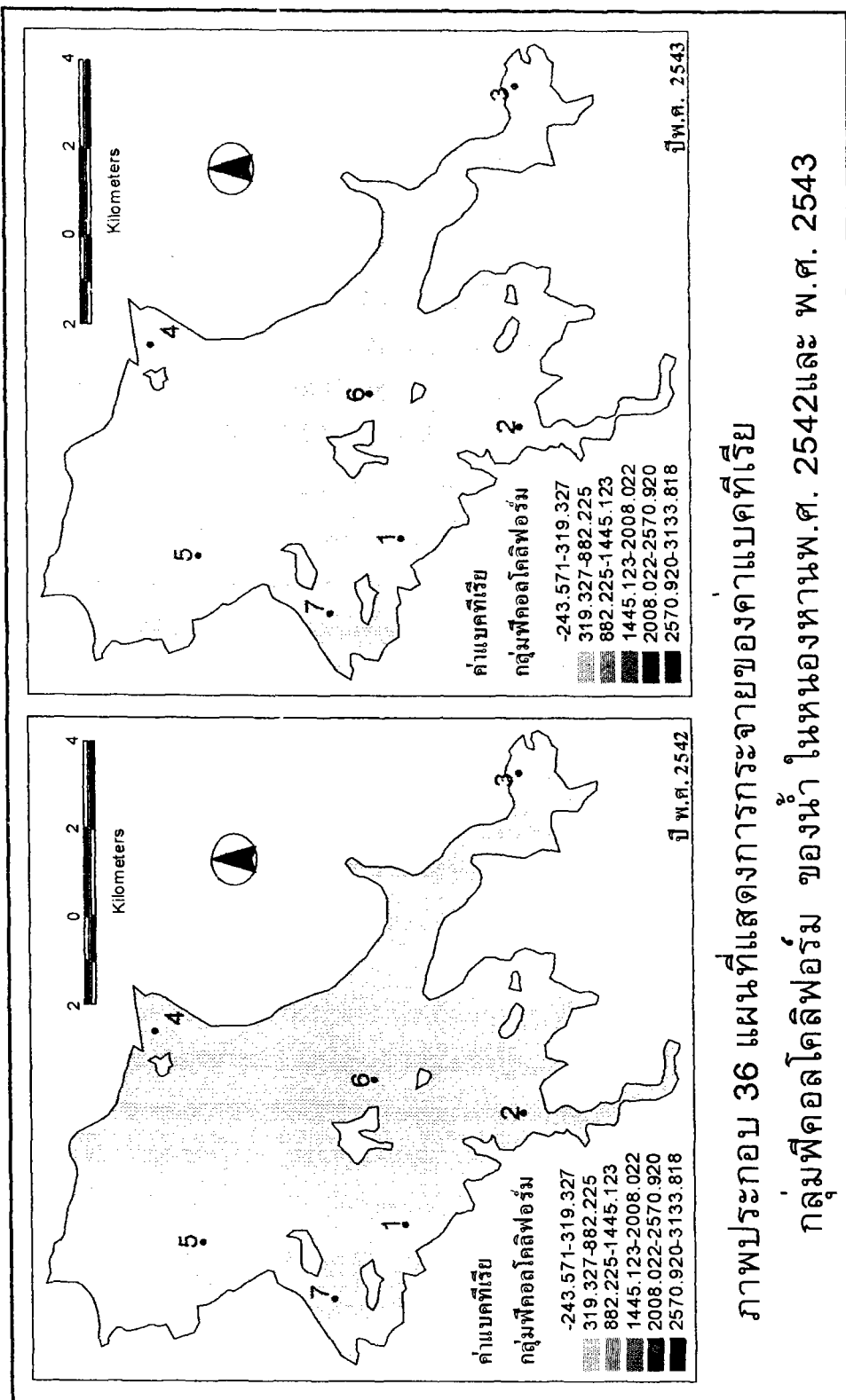
กลุ่มพีคอลลีฟอร์มของน้ำในหนองหาน พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2537





ภาพประกอบ 35 แผนที่แสดงการกระจายของค่าแบคทีเรีย

กลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม ของน้ำ ในหนองหานพ.ศ. 2540และ พ.ศ. 2541



จากค่าความสัมประสิทธิ์ความผันแปรที่มีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีความแตกต่างกันมากในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัดตัวอย่างน้ำในหนองหาน ซึ่งจากกราฟภาพประกอบ 31 และ 32 ระหว่างช่วง พ.ศ. 2536 – พ.ศ. 2539 ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีค่าสูงกว่า ช่วง พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2543 ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การมีส่วนร่วมของประชาชนในการรักษาคุณภาพของน้ำในหนองหานเพิ่มขึ้น ทั้งจากโครงการต่างๆ ที่ทางราชการและเอกชนร่วมกันจัดขึ้นเพื่อฟื้นฟูสภาพแวดล้อมของหนองหาน ซึ่งค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในหนองหานมีค่าลดลงมากในเกือบทุกสถานียกเว้นสถานีที่ 2 ที่มีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มากกว่าสถานีอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางกายภาพที่เป็นจุดรองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง และจากลักษณะทางวัฒนธรรมที่เป็นแหล่งชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ตลอดเส้นทางน้ำที่ไหลลงสู่หนองหาน จะเห็นได้ว่า ในบริเวณสถานีที่ 1 สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 7 มีโอกาสที่จะได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระของคนและสัตว์เลื้อยคลานง่าย รวมถึงสิ่งปฏิกูลอื่นๆ ดังนั้นค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจึงมีค่าแตกต่างกัน สอดคล้องกับ อวยพร แสงเทียน ที่กล่าวว่า ปริมาณค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจะผันแปรตามการใช้ประโยชน์ของสัตว์เลื้อยคลานที่ใช้น้ำ ปริมาณธาตุอาหาร และอุณหภูมิของน้ำ ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์ที่อยู่ในลุ่มน้ำ เป็นจำนวนมากทำให้ปริมาณค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีมากขึ้นด้วย ส่วนบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด ไม่มีกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีต่ำ (อวยพร แสงเทียน, 2536:63) จากที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับ สมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

6.5 สร้างสมการพยากรณ์แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตาราง 17 พบว่าในตัวแปรทั้ง 7 ชนิดในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม จึงไม่มีตัวแปรที่ใช้ได้ดีในการพยากรณ์ ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในแหล่งน้ำหนองหานทำให้ไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้ เพราะฉะนั้น จึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้

7.วิเคราะห์ไนเตรท - ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำในหนองหาน

7.1 ค่าไนเตรท – ไนโตรเจนเฉลี่ย

ไนเตรท-ไนโตรเจน พจนา ผลประพฤติ ให้ความหมายว่า ไนเตรทมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เนื่องจากพืชสามารถใช้ไนเตรทในการปรุงแต่งอาหารได้ดี โดยทั่วไปน้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีไนเตรทละลายอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียจะมีปริมาณของไนเตรทมากเป็นพิเศษ ทำให้ประชากรพืชน้ำเกิดอย่างรวดเร็ว สัตว์น้ำจึงอาจได้รับผลกระทบจากการลดลงของปริมาณออกซิเจนในเวลากลางคืน (พจนา ผลประพฤติ, 2536) สอดคล้องกับ ประเทือง เชาวน์กลาง ที่กล่าวว่าไนเตรทมีความสำคัญต่อการเจริญของแพลงตอนพืช และพืชน้ำ ดังนั้นปริมาณไนเตรทจึงสามารถบอกกำลังผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำได้ซึ่งแพลงตอนพืชจะใช้ไนเตรทในการสร้างโปรตีนโดยได้มาจากการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จากการชะล้างจะพบไนเตรทปริมาณสูงบริเวณปากอ่าวหรือปากแม่น้ำ นอกจากนี้ ประเทือง สรุปรจาก ชาญยุทธ์ คงภิมย์ขึ้น ได้ว่าทางด้านประมงไนเตรทไม่ถือว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรงนอกเสียจากมีความเข้มข้นสูงมาก (ประเทือง เชาวน์กลาง, ม.ป.ป.)

จากตาราง 13 แสดงค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งจากการพิจารณาค่าความแตกต่างของไนเตรท - ไนโตรเจน เป็นรายสถานี ตรวจวัดในหนองหานพบว่า ทุกสถานที่ที่ตรวจวัดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 จากกรมควบคุมมลพิษ คือ มีค่าไม่เกินกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือสถานีที่ 1 สถานีที่ 3 สถานีที่ 4 สถานีที่ 6 สถานีที่ 7 มีค่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานีที่ 5 มีค่า 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าความแตกต่างในแต่ละสถานีเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในปี พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 มีค่า ไนเตรท-ไนโตรเจนสูงขึ้นในทุกสถานี โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่เกิดภาวะเศรษฐกิจทรุดตัวอย่างรุนแรงในช่วง พ.ศ. 2540 จึงเกิดการแก้ไขปัญหาโดยการส่งเสริมให้ประชาชนกลับไปประกอบอาชีพในภูมิลำเนาเดิม อีกทั้งการส่งเสริมของทางภาครัฐและเอกชน ที่มีการส่งเสริมให้มีการพัฒนาอาชีพทางด้านเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น น้ำในหนองหานได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสีย

ตาราง 13 ค่าความแตกต่างของไนโตรเจนระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	0.01	**	0.01	**	0.03	**	0.01	**	0.01	**	0.01	**	**	**	**	**
2537	0.15	0.01	0.01	0.06	0.1	0.02	0.05	0.02	0.1	0.03	0.1	0.02	**	**	4.96	0.001*
2538	0.05	0.01	0.02	0.11	**	0.01	0.2	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	**	**	0.07	0.94
2539	0.02	0.01	0.01	0.08	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.02	**	**	-2.92	0.031*
2540	0.01	0.02	0.03	0.08	0.01	0.01	0.01	**	0.01	**	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.94	0.39
2541	0.04	0.01	0.06	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	4.84	0.002*
2542	0.11	0.7	0.23	0.16	0.18	0.12	0.14	0.13	0.14	0.14	0.2	0.05	0.16	0.08	2.69	0.020*
2543	0.02	0.01	0.38	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.89	0.39
$\bar{x}$	0.05	0.11	0.09	0.08	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.01	0.05	0.03		
SD	0.05	0.26	0.14	0.05	0.06	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.01	0.07	0.04		
CV(%)	100	236.4	155.56	62.5	105	121.74	121.74	120	121.21	120	143.59	53.84	133.3	145		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

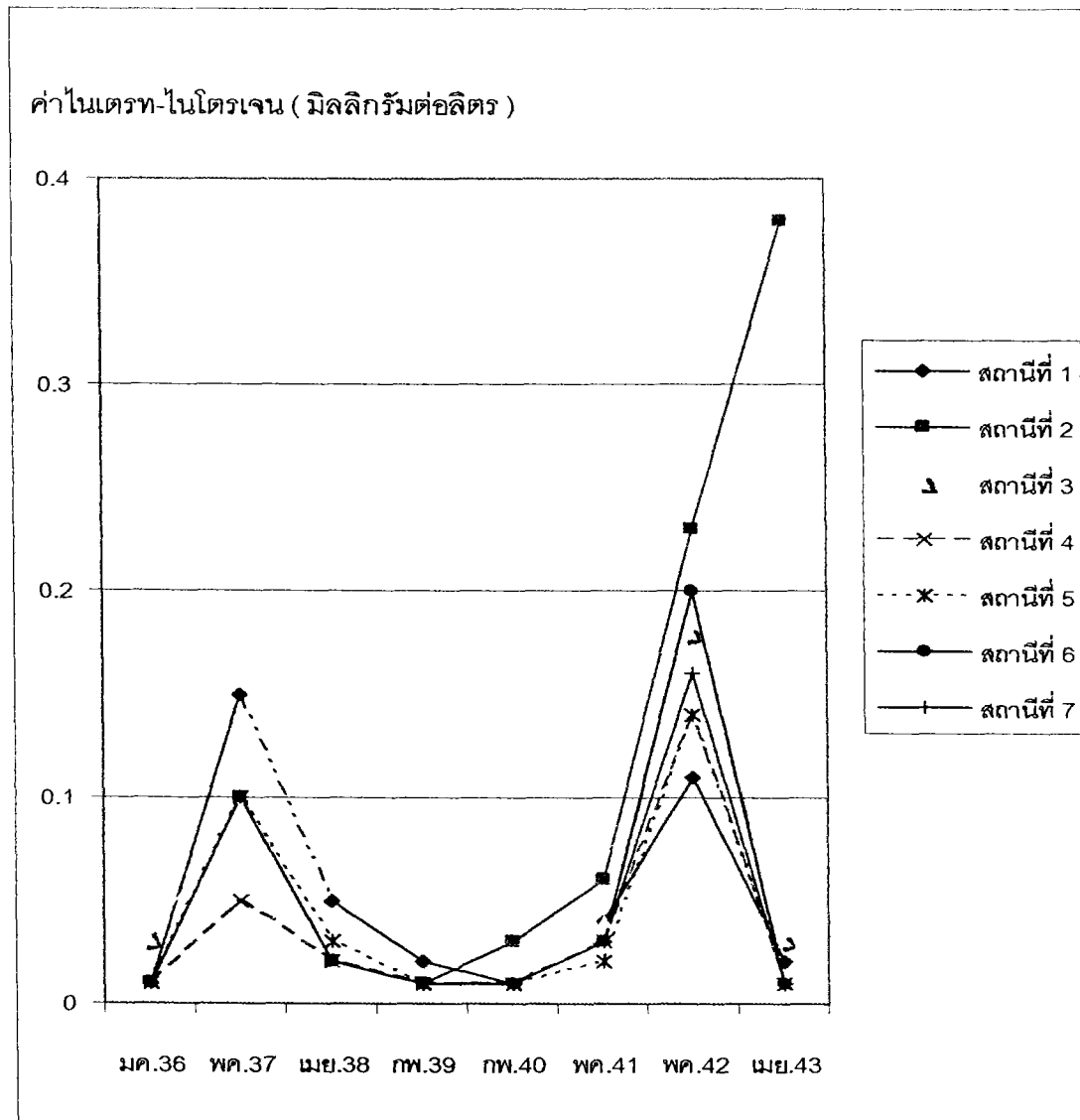
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

ชุมชน และน้ำเสียจากเกษตรกรรมที่มีความเข้มข้น จากการศึกษาพบว่าในฤดูแล้ง สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง วันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2543 ที่มีค่าไนเตรท - ไนโตรเจนสูงสุด

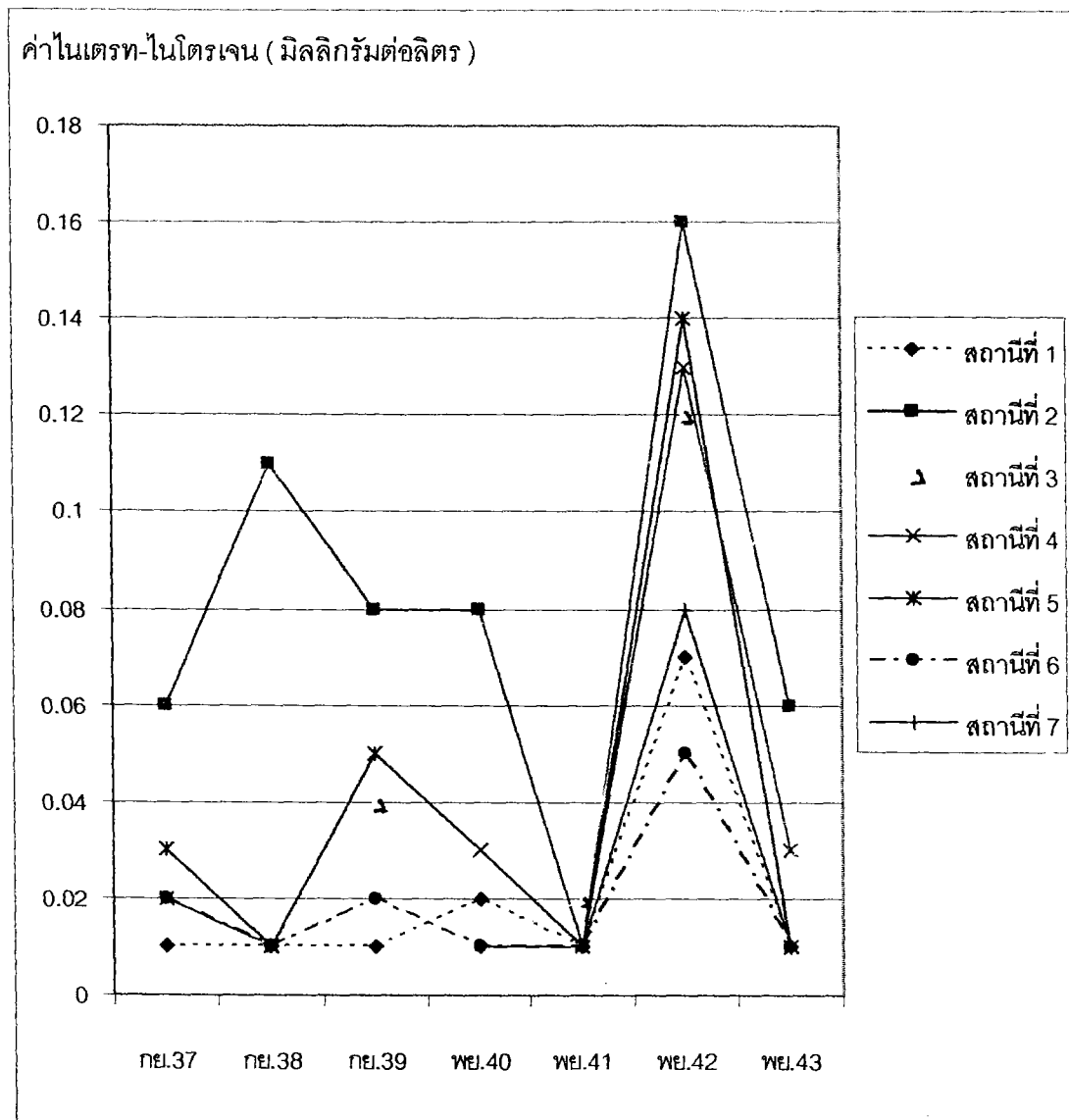
ส่วนค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่ เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 2 สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 สถานีที่ 3 สถานีที่ 7 และ สถานีที่ 6 มีค่า 0.08 , 0.04, 0.04 , 0.03 , 0.03 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อให้เกิดความชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 37 และ 38 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในฤดูน้ำและฤดูแล้งพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันคือ มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.01 - 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้น ในสถานีที่ 5 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน และ สถานีที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยในฤดูน้ำสูงกว่าฤดูแล้ง

จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 13 เพื่อเปรียบเทียบค่าไนเตรท- ไนโตรเจน ระหว่างช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ของแต่ละปี และช่วงฤดูน้ำคือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ปรากฏว่าค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูน้ำกับฤดูแล้งในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 , 2539 , 2541 และ 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 , 0.031 , 0.002 และ 0.020 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่หนองหานเป็นแหล่งน้ำปิด ขนาดใหญ่ ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ค่าไนเตรท- ไนโตรเจน ที่ได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก



ภาพประกอบ 37 แสดงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูแล้ง ระหว่างพ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 38 แสดงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูน้ำ ระหว่างพ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

7.2 ความแตกต่างของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นรายสถานีตรวจวัด

ใน หนองหาน

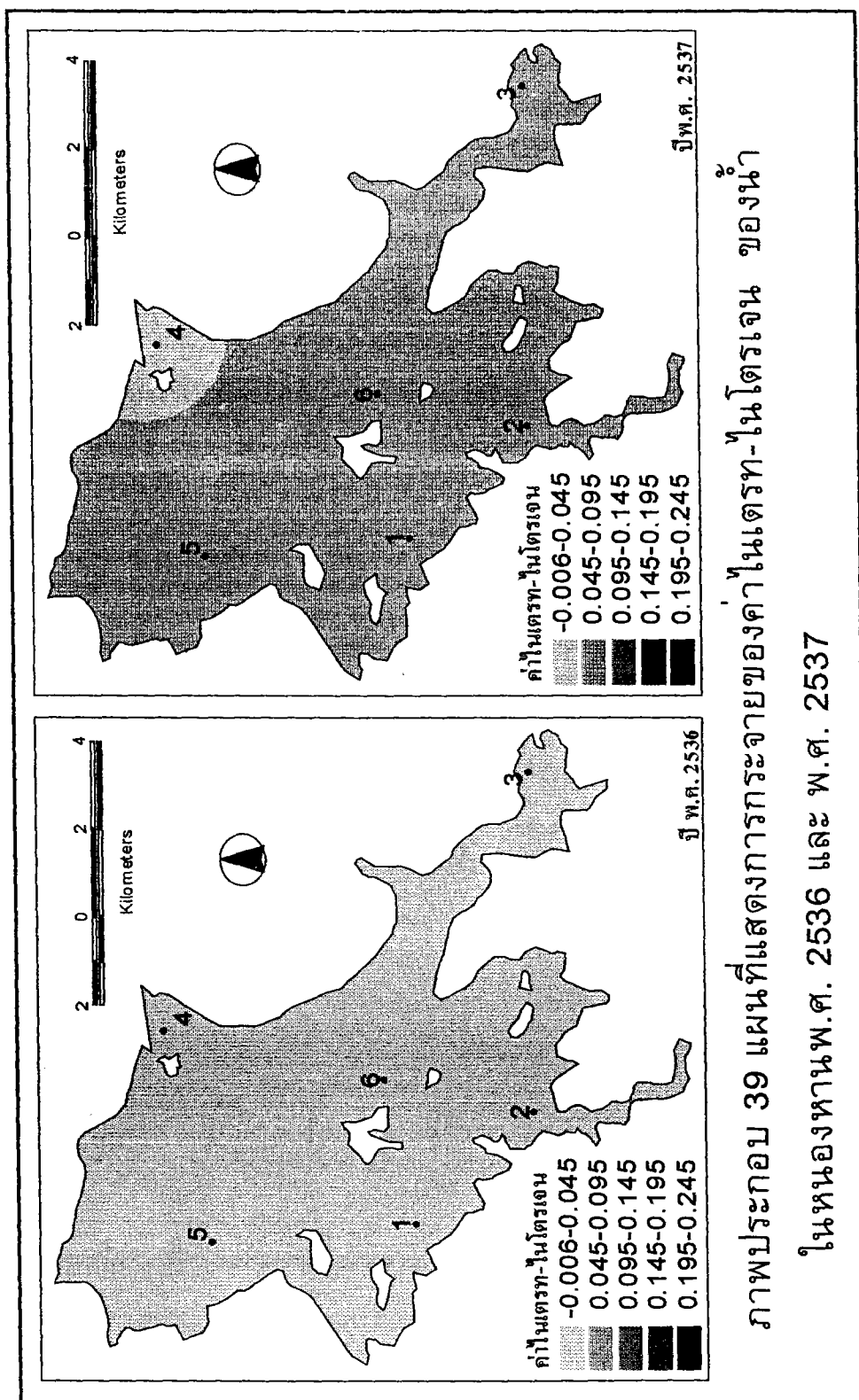
จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance ในตาราง 14 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหานจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติ ในแต่ละสถานี ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัด สกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

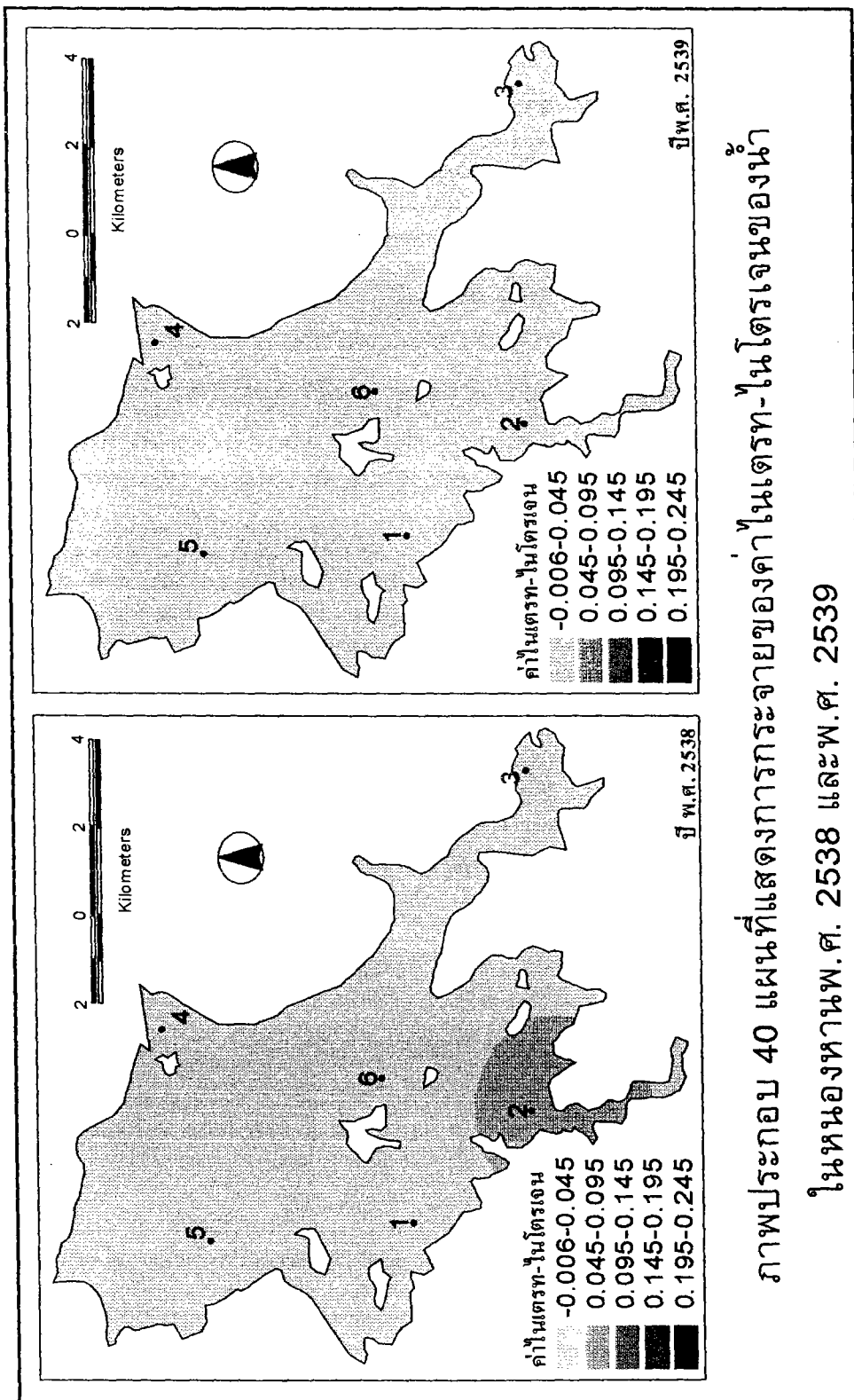
ตาราง 14 คำนัยสำคัญทางสถิติของไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นรายสถานีตรวจวัดใน หนองหาน

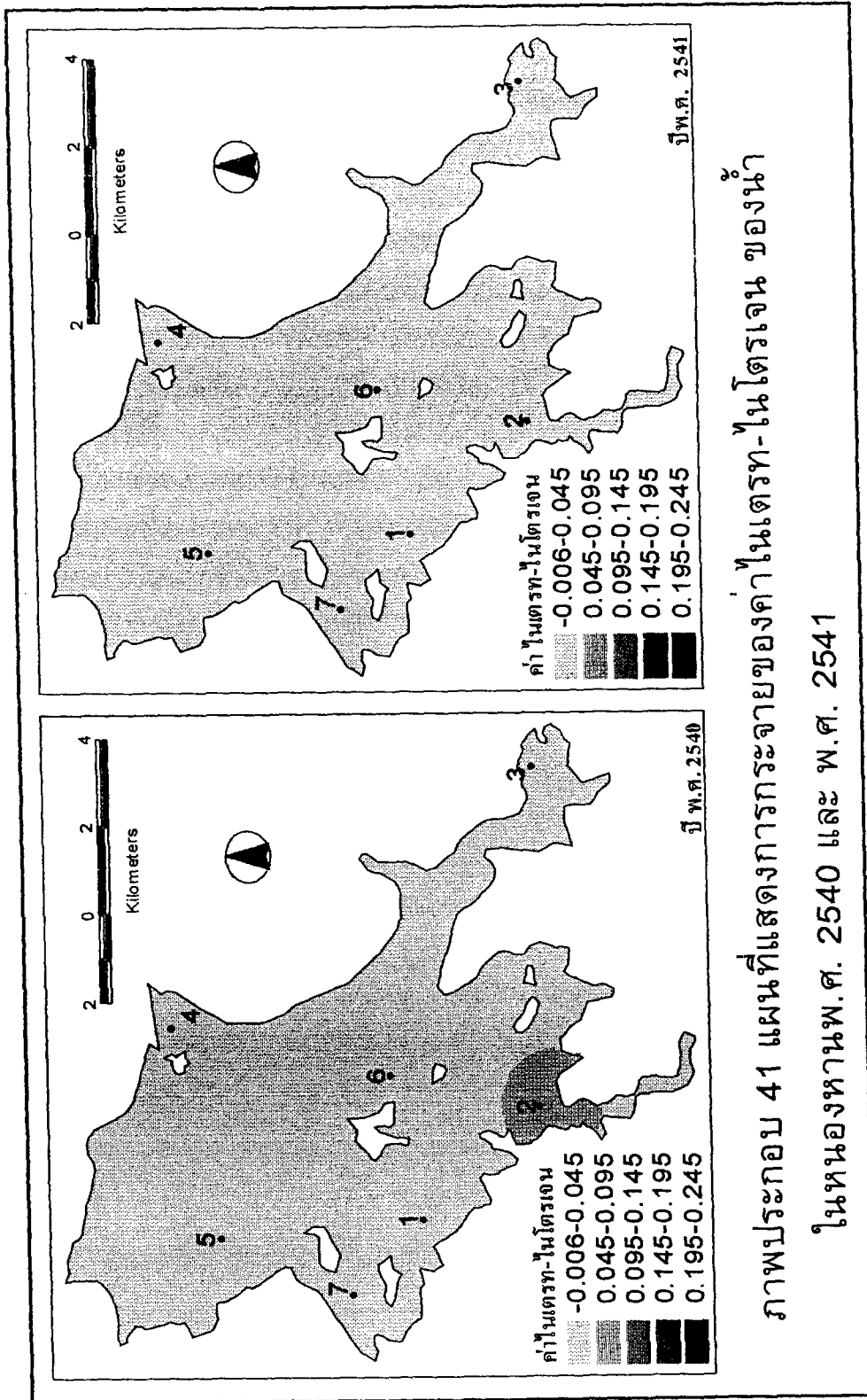
	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.999	1.000	0.983	0.999	0.999	
สถานีที่ 2			1.000	0.999	1.000	1.000	
สถานีที่ 3				0.997	1.000	1.000	
สถานีที่ 4					0.999	0.999	
สถานีที่ 5						1.000	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

7.3 ความแตกต่างของการกระจาย ไนเตรท-ไนโตรเจนในหนองหาน

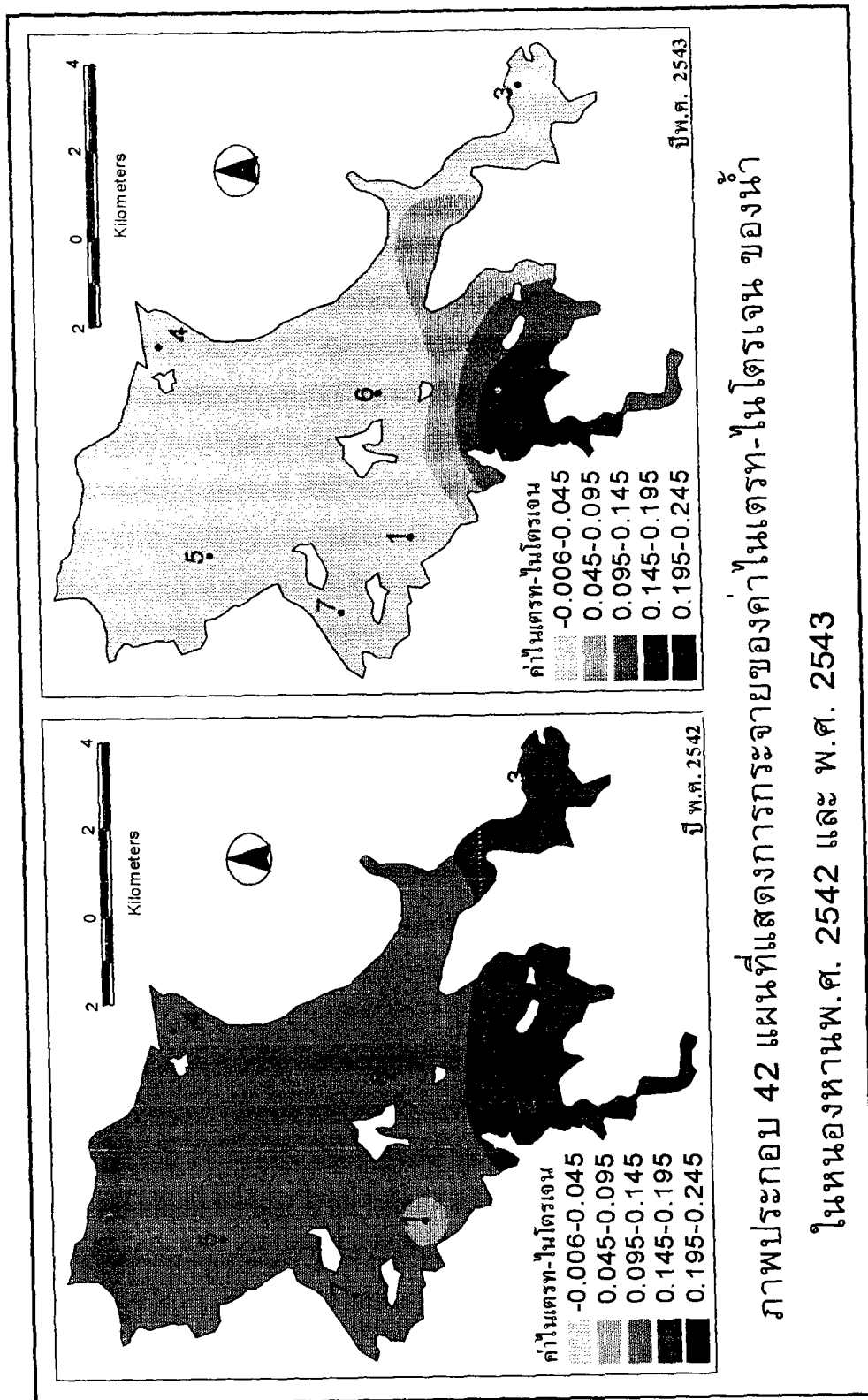
จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนใน หนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวม ทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจายค่าไนเตรท-ไนโตรเจนใน หนองหาน ดังภาพประกอบ 39, 40, 41 และ 42 ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่ง ลำดับความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง -0.006 - 0.045 , 0.045 — 0.095 , 0.095 — 0.145 , 0.145 — 0.195 และ 0.195 — 0.245 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า







ภาพประกอบ 41 แผนที่แสดงการกระจายของค่าไนโตรท-ไนโตรเจน ของน้ำ
ในหนองหานพ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541



การกระจายไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่าค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีความแตกต่างกัน ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นใน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ.2543 โดยเฉพาะ พ.ศ. 2542 แสดงให้เห็นว่าน่าจะมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางการเกษตรที่มีเพิ่มมากขึ้น รวมถึงปริมาณของพื้นที่ป่าไม้ที่มีลดลง ซึ่งทำให้ในบริเวณสถานีที่ 2 ปากน้ำพุที่เป็นจุดรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนสูงกว่าสถานีอื่น เนื่องจากบริเวณปากน้ำพุเป็นจุดที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง เมื่อมีการใช้ที่ดินในการเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงซึ่งมีผลกระทบต่อปริมาณของค่าไนเตรท-ไนโตรเจน โดยจะทำให้ไนโตรเจนในหนองหานมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนสูงขึ้นด้วย ดังที่ อวยพร แสงเทียน ได้สรุปว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง ความหนาแน่นของลำธารลดลง และความหนาแน่นของการระบายน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน จะเพิ่มขึ้น รวมถึงอาจเกิดจากปัจจัยการเจริญเติบโตของ พืชน้ำ และสาหร่ายในน้ำ ปริมาณปุ๋ยบนพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ปริมาณดินตะกอนและปริมาณน้ำฝน (อวยพร แสงเทียน.2536:71) สอดคล้องกับการสรุปของ สุกานดา พัดพาดี ที่กล่าวว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง ความเข้มข้นของ ไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อพื้นที่เกษตรกรรมมากขึ้น ความเข้มข้นของ ไนเตรทจะเพิ่มขึ้นมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้มิบทบาทในการลดการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารที่จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจึงน้อยลง แสดงให้เห็นว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง จะมีผลทำให้ธาตุอาหารในน้ำสูงขึ้นได้ นอกจากนี้การใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ย และน้ำเสียจากชุมชน เป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำสูงขึ้นได้ (สุกานดา พัดพาดี. 2534: 56) ดังนั้น น้ำจึงมีการปนเปื้อน โอกาสที่น้ำจะนำพาสิ่งปฏิกูลมาสู่หนองหานจึงเกิดขึ้นได้มากกว่าสถานีอื่น สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

7.4 ความแตกต่างในความผันแปรของไนเตรท - ไนโตรเจน ในหนองหาน

จากตาราง 13 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variance) ของแต่ละสถานี พบว่า ในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงสุด คือ 155.56 % รองลงมาคือสถานีที่ 6 สถานีที่ 7 สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 1 มีค่า 143.59 , 133.3 , 121.74 , 121.21 , 105.00 และ 100.00% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสถานีที่ 2 มีค่าความผันแปรสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณปากน้ำพุเป็นจุดที่รับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง ทำให้มีการปนเปื้อนตะกอนที่เกิดจากการ ชะล้างหน้าดินได้มาก รวมถึงสารเคมี และปุ๋ยที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในสถานีที่ 2 มีค่ามากกว่าสถานีอื่นๆ

ส่วนในช่วงฤดูน้ำคือตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุดคือ 236.4 % รองลงมาคือ สถานีที่ 7 สถานีที่ 3 สถานีที่ 4 สถานีที่ 5 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 6 มีค่า 145, 121.74 , 120.00 , 120.00 , 62.5 และ 53.84% ตามลำดับ เนื่องจากสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร จึงมีโอกาสน้ำในบริเวณนี้จะได้รับในเตรท - ไนโตรเจนมาจากแหล่งน้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากเกษตรกรรม เพราะในเตรทเป็นธาตุอาหารที่อยู่ในสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนและปุ๋ยจากการเกษตร ทั้งนี้จึงสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน

7.5 สร้างสมการพยากรณ์ในเตรท-ไนโตรเจนในหนองหาน

ผลสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise จากตารางที่ 17 พบว่าในตัวแปรทั้ง 7 ชนิด ไม่มีความสัมพันธ์หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าในเตรท - ไนโตรเจน จึงไม่มีตัวแปรที่ใช้ได้ดีในการพยากรณ์ค่าในเตรท-ไนโตรเจน ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ค่าในเตรท-ไนโตรเจนในหนองหานที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้

8.วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ของน้ำในหนองหาน

8.1 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ย

ปริมาณของแข็งทั้งหมด กรมอนามัยได้กล่าวว่า ปริมาณและชนิดของสารที่ละลายและไม่ละลายน้ำแตกต่างกันไปแต่ละชนิดของของเหลว ในน้ำบริโภคส่วนใหญ่ของสารอยู่ในรูปของเกลืออนินทรีย์ จะละลายน้ำเป็นส่วนมากมีเพียงจำนวนเล็กน้อยที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ และก๊าซที่ละลายน้ำ ค่า Total Solid ของน้ำบริโภคส่วนมากอยู่ระหว่าง 20-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมอนามัย.2537:80) จากการศึกษาค่าความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหาน เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหานพบว่า ทั้งฤดูน้ำและฤดูแล้งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากที่ดินจัดสรร ของกรมควบคุมมลพิษ คือ มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่มากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยฤดูแล้งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 5.00 - 138.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ฤดูน้ำมีพิสัยระหว่าง 6.00 - 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตาราง 15 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งจากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และ สถานีที่ 2

ปากน้ำพุ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 89.2 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสีย คูหมากเสือ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า สถานีที่ 4 ดอนพลาญ สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ สถานีที่ 5 ดอนแซง มีค่า 79.5 , 61 , 57.2 , 54.2 และ 39.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า สถานีที่ 1 , 2 และ 7 มีความสูงจากสถานีอื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในหนองหาน จะได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหาน รวมถึงโอกาสที่ได้รับปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษมีสูงกว่าสถานีอื่น โดยเฉพาะ น้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร ซึ่ง ศรีชัย พรประชาธรรม ได้กล่าวว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสูงขึ้นเนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและประชากรมีเพิ่มมากขึ้น การปลดปล่อยสารสู่แหล่งน้ำจึงมีมาก (ศรีชัย พรประชาธรรม .2531:78) นอกจากนี้ อวยพร แสงเทียน กล่าวว่า ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ป่าไม้ ความหนาแน่นการระบายน้ำลดลง ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วยเพราะปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำจะเกิดจาก ปริมาณสารแขวนลอย เมื่อพื้นที่มีการชะล้างพังทลายลงสู่แหล่งน้ำ จะมีตะกอนในน้ำ (อวยพร แสงเทียน.2536:70) อีกทั้งจากการศึกษาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่น

ส่วนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 95 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สถานีที่ 4 สถานีที่ 1 สถานีที่ 5 สถานีที่ 6 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 มีค่า 93.2 , 80.67 , 65.6 , 61.33 , 58 และ 52.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อความชัดเจนจึงได้สร้างกราฟตามภาพประกอบ 43 และ 44 โดยฤดูแล้งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 5.00 - 138.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ฤดูน้ำมีพิสัยระหว่าง 6.00 - 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

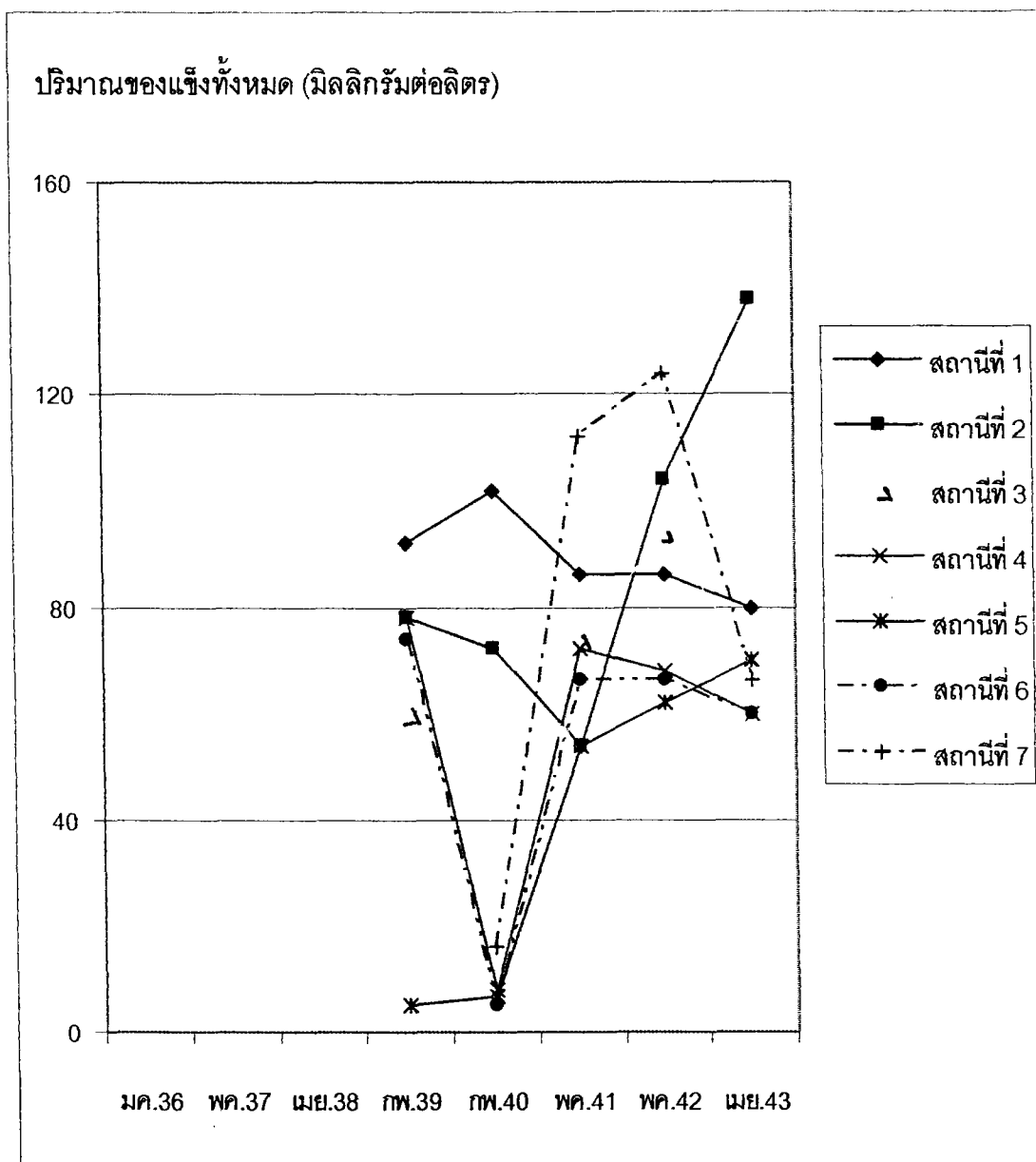
เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยจะไม่แตกต่างกันคือในช่วงฤดูน้ำจะมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ยกเว้นในบางสถานีและบางปีที่มีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 ซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูน้ำเนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดจะพบมากในน้ำเสียจากชุมชน สารอินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยเฉพาะพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะเป็นตัวทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งในฤดูแล้งปริมาณน้ำในหนองหานที่ลดลง ทำให้น้ำเสียจากชุมชนไหลลงสู่หนองหานโดยไม่ได้รับการเจือจางจากน้ำฝนก่อน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จึงมีมากกว่าในฤดูน้ำ

ตาราง 15 ค่าความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดระหว่างช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้ง ในหนองหาน ตั้งแต่พ.ศ.2536-พ.ศ.2543

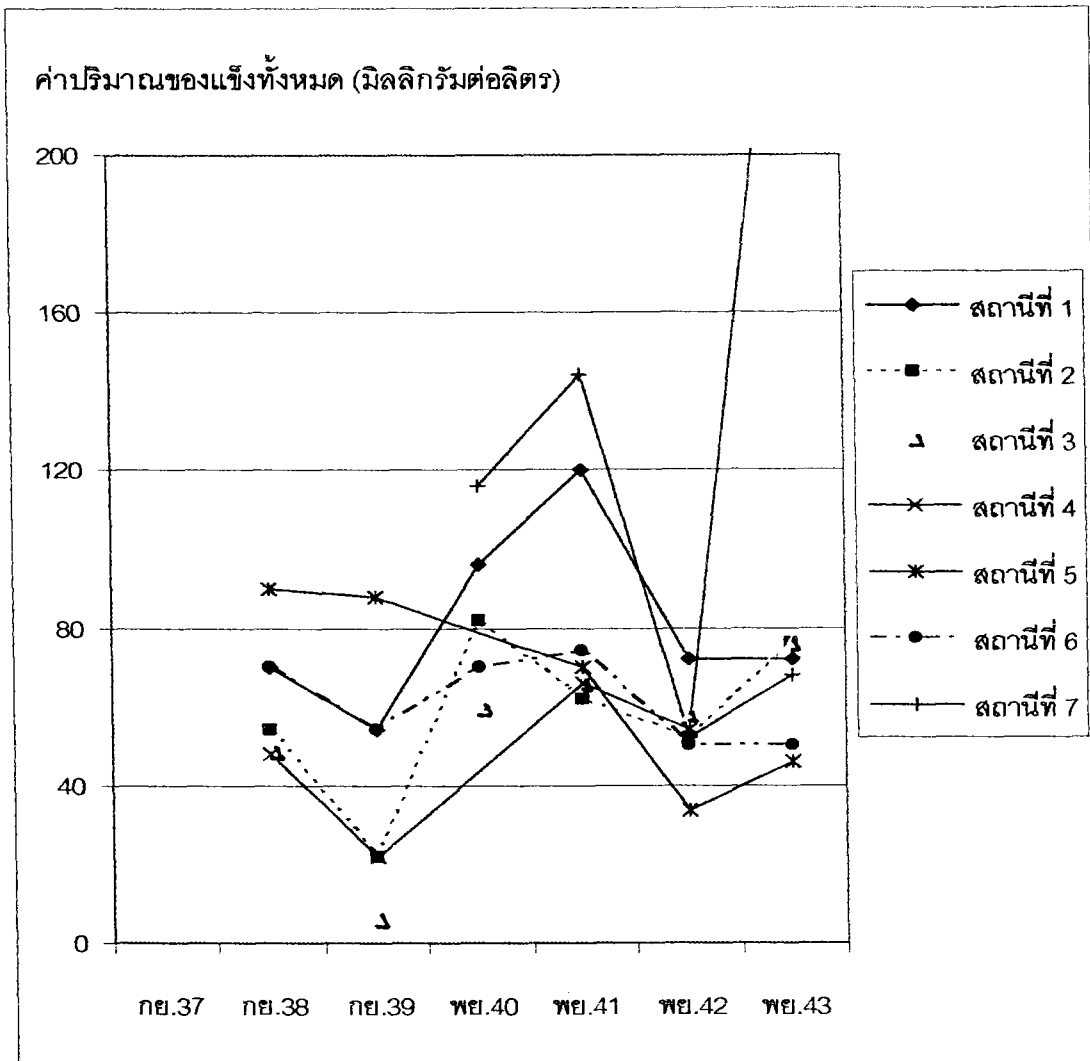
พ.ศ.	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 3		สถานีที่ 4		สถานีที่ 5		สถานีที่ 6		สถานีที่ 7		t-test	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำ	t	sig
2536	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2537	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2538	**	70	**	54	**	50	**	48	**	90	**	70	**	**	**	**
2539	92	54	78	22	60	6	78	22	5	88	74	54	**	**	1.34	0.21
2540	102	96	72	82	7	60	8	**	7	**	5	70	16	116	-2.74	0.021*
2541	86	120	54	62	74	66	72	66	54	70	66	74	112	144	-0.83	0.42
2542	86	72	104	52	94	58	68	54	62	34	66	50	124	52	3.44	0.005*
2543	80	72	138	76	70	76	60	276	70	46	60	50	66	68	-0.53	0.61
$\bar{x}$	89.2	80.67	89.2	58	61	52.67	57.2	93.2	39.6	65.6	54.2	61.33	79.5	95		
SD	8.32	23.48	32.63	21.28	32.62	24.45	28.27	103.4	31.2	25	27.95	11.15	49.16	42.5		
CV(%)	9.32	29.11	36.58	36.69	53.47	46.44	49.43	110.94	78.78	38.11	51.58	18.17	61.84	44.74		

หมายเหตุ ** ไม่มีข้อมูล

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 43 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูแล้งระหว่างพ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543



ภาพประกอบ 44 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในหนองหาน
ช่วงฤดูน้ำ ระหว่างพ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2543

จากการศึกษาค่า t - test ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตาราง 15 เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ระหว่างฤดูแล้ง คือ ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี และ ช่วงฤดูน้ำ คือตั้งแต่เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ของแต่ละปี ปรากฏว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีความแตกต่างกัน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำ ในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.021 และ 0.005 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หนองหานมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำปิดขนาดใหญ่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ ประกอบกับปริมาณน้ำในหนองหานในแต่ละช่วงมีค่าสม่ำเสมอ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก

8.2 ความแตกต่างของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นรายสถานีตรวจวัดใน

หนองหาน

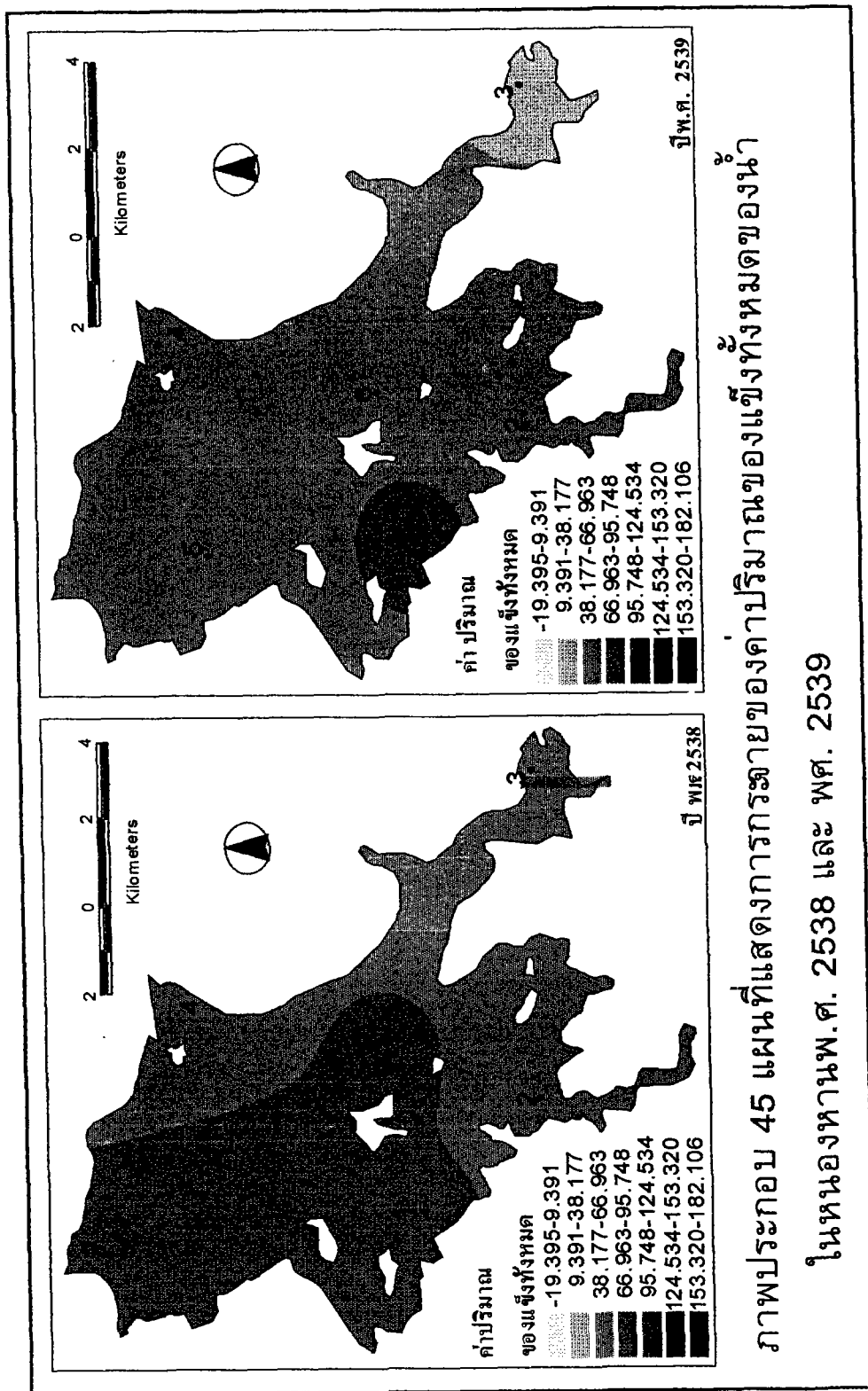
จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance ในตาราง 16 พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในหนองหานจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความเข้มข้นของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในแต่ละจุดอยู่ในช่วงมาตรฐาน มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากที่ดินจัดสรรของกรมควบคุมมลพิษ คือ มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่มากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่พบค่าความแตกต่างที่ชัดเจนทางสถิติ ในแต่ละสถานี ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน

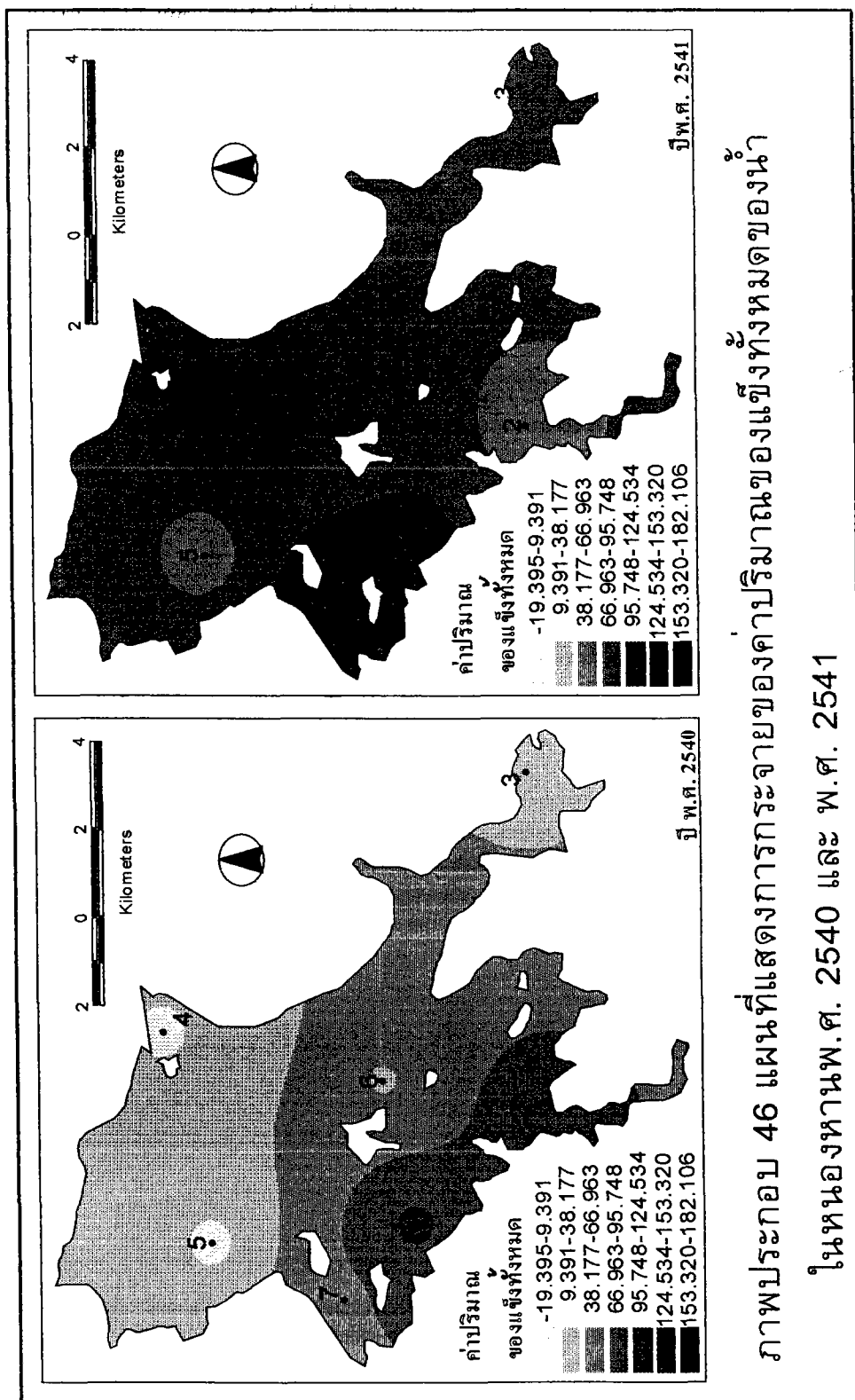
ตาราง 16 ค่าภัยสำคัญทางสถิติของปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นรายสถานีตรวจวัดใน
หนองหาน

	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7
สถานีที่ 1		0.997	0.963	0.992	0.902	1.000	
สถานีที่ 2			0.999	1.000	0.991	1.000	
สถานีที่ 3				1.000	1.000	0.994	
สถานีที่ 4					0.996	1.000	
สถานีที่ 5						0.971	
สถานีที่ 6							
สถานีที่ 7							

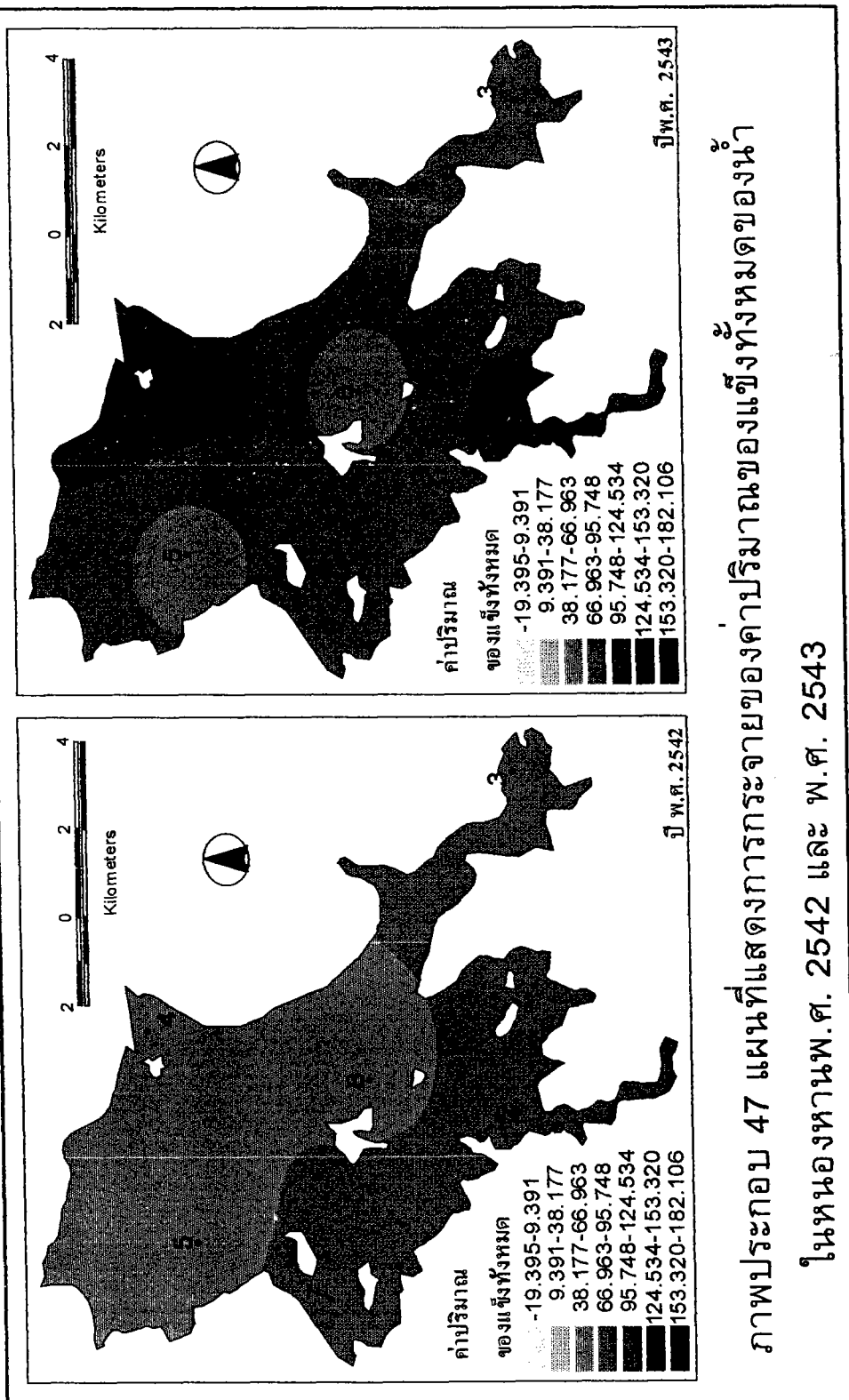
8.3 ความแตกต่างของการกระจายปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน

จากการทำแผนที่แสดงสภาพภูมิศาสตร์การกระจายของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นรายปีที่ทำการตรวจวัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 รวมทั้งหมด 8 ปี โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อแสดงการกระจาย ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน ดังภาพประกอบ 45, 46 และ 47 ซึ่งใช้ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานในการแบ่งลำดับความเข้มข้น ได้ทั้งหมด 5 ลำดับ คือระหว่าง -19.395 – 9.391, 9.391 – 38.177, 38.177 – 66.963 , 66.96. – 95.748 , 95.748 – 124.534 , 124.534 – 153.320 และ 153.320 – 182.106 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่า มีลักษณะการแพร่กระจายที่แตกต่างกันในแต่ละปี โดยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด มีแนวโน้มที่สูงขึ้นซึ่งสถานีที่เป็นแหล่งกำเนิดการแพร่กระจายปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในบริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำ ประปา และ สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ เนื่องจากค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ตรวจวัดได้อย่างชัดเจนในหนองหาน จะได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหาน รวมถึง น้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร ดังนั้นโอกาสที่สถานีทั้งสองแห่งนี้จะได้รับปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษจึงมีสูงกว่าสถานีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน





ภาพประกอบ 46 แผนที่แสดงการกระจายค่าปริมาณของน้ำทั้งหมดของน้ำ
ในหนองหานพ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2541



8.4 ความแตกต่างในความผันแปรของปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน

จากตาราง 15 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่า ในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ของแต่ละปี สถานีที่ 5 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร สูงที่สุดคือ 78.78 % รองลงมาคือสถานีที่ 7 สถานีที่ 3 สถานีที่ 6 สถานีที่ 4 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 1 มีค่า 61.84 , 53.47 , 51.58 , 49.43, 36.58 และ 9.32% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 4 ดอนพลาย มีค่าสูงสุด 110.94 % ต่อมาคือสถานีที่ 3 , 7, 5, 2 , 1 และ 6 ซึ่งมีค่า 46.44, 44.74, 38.11 , 36.69 , 29.11 และ 18.17 %ตามลำดับ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของปริมาณของแข็งทั้งหมด ในแต่ละช่วงฤดูกาล และแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันโดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ สอดคล้องกับ ศรีชัย พรประชาธรรม ที่ได้สรุปว่า อิทธิพลของฤดูกาลทำให้มีการผันแปรค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำสูงขึ้นในฤดูร้อน ลดต่ำลงในฤดูฝน โดยในฤดูร้อนจะเห็นชัดเจนว่า ลุ่มน้ำย่อยมีปริมาณน้ำลดลงเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์และลมช่วยเร่งให้มีการระเหยน้ำ ความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ในน้ำจึงเพิ่มมากขึ้น (ศรีชัย พรประชาธรรม.2531:103) ยกเว้นบางสถานีที่ ช่วงฤดูน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งได้แก่ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 4 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรที่เกิดขึ้นในฤดูน้ำ บริเวณสถานีที่ 4 ดอนพลาย มีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ เนื่องจากจากความเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดได้นั้น บริเวณดอนพลายเป็นจุดรองรับน้ำจากบ้านโพนนาแก้ว จึงอาจเกิดการปนเปื้อนของน้ำเสียทั้งจากชุมชน และจากการเกษตรกรรมได้ หรือในบริเวณที่ทำการตรวจวัดอาจมีสิ่งปฏิกูล หรือ มีการเน่าเปื่อย ย่อยสลาย ของซากพืช ซากสัตว์จึงทำให้วัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ปริมาณมาก จากความเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดได้นั้น มีค่าแตกต่างกันมากโดยเฉพาะในฤดูน้ำวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 มีค่าสูงสุด คือ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาค่าความขุ่น ของสถานีที่ 4 ในวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2543 ที่มีค่าสูงสุดเช่นเดียวกัน จากการที่บริเวณดอนพลายเป็นจุดรองรับน้ำจากบ้านโพนนาแก้ว จึงอาจเกิดการปนเปื้อนของน้ำเสียทั้งจากชุมชน และจากการเกษตรกรรมได้ หรือในบริเวณที่ทำการตรวจวัดอาจมีสิ่งปฏิกูล หรือ มีการเน่าเปื่อย ย่อยสลาย ของซากพืช ซากสัตว์จึงทำให้วัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ปริมาณมาก ซึ่ง สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่าความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน

8.5 สร้างสมการพยากรณ์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน

ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Stepwise จากตารางที่ 17 ได้สมการพยากรณ์ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด จากตัวแปรต่างๆ ทั้ง 8 ชนิดในหนองหาน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ โดยที่ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับค่า ความขุ่น มากที่สุด กล่าวคือ อิทธิพลของ ค่าความขุ่น มีผลต่อ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าค่าความขุ่น สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน ได้ดีที่สุด ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$TS = 26.833 + 3.340 (TUR)$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

TUR = ความขุ่น (หน่วย)

ตาราง17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำที่เป็นตัวพยากรณ์กับตัวแปรอิสระ
สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าที่ใช้ในการคำนวณสมการถดถอย (B) และระดับ
ความน่าเชื่อถือ (Sig. of t)

ตัวพยากรณ์	ตัวแปรอิสระ	R	B	Sig of t
pH	DO	0.565	5.595	0.028*
TUR	TS	0.693	-0.184	0.004*
COND				NS
DO	BOD	0.571	5.853	0.026*
BOD	DO	0.571	-1.037	0.026*
FCB				NS
NO3-N				NS
TS	TUR	0.693	26.833	0.004*

หมายเหตุ NS = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
 * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น
 95 เปอร์เซนต์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการทราบเกี่ยวกับสภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำใน
หนองหาน จังหวัดสกลนคร โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับดัชนีคุณภาพน้ำ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่
1) ความเป็นกรดเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการ
ออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน และ
8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยทำการศึกษาจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง
พ.ศ.2543 รวม 8 ปี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่และเพื่อ
ป้องกันการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางน้ำในหนองหาน และทำการพยากรณ์เพื่อคาดการณ์ต่อไป
รวมถึงเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนรักษาแหล่งน้ำ ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลประกอบ
ในการเตรียมตัวและป้องกันมิให้หนองหานมีความเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น และเพื่อให้หนองหาน
คงไว้ซึ่งความมีคุณภาพประโยชน์ต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไปในอนาคต

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. ศึกษาความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน
จังหวัดสกลนคร
2. ศึกษาความแตกต่างของการกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน
จังหวัดสกลนคร
3. ศึกษาความแตกต่างในความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน
จังหวัดสกลนคร
4. สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิด

สมมติฐานของการศึกษา

1. มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน
2. การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน
3. ความผันแปรของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แตกต่างกัน
4. สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครเป็นรายชนิดได้

ความสำคัญของการศึกษา

เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำจืดธรรมชาติขนาดใหญ่ ที่มีความสำคัญต่อจังหวัดสกลนครและภาคตะวันออกเฉียงเหนือและยังเป็นแหล่งรองรับน้ำที่สำคัญ หนองหานจึงเป็นศูนย์รวมของลำน้ำต่างๆทำให้เป็นแหล่งสะสมของสารมลพิษ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำหนองหาน จังหวัดสกลนคร เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่และเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางน้ำในหนองหาน รวมถึงการเลือกที่ตั้งสถานีสูบน้ำเพื่อการทำน้ำประปา การศึกษาจึงต้องการศึกษา ความแตกต่าง การกระจาย และความผันแปรของมลพิษแต่ละชนิด โดยทำการพยากรณ์ เพื่อคาดการณ์ต่อไป ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตรียมตัวและป้องกันมิให้หนองหานมีความเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนรักษาแหล่งน้ำ และเพื่อให้หนองหานคงไว้ซึ่งความมีคุณภาพประโยชน์ ต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไปในอนาคต

การกำหนดพื้นที่และดัชนีคุณภาพน้ำ

การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาในหนองหาน ที่เป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดสกลนคร ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอเมือง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 78,250 ไร่ มีความจุ 230 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นแหล่งรับน้ำเสียทั้งที่บำบัดแล้ว และยังไม่ได้บำบัดของเขตเทศบาลเมืองสกลนครและสุขาภิบาลท่าแร่

ดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษานี้ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1) ความเป็นกรดเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน และ 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยทำการศึกษาจากข้อมูล ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ.2543 รวม 8 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เอกสาร งานวิจัย ตำรา บทความ และวารสารต่างๆ จากหน่วยงานราชการ
2. แผนที่หนองหาน จากกรมควบคุมมลพิษ
3. แผนที่ L 7017 มาตราส่วน 1: 50,000 ครอบคลุมพื้นที่หนองหาน จากกรมแผนที่ทหาร
4. แผนที่การใช้ที่ดิน จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2544 มาตราส่วน 1 : 50,000 ครอบคลุมพื้นที่หนองหาน จากกลุ่มวิเคราะห์การใช้ที่ดิน กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 ในหนองหาน จังหวัดสกลนคร สามารถวิเคราะห์ ประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1 ความเป็นกรดเป็นเบส

1.1 ความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.0 – 9.0 ซึ่งในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 6 บริเวณดอนสวรรค์ใหญ่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.93 และ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 7.14 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นเบสเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 4 ดอนพลาญ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.38 และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 7.1 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล ในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นในบางสถานีและบางปีที่มีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง คือ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ และสถานีที่ 4 ดอนพลาญ จากการศึกษาค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสระหว่างช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่าความเป็นกรดเป็นเบสมีความแตกต่างกันระหว่างฤดู ในบางปีเท่านั้น ได้แก่ ปี พ.ศ. 2540 , 2542 และ 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.015 , 0.046 และ 0.003 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นเบสเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

1.2 ค่าการกระจายความเป็นกรดเป็นเบส มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี โดยคุณภาพของน้ำในหนองหานมีค่าความเป็นเบสเล็กน้อย และมีความเข้มข้นมากในบริเวณ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา , สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ และ สถานีที่ 7 หน้าโรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ

1.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานี ในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูงสุดคือ 16.9% และสถานีที่ 3 มีค่าต่ำสุดคือ 3.22% ส่วนในช่วงฤดูน้ำตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าความผันแปรสูงที่สุดคือ 8.3% และสถานีที่ 4 มีค่าต่ำสุด 2.8% ค่าความผันแปรของความเป็นกรดเป็นเบสในแต่ละช่วงฤดูกาลและแต่ละสถานี มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นบางสถานีที่ช่วงฤดูน้ำมีความผันแปรสูงกว่า คือในสถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำที่เป็นทางน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน ส่วนสถานีที่ 7 และสถานีที่ 1 มีความผันแปรมากกว่าสถานีที่อื่น

โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสถานีที่ 7 เป็นสถานีที่มีค่าความผันแปรมากที่สุด คือมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงสุด และต่ำสุด คือ 9.5 - 6.6

1.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise พบว่า ค่าออกซิเจนละลาย ใช้เป็นตัวพยากรณ์ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสได้ดีที่สุด ซึ่งได้สมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ดังนี้ $\text{pH} = 5.595 + 0.256 (\text{DO})$

2 ความชุ่ม

2.1 ค่าความชุ่มของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี โดยค่าเฉลี่ยของความชุ่มในช่วงฤดูน้ำและช่วงฤดูแล้งมีค่าแตกต่างกัน จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 40 หน่วย และต่ำสุด สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา มีค่า 1.5 หน่วย ส่วนค่าเฉลี่ยของความชุ่มรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 4 มีค่าสูงสุดคือ 20.33 หน่วย และต่ำสุดสถานีที่ 5 มีค่า 1.5 หน่วย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล ทั้งสองช่วงฤดูมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แน่นอนทำให้ ช่วงฤดูแล้งในบางสถานีมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ คือ ในสถานีที่ 2 , สถานีที่ 3 , สถานีที่ 5 และ สถานีที่ 6 ส่วนช่วงฤดูน้ำที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง คือสถานีที่ 1, สถานีที่ 4 และ สถานีที่ 7 ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของทั้งฤดูแล้ง และฤดูน้ำส่วนใหญ่ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐาน โดยค่าความชุ่มในแหล่งน้ำหนองหานอยู่ในช่วงพิสัย 1-15 หน่วย จากการศึกษาค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าความชุ่มระหว่างช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่าความชุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างฤดูน้ำกับฤดูแล้งในทุกปีที่ทำการศึกษา

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความชุ่มเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance พบว่า ในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

2.2 ค่าการกระจายความชุ่ม มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ซึ่งในบริเวณ สถานีที่ 2 ปากน้ำพุงมีค่าความชุ่มสูงกว่าสถานีอื่นๆ จึงก่อให้เกิดการแพร่กระจายของค่าความชุ่มได้สูง ส่วนในพ.ศ. 2543 มีค่าความชุ่มสูงถึงสองแห่ง คือสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง และ สถานีที่ 4 ดอนพลาน

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่า ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 142.9% และ สถานีที่ 5 มีค่าต่ำสุด 33.53% ส่วนในช่วงฤดูน้ำสถานีที่ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ

225.72% และสถานที่ 1 มีค่าต่ำสุด 34.39% จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความชุ่มชื้นในแต่ละช่วงฤดูกาลและสถานที่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูน้ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง แต่ทั้งนี้ยกเว้นบางปีและบางสถานที่ในหนองหาน ที่ช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ ดังใน สถานที่ 1 จุดสูบน้ำประปา สถานที่ 2 ปากน้ำพุง และ สถานที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่

2.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ใช้เป็นตัวพยากรณ์ ค่าความชุ่มชื้นได้ดีที่สุดโดยใช้สมการพยากรณ์ มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร ดังนี้ $TUR = -0.184 + 0.144 (TS)$

3 ความนำไฟฟ้า

3.1 ความนำไฟฟ้าของน้ำในหนองหานที่มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ ซึ่งการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานที่พบว่าช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 172.5 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร และ สถานที่ 2 มีค่าต่ำสุด 76.12 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ส่วนค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยรายสถานที่ในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานที่ 1 มีค่าสูงสุด 170.6 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร และ สถานที่ 2 มีค่าต่ำสุด 81.85 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร สถานที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ มีค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าสูงกว่าสถานที่อื่น แต่ยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ในช่วงฤดูน้ำค่าเฉลี่ยจะสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ยกเว้น สถานที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ ที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ จากการศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าความนำไฟฟ้า ระหว่างช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่า ความนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ ปี พ.ศ. 2537, 2538 และ 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.011 , 0.013 และ 0.047 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความนำไฟฟ้าเป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้ Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

3.2 ค่าการกระจายความนำไฟฟ้าพบว่า ในพ.ศ. 2537 ในหนองหานมีค่าความนำไฟฟ้าสูง โดยเฉพาะบริเวณสถานที่ 1 จุดสูบน้ำประปา แม้ในปีถัดมาค่าความนำไฟฟ้ามีค่าลดลง แต่ในบริเวณสถานที่ 1 และ สถานที่ 7 ยังคงมีค่ามากกว่าสถานที่อื่น ดังนั้นการแพร่กระจายของค่าความนำไฟฟ้าในบริเวณสถานที่ 1 และ 7 จึงเกิดการแพร่กระจายได้มากกว่าสถานที่อื่น

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานีพบว่า ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูงที่สุด คือ 49.15 % และ สถานีที่ 6 มีค่าต่ำสุด 12.85% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 1 มีค่าสูงสุดคือ 84% และ สถานีที่ 6 มีค่าต่ำสุด 42.49 % ตามลำดับ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าค่าความผันแปรของความนำไฟฟ้าในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกัน โดยที่ในช่วงฤดูน้ำจะมีค่าความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งทุกสถานี

3.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความนำเชือกถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise ตัวแปรทั้ง 8 ชนิด ในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าความนำไฟฟ้า ดังนั้น จากตัวแปรทั้ง 7 ชนิดที่ทำการศึกษา จึงไม่มีตัวแปรที่ดีในการพยากรณ์ค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน จังหวัดสกลนคร จึงไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมได้

4 ออกซิเจนละลาย

4.1 ผลการศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลาย เป็นรายสถานี ตรวจวัดในหนองหานพบว่า ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ของแต่ละปี สถานีที่ 5 มีค่าสูงสุดคือ 7.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานีที่ 3 มีค่าต่ำสุด 6.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในสถานีที่ 7 มีค่าสูงสุดคือ 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 6.08 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูน้ำปริมาณออกซิเจนละลายจะมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง ยกเว้น สถานีที่ 7 ที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ค่าออกซิเจนละลายน้ำในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 5.00 – 10.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าออกซิเจนละลายในช่วงฤดูน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 5.00 – 9.00 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน ระหว่างช่วงฤดูแล้ง และช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่าออกซิเจนละลายมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2539 และ พ.ศ. 2543 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และ 0.015 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลายเป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้วิธี Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

4.2 ค่าการกระจายออกซิเจนละลายในหนองหาน มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ซึ่งค่าออกซิเจนละลายในหนองหานมีการกระจายที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานี ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 7 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 25.74% และ สถานีที่ 5 มีค่าต่ำสุด 12.94% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 13.76% และสถานีที่ 2 มีค่าต่ำสุด 7.96%

4.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise พบว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่าออกซิเจนละลายได้ดีที่สุด โดยใช้สมการพยากรณ์ดังนี้ $DO = 5.853 + 1.076 (BOD)$

5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

5.1 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ของน้ำในหนองหานมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งจากการพิจารณาค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีพบว่าในช่วงฤดูแล้งคือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นสถานีเดียวที่มีค่าเกินมาตรฐานไปเล็กน้อย คือ มากกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานีที่ 5 ดอนแซง มีค่าต่ำสุด 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร

ส่วนค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ มีค่าสูงที่สุดคือ 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ มีค่าต่ำสุด 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำทุกสถานี โดยในสถานีที่ 1 , 3 และ 6 ของช่วงฤดูแล้ง ในบางปีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ดังในตาราง 9 ซึ่งค่าสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา คือ 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพระหว่างช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่าค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.006 และ 0.041 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นรายสถานีตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

5.2 ค่าการกระจายความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ มักมีค่าสูงในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา โดยเฉพาะในพ.ศ. 2543 ซึ่งมีทิศทางการแพร่กระจายไปทางสถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ ซึ่งเป็นทางระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน

5.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานี ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 109.13% และ สถานีที่ 7 มีค่าต่ำสุด 18.72% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร สูงที่สุดคือ 57.12% และ สถานีที่ 4 มีค่าต่ำสุด 25.58% ตามลำดับ ส่วนมากในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 ซึ่งยกเว้นในบางสถานีที่ช่วงฤดูน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในฤดูแล้ง คือในสถานีที่ 2

5.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ได้ดีที่สุด ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{BOD} = - 1.037 + 0.303 (\text{DO})$$

6 แบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

6.1 ผลการศึกษาค่าความแตกต่างของแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เป็นรายสถานี ตรวจวัดในหนองหาน พบว่าค่าเฉลี่ยเป็นรายสถานีในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า มีค่าสูงที่สุดคือ 791.67 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ มีค่าต่ำสุด 68 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยรายสถานีในฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าสูงที่สุดคือ 517.7 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และ สถานีที่ 7 มีค่าต่ำสุด 16 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล ช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำทุกสถานี แต่จากการศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ระหว่างฤดูแล้งและฤดูน้ำ ปรากฏว่าค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีความแตกต่างกัน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 และพ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.006 และ 0.041 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นรายสถานี ตรวจวัด ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

6.2 ค่าการกระจายแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีลักษณะการกระจายจะเกิดขึ้นมากในบริเวณสถานีที่ 1 โดยปริมาณค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน พ.ศ. 2536 มีค่าสูงแต่มีแนวโน้มที่ลดลงในปีถัดมา แม้ในบางปี และบางสถานี ค่าแบบคิเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจะเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในสถานีที่ 1, สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3

6.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variance) ของแต่ละสถานี ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 200.03% สถานีที่ 2 มีค่าต่ำสุด 70.01% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุดคือ 212.3% และ สถานีที่ 2 มีค่าต่ำสุด 53.88% ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี

6.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise พบว่าในตัวแปรทั้ง 8 ชนิด ในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าเบคทีเรียกลุ่มฟีคโลโคลิฟอร์ม จึงไม่มีตัวแปรที่ใช้ได้ดีในการพยากรณ์ ค่าเบคทีเรียกลุ่มฟีคโลโคลิฟอร์มในแหล่งน้ำหนองหาน ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้

7 ในเตรท-ไนโตรเจน

7.1 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง คือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานีที่ 5 มีค่าต่ำสุด 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำ คือ ตั้งแต่ เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานีที่ 6 มีค่าต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้น ในสถานีที่ 5 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน และ สถานีที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยในฤดูน้ำสูงกว่าฤดูแล้ง จากการศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าไนเตรท - ไนโตรเจน ระหว่างช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำ ปรากฏว่าค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูน้ำกับฤดูแล้งในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2537 , 2539 , 2541 และ 2542 ซึ่งมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 , 0.031 , 0.002 และ 0.020 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นรายสถานีตรวจวัดทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

7.2 ค่าการกระจาย ไนเตรท-ไนโตรเจน มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นใน พ.ศ. 2542 และ พ.ศ.2543 โดยเฉพาะ พ.ศ. 2542

7.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variance) ของแต่ละสถานี ในช่วงฤดูแล้ง สถานีที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุด คือ 155.56% และ สถานีที่ 1 มีค่าต่ำสุด 100.00% ส่วนในช่วงฤดูน้ำสถานีที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงที่สุดคือ 236.4% และ สถานีที่ 6 มีค่าต่ำสุด 53.84% ตามลำดับ

7.4 ผลสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่
 ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Stepwise พบว่าในตัวแปรทั้ง 8 ชนิด ไม่มี
 ความสัมพันธ์ หรืออิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อค่าไนเตรท - ไนโตรเจน จึง
 ไม่มีตัวแปรที่ใช้ได้ดีในการพยากรณ์ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการ
 พยากรณ์ค่าไนเตรท - ไนโตรเจนในหนองหานที่เหมาะสมได้

8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

8.1 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหานเฉลี่ย ในช่วงฤดูแล้ง คือตั้งแต่เดือน
 มกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของแต่ละปี สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ มี
 ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 89.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานีที่ 5 ดอนแขงมีค่าต่ำสุด คือ 39.6
 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เฉลี่ยรายสถานีในช่วงฤดูน้ำ ตั้งแต่เดือน
 กันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 95 มิลลิกรัมต่อลิตร
 และ สถานีที่ 3 มีค่าต่ำสุด 52.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ช่วงฤดูน้ำจะมีค่าปริมาณของแข็ง
 ทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง ยกเว้นในบางสถานีและบางปีที่มีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่า
 ปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 จาก
 การศึกษาค่า t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน
 ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูน้ำ ในบางปีเท่านั้น ได้แก่ พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2542 ซึ่งมีค่าความ
 แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.021 และ 0.005 ตามลำดับ

จากการพิจารณาความแตกต่างของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นรายสถานีตรวจวัด
 ทั้ง 7 สถานี โดยใช้ วิธี Analysis of Variance พบว่าในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความแตกต่าง
 กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

8.2 ค่าการกระจายปริมาณของแข็งทั้งหมด มีลักษณะการแพร่กระจายที่มีแนวโน้ม
 สูงขึ้น ในบริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และ สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ

8.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation) ของแต่ละสถานี ในช่วง
 ฤดูแล้ง สถานีที่ 5 มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร สูงที่สุดคือ 78.78% และ สถานีที่ 1 มีค่า
 ต่ำสุด 9.32% ส่วนในช่วงฤดูน้ำ สถานีที่ 4 ดอนพลาย มีค่าสูงสุด 110.94 % สถานีที่ 6 ซึ่งมี
 ค่าต่ำสุด 18.17% โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้น
 บางสถานีที่ ช่วงฤดูน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งได้แก่ สถานีที่ 1 สถานี
 ที่ 2 และ สถานีที่ 4

8.4 ผลการสรุปโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise พบว่าค่าความชัน สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน ได้ดีที่สุด ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$TS = 26.833 + 3.340 (TUR)$$

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์สภาพภูมิศาสตร์ของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิด เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543

ผลการสรุปค่าความแตกต่างของมลพิษทางน้ำ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1) ความเป็นกรดเป็นเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน และ 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปรากฏว่า เมื่อใช้วิธี Analysis of Variance วิเคราะห์ค่าความแตกต่างเป็นรายสถานีตรวจวัด พบว่าไม่มีค่าความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า มลพิษทางน้ำรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน จังหวัดสกลนคร แต่ละชนิดแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ ปริมาณน้ำเสียที่ไหลลงหนองหานจึงไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างในแต่ละสถานีอย่างชัดเจน อีกทั้ง การใช้ที่ดินรอบหนองหานโดยมากเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าว) ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และชุมชนหลายแหล่ง ลักษณะทางธรณีวิทยาส่วนใหญ่เป็นหินทรายโอบล้อมหนองหาน จึงทำให้การศึกษาค่ามลพิษทางน้ำที่ตรวจวัดได้ในหนองหานแต่ละสถานี มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิด เป็นรายสถานี พบว่ามีความแตกต่างกันดังนี้

1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นเบส

คุณภาพน้ำในหนองหานส่วนใหญ่ ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเบสในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ โดยค่าความเป็นกรดเป็นเบสเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำของแต่ละสถานีอยู่ในช่วง 6.6 — 8.0 ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นเบสเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง อยู่ในช่วง 6.5 — 9.5 ดังตาราง 1 ซึ่งยังคงอยู่ในช่วงมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประเภทที่ 2 ที่ให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสควรอยู่ในช่วง 5.0 — 9.0 ความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน มีค่าเฉลี่ยสูงในบริเวณสถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ ซึ่งอยู่บริเวณกลางหนองหาน และ

ลึกที่สุดของหนองหาน สาเหตุที่ค่าความเป็นเบสมีค่าสูงในหนองหาน อาจเกิดจากหนองหานมีประชากรพืชน้ำอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ลักษณะการใช้ที่ดินรอบหนองหาน มีแหล่งชุมชนขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียว ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้มีโอกาสน้ำได้รับการปนเปื้อนจะไหลลงสู่หนองหานได้ง่าย สอดคล้องกับ สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12 จังหวัดสงขลา ที่ได้รายงานว่าการตรวจสอบค่าความเป็นกรดเป็นเบสในปี 2542 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ โดยบริเวณที่มีค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงสุด คือ บริเวณกลางทะเลน้อย ในช่วงฤดูแล้งถึงฝน โดยมีค่าเท่ากับ 9.0 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณกลางทะเลน้อยมีพืชน้ำจำนวนมาก ดังนั้น ในเวลากลางวันที่มีแสงแดดพืชน้ำเหล่านี้จะมีการสังเคราะห์แสงโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีผลทำให้น้ำมีความเป็นเบสเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12.2543:32) และ ดวงจิตต์ มณีศรีขำ ได้สรุปคุณภาพของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบนว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.0 - 7.1 ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำทั้งห้าชั้น โดยในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำทั้งห้ามีสภาพเป็นกลางค่อนข้างเบสเล็กน้อย (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ.2536:129) ส่วนค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานมีค่าต่ำในบริเวณสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง ที่เป็นจุดรองรับน้ำจากเทือกเขาภูพาน และ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ ที่เป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน จึงมีโอกาสน้ำที่ความเป็นกรดเป็นเบสมีค่าต่ำกว่าสถานีอื่นๆ เนื่องจากน้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสีย รวมถึงสิ่งสกปรกต่างๆได้ง่าย จึงเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ทำให้ในบริเวณนี้มีค่าความเป็นกรดเป็นเบสต่ำ ซึ่งใกล้เคียงกับ ธิตาพร หรรณรณ ที่ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นเบส ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 6.0 - 8.8 โดยในฤดูแล้ง จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.9 - 8.4 ซึ่งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.7 - 7.6 จากการที่พบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดเป็นเบสต่ำลงในช่วงฤดูน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงมาสู่แม่น้ำ ทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ไหลลงสู่แม่น้ำมากตามไปด้วย จึงเกิดการเน่าสลายของสารอินทรีย์ได้ดี (ธิตาพร หรรณรณ .2540:27)

จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า คุณภาพน้ำในหนองหานมีค่าความเป็นเบสเล็กน้อย ใกล้เคียงแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป เนื่องจากการใช้ที่ดินโดยรอบหนองหาน ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมหนัก หรือแหล่งกำเนิดมลพิษที่รุนแรง ที่จะทำให้น้ำในหนองหานมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

1.2 ความขุ่น

ความขุ่นในหนองหานมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำระหว่าง 1 - 15 หน่วย ดังตาราง 3 ซึ่งสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง มีค่าเฉลี่ยค่าขุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ และมีค่าเฉลี่ยต่ำในบริเวณสถานีที่ 5 ดอนแขง เนื่องมาจาก สถานีที่ 2 เป็นจุดรองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานที่เป็นหินทรายโดยตรง

น้ำจึงมีตะกอนที่มากจากการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดินมาก รวมถึงการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลต่างๆทั้งในธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้น้ำที่ไหลลงมาสู่หนองหานมีลักษณะขุ่นข้น เป็นตะกอนสีแดง แต่ทั้งนี้คุณภาพน้ำยังคงอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน ซึ่ง อวยพร แสงเทียน ได้กล่าวว่า ความขุ่นในลุ่มน้ำหิโนทรายมีปริมาณความขุ่นมากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่มีสารแขวนลอยในน้ำมาก ซึ่งลุ่มน้ำหิโนทรายมีปริมาณการชะล้างพังทลายสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ อีกทั้งในพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง กิจกรรมในลุ่มน้ำจึงส่งผลทำให้ความขุ่นสูง (อวยพร แสงเทียน . 2536:46-78) และ จากการรายงานของกรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า สภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขา ที่ราบสูง การบุกรุกพื้นที่ป่าธรรมชาติ และการทำเกษตรบนที่สูง ทำให้เกิดการพังทลายของผิวหน้าดินเกิดตะกอนลงสู่ลำน้ำ เพิ่มความขุ่นให้น้ำมากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ.2542:4) นอกจากนี้กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสกลนคร ถูกนำไปใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตร โดยเฉพาะการเพาะปลูกเป็นส่วนมาก โดยบางส่วนของพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรเป็นผลมาจากการบุกรุกทำลายป่า ทำให้พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดลดน้อยลง (กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม.2542: 34)

ส่วนสถานที่ 3 เนื่องจาก เป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน กระแสน้ำจึงสามารถพัดพาตะกอนมารวมกันได้ง่าย และยังพบว่ามี การเลี้ยงสัตว์บริเวณริมหนอง โดยเฉพาะ โค กระบือ ซึ่งสัตว์สามารถลงมาอยู่บริเวณริมหนองได้อย่างอิสระ โอกาสที่จะทำให้น้ำขุ่น และเกิดการปนเปื้อนจึงมีสูง ดังที่ ศรีชัย พรประชาธรรม กล่าวว่า ความขุ่นเกิดจากตะกอนและสารแขวนลอยจากผิวดินบริเวณลุ่มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณโนนหรือเนิน จากถนนและการเลี้ยงสัตว์ในลำธาร (ศรีชัย พรประชาธรรม .2531 : 86) ดังนั้นความขุ่นในบริเวณสถานที่ 2 ปากน้ำพุ และสถานที่ 3 ปากน้ำเก่า ของหนองหาน จึงเกิดขึ้นได้ง่ายและมีปริมาณสูงกว่าสถานที่อื่นๆ

1.3 ความนำไฟฟ้า

ความนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำในหนองหานมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ โดยที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 76.12 — 172.50 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าระหว่าง 81.85 — 170.60 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร โดยที่ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยฤดูน้ำจะสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ดังตาราง 5 ซึ่งสถานที่ 1 สถานที่ 5 และ สถานที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสถานที่อื่นๆ ส่วนในสถานที่ 2 และ สถานที่ 3 มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยน้อย ทั้งนี้เกิดจาก ค่าความนำไฟฟ้าจะมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นในบริเวณที่เป็นแหล่งชุมชน คือสถานที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และสถานที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ เนื่องจาก โอกาสที่สารอินทรีย์ต่างๆจากน้ำเสียชุมชนไหลลงสู่หนองหาน ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอ็อกซิเจนของสารประกอบที่ก่อให้เกิดความนำไฟฟ้าได้ดี จึงมีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่าสถานที่อื่นๆ กรมประมงได้ทำการศึกษาค่าความนำไฟฟ้า ใน

อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าในปี พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2537 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 33.83 — 72.66 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลพบว่า ฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูหนาว และฤดูฝน ซึ่งสรุปได้ว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา มีความแตกต่างกันทั้งระดับความลึก สถานีตรวจวัด และฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด . 2537 : 2-23) และ ศิริชัย พรประชาธรรม ได้ทำการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำมูล พบว่า จากลำน้ำสายหลักในบริเวณต้นน้ำไปท้ายน้ำ มีค่าระหว่าง 102.5 — 1,844.1 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยตลอดลำน้ำ 747.2 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าจะมีค่าน้อยบริเวณต้นน้ำ และจะเพิ่มมากขึ้น บริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งเกลือสินเธาว์ นอกจากนี้ ในช่วงที่ลำน้ำกว้างขึ้น ปริมาณน้ำในแม่น้ำมาก ตลอดจนลำน้ำไหลอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้กิจกรรมในธรรมชาติของแหล่งน้ำมีอย่างปกติ (ศิริชัย พรประชาธรรม .2531: 70)

จากที่กล่าวมาเห็นได้ชัดว่ามีความสอดคล้องกับค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละสถานีตรวจวัด ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน ฤดูกาล แต่ทั้งนี้หนองหานเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ในบริเวณที่มีการใช้ที่ดิน โดยรอบเป็นนาข้าว มีชุมชนขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียว ทำให้น้ำในหนองหานมีค่าเฉลี่ยโดยรวมไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะน้ำที่ไหลลงสู่หนองหานส่วนใหญ่ไหลผ่านลักษณะการใช้ที่ดินที่ใกล้เคียงกัน ค่าความนำไฟฟ้าในหนองหานจึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสถานี สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ แหล่งชุมชน และแหล่งเกษตรกรรม โดยค่าความนำไฟฟ้าในบริเวณแหล่งชุมชนจะมีค่าสูงกว่าแหล่งเกษตรกรรม

1.4 ออกซิเจนละลาย

ค่าออกซิเจนละลายของน้ำในหนองหานมีความแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี โดยที่ค่าเฉลี่ยช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 6.55 — 7.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในช่วงฤดูน้ำมีค่าระหว่าง 6.41 — 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างฤดูกาล ส่วนใหญ่ช่วงฤดูน้ำปริมาณออกซิเจนละลายจะมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง ดังตารางที่ 7 ยกเว้นสถานีที่ 7 ที่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำทั้งในบริเวณนี้ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่หนองหาน ซึ่งค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายมีค่าสูงสุดในบริเวณ สถานีที่ 4 ดอนพลาญ สถานีที่ 5 ดอนแซง ส่วนสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ และ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ มีค่าต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจาก สถานีที่ 2 เป็นจุดที่รับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง ซึ่งในช่วงฤดูน้ำน้ำจะมีการปนเปื้อนสูง และ สถานีที่ 3 เป็นจุดเดียวในการระบายน้ำออกจากหนองหาน และมีการเลี้ยงสัตว์ริมหนอง จากที่กล่าวมาจึงเห็นได้ว่าทั้งสองสถานีนี้เป็นจุดรับน้ำที่สำคัญของหนองหาน โอกาสในการได้รับสิ่งปฏิกูลมีสูงทำให้เกิดความสกปรก รวมถึงมีการย่อยสลายของแบคทีเรียได้ ค่าออกซิเจน

ละลายจึงมีค่าต่ำ ซึ่งการศึกษาของ สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12 จังหวัดสงขลา รายงานว่า จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในปี 2542 โดยทั่วไป พบว่าบริเวณที่มีค่าออกซิเจนละลายค่อนข้างสูงเกือบตลอดปี (DO สูงกว่า 5.0) ได้แก่บริเวณที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่รับอิทธิพลจากชุมชนค่อนข้างน้อย สำหรับจุดเก็บตัวอย่าง ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำค่อนข้างต่ำเกือบตลอดทั้งปี (DO ต่ำกว่า 0.2) ซึ่งบริเวณเหล่านี้เป็นจุดที่รองรับน้ำเสียทั้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่โดยรอบ สำหรับคลองอยู่ตะเภา พบออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้งถึงฝนโดยมีค่าเท่ากับ 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12. 2543: 33) ประกอบกับที่ วิไลวรรณ โกยทอง พบว่าออกซิเจนละลายในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดทุกปี โดยปีพ.ศ. 2536 และ ปี พ.ศ. 2538 ช่วงฤดูหนาวและฤดูฝนต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดอยู่ในคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 ส่วนฤดูร้อนมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนปีพ.ศ. 2537 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดทุกฤดู โดยช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดอยู่ในคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 ส่วนช่วงฤดูฝน มีค่าอยู่ในคุณภาพน้ำประเภท 3 และ ประเภท 4 (วิไลวรรณ โกยทอง . 2540:157)

จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่า หนองหานเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในช่วงมาตรฐาน ทำให้น้ำในหนองหานมีคุณภาพเหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค เนื่องจากสภาวะแวดล้อมของหนองหานมีแหล่งกำเนิดมลพิษ ค่อนข้างน้อยมีชุมชนขนาดใหญ่เพียงแหล่งเดียว การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการใช้พื้นที่ในทางเกษตรกรรม ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่หนองหาน อีกทั้งหนองหานมีประชากรพืชน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีส่วนในการช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำในเวลากลางวัน ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของหนองหานจึงมีค่าสูง

1.5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำในหนองหาน ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.81-2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ 2 เล็กน้อย คือ มากกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา ในช่วงฤดูน้ำ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.71 - 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำทุกสถานี ดังตาราง 9 ทั้งนี้ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานในแต่ละสถานี ได้รับอิทธิพลจากน้ำที่มาจากลำน้ำสายต่างๆที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ที่ดินในบริเวณนั้นๆเป็นสำคัญ ซึ่งจากบริเวณที่เป็นแหล่งชุมชนเมืองสกลนคร ซึ่งอยู่บริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา ปัญหาน้ำได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกชุมชนเกิดขึ้นได้ง่าย และสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ ที่รับน้ำจากเทือกเขาภูพาน ซึ่งมีการใช้ที่ดินในการเกษตรกรรม อีกทั้งมีการชะล้างหน้าดินสูง ทำให้มีโอกาสเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มากับน้ำเสีย ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพจึงสูงกว่าสถานีอื่น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ พจนา

ผลประพจน์ ที่พบว่า ในลุ่มน้ำคลองท่าลาด จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพอยู่ในช่วง 0.8 — 9.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 3.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อน้ำไหลผ่านเขตชุมชน และปศุสัตว์ และมีค่าสูงสุดบริเวณช่วงปลายของลำน้ำ (พจนา ผลประพจน์ .2536) สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12 จังหวัดสงขลา รายงานว่า ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ในปี 2542 พบว่าคลองสาขาต่างๆของทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนขนาดใหญ่ ยังคงมีค่าบีโอดีสูงตลอดทั้งปี อีกทั้งบริเวณริมฝั่งคลองยังเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก นอกจากนี้บริเวณปากคลองซึ่งรองรับน้ำทั้งจากชุมชนและจากการทำการเกษตร พบว่ามีค่าความสกปรกในรูปบีโอดีสูงเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูอื่น (สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12. 2543 : 33)

จากที่กล่าวมามีลักษณะใกล้เคียงกับ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพที่ตรวจวัดได้ในหนองหาน ที่มีค่าสูงขึ้น ในสถานที่ที่ 1 ที่อยู่ในแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ และสถานที่ที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำ คือ สถานที่ที่ 2 ปากน้ำพุง ที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง น้ำจะมีตะกอนมาก จากการชะล้างหน้าดินทราย สถานที่ที่ 3 ปากน้ำก่ำ ที่เป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน รวมถึงการเลี้ยงสัตว์ที่ริมหนองหาน ซึ่งทำให้น้ำในหนองหานบริเวณนั้นๆเกิดการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกได้ง่าย จึงมีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง

1.6 แบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

แบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มของน้ำในหนองหาน มีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งระหว่าง 68 — 791.67 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ช่วงฤดูน้ำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16 — 517.7 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล ช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำทุกสถานี่ ดังตาราง 11 ทั้งนี้ค่าแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหานที่ตรวจวัดได้ สถานที่ที่ 1 สถานที่ที่ 2 และสถานที่ที่ 3 มีค่าสูงกว่าสถานี่อื่นๆ ส่วนสถานที่ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยต่ำเนื่องจากในบริเวณสถานี่ที่ 1 จุดสูบน้ำประปา เป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ น้ำเสียจากครัวเรือนเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม จะพบมากในอุจจาระของคน และสัตว์เลื้อยคลาน ซึ่งสถานี่ที่ 2 ปากน้ำพุง เป็นบริเวณที่รับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง รวมถึงการเกษตรกรรม ที่ก่อให้เกิดการชะล้างของผิวหน้าดิน ซึ่งตะกอนสารแขวนลอยรวมทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ มีการไหลลงสู่หนองหานย่อมก่อให้เกิดการย่อยสลายของแบบที่เรียได้ ส่วนบริเวณสถานี่ที่ 3 ปากน้ำก่ำ เนื่องจากมีการเลี้ยงสัตว์ เช่น โค กระบือ ริมหนอง ด้วยวิธีการปล่อยให้สัตว์ อยู่อย่างอิสระ น้ำในบริเวณนี้จึงมีโอกาสดรับการปนเปื้อนจากมูลของสัตว์ อีกทั้งเป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวในหนองหาน กระแสน้ำจึงสามารถ

พัดพาตะกอน รวมทั้งมูลสัตว์ มารวมกันได้ง่าย โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ที่ปริมาณน้ำในหนองหานมีการลดต่ำลง ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มจึงมีค่าสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ที่กล่าวว่า การพบ ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในปริมาณสูง แสดงได้หลายอย่าง เช่น อาจมาจากโคลน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่าย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 : 4-12. 2543) และจากการศึกษาค่าเฉลี่ยพบว่า สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อ มีค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มต่ำ เนื่องจากน้ำที่ไหลลงหนองหานในบริเวณนี้ได้รับการบำบัด ก่อนปล่อยลงสู่หนองหาน คุณภาพของน้ำมีความสะอาดในระดับหนึ่ง จึงทำให้สถานีที่ 7 มีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มน้อยกว่าสถานีอื่นๆ

1.7 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในหนองหานมีค่าเฉลี่ยช่วงฤดูแล้งอยู่ระหว่าง 0.04-0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงฤดูน้ำ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.01 — 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความแตกต่างระหว่างฤดูกาล มีค่าเฉลี่ยช่วงฤดูแล้งสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นบางสถานี ดังตาราง 13 ซึ่งจากการศึกษาค่าเฉลี่ยพบว่า สถานีที่ 1 และ สถานีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย ไนเตรท-ไนโตรเจน สูงกว่าสถานีอื่นๆ ส่วนสถานีที่ 6 และ สถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจาก สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร ที่มีการใช้ที่ดินหนาแน่น โอกาสที่น้ำเสียจากชุมชนจะไหลลงสู่หนองหานจึงมีมาก เพราะไนเตรทเป็นธาตุอาหารที่อยู่ในสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนและปุ๋ยจากเกษตรกรรม ส่วนสถานีที่ 2 ปากน้ำพุงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสถานีอื่น เพราะการที่ไดรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง ซึ่งน้ำมีลักษณะขุ่น จากการชะล้างหน้าดิน ทำให้ไนเตรท-ไนโตรเจนมากับน้ำมากตามไปด้วย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นหินทราย ซึ่งสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้กล่าวว่า ไนเตรทที่มีในแหล่งน้ำ ได้แก่ น้ำฝน การเน่าเปื่อยของซากพืช สารอินทรีย์ในดิน การใช้ปุ๋ยและฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 . 2543 :4-8) ซึ่ง ธิคาพร ทรบรรณ ได้สรุปค่าไนโตรเจน ในแม่น้ำบางปะกง พ.ศ. 2537 ว่าค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 — 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร และฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.12 — 0.63 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าค่าไนโตรเจนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่น้ำฝนมีการชะล้างผิวหน้าดิน ปุ๋ยจากการเกษตรกรรม มูลสัตว์จากการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์ น้ำทิ้ง กระบวนการทางชีวภาพ สารเคมี และตะกอนต่างๆที่ไหลลงสู่แม่น้ำ ทำให้ในแม่น้ำมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น (ธิคาพร ทรบรรณ. 2540:39) พจนา ผลประพฤติ สรุปค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในลุ่มน้ำคลองท่าลาด ได้ว่า มีค่าสูงในบริเวณตอนกลางของลำน้ำ เนื่องจากมีการทำไร่มากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น ซึ่งจะมีการใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินทำให้เกิดการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำได้มากในช่วงต้นฤดูฝน (พจนา ผลประพฤติ. 2532: 83) และ จากการศึกษาลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อธาตุอาหารในน้ำบริเวณ

ลุ่มน้ำบางปะกงของ สุธี ควนสุวรรณ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในลำธารจากประเภทการใช้ที่ดินต่าง ๆ โดยทั่วไปค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมมีระดับต่ำแต่ในลำธารลุ่มน้ำป่าไผ่มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูง แสดงว่ามีการเคลื่อนย้ายออกมาจากลุ่มน้ำ ป่าไผ่และจะมีค่าความเข้มข้นมากในฤดูแล้ง (สุธี ควนสุวรรณ.2531: 73) ซึ่งสอดคล้องกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในหนองหาน โดยที่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าความแตกต่างในแต่ละสถานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในปี พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 มีค่าไนเตรท - ไนโตรเจนสูงขึ้นในทุกสถานี โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่เกิดภาวะเศรษฐกิจทรุดตัวอย่างรุนแรงในช่วง พ.ศ. 2540 จึงอาจเกิดการแก้ไขปัญหาโดยการส่งเสริมให้ประชาชนกลับไปประกอบอาชีพในภูมิสำเนาเดิม จากการศึกษาพบว่าในฤดูแล้ง สถานีที่ 2 ปากน้ำพุวันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2543 ที่มีค่าไนเตรท - ไนโตรเจนสูงสุด

1.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในหนองหาน เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหานพบว่า สถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนสถานีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยฤดูน้ำและฤดูแล้งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากที่ดินจัดสรร ของกรมควบคุมมลพิษ คือ มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่มากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยฤดูแล้งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 5.00 - 138.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ฤดูน้ำมีพิสัยระหว่าง 6.00 - 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง ดังตาราง 15 เนื่องจากมีน้ำฝนเป็นตัวการนำพาตะกอนลงสู่หนองหาน โดยเฉพาะในสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ ส่วน สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูน้ำ จากลักษณะภูมิประเทศที่ อยู่ในบริเวณเทศบาลเมืองสกลนคร โอกาสที่น้ำเสียจากชุมชนไหลลงสู่หนองหานโดยตรงมีมาก และส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ดังนั้นของแข็งในสภาพแขวนลอยนี้จะเกิดการตกตะกอน หรือถูกพัดพาไปตามริมฝั่งได้ง่าย เป็นสาเหตุให้ สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหามากเสีย มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งสูง ดังที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 กล่าวไว้ ของแข็งแขวนลอยจะเปลี่ยนไปตามชนิดและแหล่งน้ำที่ตลอดฤดูกาล ของแข็งทั้งหมดในน้ำทั้งจากบ้านและครัวเรือนจะมีสารอินทรีย์มากของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับผิวน้ำ มีทั้งพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน (สำนักงานภาคที่ 3 .2543: 4-6) ส่วนสถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ อยู่ในบริเวณกลางหนองหานและมีความลึกที่สุดในหนองหาน เนื่องจากหนองหานเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดจึงเกิดการตกตะกอนในบริเวณริมฝั่งเป็นส่วนมาก ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในจุดนี้จึงมีค่าต่ำสุด ธิดาพร หรรพจน์ ได้สรุปว่าสารแขวนลอย ในแม่น้ำบางปะกงมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.0 – 2 , 112 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกันยายน และ

ค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม โดยสารแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเกิดจากการที่น้ำจืดได้พัดพาตะกอนสารอินทรีย์ซึ่งมีธาตุอาหารลงสู่ลุ่มน้ำ ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนรวมทั้งตะกอนของสารอินทรีย์ ส่วนในช่วงฤดูน้ำพบค่าเฉลี่ยของปริมาณของตะกอนแขวนลอยพวกสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยยังได้รับอิทธิพลจากลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ปริมาณตะกอนที่ทับถม ซึ่งบริเวณปากแม่น้ำจะมีค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยสูงกว่าสถานีอื่น (ธิดาพร หรรพรัตน์, 2540:33) ศรีชัย พรประชาธรรม ได้ทำการศึกษาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในลุ่มน้ำมูล พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 96.7 – 1,424 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดในลำน้ำมีค่าต่ำบริเวณต้นน้ำ และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงช่วงกลางลำน้ำจากช่วงกลางลำน้ำถึงปลายลำน้ำจะมีค่าเฉลี่ยลดลงแต่ยังมีค่าสูงกว่าบริเวณต้นน้ำ (ศรีชัย พรประชาธรรม, 2531:75)

จากที่กล่าวมาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในหนองหานได้รับอิทธิพลมาจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหาน และน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ที่ปริมาณน้ำลดลง ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมด พบมากในน้ำเสียจากชุมชนโดยที่ไม่ได้รับการเจือจางจากน้ำฝนก่อน สารอินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยเฉพาะพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะเป็นตัวทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน มีเพิ่มมากขึ้น

สรุปความแตกต่างของมลพิษทางน้ำเป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน

สถานีที่ 1 บริเวณจุดสูบน้ำประปา เนื่องจาก อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร และใกล้ริมฝั่ง การใช้ที่ดินโดยรอบเป็นไปอย่างเข้มข้น โอกาสที่สารอินทรีย์ สารอินทรีย์ ต่างๆ ที่มาจากน้ำเสียชุมชน เกษตรกรรมมีมาก ทำให้พบค่าเฉลี่ยของ ความนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยมากกว่าสถานีอื่นๆ

สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ เป็นจุดรองรับน้ำที่มาจากเทือกเขาภูพานโดยตรง เนื่องจากเทือกเขาภูพานเป็นเทือกเขาหินทราย ที่มีการใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม และที่อยู่อาศัย ดังนั้น น้ำไหลลงสู่หนองหานจึงมีค่าเฉลี่ยของความขุ่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณของแข็งทั้งหมดสูง ทั้งนี้ทำให้สถานีที่ 2 มีค่าความเป็นกรดเป็นเบส และ ความนำไฟฟ้าต่ำ

สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า เนื่องจากบริเวณนี้เป็นแหล่งระบายน้ำออกเพียงแหล่งเดียวของหนองหาน และมีการเลี้ยงสัตว์บริเวณริมหนองโดยตรง ทำให้มีโอกาสที่จะพบค่าเฉลี่ยของความขุ่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และ

ไนเตรท-ไนโตรเจนสูง โดยเฉพาะฤดูแล้ง แต่ทั้งนี้ทำให้สถานีที่ 3 มีค่าความเป็นกรดเป็นเบส ออกซิเจนละลาย และ ความนำไฟฟ้าต่ำ

สถานีที่ 4 ดอนพลาญ เป็นสถานีที่ได้รับน้ำเสียจากพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้มีโอกาสพบค่าเฉลี่ยความขุ่น ไนเตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงโดยเฉพาะในฤดูน้ำ แต่ในบริเวณนี้ยังพบค่าออกซิเจนละลายสูงด้วย

สถานีที่ 5 ดอนแขง เป็นคอนที่อยู่ในหนองหาน บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ บริเวณนี้มีโอกาสได้รับน้ำจากชุมชนที่อยู่ในเขตชุมชน และ พื้นที่เกษตรกรรมทำให้มีโอกาสพบค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าสูง โดยเฉพาะในฤดูน้ำ รวมถึงความเป็นกรดเบส และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม แต่ความขุ่น และความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยต่ำ

สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ เนื่องจากเป็นบริเวณกลางหนองหานและเป็นจุดที่มีความลึกมากที่สุด ซึ่งพบค่าความเป็นกรดเป็นเบสสูงที่สุด แต่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยต่ำ

สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ เนื่องจากอยู่ในเขตเทศบาลเมือง สกลนคร และใกล้ริมฝั่ง ทำให้มีโอกาสที่น้ำในบริเวณนี้จะได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสีย ทำให้พบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดสูง รวมถึงค่าความเป็นกรดเป็นเบส แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และ ความนำไฟฟ้า แต่จะพบแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และ ไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าต่ำ

2 การวิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิด เป็นรายสถานี ตรวจวัดในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543

ผลการสรุปค่าความแตกต่างการกระจายของมลพิษทางน้ำ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1) ความเป็นกรดเป็นเบส 2) ความขุ่น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน และ 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่ามีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า การกระจายของมลพิษทางน้ำแต่ละชนิดในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน ดังนี้

2.1 ความเป็นกรดเป็นเบส

ค่าการกระจายความเป็นกรดเป็นเบส มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 สถานีที่ 6 และ สถานีที่ 7 ลักษณะของการกระจายพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณริมฝั่งตะวันตกตอนกลางไปถึงบริเวณกึ่งกลางหนองหาน ดังภาพประกอบ 3 - 6 ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศในหนองหานเป็นสำคัญ โดยในบริเวณสถานีที่ 1 และสถานีที่ 7 เป็นบริเวณ

ริมฝั่งหนองหานที่มีความลึกประมาณ 1 เมตร อีกทั้งเป็นแหล่งชุมชนเมืองเทศบาลสกลนคร น้ำเสียที่มาจากชุมชนโดยตรงย่อมส่งผลถึงลักษณะการแพร่กระจายในบริเวณนั้นๆ ส่วนบริเวณ สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ มีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ เป็นจุดที่ลึกที่สุดของหนองหานมีความลึกประมาณ 10 เมตร กองวางแผนการใช้ที่ดิน ได้กล่าวว่า บริเวณหนองหานพบเกลือหินที่ระดับความลึกประมาณ 115 เมตร (กองวางแผนการใช้ที่ดิน .2536: 36) ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้น้ำในหนองหานมีสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตเจือปนอยู่ โดยเฉพาะในบริเวณสถานีที่ 6 ซึ่งไม่สอดคล้องกับกรมประมงที่ได้ทำการศึกษา ความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา พบว่ามีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.22 – 7.67 จากการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแหล่งน้ำหินปูน ระดับความลึกจะมีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือที่ระดับความลึก 0.5 และ 3 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าความเป็นกรดเป็นเบสที่ระดับความลึก 7 และ 10 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ระดับความลึกยิ่งมาก น้ำยิ่งมีค่าความเป็นกรดมากตามลำดับ (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. 2537:2-23)

จากที่กล่าวมาความลึกมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นเบสโดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของหินฐานในบริเวณนั้นๆ รวมถึงการใช้ที่ดิน กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่มีต่อแหล่งน้ำ ฯลฯ ที่ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแต่ละสถานีมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสแตกต่างกันไป จากที่หนองหานมีลักษณะภูมิประเทศที่มีเทือกเขาหินทรายโอบล้อม และในตัวหนองหานเองมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ การสะสมของแคลเซียมในน้ำจึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานที่ตรวจวัดได้จึงมีค่ามาก กล่าวคือ น้ำในหนองหานมีความเป็นเบสเล็กน้อย โดยเฉพาะบริเวณที่มีระดับความลึกเพิ่มขึ้น

2.2 ความขุ่น

ค่าการกระจายในแต่ละสถานีมีค่าแตกต่างกันไป โดยเฉพาะในสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ สถานีที่ 3 ปากน้ำเก่า และสถานีที่ 4 ดอนพลาย ซึ่งเป็นสถานีมีค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าสถานีอื่นๆ ดังภาพประกอบ 9 - 12 เนื่องจาก สถานีที่ 2 เป็นจุดรับน้ำจากเทือกเขาภูพานที่เป็นเทือกเขาหินทรายน้ำจึงมีความขุ่นซึ่งเกิดจากการชะล้างผิวหน้าดิน สถานีที่ 3 เป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน ส่วน สถานีที่ 4 เป็นจุดรับน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดตะกอนดินได้ง่าย น้ำที่ไหลลงสูงหนองหานจึงมีค่าความขุ่นสูง ทำให้บริเวณเหล่านี้มีลักษณะเป็นจุดศูนย์กลางของการกระจาย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองจุดใหญ่ คือ จุดรองรับน้ำในบริเวณที่มีโอกาสเกิดการพังทลายของผิวหน้าดินสูง เช่น บริเวณภูเขาสูง โดยเฉพาะ ภูเขาหินทราย และ พื้นที่เกษตรกรรม จุดที่สองคือ จุดระบายน้ำออกจากหนองหาน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์ด้วย พจนา ผลประพุดติ ได้สรุปค่า

ความชุ่มในลุ่มน้ำคลองท่าลาด ได้ว่า ในบริเวณต้นของลำน้ำ จะมีค่าความชุ่มต่ำ เพราะยังมีป่าหลงเหลืออยู่มาก และความชุ่มจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่น้ำไหลผ่าน เนื่องจากมีการบุกเบิกพื้นที่ เพื่อทำเกษตรกรรม ในบริเวณที่มีการใช้ที่ดินเพื่อการทำไร่จะมีค่าความชุ่มสูงสุด เนื่องจากมีการเปิดพื้นที่มาก และค่าความชุ่มจะค่อย ๆ ลดลงในคลองชลประทานท่าลาด เนื่องจากน้ำนิ่งทำให้เกิดการตกตะกอน (พจนา ผลประพจน์.2536:83)

ดังนั้น ความชุ่มในหนองหานบริเวณสถานที่ที่ 2 ปากน้ำพุง พบว่าเป็นจุดที่ความชุ่มเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในหนองหาน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหาน อีกทั้งจากการศึกษาความชุ่มมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบมากในสถานที่ที่ 2 เช่นกัน เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับน้ำที่มีค่าความชุ่มสูงอย่างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับสถานที่อื่นๆ ดังนั้นสถานที่ที่ 2 จึงเกิดการกระจายของค่าความชุ่มที่เห็นได้ชัดเจนด้วย

2.3 ความนำไฟฟ้า

ค่าการกระจายความนำไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ โดยเฉพาะในสถานที่ที่ 1 จุดสูบน้ำประปา และ สถานที่ที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ ดังภาพประกอบ 15 - 18 เนื่องจาก ทั้งสองสถานียู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร จึงมีโอกาสได้รับน้ำเสียจากชุมชนสูง ซึ่งก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของไอออน ของสารประกอบที่ก่อให้เกิดความนำไฟฟ้าได้ดี ดังนั้นค่าความนำไฟฟ้าในหนองหานจึงมีลักษณะการกระจายอยู่ทางฝั่งทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในบริเวณริมฝั่งหนองหานที่เป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ซึ่งมีระดับความลึกน้อย ทั้งนี้ในระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าความนำไฟฟ้าต่ำลง จากการศึกษาในแหล่งน้ำหินปูนของกรมประมง พบว่า ค่าความนำไฟฟ้าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในปี พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2537 ที่ระดับความลึก 10 เมตร ค่าความนำไฟฟ้าจะน้อยกว่า ที่ระดับความลึก 0.5 , 3 และ 7 เมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สรุปได้ว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา มีความแตกต่างกันทั้งระดับความลึก สถานที่ตรวจวัด และฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด .2537: 2-23) ซึ่งในหนองหานจะมีการกระจายของค่าความนำไฟฟ้ามากในบริเวณแหล่งชุมชน รวมถึงบริเวณที่มีค่าความลึกน้อย

2.4 ออกซิเจนละลาย

ค่าการกระจายของออกซิเจนละลาย มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานที่ ซึ่งค่าออกซิเจนละลายโดยส่วนใหญ่จะมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ของกรมควบคุมมลพิษ คือ มีค่าออกซิเจนละลายไม่น้อยกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในสถานที่ที่ 5 แม้ในบางปีจะมีค่าลดลง ดังภาพประกอบ 21 - 24 จากการศึกษาคุณภาพน้ำในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ.2543 เนื่องจากคุณภาพน้ำในหนองหานยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ปริมาณค่าออกซิเจนในหนองหานมีมาก อีกทั้งปริมาณประชากรพืชน้ำที่อยู่ในหนองหานมีเป็นจำนวนมากจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้เพิ่มออกซิเจนในน้ำมากขึ้นด้วยโดยเฉพาะเวลากลางวัน

ดังนั้นลักษณะการกระจายของออกซิเจนในหนองหานจึงแพร่กระจายในทุกทิศทาง แม้จะพบว่าบริเวณสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง และสถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ จะมีค่าออกซิเจนละลายน้อยกว่าสถานีอื่นๆและบางช่วงฤดูกาลจะมีค่าลดลง แต่ค่าออกซิเจนละลายในหนองหานยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าคุณภาพน้ำในหนองหานยังคงปลอดภัยต่อการอุปโภคบริโภค

2.5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

ค่าการกระจาย มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่งมีลักษณะการกระจายส่วนใหญ่ทางทิศตะวันตกรวมไปถึงทางทิศใต้ ดังภาพประกอบ 27 - 30 โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 7 โดยทางทิศเหนือมีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะการกระจาย ที่แบ่งได้สองจุดคือ บริเวณจุดรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน ซึ่งอยู่บริเวณริมฝั่งหนองหานทางด้านทิศตะวันตก และบริเวณปากน้ำ ซึ่งบริเวณเหล่านี้มีโอกาสได้รับน้ำที่มีการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลสูง สอดคล้องกับ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ได้กล่าวว่า รัศมีการปนเปื้อนไกลที่สุดที่เกิดจากบีโอดี หมายถึง ระยะที่สามารถย่อยสลายปริมาณบีโอดีที่ระบายลงหนองหานในแต่ละวันจนหมด สามารถคำนวณรัศมีการแพร่กระจายได้ 1,077 เมตร จากจุดระบาย คือ บริเวณคูหมากเสือ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2538: 3-37) และ พจนา ผลประพฤติ สรุป ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในลุ่มน้ำคลองท่าลาด ได้ว่า มีค่าสูงเมื่อน้ำไหลผ่านเขตชุมชน และแหล่งปศุสัตว์ โดยมีค่าสูงสุดในคลองชลประทานท่าลาด ซึ่งเป็นช่วงปลายของลำน้ำ เนื่องจากบริเวณนี้มีหมู่บ้าน ชุมชน ขนาดใหญ่ และอาคารปศุสัตว์กระจายอยู่ทั่วไปทำให้แหล่งน้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งชุมชน สิ่งปฏิกูลต่างๆ และมูลสัตว์ (พจนา ผลประพฤติ .2536:83)

จากที่กล่าวมาจึงมีความสอดคล้องกับค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำในหนองหาน ซึ่งบริเวณสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา อยู่ในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษ ดังนั้น การกระจายตัวของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหาน บริเวณสถานีที่ 1 จึงมีค่าสูง อีกทั้งบริเวณริมฝั่งหนองหานมีความลึกเฉลี่ยเพียง 1 เมตร การแพร่กระจายของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ในทุกทิศทุกทางจากผิวน้ำจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่าย

2.6 แบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

ค่าการกระจายแบบที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ซึ่งมีลักษณะการกระจายเป็นจุด ดังภาพประกอบ 33 - 36 โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง และ สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ เนื่องจากช่วง พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 คุณภาพน้ำในหนองหานยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังจะเห็นได้จากแผนที่แสดงการ

กระจายของค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหาน พ.ศ. 2540 พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2543 ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มที่ตรวจวัดได้มีปริมาณน้อยในทุกสถานี ทำให้ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีลักษณะการกระจายตัวที่เห็นได้ชัดเจนโดยเฉพาะในบริเวณจุดกำเนิด โดยแบ่งได้เป็นสองจุดใหญ่ คือ จุดรับน้ำเสียจากชุมชน ในสถานีที่ 1 และ จุดปากน้ำ คือ สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ซึ่ง พรทิพย์ จิตติโสภณวนิช กล่าวว่า การแพร่กระจายของสารละลายหรือสารแขวนลอยในน้ำที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนที่ของการไหล และ กระบวนการแพร่กระจายตามธรรมชาติ สารในที่นี้อาจหมายถึงมลพิษชนิดต่างๆ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังรวมถึง ความหนาแน่นของสารประกอบ (พรทิพย์ จิตติโสภณวนิช .2540: 22) และจากการที่ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้กล่าวว่า แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในน้ำที่มาจากโคลน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และการปนเปื้อนจากมูลของสัตว์เลื้อยคู้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 .2543: 4-12)

ดังนั้น จึงพบค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มได้มากในบริเวณริมฝั่งหนองหานที่อยู่ในเขตชุมชน และบริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงปากแม่น้ำ เนื่องจากน้ำในบริเวณเหล่านี้มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลที่เป็นสาเหตุให้เกิดแบคทีเรียได้ง่าย

2.7 ในเตรท-ไนโตรเจน

ค่าการกระจายไนเตรท - ไนโตรเจน มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละปี และสถานียังภาพประกอบ 39 - 42 โดยเฉพาะในสถานีที่ 2 ปากน้ำพุง ที่พบการกระจายของปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเด่นชัดกว่าสถานีอื่นๆ ทั้งนี้บริเวณปากน้ำพุงเป็นจุดรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง ซึ่งมีการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกล่าวว่า รัศมีการปนเปื้อนไกลที่สุดที่เกิดจากสารไนโตรเจน คือ ระยะที่เกิดการเจือจางจนมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไม่เกินข้อกำหนด สามารถมีรัศมีการแพร่กระจายได้ 661 เมตร โดยปริมาณของไนโตรเจนจะถูกใช้ไปโดยพืชน้ำ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2538: 3-37) และ อัจฉรา ศิริอังกาฐ ได้ศึกษาปริมาณไนเตรทในบึงมักกะสันพบว่า ลักษณะการกระจายของไนเตรทจะกระจายอยู่โดยทั่วไปทุกพื้นที่แหล่งน้ำบึงมักกะสัน ซึ่งจะพบมากในบริเวณที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำโดยแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำนี้เป็นที่รองรับน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน ที่มีสารประกอบ (อัจฉรา ศิริอังกาฐ.2535:30) นอกจากนี้ ธิดาพร หรรธน์ พบว่า การแพร่กระจายของไนโตรเจน มีค่าไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกและระยะทางที่เข้าไปในแหล่งน้ำ รวมถึงมีค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยที่ระดับค่าลึก 0.5 เมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.06 — 0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความลึก 5 เมตร มีค่าเฉลี่ย 0.64 - 0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธิดาพร หรรธน์.2540:39) ประกอบกับที่ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่3 สรุปว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำผิวดินมักพบในพื้นที่ที่ทำเกษตรกรรม

ดินมีการระบายอากาศได้ดี ซึ่งในเขตทออาจหลุดมาจากดินที่ถูกชะพังโดยมักเกิดกับดินที่ไม่มีพืชปกคลุม และพื้นที่ลาดชัน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 . 2543: 4-8)

จากการศึกษาในหนองหานแสดงให้เห็นว่า การแพร่กระจายของค่าไนเตรท-ไนโตรเจน น่าจะมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางการเกษตรกรรม รวมถึงปริมาณของพื้นที่ป่าไม้ที่มีลดลง อีกทั้งในเขตเทือกเขาภูพานเป็นเทือกเขาหินทรายที่เกิดการพังทลายของผิวน้ำดินได้ง่าย ก่อให้เกิดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเพิ่มตามไปด้วย

2.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ค่าการกระจายปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละปีและสถานี ดังภาพประกอบ 45 - 47 โดยเฉพาะในสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 4 ที่มีค่าการกระจายสูง ทั้งนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหาน มีลักษณะรูปแบบการกระจายที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปี ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดในแต่ละสถานีที่ตรวจวัดได้ ชิดาพร หรรพรัตน์ พบว่า ในแม่น้ำบางปะกงมีค่าเฉลี่ยการกระจายของสารแขวนลอย เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และ ความลึก ซึ่งที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 0.5 เมตร ในช่วงระหว่าง 34.6 – 487.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 5 เมตร อยู่ในช่วงระหว่าง 32.2 – 612.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้งนี้การแพร่กระจายจะมีลักษณะการแพร่กระจายในแนวดิ่ง เนื่องจากมีการตกตะกอน และการรวมตัวของสารแขวนลอย (ชิดาพร หรรพรัตน์ .2540: 33)

เนื่องจาก หนองหานได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาภูพานที่อยู่ทางทิศตะวันตกของหนองหานทำให้มีตะกอนจากดินทรายมาก รวมถึง น้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร และพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นโอกาสที่แต่ละสถานีจะได้รับปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆจึงมีค่าแตกต่างกันไป ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่พบในหนองหาน จะมีค่าสูงในบริเวณจุดรับน้ำจากแหล่งชุมชน ปากน้ำพุ และ พื้นที่เกษตรกรรม

สรุปการกระจายของมลพิษทางน้ำในหนองหานเป็นรายสถานีตรวจวัด

สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา เป็นแหล่งการกระจายของความเป็นครดเป็นเบส ความนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด

สถานีที่ 2 ปากน้ำพุ เป็นแหล่งการกระจายของความขุ่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ แบคทีเรียลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ไนเตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด

สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ เป็นแหล่งการกระจายของความขุ่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ และ แบคทีเรียลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

สถานที่ 4 ดอนพลาญ เป็นแหล่งการกระจายของความชุ่มชื้น และ ปริมาณ
ของแข็งทั้งหมด

สถานที่ 5 ดอนแซง เป็นแหล่งการกระจายของออกซิเจนละลาย

สถานที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ เป็นแหล่งการกระจายของความเป็นกรดเป็นเบส

สถานที่ 7 จุดบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ เป็นแหล่งการกระจายของความเป็นกรด
เป็นเบส ความนำไฟฟ้า และ ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

3 การวิเคราะห์ความแตกต่างในความผันแปรของมลพิษทางน้ำ แต่ละชนิด เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 มีรายละเอียด ดังนี้

มลพิษทางน้ำ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 1) ความเป็นกรดเบส 2) ความชุ่มชื้น 3) ความนำไฟฟ้า 4) ออกซิเจนละลาย 5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ 6) แคลที่เรียกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม 7) ไนเตรท-ไนโตรเจน และ 8) ปริมาณของแข็งทั้งหมด ได้ผลการวิเคราะห์ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า ความผันแปรของมลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครแตกต่างกัน ดังนี้

3.1 ความเป็นกรดเป็นเบส

ค่าความผันแปรของความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล มีค่าแตกต่างกัน ดังตาราง 1 โดยสถานที่ 1 และ สถานที่ 7 มีค่าความผันแปรสูง และ สถานที่ 4 มีค่าความผันแปรต่ำ ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรของความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน ช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ซึ่งค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำในหนองหานอยู่ระหว่าง 7.0 – 9.0 ทั้งนี้เนื่องมาจากหนองหานได้รับน้ำจากลำน้ำสายต่างๆ ในลักษณะทุกทิศทุกทาง ผ่านพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินแตกต่างกันไป อีกทั้งในช่วงฤดูกาลที่เกิดขึ้นย่อมก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำฝน และอาจรวมถึงการระเหยของน้ำตามธรรมชาติ การที่ในช่วงฤดูน้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่า ในฤดูน้ำที่มีปริมาณน้ำฝนมากนั้นก่อให้เกิดการชะล้างสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ลงสู่แหล่งน้ำได้ง่ายก่อให้เกิดการย่อยสลายของแบคทีเรียได้ดี ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานจึงมีค่าลดลงทำให้มีค่าความผันแปรสูงกว่าในฤดูแล้ง พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ ได้กล่าวว่า ความเป็นกรดเป็นเบสมีการผันแปรแตกต่างกันน้อยมาก การผันแปรค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำตามชั้นคุณภาพน้ำทั้ง 5 ชั้นพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบสมีแนวโน้มสูงสุดในเดือนมีนาคม และเดือนกันยายน มีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคม (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ . 2535:113) และดวงจิตต์ มณีศรีขำ

ได้สรุปคุณภาพของค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำทำบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบนว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำมีการผันแปรตามฤดูกาล คือ สูงสุดในฤดูหนาว ต่ำลงในฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูร้อน (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ .2532:129)

จากที่กล่าวมาแสดงว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบส ในหนองหานมีลักษณะการผันแปรไปตามอิทธิพลต่างๆ เช่น ฤดูกาล ลักษณะทางธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน ฯลฯ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานมีความผันแปรต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ชุมชน ซึ่งจะมีค่าความผันแปรสูง รวมถึงฤดูกาลโดยช่วงฤดูแล้งจะมีค่าความผันแปรสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ

3.2 ความขุ่น

ค่าความผันแปรของความขุ่นในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่ค่าความผันแปรของช่วงฤดูน้ำ จะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง โดยที่เดือนพฤศจิกายน จะมีค่าความผันแปรสูงที่สุด ยกเว้นบางปีและบางสถานี ดังตาราง 3 สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 มีค่าความผันแปรสูง ส่วนสถานีที่ 5 มีค่าความผันแปรต่ำ ซึ่งพบว่าความขุ่นในหนองหานมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1 – 15 หน่วย พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ สรุปว่า ความขุ่นของน้ำมีการผันแปรแตกต่างกันไปตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในภาคใต้ตอนล่าง เนื่องจากการใช้ที่ดิน ปริมาณและความหนักเบาของฝน การผันแปรค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในรอบปีพบว่า มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำสูงสุด ในเดือนพฤศจิกายน และเดือนมกราคม (ฤดูหนาว) และมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำ ต่ำสุดในเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน (ฤดูฝน) (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ .2535:113) และ ดวงจิตต์ มณีศรีขำ ได้สรุปคุณภาพบางประการของน้ำทำบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบน พบว่าความขุ่นของน้ำมีการผันแปรแตกต่างกันตามการแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ การใช้ที่ดิน ปริมาณและความหนักเบาของฝน โดยที่ความขุ่นของน้ำสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ห้า และต่ำสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่หนึ่ง ความขุ่นของน้ำเฉลี่ยตลอดปีพบว่าเกือบทุกลุ่มน้ำ จะสูงกว่ามาตรฐานน้ำดื่มของสำนักงานสิ่งแวดล้อมของชาติเกือบตลอดปี ความขุ่นของน้ำจะผันแปรตามฤดูกาลคือ สูงสุดในฤดูหนาว ต่ำลงในฤดูร้อน และ ต่ำสุดในฤดูฝน (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ.2535:128) จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าความขุ่นในหนองหาน มีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดิน และปริมาณน้ำฝน เนื่องจากการพังทลายของผิวหน้าดินเป็นสำคัญ โดยเฉพาะบริเวณเทือกเขาภูพาน และบริเวณปากน้ำ รวมถึงฤดูกาลซึ่งฤดูน้ำมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง

3.3 ความนำไฟฟ้า

ค่าความผันแปรของความนำไฟฟ้าในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรช่วงฤดูน้ำจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะเดือน

กันยายน ยกเว้นบางปีและบางสถานี โดยมีค่าความนำไฟฟ้าในหนองหานเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 40 — 200 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ดังตาราง 5 ซึ่งสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 2 มีค่าความผันแปรสูง ส่วนสถานีที่ 3 สถานีที่ 4 และ สถานีที่ 6 มีค่าความผันแปรต่ำ เนื่องจากกิจกรรมการใช้ที่ดินของมนุษย์ ดังที่ ศรีชัย พรประชาธรรม ได้กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำมูล มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากกิจกรรมทางด้านเกษตรกรรม ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา ตลอดจนการใช้พื้นที่เป็นแหล่งชุมชน โอกาสที่จะปล่อยสาร อนินทรีย์ จากกิจกรรมของมนุษย์จึงมีมาก อีกทั้งในพื้นที่ที่เป็นดินเค็ม เมื่อฝนตกจึงเกิดการชะล้างเกลือลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สารอนินทรีย์ในน้ำมีความเข้มข้นขึ้น เป็นสาเหตุให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น (ศรีชัย พรประชาธรรม .2531:118) และ พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ สรุปว่า ความนำไฟฟ้ามีการผันแปรแตกต่างกันไปตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำอยู่ระหว่าง 65.5 — 162.0 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร การผันแปรค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าของน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำพบว่า มีแนวโน้มสูงสุด เดือนมีนาคม(ฤดูร้อน) และมีแนวโน้มต่ำสุดเดือนกันยายน (ฤดูฝน) (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ . 2535:113) นอกจากนี้ ดวงจิตต์ มณีศรีขำ สรุปความนำไฟฟ้าของน้ำทำบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบน ได้ว่ามีความผันแปรไปตามการแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ อย่างชัดเจน รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะทางจากทะเล นอกจากนี้ความนำไฟฟ้ายังผันแปรตามฤดูกาล คือ สูงสุดในฤดูฝน ต่ำลงในฤดูร้อน และ ต่ำสุดในฤดูหนาว (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ .2532:130) ดังนั้นค่าความนำไฟฟ้าในหนองหานแต่ละสถานีจึงมีค่าแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับ ฤดูกาล กิจกรรมการใช้ที่ดินของมนุษย์ในบริเวณนั้นๆ ทั้งที่เป็นแหล่งชุมชน และ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นสำคัญ

3.4 ออกซิเจนละลาย

ค่าความผันแปรของออกซิเจนละลาย ในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ดังตาราง 7 ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ซึ่งสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูง ส่วนสถานีที่ 5 มีค่าความผันแปรต่ำ โดยที่ออกซิเจนละลายในหนองหาน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.7 — 6.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ดวงจิตต์ มณีศรีขำ ได้สรุปคุณภาพบางประการของน้ำทำบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบนว่า ออกซิเจนละลายมีค่าความผันแปรแตกต่างกันตามการแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการผันแปรตามฤดูกาลจะไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว ต่ำลงในฤดูร้อนและฝน ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนเท่ากัน (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ .2532:130) นอกจากนี้ พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ สรุปว่า ออกซิเจนละลายมีการผันแปรแตกต่างกัน ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการใช้ที่ดิน อย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายระหว่าง 3.8 — 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การผันแปรค่าออกซิเจนละลายสูงสุด

เดือนพฤศจิกายน (ฤดูหนาว)ต่ำสุดเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ .2535:113)

ดังนั้นค่าออกซิเจนละลายในหนองหานจึงขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะเขตพื้นที่ชุมชนเมือง บริเวณสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 เนื่องจากมีโอกาสดำเนินการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชนโดยตรง ทำให้ค่าออกซิเจนละลายมีค่าความผันแปรมากกว่าสถานีอื่น โดยเฉพาะในฤดูแล้ง อีกทั้งบริเวณสถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสื่อมีค่าความผันแปรมากที่สุด พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายสูงสุดและต่ำสุด คือ มีพิสัยระหว่าง 5.40 - 9.10 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำเสียบางส่วน มีโอกาสดำเนินการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่หนองหาน

3.5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

ค่าความผันแปรของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ดังตาราง 9 ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ซึ่ง สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 มีค่าความผันแปรสูง ส่วน สถานีที่ 4 มีค่าความผันแปรต่ำ โดยที่ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.7 – 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เกิดจากการใช้ที่ดิน และ ลักษณะภูมิประเทศในแต่ละจุดตรวจ บุนนาค แพงชาติ ได้กล่าวว่า ผลการตรวจวิเคราะห์ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานตั้งแต่ พ.ศ. 2541 – 2543 พบว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ลดลงตามระยะเวลา โดยในช่วงแรกค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน หลังจากนั้นจะลดต่ำลงและสูงขึ้นสลับกันไป แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดระหว่าง 0.9-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร (บุนนาค แพงชาติ. 2543 : 32)

จากการศึกษา ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำในหนองหาน สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา จะมีค่าความผันแปรมากกว่าสถานีอื่น เนื่องจากในบริเวณโดยรอบของสถานีที่ 1 มีแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ ดังนั้นน้ำเสียจากเทศบาลเมืองสกลนคร จึงอาจก่อให้เกิดปัญหขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ส่วนสถานีที่ 2 ปากน้ำพุ เป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานโดยตรง สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มากับน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำยมก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ง่าย ส่วนสถานีที่ 3 มีค่าความผันแปรสูง เนื่องจาก เป็นแหล่งระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน มีลักษณะภูมิประเทศที่ต่ำกว่าสถานีอื่น จึงเกิดการสะสมของสิ่งปฏิกูลได้ จึงเป็นสาเหตุให้มีค่าความผันแปรของความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพสูง

3.6 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

ค่าความผันแปรของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในหนองหานแต่ละสถานีและฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ดังตาราง 11 พบว่ามีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ย

ระหว่าง 16.0 - 791.7 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูง ส่วน สถานีที่ 2 และ สถานีที่ 4 มีค่าความผันแปรต่ำ อวยพร แสงเทียน ได้กล่าวว่า แבקที่เรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์ม ในลุ่มน้ำหินทรายจะมีค่าความผันแปรสูง โดยมีการผันแปรไปตามประโยชน์การใช้น้ำ ปริมาณธาตุอาหาร และอุณหภูมิของน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ หรือมนุษย์ เมื่อมีจำนวนมาก ทำให้ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์ม จะมีปริมาณมากขึ้นด้วย (อวยพร แสงเทียน, 2536 : 46-78) จากการที่พบค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์มมีความผันแปรสูง แสดงให้เห็นว่า ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์ม มีความแตกต่างกันมากในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัดตัวอย่างน้ำในหนองหาน ซึ่งระหว่างช่วง พ.ศ. 2536 — พ.ศ. 2539 แบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์มมีค่าสูงกว่า ช่วง พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2543 ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการรักษาคุณภาพของน้ำในหนองหานเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่ง ซึ่งบุญนาถ แพงชาติ ได้กล่าวว่า การจัดการคุณภาพน้ำในหนองหาน โดยอาศัยประชาชนมีส่วนร่วม นั้น เมื่อประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานทำให้ชุมชนมองว่าปัญหาของหนองหานเป็นปัญหาของตัวเอง ทำให้การแก้ไขปัญหาได้รับความร่วมมือดีขึ้น(บุญนาถ แพงชาติ, 2543:70)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับคุณภาพน้ำในหนองหาน เนื่องจากสถานีที่ 1 และ สถานีที่ 7 อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร มีโอกาสที่น้ำเสียไหลลงสู่หนองหานได้ง่าย ยกเว้น สถานีที่ 2 ที่มีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์ม มากกว่าสถานีอื่นๆ อย่างสม่ำเสมอ เนื่องมาจากการได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางกายภาพที่เป็นจุดรองรับน้ำจากเทือกเขาภูพานที่เป็นเทือกเขาหินทราย ทำให้เกิดการชะล้างผิวหน้าดินได้ง่าย เมื่อมีธาตุอาหารมากเพียงพอ แบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์มจึงมีมากตามไปด้วย ดังนั้นแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลีฟอร์มในหนองหานจึงมีค่าความผันแปรต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และฤดูกาล โดยฤดูแล้งจะมีค่าความผันแปรสูงกว่าฤดูน้ำ

3.7 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ค่าความผันแปรของไนเตรท-ไนโตรเจนในหนองหานแต่ละสถานี และฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกันซึ่งส่วนใหญ่ค่าความผันแปรในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ดังตาราง 13 โดยสถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูง ส่วนสถานีที่ 5 มีค่าความผันแปรต่ำ พบว่าไนเตรท — ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.01 - 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ อยู่ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร ทำให้มีโอกาสที่น้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชน ค่าไนเตรท — ไนโตรเจน

จึงมีค่าความผันแปรสูง ดังที่ สุกานดา พัดพาดี กล่าวว่า นอกจากการเพิ่มขึ้นของไนเตรท — ไนโตรเจน ในแหล่งน้ำ จะมาจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ย แล้วน้ำเสียชุมชน เป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท—ไนโตรเจนในน้ำเพิ่มขึ้นได้ (สุกานดา พัดพาดี. 2534: 56) จากการศึกษาของกรมประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า จากการทดสอบความแปรปรวน ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสถานีตรวจวัด ระดับความลึก และฤดูกาล (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 2537:2-26) จากที่กล่าวมาสอดคล้องกับค่าไนเตรท — ไนโตรเจน ในหนองหานที่มีค่าความผันแปรไม่แตกต่างกันนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ฤดูกาล ลักษณะการใช้ที่ดิน ในแต่ละจุดตรวจวัด

3.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ค่าความผันแปรของปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหานแต่ละสถานีและฤดูกาล พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ส่วนใหญ่ค่าความผันแปรของปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหานของช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำ โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ ยกเว้นในบางปีและบางสถานี ดังตาราง 15 โดยสถานีที่ 3 และ สถานีที่ 7 มีค่าความผันแปรสูง ส่วน สถานีที่ 1 และ สถานีที่ 2 มีค่าความผันแปรต่ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหานมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.0 — 276.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ทั้งนี้ไม่สอดคล้องกับที่ พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ ได้สรุปว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด มีความผันแปรแตกต่างกันตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดระหว่าง 99.5 — 184.7 มิลลิกรัมต่อลิตร การผันแปรค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำพบว่ามีแนวโน้มสูงสุด คือเดือนพฤษภาคม (ฤดูฝน) ต่ำสุดเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) (พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ.2535:116) และ ศรีชัย พรประชาธรรม ได้ทำการศึกษาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในลุ่มน้ำมูล พบว่าปรากฏการณ์ผันแปรของค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดตามลำน้ำนี้จะลดลงในบริเวณต้นน้ำ ที่พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงสภาพใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด เนื่องจาก กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ การชะล้างพังทลายของดินมีน้อย โอกาสที่สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ จะลงสู่แหล่งน้ำจึงมีน้อยกว่า บริเวณกลางลำน้ำและตอนปลายของลำน้ำ (ศรีชัย พรประชาธรรม. 2531: 78) และ ดวงจิตต์ มณีศรีขำ ได้สรุปคุณภาพบางประการของน้ำทำบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบนว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าความผันแปรตามการแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างชัดเจน ส่วนการผันแปรตามฤดูกาลพบว่า สูงสุดในฤดูฝน ต่ำลงในฤดูหนาวและต่ำสุดในฤดูร้อน (ดวงจิตต์ มณีศรีขำ.2532:130) ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาในหนองหาน ที่พบว่า สถานีที่ 3 และ สถานีที่ 7 มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดแตกต่างกันมากในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัด โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากสถานี

ที่ 3 ปากน้ำก่ำ เป็นจุดระบายน้ำออกเพียงแห่งเดียวของหนองหาน และ สถานีที่ 7 โรงบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ เป็นจุดรับน้ำเสียจากชุมชน แต่ทั้งนี้ได้มีการบำบัดในระดับหนึ่งก่อนปล่อยลงสู่หนองหาน ดังนั้นค่าความผันแปรของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ตรวจวัดได้ในหนองหาน จึงขึ้นอยู่กับฤดูกาล กิจกรรมการใช้ที่ดิน ลักษณะภูมิประเทศ ในแต่ละสถานีจุดตรวจ

สรุปค่าความผันแปรของมลพิษทางน้ำในหนองหานเป็นรายสถานีตรวจวัด

สถานีที่ 1 จุดสูบน้ำประปา พบค่า ความเป็นกรดเป็นเบส ความนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย แคลที่เรียกกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม มีความผันแปรสูง ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าความผันแปรต่ำ

สถานีที่ 2 ปากน้ำพุง พบค่าความขุ่น ความนำไฟฟ้า มีค่าความผันแปรสูง ส่วนแคลที่เรียกกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าความผันแปรต่ำ

สถานีที่ 3 ปากน้ำก่ำ พบค่า ความขุ่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีความผันแปรสูง ส่วน ความนำไฟฟ้า มีค่าความผันแปรต่ำ

สถานีที่ 4 ดอนพลาย พบค่าความเป็นกรดเป็นเบส ความนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ และ แคลที่เรียกกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม มีความผันแปรต่ำทั้งหมด

สถานีที่ 5 ดอนแซง พบค่าความขุ่น ออกซิเจนละลาย และ ไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าความผันแปรต่ำทั้งหมด

สถานีที่ 6 ดอนสวรรค์ใหญ่ พบว่า ความนำไฟฟ้า มีค่าความผันแปรต่ำ

สถานีที่ 7 จุดบำบัดน้ำเสียคูหมากเสือ พบค่า ความเป็นกรดเป็นเบส ออกซิเจนละลาย แคลที่เรียกกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม ไนเตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดมีค่าความผันแปรสูง

4 สมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำแต่ละชนิด เป็นรายสถานีตรวจวัดในหนองหาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2543 มีรายละเอียดดังนี้

จากการศึกษามลพิษทางน้ำในหนองหานทั้งหมดจำนวน 8 ชนิด มีมลพิษทางน้ำจำนวน 4 ชนิด ที่สามารถหาสมการพยากรณ์ได้ คือ 1) ความเป็นกรดเป็นเบส 2) ความขุ่น 3) ออกซิเจนละลาย 4) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ และ 5) ปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่ง สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ และ มีมลพิษทางน้ำจำนวน 3 ชนิด ที่ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 คือ 1) ความนำไฟฟ้า 2) แคลที่เรียกกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม 3) ไนเตรท-ไนโตรเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ตัวแปรเหล่านั้นน่าจะมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีได้ใช้ทำการศึกษาในการศึกษาครั้งนี้

4.1 ความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน พบว่า ค่าออกซิเจนละลายเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ 57 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้สมการดังนี้ $\text{pH} = 5.595 + 0.256 (\text{DO})$ ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหานจังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ดังที่ นิธิ พลไชย ได้สรุปว่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณพืชน้ำ รวมถึงซากพืชที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายในน้ำบริเวณนั้นๆ (นิธิ พลไชย. 2532:58) ซึ่งจากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหาน ที่มีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลาย จึงกล่าวได้ว่า เมื่อน้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นเบสต่ำ แสดงว่าน้ำมีความเป็นกรด ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ เนื่องจากออกซิเจนในน้ำถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายมีค่าต่ำลงด้วย ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของกรมประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นเบสในแหล่งน้ำหินปูนจะมีความสัมพันธ์กับระดับความลึก กล่าวคือ ระดับความลึกยิ่งมาก น้ำยิ่งมีค่าความเป็นกรดมากตามลำดับ (สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.2537:2-23) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำอาจมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันอยู่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในหนองหานมีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลายมากที่สุด

4.2 ความขุ่น

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 ค่าความขุ่นในหนองหาน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ 57 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้สมการดังนี้ $\text{TUR} = -0.184 + 0.144 (\text{TS})$ ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับ อานอบ คันทะชา ที่กล่าวว่า คาวขุ่นเกิดจาก น้ำที่มีของแข็งลอยอยู่ ซึ่งเกิดจากโคลน แบคทีเรีย และของแข็งที่อยู่ในรูปสารแขวนลอย สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ (อานอบ คันทะชา .2540: 15) ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าความขุ่นในน้ำจะเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งคุณภาพน้ำในหนองหานจากการ ศึกษาครั้งนี้ความขุ่นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดดีที่สุด

4.3 ความนำไฟฟ้า

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 พบว่า ค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์ตัวแปรที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อความนำไฟฟ้ามากกว่า ซึ่งจากการศึกษาของกรมประมง ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ค่าความนำไฟฟ้า ที่ระดับความลึกต่างกัน ค่าความนำไฟฟ้า จะต่างกัน คือ ที่ระดับความลึก 10 เมตร ค่าความนำไฟฟ้าจะน้อยกว่าที่ระดับความลึก 0.5 , 3 และ 7 เมตร แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ความลึกกับสถานีตรวจวัด และความลึกกับฤดูกาล โดยที่มีความแตกต่างกันทั้ง ระดับความลึก สถานีตรวจวัด และฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด .2537:2-23) จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าค่าความนำไฟฟ้าจะเกิดจากปัจจัยอื่นภายนอกที่ไม่ได้นำมาเป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ เช่น ระดับความลึก อุณหภูมิ ปริมาณน้ำ และ ความหนาแน่นการระบายน้ำ เป็นต้น ทำให้ไม่พบตัวแปรที่ดีที่สุดในการศึกษา ค่าความสัมพันธ์ของค่าความนำไฟฟ้าในหนองหาน

4.4 ออกซิเจนละลาย

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 ค่าออกซิเจนละลายในหนองหานพบว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ เป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ 57 เปอร์เซ็นต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้สมการดังนี้ $DO = 5.853 + -1.076 (BOD)$ ดังนั้น จึงสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ซึ่งจากการศึกษาของกรมประมง ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ออกซิเจนละลายมีความสัมพันธ์กับระดับความลึก คือ ระดับความลึกที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าออกซิเจนละลายมีค่าลดลง โดยที่ระดับความลึกต่ำกว่า 7 เมตร ลงไปค่าออกซิเจนละลายจะลดลง (สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด .2537:2-22) ประกอบกับที่ อวยพร แสงเทียน สรุปได้ว่า ความยาวของการระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำยิ่งมาก โอกาสที่น้ำจะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและละลายในน้ำยิ่งมากขึ้น ส่วนอิทธิพลอื่น เช่น ความลาดชัน การใช้ประโยชน์ที่ดิน มิได้นำมาใส่ในสมการนี้ (อวยพร แสงเทียน.2536:69) จะเห็นได้ว่าออกซิเจนละลายที่เกิดขึ้นในน้ำมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันอยู่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ที่ดีที่สุด คือค่าออกซิเจนละลายในหนองหาน ทั้งนี้เนื่องมาจาก ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

นั้น คือการที่แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำเอาออกซิเจนมาใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงเป็นเหตุให้ค่าออกซิเจนในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นค่าออกซิเจนละลายจึงมีความสัมพันธ์กับความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมากที่สุด

4.5 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise จากตาราง 17 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพในหนองหานพบว่า ค่าออกซิเจนละลายเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ 57 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้สมการดังนี้ $BOD = -1.037 + 0.303 (DO)$ ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ดังที่ กระทรวงมหาดไทย กล่าวว่า จุลินทรีย์ตามธรรมชาติจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้ ออกซิเจนเป็นพลังงาน เมื่อออกซิเจนหมดไปจึงทำให้แหล่งน้ำเน่าเหม็น (กระทรวงมหาดไทย . 1994:66) ประกอบกับที่ มิ่งขวัญ ขาวสะอาด กล่าวว่า บีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ ถ้าน้ำมีบีโอดีมาก นั่นคือมีความต้องการออกซิเจน มาก (มิ่งขวัญ ขาวสะอาด .2538:129)

จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพมีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนทางชีวภาพ รวมถึงการศึกษาคุณภาพน้ำในหนองหานที่พบว่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ มีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลายมากที่สุด

4.6 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise ดังตาราง 17 พบว่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ทำการศึกษาดังนั้นจึงไม่มีค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุดได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยภายนอกอื่นๆที่อิทธิพลต่อแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมากกว่า ซึ่งจากการศึกษาของพจนา ผลประพฤติ กล่าวว่า จุลินทรีย์ในน้ำมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ สารอาหารในแหล่งน้ำ ชนิดของแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน น้ำผิวดินจะมีแบคทีเรียมากกว่าน้ำใต้ดิน เพราะมีโอกาสปนเปื้อนสูง (พจนา ผลประพฤติ.2536) ประกอบกับ ระวีวรรณ งามศิริ ที่กล่าวว่า แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีความสัมพันธ์กับ ปริมาณน้ำฝน เนื่องจาก ฝนจะทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดการชะล้างแบบคทีเรียที่ปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายลงสู่แหล่งน้ำ (ระวีวรรณงามศิริ . 2538:76)

จะเห็นได้ว่า แบบที่เรียกลุ่มพีคอลลีฟอร์มในน้ำ ที่พบเกิดจากปัจจัยหลายประการ ซึ่งมีได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณฮิวมัสในดิน ปริมาณปุ๋ย และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ดังนั้นจึงไม่มีตัวแปรใดในสมการที่แสดงอิทธิพลต่อแบบที่เรียกลุ่มพีคอลลีฟอร์มในหนองหานอย่างชัดเจน

4.7 ในเตรท-ไนโตรเจน

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise ดังตาราง 17 พบว่า ค่าในเตรท - ไนโตรเจน ในหนองหาน ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ทำการศึกษา ดังนั้นจึงไม่มีค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุดได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยภายนอกอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อในเตรท-ไนโตรเจนมากกว่า จากการศึกษาของ อวยพร แสงเทียน กล่าวว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง รวมถึงการที่มีความหนาแน่นของลำธารเพิ่มขึ้น ปริมาณในเตรท-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลประกอบด้วย เช่น ปริมาณพืชน้ำ และสาหร่ายในน้ำ ปริมาณปุ๋ยบนพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ปริมาณน้ำไหลป่าหน้าดิน ปริมาณดินตะกอน และปริมาณน้ำฝน (อวยพร แสงเทียน.2536: 71) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ในเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่พบเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่มีได้ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงไม่มีตัวแปรใดในสมการที่แสดงอิทธิพลต่อในเตรท-ไนโตรเจนในหนองหานที่ชัดเจน ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลมากกว่า เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน และปริมาณพืชน้ำ เป็นต้น

4.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

จากการศึกษาโดยใช้ตัวแปรทั้ง 8 ชนิดในการวิเคราะห์ทางสถิติ สมการถดถอยเชิงเส้น Linear Regression ที่ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Stepwise ดังตาราง 17 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในหนองหานพบว่า ค่าความชุนเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ 57 เปอร์เซนต์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้สมการดังนี้ $TS = 26.833 + 3.340 (TUR)$ ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า สร้างสมการพยากรณ์มลพิษทางน้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนครรายชนิดได้ ซึ่งสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 ได้สรุปจาก ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ (2528) ว่าสารแขวนลอยมีผลทำให้เกิดความชุน และทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง น้ำทิ้งจากชุมชนมีผลแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3. 2543: 4-6)

นอกจากนี้ อวยพร แสงเทียน ได้กล่าวว่า ความหนาแน่นการระบายน้ำ ความหนาแน่นของลำธารที่เพิ่มขึ้น ค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำจะเพิ่มขึ้น เพราะปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ จะเกิดจากปริมาณสารแขวนลอย เมื่อพื้นที่มีการชะล้างพังทลายสู่แหล่งน้ำ จะมีตะกอนในน้ำ (อวยพร แสงเทียน.2536:70) จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณสารแขวนลอย การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของน้ำในพื้นที่ แต่ทั้งนี้จากการศึกษาในหนองหานพบว่า ค่าความขุ่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดดีที่สุด

ข้อบกพร่องในการศึกษา

- 1 ข้อมูลที่ได้ไม่ได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์เข้าเป็นข้อมูลชุดเดียว ทำให้ไม่ทราบรายละเอียด หรือเงื่อนไขขณะเก็บข้อมูล
- 2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์มีระยะเวลาการเก็บรวบรวมน้อย (8ปี)
- 3 การวิเคราะห์อาจคลาดเคลื่อน เนื่องจากแหล่งกำเนิดของมลพิษเป็นรูปแบบการกระจาย ไม่มีแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (Nonpoint source) เช่น การเกษตรกรรม การเลี้ยงสัตว์ และแหล่งชุมชน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

- 1 ควรมีการศึกษาโดยละเอียดในแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำ
- 2 ควรมีการแบ่งช่วงฤดูกาลให้ละเอียดมากขึ้น
- 3 ควรมีการศึกษาในลักษณะเดียวกันในแหล่งน้ำอื่น
- 4 ควรมีการบันทึกข้อมูลและเงื่อนไข รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำ ขณะเก็บตัวอย่างในแต่ละจุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัณฑ์ชัย ศรีพงศ์พันธุ์. (2540). มลพิษทางน้ำ. นครปฐม: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2522). เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. หน้า 336. กรุงเทพฯ: บริษัทสารมวลชนจำกัด.
- กรมการผังเมือง. (2539). ผังเมืองรวมเมืองสกลนคร. (ปรับปรุงครั้งที่1). กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2540, สิงหาคม). การจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. เล่มที่ 3/14 .
- (2540, สิงหาคม). การจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือรายงานหลัก. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. เล่มที่ 3/14.
- (2544, กรกฎาคม - กันยายน). ข่าวสารลุ่มน้ำทำจีน. 1 (1).
- (ม.ป.ป). รายงานคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาปี 2537 - 2542. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม .
- (2542). รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำปี พ.ศ. 2541-2542. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- (2542). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2538 ,กันยายน). รายงานโครงการศึกษาสำรวจสภาพการแพร่กระจายของสารตะกั่วรอบอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี. ฝ่ายสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณีบนบก กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี .
- กรมอนามัย. (2536). คู่มือปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรีย. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.
- (2537). คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.กระทรวงสาธารณสุข
- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. (2536). แผนการใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2541). คู่มือการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เรื่องแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.

- กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2545). สารสนเทศภูมิศาสตร์
ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดสกลนคร. กรุงเทพฯ: กระทรวง
วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- _____. (2541). สารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัด
สกลนคร. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กองสุขภาพ. กรมอนามัย. (ม.ป.ป.). สรุปผลงานวิจัยด้านสุขภาพสิ่งแวดล้อม.
- กระทรวงมหาดไทย. (1994). โลกของน้ำ. กรุงเทพฯ: มังกรการพิมพ์ .
- เกษม จันทรแก้ว. (2530). วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: อักษรสยาม
การพิมพ์.
- ขวัญชัย วิเศษสุวรรณ. (2541). วิเคราะห์อุปสงค์และอุปทานน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมบริเวณ
จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. ปรินูญานิพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อุดมศึกษา.
- ขวัญใจ อุณหวัฒน์ไพบลูย์. (2540). ศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อการแพร่กระจาย
ของมลพิษทางอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร. ปรินูญานิพนธ์. กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อุดมศึกษา.
- คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์. (2537). รายงานฉบับสุดท้าย การจัดทำแผนการ
จัดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. เล่มที่ 1. สำนัก
นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- คเนศ อภิกรมกุล. (2535). การพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง. ปรินูญานิพนธ์ .
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- จารุวรรณ สมศิริ, มุกดา อุตพงษ์, และ ทองสา ราชเดช. (ม.ป.ป.). การศึกษาคุณภาพน้ำและ
สารพิษตกค้างในหนองหานก่อนการพัฒนาปี 2535. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด
กรมประมง.
- ฉัตรไชย รัตนไชย. (2539). การจัดการคุณภาพน้ำ. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ .
- ณรงค์ ณ เชียงใหม่. (2525). มลพิษสิ่งแวดล้อม. หน้า 246. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ดวงจิตต์ มณีศรีชา. (2532). การตรวจวัดคุณภาพบางประการของน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำ
ภาคใต้ตอนบน. ปรินูญานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดมศึกษา.
- ดวงมัลย์ รอดทอง. (2542). ความชุกของเมตาเซอรดาเรียในปลาแม่น้ำเจ้าพระยา
หนองหาน จังหวัดสกลนคร. กรุงเทพฯ: ปรินูญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดมศึกษา.

- ถาวร คงแป้น . (2535). การวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยลุ่มน้ำคลองชะอุ่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ปรินญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกภูมิศาสตร์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา
- ธิดาพร หรรพพ์. (2540). ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำบางปะกง. ปรินญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา .
- ธีระศักดิ์ บุญชูดวง. (2526). ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ต่อคุณสมบัติบางประการของน้ำบริเวณ ดอยปุย เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- นิธิ พลไชย. (2532). สมบัติทางกายภาพของน้ำตามลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำยม - น่าน . วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- นวลทอง เมธาจารย์. (2540). ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้น้ำบ่อต้นและการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ศึกษาเฉพาะ ต. สบป่าด อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง . ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. (การจัดการมนุษย์และสิ่งแวดล้อม). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. อัดสำเนา.
- บัญชา คูเจริญไพบูรณ์. (2525). ภูมิศาสตร์ประเทศไทย เล่ม 2. พืชโลก: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พืชโลก.
- บุญนาค แพงชาติ. (2543, พฤศจิกายน). การจัดการคุณภาพน้ำบึงหนองหาน โดยอาศัยประชาชนมีส่วนร่วม. กลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดสกลนคร.
- ประเทือง เชาวน์กลาง. (ม.ป.ป). คุณภาพน้ำทางการประมง ปม.4210. กรุงเทพฯ: แผนกประมง. คณะวิชาสัตวศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ .
- ประสิทธิ์ โอสถานนท์. (2522). การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำเพื่อจำแนกลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี. ปรินญาณิพนธ์. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา.
- ประเสริฐ วิทยารัฐ. (ม.ป.ป.). ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.
- . (2530). สถิติทางภูมิศาสตร์. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2536). แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ. (2535). คุณภาพน้ำทางกายภาพบางประการตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ ในภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดສຳເນາ.
- พจนา ผลประพุดติ. (2536). การศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินกับคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำกลอง ท่าลาด จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดສຳເນາ.
- พรทิพย์ จูติโสภณวนิช. (2540). การศึกษาโปรแกรม MIKE 21 และการใช้งานในการพยากรณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. อุดສຳເນາ.
- พรยศ เทียนทอง. (2539). แบบจำลองคณิตศาสตร์คุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสักตอนล่าง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดສຳເນາ.
- พรรณิ รุ่งแสงจันทร์. (2532). การทำนาเกลือกับการแพร่กระจายดินเค็ม ในเอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .
- พุทธิพร ชลสาคร. (2542, ธันวาคม). บทความวิชาการ มลพิษทางน้ำ. วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์. 39(4).
- ไพบุลย์ บุญไชย. (2517). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง บ่อน้ำบาดาลระดับตื้นพื้นใต้เกษตรกรรมกับประชาชนในชนบท จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อุดສຳເນາ.
- มิ่งสรรพ ขาวสะอาด; และ อติสร อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2538, ธันวาคม). ปัญหาการจัดการและความขัดแย้งเรื่องน้ำการสำรวจพรมแดนแห่งความรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ ;และ จารุวรรณ สมศิริ. (2528). คุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: กรมประมง .
- . (2529). คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. หน้า 115. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ ; สุเจน บุญไฟโรจน์ ; และประสิทธิ์ ประสาทพรชัย. (2535). ชนิด ปริมาณการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้น้ำและสัตว์ที่เกาะอาศัย ตามพันธุ์ไม้น้ำในหนองหาน จังหวัดสกลนคร. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง .

- ยงยุทธ โอสดสภา. (2527). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. หน้า 168. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ยอดชาย พลหาญ. (2541). ภูมิทัศน์วัฒนธรรมชุมชนกับการพัฒนาริมฝั่งหนองหาน
จังหวัดสกลนคร. ปรินญาตศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. อุดมสำเนา.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2540). การศึกษากระบวนการสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. ห้างหุ้นส่วนจำกัด
ภาพพิมพ์.
- ระวีวรรณ งามศิริ. (2538). ผลกระทบของการใช้ที่ดินบางรูปแบบต่อคุณภาพน้ำทาง
แบบที่เรียขงลุ่มน้ำลันถิ่น สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัด
กาญจนบุรี. ปรินญานินพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
อุดมสำเนา.
- เรวัตร ธรรมาภิรมย์. (2543, มีนาคม). เศรษฐสถิติ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะ
เศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลือชัย คุรุน้อย; และนพนันท์ ตาปนานนท์. (2539 มกราคม-มิถุนายน). ความสัมพันธ์ระหว่าง
การพัฒนาเมืองกับแหล่งน้ำ: กรณีศึกษาเมืองสกลนคร หนองหาน.วารสารวิจัยสภาวะ
แวดล้อม. 18(1): จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวิทย์ ชีวาพร. (ม.ป.ป). เอกสารคำสอนนิชาวาริช 442 มลพิษในแหล่งน้ำ. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิชัย เทียนน้อย. (ม.ป.ป). การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.
อักษรวัฒนา .
- วิจิต ไสยนิทย์. (2537). คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ
ประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิลาส พุ่มพิมล. (2538). การตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ของน้ำเสียจากแหล่งชุมชน
เขตเทศบาลเมืองสกลนคร. สกลนคร: ราชภัฏสกลนคร.
- วิไลวรรณ โกยทอง. (2540). อิทธิพลของฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีผล
ทางด้านสาธารณสุข. ปรินญาตศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดมสำเนา.
- วีระ ศรีสนธิ์. (2527). การศึกษาปริมาณตะกอนและผลกระทบของการตกตะกอนต่อ
การเก็บกักน้ำของหนองหานสกลนคร. ปรินญาตศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์)
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อุดมสำเนา.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. (2525). คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตในบ่อปลา. หน้า 105. กรุงเทพฯ:
คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ศรีชัย พรประชาธรรม. (2531). การศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของน้ำในลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดสาเนา.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ ; พัฒนา มูลพฤษฯ; และ ชำรงค์รัตน์ มุ่งเจริญ. (2541). การป้องกันและควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .
- สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2541, พฤษภาคม). สภาวะแวดล้อมของเรา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยฯ.
- สวาท เสนาณรงค์. (2529). ภูมิศาสตร์ประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. (2537). การศึกษาผลกระทบของแนวป่าไม้ ต่อสภาพนิเวศวิทยาสัตว์น้ำ ในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี . กรุงเทพฯ: (ฉบับที่ 2 รายงานหลัก). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (2542). พื้นที่ชุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เอกสารชุดพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศ. กรุงเทพฯ: เล่มที่ 3. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- (2538, มีนาคม). แผนหลักและแผนปฏิบัติการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อฟื้นฟูแหล่งน้ำบริเวณลุ่มน้ำพุง จังหวัดสกลนคร และนครพนม. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- (2544, มกราคม). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2543. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- (2545, กุมภาพันธ์). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม .
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2543). ประมวลข้อมูลเกี่ยวกับชื่อ และเขตการปกครองของท้องถิ่นพ.ศ. 2543 จังหวัดสกลนคร รหัส 47. สำนักนายกรัฐมนตรี ฝ่ายสถิติ กองวิชาการสถิติ.
- สำนักผังเมือง. (2536). ข้อมูล สถิติ ตัวเลข ทางวิศวกรรม เพื่อการวางและจัดผังเมืองรวมเมืองสกลนคร อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร. (ปรับปรุงครั้งที่1). กระทรวงมหาดไทย.
- สมบัติ เทพรส. (2536). อิทธิพลของหินต้นกำเนิดต่อคุณภาพน้ำทางเคมีบางประการในพื้นที่ต้นน้ำ ลำธารบางแห่งของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดสาเนา.

- สุกานดา พัดพาดี. (2534). อิทธิพลของลักษณะกายภาพบางประการต่อระดับความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสฟอรัสในน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- สุกัญญา ชีระกูรณ์เลิศ. (2534). คุณภาพน้ำบางประการตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- สุกัญญา วิศาล. (2531). ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการไหลของน้ำกับสัดส่วนของชั้นคุณภาพ ลุ่มน้ำในลุ่มน้ำภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสิน; และ ลัดดาวัลย์ ยอดมณี. (2528). เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุรัตน์ วรารัตน์. (2540, 1 พฤษภาคม). ระบบข้อมูลวัฒนธรรม จังหวัดสกลนคร. โครงการผลิตสื่อปฏิสัมพันธ์ (CD-ROM Interactive) ศูนย์ศิลปวัฒนธรรม. สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- สุธี ควนสุวรรณ. (2531). ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อธาตุอาหารในน้ำบริเวณลุ่มน้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- สุวิธาน มนแพงสานนท์. (2543). วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สุดสาคร พุกงาม. (2541). การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณลุ่มน้ำทะเลน้อย. สงขลา: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ. (2538, ธันวาคม). ธรณีสัณฐานประเทศไทยจากห้วงอากาศ .
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3. (2543). รายงานการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง พ.ศ. 2543. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. กรมอนามัย. (ม.ป.ป.). สถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทย ปี 2541. กระทรวงสาธารณสุข.
- อภิศักดิ์ โสมอินทร์. (2525). ภูมิศาสตร์อีสาน. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. พรศักดิ์แอนด์แอสโซซิเอท.

- อวยพร แสงเทียน. (2536). อิทธิพลภูมิกายภาพลุ่มน้ำต่อคุณภาพน้ำในเขตพื้นที่อนุรักษ์.
 ปริญญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- อานอบ คันทะชา. (2540). การศึกษาคุณภาพน้ำจากคลองอู่ตะเภา ในอำเภอลำทะเมนชัย
 จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์. สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ.
 ถ่ายเอกสาร.
- อาวุธ วัฒนสิน. (2536). วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการถดถอยสำหรับการวิจัย .
 กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและการวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- APHA.; AWWA.; & WEF. (1992). Standard Method for the Examination of water and
 Waste Water. 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Dorothy B. Rosenthal. (1995). Environmental science activities. USA: John Wiley &
 Sons , Inc.
- Environmental Quality Promotion Ministry of Science. (1999, September). Department
 Environmental Research and Training Center 1992-1999 Report. Phathumthani:
 Technology and Environment Thailand.
- Harmeson, R.H.; & T.E. Larson. (1970). Existing level of nitrate in water the Illinois.
 In Nitrate and Water supply: Source and Control. Twelfth Sanitation
 Engineering Conference Proceeding.: 27-38. USA: Engineering Publication
 Office .
- Hensler,R.F.; & O.J.Attol. (1970). Rural source of nitrate in water. In Nitrate and
 Water Supply Source and Control. Twelfth Sanitation Engineering
 Conference Proceeding.: 86-87. USA: Engineering Publication Office.
- Peter Morris.; & Riki Therivel. (1997). Methods of Environmental Impact
 Assessment . London : UCL Press.
- V.Barnett.; & A.O'Hagan. (n.d.). Setting Environmental Standards . UK: Chapman & Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

1) ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1	สี กลิ่น และรส (Color, Odour and Taste)		-	ร	ร ¹	ร ¹	ร ¹	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ร	ร ¹	ร ¹	ร ¹	-
3	ความเป็นกรดเป็นเบส (pH)		-	ร	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4	ออกซิเจนละลาย (DO)	P 20	มก./ล (mg/l)	ร	6.0	4.0	2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P 80	"	ร	1.5	2.0	4.0	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P 80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100ml)	ร	5,000	20,000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P 80	"	ร	1,000	4,000	-	-
8	ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO ₃ -N)		มก./ล.	ร	5.0	5.0	5.0	-
9	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH ₃ -N)		"	ร	0.5	0.5	0.5	-
10	ฟีนอล (Phenols)		"	ร	0.005	0.005	0.005	-
11	ทองแดง (Cu)		"	ร	0.1	0.1	0.1	-
12	นิกเกิล (Ni)		"	ร	0.1	0.1	0.1	-
13	แมงกานีส (Mn)		"	ร	1.0	1.0	1.0	-
14	สังกะสี (Zn)		"	ร	1.0	1.0	1.0	-
15	แคดเมียม (Cd)		"	ร	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	-
16	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		"	ร	0.05	0.05	0.05	-
17	ตะกั่ว (Pb)		"	ร	0.05	0.05	0.05	-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	ร	0.002	0.002	0.002	-
19	สารหนู (As)		"	ร	0.01	0.01	0.01	-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	ร	0.005	0.005	0.005	-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	-ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบคเคอเรล/ล.	ร	0.1	0.1	0.1	-
	-ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ร	1.0	1.0	1.0	-
22	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ร	0.05	0.05	0.05	-

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
23	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ร	1.0	1.0	1.0	-
24	บีเฮกซ์ซินิกัลฟ่า (Alpha-BHC)		"	ร	0.02	0.02	0.02	-
25	ดิลดริน (Dieldrin)		"	ร	0.1	0.1	0.1	-
26	อัลดริน (Aldrin)		"	ร	0.1	0.1	0.1	-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		"	ร	0.2	0.2	0.2	-
28	เอนดริน (Endrin)		"	ร	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

หมายเหตุ

ร เป็นไปตามธรรมชาติ

ร¹ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCo₃ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCo₃ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทลที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทลที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร มล. มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น. หรือ Most Probable Number

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

2) ประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1

ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (ข) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (ค) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2

ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- (ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (ข) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- (ค) การประมง
- (ง) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3

ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (ข) การเกษตร

ประเภทที่ 4

ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
- (ข) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5

ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

(กรมควบคุมมลพิษ .(แผ่นพับ) .มาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย.กองจัดการคุณภาพน้ำ)

ภาคผนวก ข

**รูปตัวอย่างสภาพแวดล้อมบริเวณรอบหนองหาน
แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดค่ามลพิษทางน้ำในหนองหาน
แผนที่ลักษณะภูมิประเทศบริเวณหนองหาน และ
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณหนองหาน จังหวัดสกลนคร**

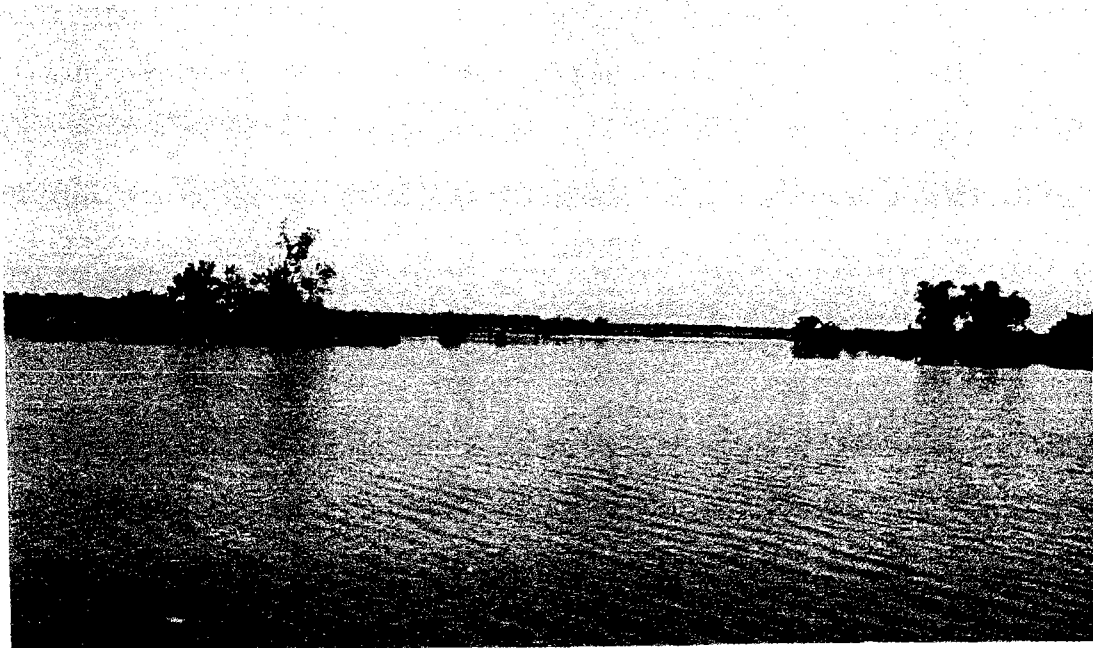
สภาพแวดล้อมบริเวณรอบหนองหาน



ภาพประกอบ 48 . จุดสูบน้ำประปา



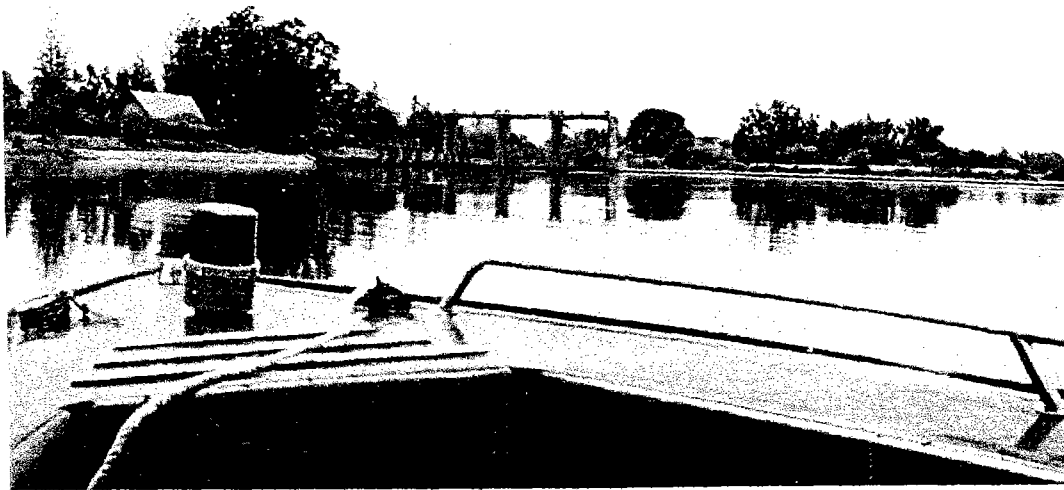
ภาพประกอบ 49 . ปากน้ำพุ



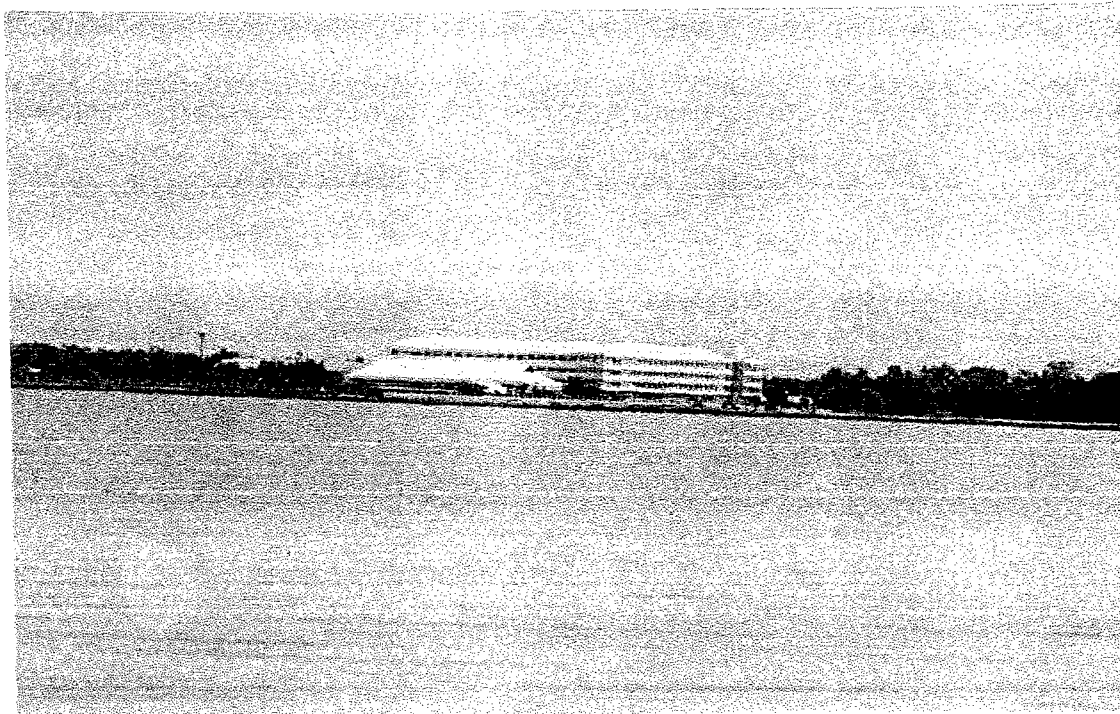
ภาพประกอบ 50. บริเวณปากน้ำท่า



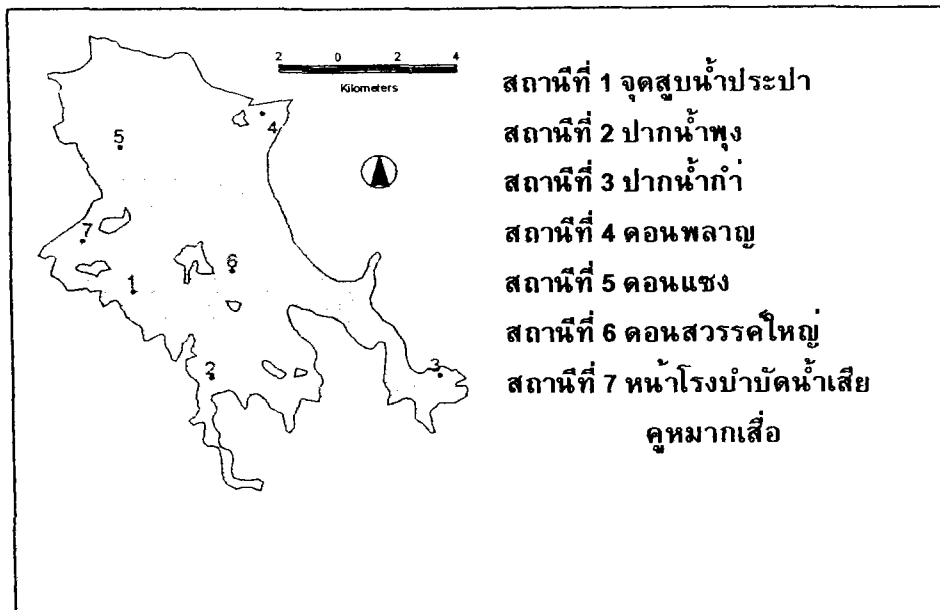
ภาพประกอบ 51. ชุมชนรอบหนองหาน



ภาพประกอบ 52. ประตุน้ำสุรสวัสดิ์

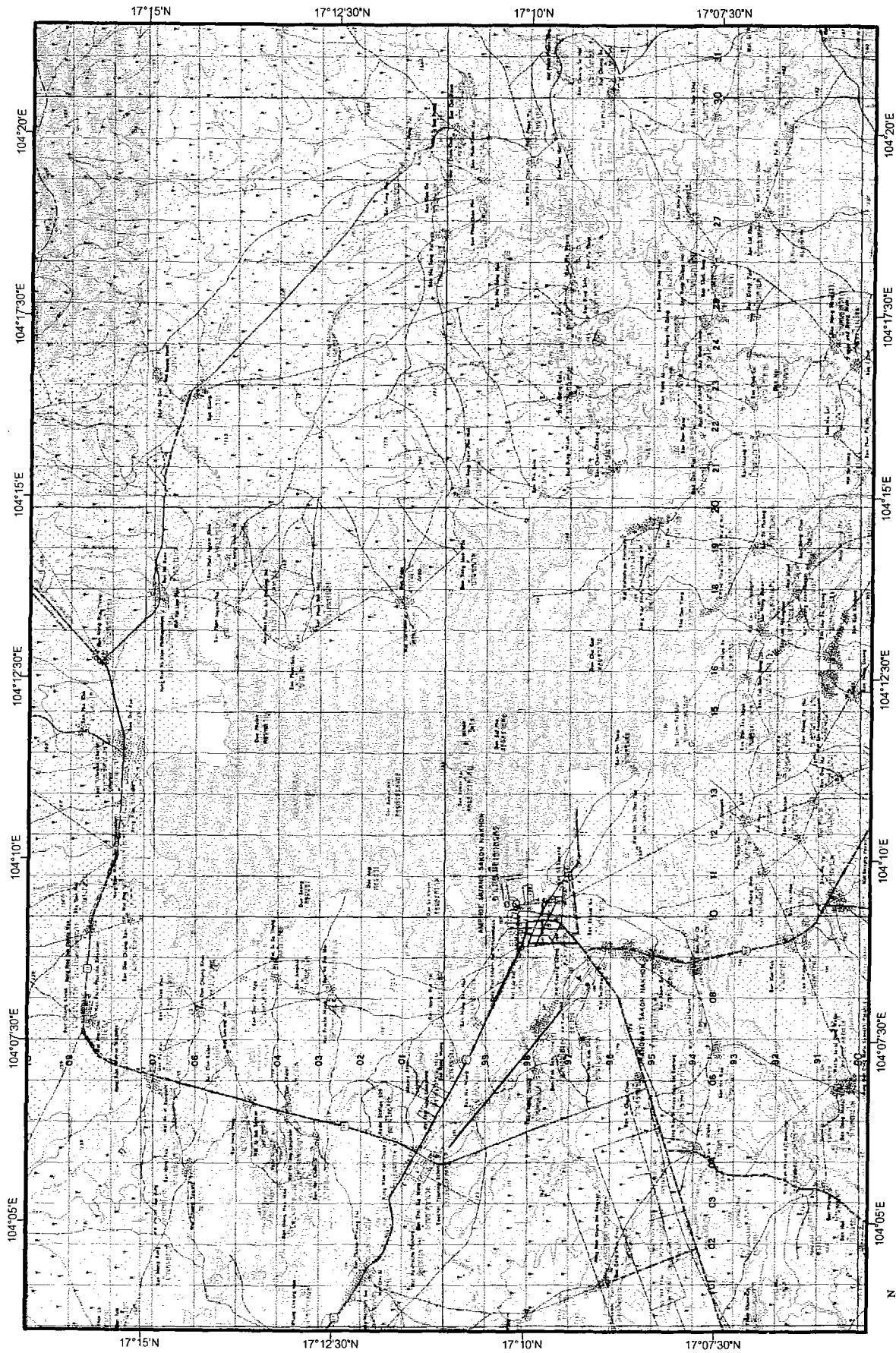


ภาพประกอบ 53. โรงเรียนเซนต์โยเซฟ



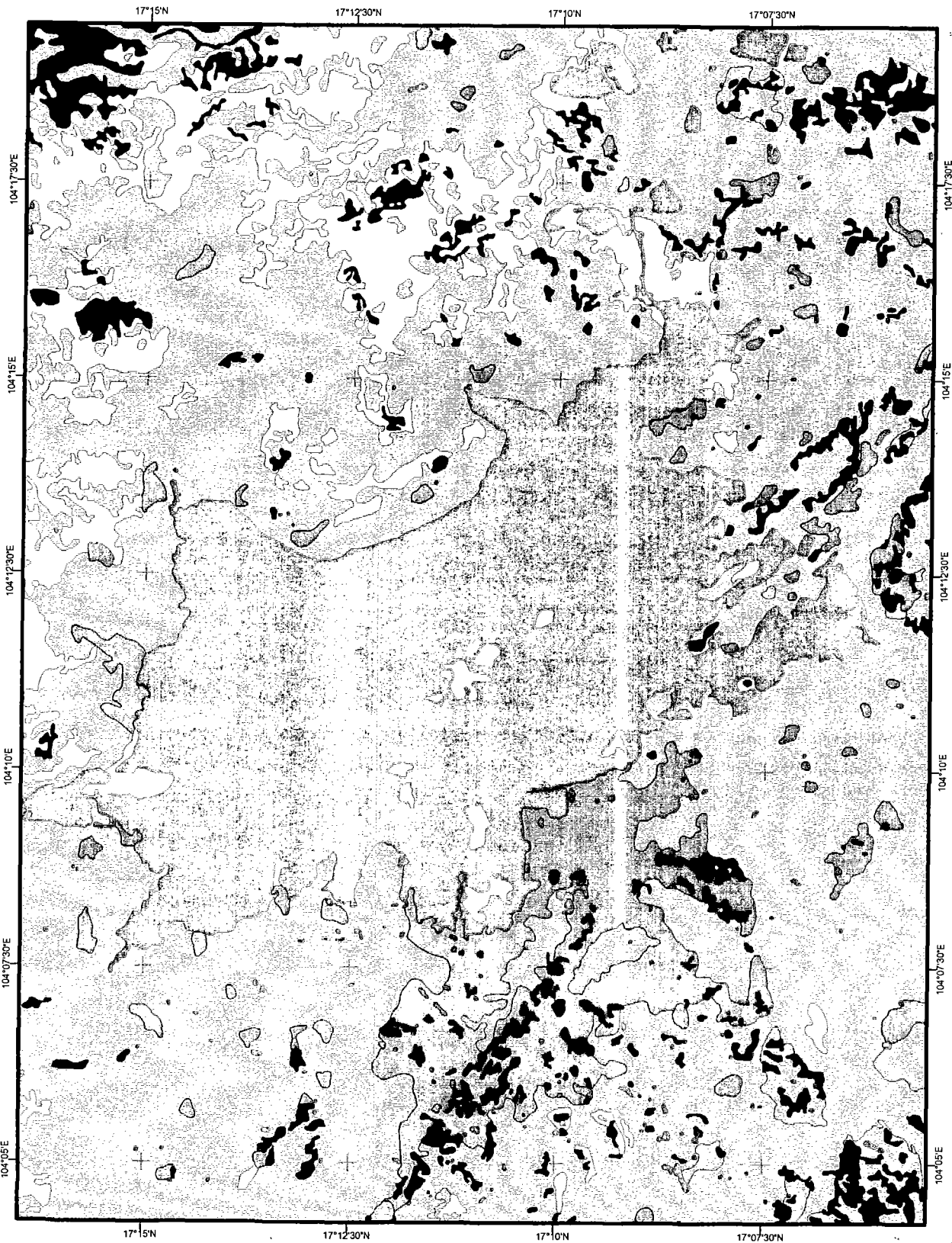
ภาพประกอบ 56 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดค่ามลพิษทางน้ำในหนองหาน
 จังหวัดสกลนคร

แผนที่ภูมิประเทศบริเวณหนองหาน จ.สกลนคร



ที่มา : แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1 : 50,000
กรมแผนที่ทหาร
ผลิตโดย ระบบภูมิสารสนเทศ TNTmips

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณหนองหาน จ.สกลนคร ปี พ.ศ. 2530



คำอธิบายสัญลักษณ์

- พื้นที่ปลูกข้าว
- พื้นที่ป่าไม้
- พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม
- ที่พักอาศัย
- แหล่งน้ำ



0 1000 2000 3000 4000 5000 m
 มาตราส่วน 1 : 130,000

ที่มา : แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2530
 มาตราส่วน 1 : 50,000 กรมควบคุมที่ดิน
 สดิด โดย ระบบภูมิสารสนเทศ TNMaps

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณหนองหาน จ.สกลนคร ปี พ.ศ. 2542



คำอธิบายสัญลักษณ์

- ข้าวโพด
- ตัวเมืองและย่านการค้า
- ทะเลสาบ บึง
- นาข้าว
- นาข้าว(เขตชลประทาน)
- นาข้าว(เขตชลประทาน)-พืชผัก
- ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม
- ป่าแดงหรือป่าเต็งรัง
- พืชไร่ผสม
- พื้นที่ลุ่ม
- มะพร้าว
- มะม่วง
- สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ
- สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผสม
- สวนป่าผสม
- หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ-ไม่ผสม
- อ่างเก็บน้ำ
- โครงการที่ดินจัดสรร
- ไร่
- ไม่ผสม
- ไร่ร้าง



0 1000 2000 3000 4000 5000 m
 มาตรการ 1 : 130,000

ที่มา : แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542
 มาตรการ 1 : 50,000 กรมพัฒนาที่ดิน
 ดัดแปลง โดย ระบบภูมิสารสนเทศ INTmaps

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาว สุกานดา จารุเวฬุ
วันเดือนปีเกิด	28 มกราคม พ.ศ. 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	997 ถ. ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ 10800

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอัมพรไพศาล จังหวัดนนทบุรี
พ.ศ. 2539	ศึกษาศาสตร์ (สังคมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2546	การศึกษามหาบัณฑิต (วิชาเอกภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร