

ผลงานประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล  
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์  
(ประเภทวิชาการ)

ตำแหน่งนักวิชาการสุขาภิบาลชำนาญการ  
(ด้านบริการทางวิชาการ)

เรื่องที่เสนอให้ประเมิน

- ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา  
เรื่อง การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน
- ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น  
เรื่อง คู่มือการควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เสนอโดย

นางสาววิจิตรา แก้วหลวง  
ตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาลปฏิบัติการ  
(ตำแหน่งเลขที่ สจน.๒๐)  
กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ  
สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ

## ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

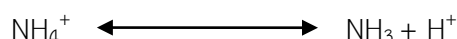
๑. ชื่อผลงาน การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน

๒. ช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการ ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม ๒๕๕๘

๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ ความรู้เกี่ยวกับแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) ในน้ำ

แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) หมายถึง ไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในรูป  $\text{NH}_4^+$  (แอมโมเนียมไอออน) หรือในรูป  $\text{NH}_3$  (แอมโมเนีย) ซึ่งสมดุลกันเรียกว่า แอมโมเนียไนโตรเจน แสดงดังสมการ



โดยทั่วไป จะพบแอมโมเนียในแหล่งน้ำผิวดินและในน้ำเสีย ส่วนในน้ำใต้ดินพบว่า มีปริมาณแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากดินจะดูดซับแอมโมเนียเอาไว้โดยไม่มีการชะล้างออกมา ทั้งนี้แอมโมเนียส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในรูป  $\text{NH}_4^+$  จะไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่หากอยู่ในรูป  $\text{NH}_3$  จะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

การตรวจวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำ สามารถบ่งบอกถึงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำและเป็นการเฝ้าระวังในกรณีพบว่า มีการปนเปื้อนสูง ในอดีตค่าแอมโมเนียใช้บอกถึงคุณภาพของน้ำอย่างคร่าวๆ ได้น้ำนั้นถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระหรือปัสสาวะหรือไม่ เช่น น้ำที่มีอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) และแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen) บ่งบอกว่า มีการปนเปื้อนหรือถูกทำให้สกปรกใหม่ ๆ แต่ถ้า น้ำมีไนเตรทไนโตรเจน (nitrate nitrogen) เป็นส่วนใหญ่แสดงว่า น้ำนั้นถูกทำให้สกปรกเป็นเวลานานแล้ว<sup>(๒)</sup>

๓.๒ การวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen:  $\text{NH}_3\text{-N}$ )

การวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน สามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ คือ วิธีการไตเตรทและวิธีเนสเลอร์ไลเซชัน ซึ่งการเลือกวิธีวิเคราะห์จะต้องพิจารณาปัจจัย ๒ อย่าง คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียและสารบวกรวมที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ วิธีเนสเลอร์ไลเซชันเหมาะสำหรับน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำ (อยู่ในช่วง ๐.๐๒ - ๕ มิลลิกรัมต่อลิตร)<sup>(๓)</sup> เช่น น้ำดื่ม น้ำผิวดินที่สะอาด น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ส่วนน้ำที่มีสารบวกรวม เช่น สี ความขุ่น สารบวกรวมอื่น ๆ และต้องการค่าที่มีความแน่นอนสูงควรใช้วิธีกลั่นเพื่อแยกแอมโมเนียจากตัวอย่างน้ำก่อน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียต่อไป สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณแอมโมเนียสูง (๕ มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป)<sup>(๓)</sup> ควรนำตัวอย่างไปกลั่นแยกแอมโมเนียจากตัวอย่างน้ำก่อนแล้วใช้วิธีไตเตรทเพื่อหาปริมาณแอมโมเนียต่อไป

หลักการกลั่นแยกแอมโมเนีย (Distillation Method)

วิธีการกลั่นเป็นการแยกแอมโมเนียออกจากสารบวกรวมต่าง ๆ ก่อน แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียต่อไป หลักสำคัญของวิธีการกลั่นแยก คือ  $\text{NH}_4^+$  จะสลายตัวเป็นก๊าซ  $\text{NH}_3$  เมื่อถูกต้มกลั่นที่ pH ๗.๒ - ๗.๔<sup>(๔)</sup> จากการกลั่นจะทำให้เกิด  $\text{H}^+$  มีผลทำให้ pH ลดลง ดังนั้น จำเป็นต้องเติมสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง ๗.๒ - ๗.๔ ตลอดการกลั่น เพราะถ้า pH สูงเกินไป สารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งทำให้ปริมาณแอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงเกินจริง แต่ถ้า pH ต่ำไป แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาไม่หมด ทำให้ปริมาณแอมโมเนียที่ได้มีค่าน้อยเกินจริง ทั้งนี้แอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย จึงจำเป็นต้องจับแอมโมเนียที่ถูกกลั่นออกมาด้วยสารละลายกรดบอริก ด้วยวิธีการนำส่วนที่กลั่นได้ผ่านลงไปนในสารละลายกรดบอริก แล้วจึงนำสารละลายที่ได้ไปหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีเนสเลอร์ไลเซชันหรือวิธีไตเตรทต่อไป

วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่นและไตเตรท ตามวิธีของ standard method for the examination of water and wastewater ๒๐<sup>th</sup> edition, ๑๙๘๘

๑) การเตรียมชุดกลั่น

ตวงน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย ๕๐๐ มิลลิลิตร ใส่ขวดเจลดาทาลแล้วนำไปใส่ชุดกลั่น เพื่อเป็นการกลั่นล้างเครื่องกลั่นจนสะอาดปราศจากแอมโมเนีย

๒) การเตรียมตัวอย่างน้ำ

ตวงตัวอย่างน้ำ ๕๐๐ มิลลิลิตร ใส่ขวดเจลดาทาล ปรับให้ตัวอย่างน้ำมีค่า pH เท่ากับ ๗ ด้วย กรดหรือเบส แล้วเติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ ๓๐ มิลลิลิตร

๓) การกลั่น

นำขวดเจลดาทาลพร้อมตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น เปิดน้ำหล่อเย็นให้พร้อม ตวงสารละลาย กรดบอริก ๓๐ มิลลิลิตร ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) นำเข้าไปต่อกับชุดกลั่นโดยให้ปลายหลอดที่ต่อ ท่อน้ำไอและแอมโมเนียที่กลั่นออกมาจุ่มอยู่ที่สารละลายกรดบอริก พบว่าแอมโมเนียจะถูกขับออกหมดเมื่อ ถูกกลั่นจนได้สารละลายอย่างน้อย ๒๐๐ มิลลิลิตร เมื่อใช้ตัวอย่างน้ำ ๕๐๐ มิลลิลิตรหรือน้อยกว่า

๔) การไตเตรท

นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น มาไตเตรทด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น ๐.๐๒ นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีม่วง โดยเทียบกับสีม่วงของแบลงค์ (ทำเหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอนแต่ ใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียเป็นตัวอย่าง)

๕) การคำนวณ <sup>(๑)</sup>

$$\text{แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times ๑๔ \times ๑,๐๐๐}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มล.)}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทแบลงค์

N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเป็นนอร์มัลลิตี

๓.๓ วิธีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ เป็นกระบวนการยืนยันความถูกต้อง ความเหมาะสม ของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ ช่วยให้ทราบถึงคุณสมบัติเงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดของวิธีการวิเคราะห์นั้น ๆ

ก่อนที่จะนำวิธีการวิเคราะห์ใด ๆ มาใช้วิเคราะห์ตัวอย่างจำเป็นต้องทำ Test method validation หรือ verification ก่อน ความแตกต่างระหว่าง validation และ verification ขึ้นอยู่กับวิธีที่จะนำมาใช้ ถ้าเป็น วิธีวิเคราะห์จากวิธีอ้างอิง (reference method) หรือวิธีมาตรฐาน (standard method) ที่ไม่มีการ เปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็จะต้องตรวจสอบด้วยวิธี method verification เพื่อเป็นการทวนสอบว่าวิธีการวิเคราะห์ที่ นำมาใช้มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนด ตามรายงานของ reference method หรือ standard method หรือไม่ สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธี method validation จะเป็นวิธีในการยืนยันความถูกต้อง แม่นยำ และ ยอมรับได้ของวิธีการวิเคราะห์ที่ผู้วิเคราะห์พัฒนาขึ้นหรือดัดแปลงมาจาก reference method เพื่อให้มั่นใจว่า วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อยู่มีความเหมาะสมกับตัวอย่าง หรือเหมาะสมกับการใช้งานและความต้องการของ ห้องปฏิบัติการ

วิธีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบแบบ method validation

Method validation จะครอบคลุมถึงสมบัติของวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

๑) ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ที่วัดได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากที่สุด การหา Accuracy ทำได้โดย

- วิเคราะห์ CRM (Certified Reference Material) อย่างน้อย ๗ ซ้ำ และนำมาคำนวณหา ระดับความถูกต้องในรูปของความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error) หรือความถูกต้องสัมพัทธ์ (Relative Accuracy) นอกจากพิจารณาจากค่า Relative Error และ Relative Accuracy แล้ว อาจใช้การเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้ของ CRM กับค่าที่แท้จริงของ CRM โดยใช้สถิติ t-test

- ในกรณีที่ไม่สามารถหา CRM ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ได้ สามารถหาค่า estimated accuracy ได้โดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (%recovery) โดยการใช้ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐาน (spiked sample) ที่ ๓ ความเข้มข้น และทำอย่างน้อยความเข้มข้นละ ๗ ซ้ำ หรือเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์วิธีที่จะนำมาใช้กับ Reference Method โดยใช้วิธีการทางสถิติ

๒) ความแม่นยำ (Precision) หมายถึง ความแม่นยำของการวิเคราะห์ซ้ำ ๆ กัน หลาย ๆ ครั้ง ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ ๆ กันนี้มักจะแสดงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation, CV) ทั้งนี้การหาระดับความแม่นยำสามารถหาได้จากเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation; %RSD) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ CRM หรือการทำ recovery ก็ได้

๓) การหาค่า LOD (Limit of detection) และ LOQ (Limit of quantitation) ซึ่งค่า LOD หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจพบได้ ส่วนค่า LOQ หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจพบและอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง แม่นยำสามารถรายงานผลได้ โดยทั่วไป LOD จะมีค่าเป็น ๓ เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ LOQ จะมีค่าเป็น ๑๐ เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### ๓.๔ สถิติเพื่อประเมินผลการทดสอบ

การประเมินผลการทดสอบหรือผลการวัดด้วยวิธีทางสถิติ จำเป็นต้องมีการตั้งสมมติฐาน และทดสอบว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าหลักฐานที่ได้จากการทดสอบไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ก็จะปฏิเสธสมมติฐาน การปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าการทดสอบนั้นมีนัยสำคัญ (significant) แต่ถ้าหลักฐานที่ได้จากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็จะสรุปว่ายอมรับสมมติฐาน

การทดสอบนัยสำคัญ (significant test) เป็นการตรวจสอบว่าผลการวัดค่าความเที่ยงหรือค่าเฉลี่ยของ ๒ วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด ซึ่งต้องใช้วิธีทางสถิติในการสรุปผล ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการตั้งสมมติฐานและทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีทดสอบที่ต่างกัน (paired t-test) ซึ่งการทดสอบ t-test เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบความแตกต่างกันของ ๒ วิธี ภายใต้สภาวะที่มีตัวอย่างหลายตัวอย่าง หลายความเข้มข้น การทดสอบ t-test เป็นสถิติในการหาค่าความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ทั้ง ๒ วิธีของแต่ละตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างแล้วนำมาคำนวณสถิติแบบ t-test

$$\text{แสดงตั้งสมการดังนี้}^{(๕)} \quad t = \frac{\bar{d}\sqrt{n}}{S_d}$$

เมื่อ  $\bar{d}$  = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างทั้ง ๒ วิธี

$n$  = จำนวนตัวอย่าง

$S_d$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างทั้ง ๒ วิธี

#### ๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

##### ๔.๑ สรุปสาระสำคัญของเรื่อง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่นแยกจากตัวอย่างน้ำ ๑๐๐ มิลลิลิตร (ปริมาตรประยุกต์ตามเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบัน) โดยใช้สารละลายกรดบอริก ๓๐ มิลลิลิตร เป็นตัวจับทำปฏิกิริยากับก๊าซแอมโมเนียที่ถูกกลั่นออกมาจนได้สารละลายปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร จากนั้นไตเตรทสารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วยกรดซัลฟูริก ๐.๐๒ นอร์มัล แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต่อไป

จากการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์สุทธิ ๑๒ นาทีต่อตัวอย่าง ทั้งนี้เวลาส่วนใหญ่ของการวิเคราะห์อยู่ที่ขั้นตอนการกลั่นคือ ๘ นาทีต่อตัวอย่าง (กลั่นให้ได้สารละลายปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการแยกแอมโมเนียออกจากสารรบกวนต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำ ระยะเวลาในการวิเคราะห์ดังกล่าวก่อให้เกิดอุปสรรค ดังนี้

๑) เมื่อมีการกลั่นแยกแอมโมเนียอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา ๓ ชั่วโมง จำเป็นต้องทำการพักเครื่องกลั่นแอมโมเนียอย่างน้อยเป็นเวลา ๑ ชั่วโมง เพื่อเป็นการยืดระยะเวลาการใช้งานของเครื่องกลั่นและเพื่อไม่ให้เครื่องกลั่นทำงานหนักจนเกินไป จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้งานในแต่ละวัน

๒) แอมโมเนียไนโตรเจนเป็นพารามิเตอร์ที่ควรวิเคราะห์ทันที หรือภายใน ๒๔ ชั่วโมง หากมีตัวอย่างที่ต้องวิเคราะห์มากกว่า ๓๐ ตัวอย่างต่อวัน จะทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ให้แล้วเสร็จภายใน ๑ วันได้ ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำด้วยการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ๐.๘ มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ ๑ ลิตร และเก็บที่ ๔ องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถยอมรับให้เก็บได้นานสุด ๗ วัน

๓) เมื่อจะนำตัวอย่างน้ำที่รักษาสภาพตัวอย่างด้วยการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นไปวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนียไนโตรเจนควรปรับค่า pH ของตัวอย่างน้ำให้เป็นกลางก่อน ซึ่งวิธีดังกล่าวทำให้เสียเวลามากขึ้น

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาและตัดแปลงวิธีการวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนจากการกลั่นแยกแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร (ใช้เวลากลั่น ๘ นาทีต่อตัวอย่าง) เป็น ๑๕๐ มิลลิลิตร<sup>(๓)</sup> (ใช้เวลากลั่น ๖ นาที) ซึ่งจะทำให้สามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ในแต่ละตัวอย่างได้

##### ๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินงาน

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

๑) การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) โดยการหาค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) และทดสอบ t-test จากตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ (spike sample) จำนวน ๓ ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ ๑๐ ซ้ำ<sup>(๒)</sup>

๒) การตรวจสอบความแม่นยำ (Precision) โดยการหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD: Relative Standard Deviation) จากตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ (spike sample) จำนวน ๓ ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ ๑๐ ซ้ำ<sup>(๓)</sup>

๓) การทดสอบค่า t-test ของวิธีที่ทำการศึกษาคัดแปลงโดยให้มีการกลั่นแยกให้ได้ปริมาตรรวม ๑๕๐ มิลลิลิตร เทียบกับวิธีการกลั่นแยกให้ได้ปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร (reference method)<sup>(๒)</sup> จำนวน ๑๐๐ ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบว่าการวิเคราะห์ทั้ง ๒ วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

๔) สรุปผลและเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ

๕. ผู้ร่วมดำเนินการ “ไม่มี”

## ๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนครั้งนี้ ใช้เครื่องกลั่นไนโตรเจนยี่ห้อ Gerhardt รุ่น Vap ๑๐ เลขครุภัณฑ์ ๒๕๕๐-๑๑๑๓๐๒๐๐-๑๒๐๓๕๔๑๓-๐๐๐๐๓ ซึ่งเป็นเครื่องกลั่นไนโตรเจนที่ใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำในปัจจุบัน การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการทดสอบที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีผลการตรวจสอบ ดังนี้

### ๑) การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy)

การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนจากตัวอย่างที่เพิ่มสารละลายมาตรฐาน (spike sample) ความเข้มข้น ๑๐๐, ๒๕๐ และ ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร<sup>(๓)</sup> ความเข้มข้นละ ๑๐ ซ้ำ (ดูผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ก) พบว่า %Recovery ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์กับค่าจริงโดยใช้ t-test (วิเคราะห์ค่า t-test ด้วย Microsoft excel ๒๐๑๐<sup>(๗,๘)</sup>) พบว่าค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าจริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% แสดงดังตาราง

ค่าจริง	ค่าวิเคราะห์	%Recovery	เกณฑ์การยอมรับ <sup>(๓)</sup>	t-stat. ที่ ๙๕%	t-critical ที่ ๙๕%	เกณฑ์การยอมรับ <sup>(๗)</sup>	ผลการประเมิน
๔.๗๙	๔.๗๗	๙๙.๕๑	๘๕ - ๑๑๕	๑.๗๙	๒.๒๖	$t_{stat} \leq t_{criti}$	ผ่าน
๖.๒๘	๖.๒๗	๙๙.๘๓	๘๕ - ๑๑๕	๑.๙๓	๒.๒๖	$t_{stat} \leq t_{criti}$	ผ่าน
๘.๗๕	๘.๗๔	๙๙.๘๔	๘๕ - ๑๑๕	๑.๕๕	๒.๒๖	$t_{stat} \leq t_{criti}$	ผ่าน

### ๒) การตรวจสอบความแม่นยำ (Precision)

การตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนจากตัวอย่างที่เพิ่มสารละลายมาตรฐาน (spike sample) ความเข้มข้น ๑๐๐, ๒๕๐ และ ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร<sup>(๓)</sup> ความเข้มข้นละ ๑๐ ซ้ำ (ดูผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ก) พบว่า %RSD ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แสดงดังตาราง

ความเข้มข้น	%RSD	%RSD <sub>expect</sub> <sup>(๖)</sup>	ผลการประเมิน
๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร	๐.๘๘	๐.๑-๑	ผ่าน
๒๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร	๐.๒๘	๐.๑-๑	ผ่าน
๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร	๐.๓๒	๐.๑-๑	ผ่าน

### ๓) การทดสอบค่า t-test ของวิธีที่ศึกษาเทียบกับวิธีมาตรฐาน (reference method)

การทดสอบค่า t-test แบบจับคู่ (pair t-test) กับตัวอย่างน้ำคลองจำนวน ๑๐๐ ตัวอย่าง (ดูผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ข) เพื่อตรวจสอบว่าวิธีที่ศึกษา (ปริมาตรกลั่นรวม ๑๕๐ มิลลิตร) กับวิธีมาตรฐาน (ปริมาตรกลั่นรวม ๒๐๐ มิลลิตร) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยวิเคราะห์ค่า t-test ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐ พบว่า ค่าที่ได้จากการศึกษากับค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% แสดงดังตาราง

วิธีทางสถิติ	ระดับนัยสำคัญ	สมมติฐาน	$P_{(Two-tail)}$	t-stat	t-cri	ผลการประเมิน
Pair t-test (Two-tail)	๙๕% ( $\alpha=0.05$ )	$H_0: \mu_1 = \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} \leq t_{criti}$ , $P > 0.05$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} > t_{criti}$ , $P < 0.05$	๐.๗๕	๐.๓๒	๑.๙๘	ยอมรับ $H_0$

## ๗. ผลสำเร็จของงาน

๗.๑ ผลจากการตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์ทั้ง ๒ วิธี พบว่ามีผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ดังนั้นห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำจึงสามารถเลือกวิธีการกลั่นที่ปริมาตรรวม ๑๕๐ มิลลิลิตร มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนได้ เนื่องจากเป็นวิธีวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ เช่นเดียวกับวิธีการกลั่นที่ปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร

๗.๒ การวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่นที่ปริมาตรรวม ๑๕๐ มิลลิลิตร สามารถประหยัดเวลาได้ตัวอย่างละ ๒ นาที และทำให้สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า และลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนได้

## ๘. การนำไปใช้ประโยชน์

การเลือกใช้วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสม รวดเร็ว ถูกต้อง ตลอดจนสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ประหยัดเวลา และลดปริมาณของเสียที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำและดินได้

## ๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรคในการดำเนินการ

ด้วยข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ควรทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำภายใน ๒๔ ชั่วโมง หรือวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาใหม่ๆ แต่หากจะเก็บตัวอย่างน้ำไว้มากกว่า ๒๔ ชั่วโมง ต้องเก็บรักษาสภาพตัวอย่างน้ำด้วยการเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ๐.๘ มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ ๑ ลิตร แล้วเก็บที่ ๔ องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถยอมรับให้เก็บได้นานสุด ๗ วัน เพื่อเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หากเก็บรักษาสภาพตัวอย่างน้ำไม่ถูกวิธีจะมีผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และเมื่อจะนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ควรปรับ pH ให้เป็นกลางก่อน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้เสียเวลามากขึ้น

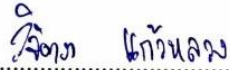
## ๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้กับเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ การรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ และการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำให้แต่ละพารามิเตอร์อย่างถูกวิธี เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญต่อความถูกต้อง แม่นยำและความน่าเชื่อถือ

๑๐.๒ ควรให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานเข้ารับการฝึกอบรม อบรม เพื่อนำองค์ความรู้ใหม่ ๆ มาพัฒนา และประยุกต์ใช้ในหน่วยงานให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มขึ้น

๑๐.๓ ควรนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและพลังงานไฟฟ้า และลดปริมาณของเสียที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำและดินได้

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ..... 

(น.ส.จิตรา แก้วหลวง)

นักวิชาการสุขาภิบาลปฏิบัติการ

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ผู้ขอรับการประเมิน

๑ ๕ มี.ค. ๒๕๖๑

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....  
(นางจันทนา ธีรตันพงษ์)  
.....  
.....  
ตำแหน่ง **หัวหน้ากลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**  
**สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ**  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ

ลงชื่อ.....  
(นายสมศักดิ์ มีอุดมศักดิ์)  
.....  
.....  
ตำแหน่ง **ผู้อำนวยการสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ**  
**สำนักการระบายน้ำ**  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## เอกสารอ้างอิง

เรื่อง การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน

๑. American Public Health Association (APHA), ๑๙๙๘. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water ๒๐<sup>th</sup> edition.**
๒. กรรณิการ์ สิริสิงห์, ๒๕๒๒. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์.**
๓. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ประจำปี ๒๕๔๕-๒๕๔๖, ๒๕๔๕. **คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย**
๔. คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ World Environmental Center, ๒๕๓๕. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย.**
๕. สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ, ๒๕๔๙. **สถิติสำหรับงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัย.**
๖. จุไรรัตน์ มหาเทียน. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method Validation). เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๙ จาก <http://reo๐๖.mnre.go.th/home/images/upload/file/report/Jurairuto๗๐๕๐๙.pdf>.
๗. ทองจุล ชันขาว, ๒๕๕๗. การทดสอบ t-test แบบ Dependent ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐ และการแปรผล. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๕ มกราคม ๒๕๕๙ จาก <http://www.thongjoon.com/๒๐๑๔/๐๘/t-test-dependent-excel-๒๐๑๐.html>.
๘. วารสารสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ, ๒๕๕๒. การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel ในการทดสอบแบบเอฟ และที. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๕ มกราคม ๒๕๕๙ จาก <http://dss.go.th>.

## ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ของ นางสาววิจิตรา แก้วหลวง

เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาลชำนาญการ ด้านบริการทางวิชาการ (ตำแหน่งเลขที่ สจน.๒๐) สังกัด กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ

เรื่อง คู่มือการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

### หลักการและเหตุผล

การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ (Internal Quality Control) คือ การดำเนินการของห้องปฏิบัติการเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความเหมาะสม ตรวจจับได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ ตรวจสอบความถูกต้องของการทดสอบ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในผลการวิเคราะห์ว่ามีความถูกต้องและแม่นยำ ตลอดจนเป็นการควบคุมไม่ให้เกิดการทดสอบเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานที่กำหนด

การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ มีวิธีการควบคุมคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

#### ๑. การวิเคราะห์ Certified Reference Materials (CRM)

CRM (Certified Reference Materials) เป็นวัสดุหรือสารอ้างอิงมาตรฐานที่ได้รับการรับรอง โดยการดำเนินการที่ถูกต้องทางวิชาการ และสามารถสอบกลับ (traceable) ไปยังมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard: SI unit) การวิเคราะห์ CRM เป็นการทวนสอบให้แน่ใจว่าค่าที่ได้จากการทดสอบสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเองมีความถูกต้อง

#### ๒. การวิเคราะห์ QC check standard (Instrument check standard) แบ่งเป็น

๒.๑ Calibration Verification of Standard (CVS) หมายถึง สารละลายมาตรฐานจากแหล่งที่แตกต่างจากแหล่งที่ใช้เตรียมกราฟมาตรฐาน เช่น ผู้ผลิตที่ต่างกัน รุ่นการผลิต (batch) ที่ต่างกัน การใช้ CVS จะใช้ความเข้มข้นเดียวที่ความเข้มข้นใกล้จุดกลางของ calibration range (กรณี range ของ calibration curve กว้างจะเพิ่มจำนวนจุดที่ความเข้มข้นอื่น) และจะวิเคราะห์ CVS ก่อนเริ่มตัวอย่างชุดใหม่หรือทุก ๆ ๑๐ ตัวอย่าง

๒.๒ Continuing Calibration Standard (CCS) หมายถึง สารมาตรฐานที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐาน โดยใช้ความถี่และความเข้มข้นเช่นเดียวกับ CVS

#### ๓. การวิเคราะห์รีเอเจนต์ แบลงค์ หรือแบลงค์ของวิธีทดสอบ (reagent blank or method blank)

การวิเคราะห์รีเอเจนต์ แบลงค์ หรือแบลงค์ของวิธีทดสอบ หมายถึง การวิเคราะห์ตัวอย่างที่ปราศจากสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เตรียมโดยใช้น้ำกลั่นและนำไปผ่านกระบวนการเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างที่เราจะวิเคราะห์ โดยใช้รีเอเจนต์ เครื่องแก้ว และเครื่องมือเดียวกันกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง การวิเคราะห์แบลงค์ชนิดนี้เพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณทั้งหมดที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ ไม่ใช่จากรีเอเจนต์หรือจากสิ่งอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประโยชน์ของรีเอเจนต์ แบลงค์ หรือแบลงค์ของวิธีทดสอบ เพื่อชั่งและแก้ไขความคลาดเคลื่อนจากระบบ (systematic error) ที่มาจากความไม่บริสุทธิ์ของรีเอเจนต์ การปนเปื้อนจากเครื่องแก้วหรือเครื่องมือ

#### ๔. การวิเคราะห์ spike sample หรือ การหา %recovery

การเตรียม spike sample ทำได้โดยการเติมสารมาตรฐานความเข้มข้นสูงๆ ปริมาณน้อยๆ ลงในตัวอย่าง (ไม่เกิน ๒% ของปริมาตรตัวอย่าง) เพื่อตรวจสอบ analyst recovery ใน sample matrix หรือถ้ามีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มี matrix ที่แตกต่างกันไป จะเป็นการทวนสอบปริมาณสารรบกวน สารมาตรฐานที่ใช้ควรมาจากคนละแหล่งกับที่ใช้เตรียมกราฟมาตรฐานและ spike sample ควรอยู่ในช่วงเดียวกันกับตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์

๕. การวิเคราะห์ซ้ำในตัวอย่างเดียวกัน (duplicate analysis pair)

การวิเคราะห์ซ้ำในตัวอย่างเดียวกัน หมายถึง การวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกัน จำนวน ๒ ครั้ง เพื่อทดสอบความแม่นยำของผู้ที่ทำการทดสอบ หลังจากนั้นนำผลการทดสอบมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสัมพัทธ์ (% Relative Percent Difference: RPD)

๖. การวิเคราะห์ check หรือ control sample

การวิเคราะห์ check หรือ control sample หมายถึง ตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์แล้วมีความคงสภาพ และความสม่ำเสมอ (homogeneity) นำมาทดสอบแทรกเข้าไปในชุดตัวอย่าง

๗. การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือ

การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือ ใช้สำหรับการทดสอบที่ต้องอาศัยเครื่องมือหลัก ได้แก่ Spectrophotometer และ Atomic Absorption Spectrophotometer ทำได้โดยพิจารณาจากช่วงความเป็นเส้นตรงหรือใช้วิธีอื่นที่เหมาะสม ผู้ทดสอบจะใช้สารมาตรฐาน ๓ - ๕ ความเข้มข้น แล้วพิจารณาช่วงความเป็นเส้นตรง โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r) หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R<sup>2</sup>)

**วัตถุประสงค์และหรือเป้าหมาย**

๑. เพื่อควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้มีความน่าเชื่อถือ
๒. เพื่อควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ให้มีค่าถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ
๓. เพื่อเป็นการตรวจสอบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้มีความถูกต้อง และแม่นยำ

**กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ**

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เป็นหน่วยงานราชการที่ให้บริการด้านการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพน้ำ ตลอดจนการให้บริการข้อมูลคุณภาพน้ำคลองสายหลักในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครแก่หน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้รับบริการได้มีความเชื่อถือในผลการตรวจวิเคราะห์ตรวจสอบ เพื่อจะทำให้ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้มีความน่าเชื่อถือ และมีความถูกต้องแม่นยำในผลการตรวจวิเคราะห์ ตรวจสอบ ผู้เสนอผลงานจึงได้มีแนวคิดในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยการจัดทำคู่มือในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

๑. การควบคุมคุณภาพในภาคสนาม มีวัตถุประสงค์ เพื่อควบคุมคุณภาพของการปฏิบัติงานในภาคสนาม การเก็บตัวอย่างน้ำ ซึ่งเป็นการควบคุมเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ ยั่งยืนให้ทราบถึงความถูกต้องของวิธีการเตรียมเครื่องมือ ความสะอาดของภาชนะบรรจุ สภาพแวดล้อมขณะเก็บตัวอย่างและปัจจัยอื่น ๆ โดยมีขั้นตอนการควบคุมคุณภาพ ดังนี้

๑.๑ การเตรียมเครื่องมือและภาชนะบรรจุตัวอย่าง ผู้ที่เตรียมเครื่องมือและภาชนะบรรจุตัวอย่างต้องผ่านการฝึกอบรมวิธีการเตรียมเครื่องมืออย่างถูกต้องจากเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญ และห้องปฏิบัติการควรมีการแสดงขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือและภาชนะที่ถูกต้อง ณ จุดเก็บเครื่องมือและภาชนะบรรจุตัวอย่าง

๑.๒ วิธีการเก็บตัวอย่าง เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญและอาจส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์และตรวจสอบควรมีคู่มือวิธีการเก็บตัวอย่างอย่างละเอียดและถูกต้องในทุกขั้นตอนให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ออกเก็บตัวอย่าง รวมถึงมีการฝึกอบรมวิธีการเก็บตัวอย่างแก่เจ้าหน้าที่พร้อมมีผู้เชี่ยวชาญออกเก็บตัวอย่างควบคู่ไปด้วยในระยะแรก จากนั้นจะมีการสุ่มออกเก็บตัวอย่างกับเจ้าหน้าที่เป็นช่วง ๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบเจ้าหน้าที่ว่า มีการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้อง

๑.๓ การรักษาสภาพตัวอย่าง เป็นขั้นตอนการรักษาสภาพตัวอย่างไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมีเพื่อให้การตรวจวิเคราะห์ ตรวจสอบคุณภาพน้ำเป็นไปได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

โดยเจ้าหน้าที่ต้องได้รับการฝึกปฏิบัติวิธีการรักษาสภาพตัวอย่างจากผู้เชี่ยวชาญ และมีการจัดทำคู่มือการรักษา สภาพตัวอย่างประจำห้องปฏิบัติการ

๑.๔ การส่งตัวอย่างกลับห้องปฏิบัติการ ต้องนำส่งห้องปฏิบัติการภายใน ๒๔ ชั่วโมง นับจากเวลาที่ เก็บตัวอย่างแรกของชุดตัวอย่างที่จะส่งกลับห้องปฏิบัติการ โดยภาชนะทุกใบต้องมีการติดฉลากให้ชัดเจนและ ปิดฝาให้แน่น แล้วเก็บในถังที่บรรจุน้ำแข็งและวัสดุกันกระแทก โดยมีแบบรายการตรวจเช็คขั้นตอนการส่ง ตัวอย่างว่ามีความครบถ้วน ถูกต้องในทุกขั้นตอน

๒. การควบคุมคุณภาพตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้แน่ใจว่าผลตรวจวัดมีความ น่าเชื่อถือได้ นอกจากการตรวจสอบเครื่องมือให้ได้มาตรฐาน ใช้สารเคมีที่มีคุณภาพ ตรวจสอบความบริสุทธิ์ และความเสถียร และการทดสอบเปรียบเทียบเครื่องมือทุกครั้งก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละชุด ยังรวมถึง ขั้นตอนการรับตัวอย่างภาคสนาม การกำหนดวิธีวิเคราะห์ ขั้นตอนการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ การรายงาน ผลการวิเคราะห์ และการตรวจทานความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้กับข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อยืนยันความ ถูกต้องของข้อมูล โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

๒.๑ การรับตัวอย่างภาคสนาม จะมีใบรับตัวอย่างโดยให้ผู้ส่งตัวอย่างระบุสถานที่เก็บตัวอย่าง พารามิเตอร์ที่จะตรวจวิเคราะห์ ประเภทของตัวอย่าง ผู้เก็บตัวอย่าง วันเวลาที่เก็บตัวอย่าง และหมายเลข โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ เพื่อเป็นหลักฐานการส่งตัวอย่างของผู้ส่งตัวอย่าง ซึ่งผู้รับตัวอย่างจะมีการตรวจสอบ ความถูกต้องของตัวอย่างโดยละเอียดก่อนที่จะส่งให้เจ้าหน้าที่ทำการวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั้งนี้ผู้รับ ตัวอย่างจะต้องได้รับการฝึกอบรมการรับตัวอย่างและผ่านการประเมินความสามารถเกี่ยวกับการรับตัวอย่าง อย่างน้อยปีละครั้ง

๒.๒ การตรวจสอบภายในห้องปฏิบัติการ ควรมีการดำเนินการ ดังนี้

๒.๒.๑ การประเมินความสามารถบุคลากร ก่อนมอบหมายเจ้าหน้าที่ให้ทำการทดสอบตามวิธี ทดสอบใด ๆ จะต้องผ่านการฝึกอบรมและการประเมินความสามารถ โดยมีการฝึกสอนทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ และเจ้าหน้าที่ต้องหมุนเวียนไปทำงานใหม่อยู่เป็นระยะหรือในทุก ๆ ปี ซึ่งทุกครั้งที่มีการหมุนเวียนงานใหม่จะต้อง ได้รับการประเมินความสามารถก่อน รวมทั้งจัดทำแผนการประเมินความสามารถตามความเหมาะสมของ ห้องปฏิบัติการอย่างน้อยปีละ ๑ ครั้ง

๒.๒.๒ ห้องปฏิบัติการต้องมีการดำเนินการตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์และตรวจเช็ค ประสิทธิภาพของเครื่องมือตามวิธีมาตรฐานสากลที่ได้กำหนดไว้ ดังนี้ ดำเนินการตรวจสอบขีดจำกัดของการวัด (limit of Detection, LOD), ดำเนินการตรวจสอบขีดจำกัดของวิธีทดสอบ (Method Detection Limit, MDL), ดำเนินการตรวจสอบ Method Blank, ดำเนินการตรวจซ้ำในห้องปฏิบัติการ (Duplicate analysis), ดำเนินการเติมสารละลายที่ทราบความเข้มข้น (Matrix Spike) ซึ่งเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการจะต้องเข้ารับการ ฝึกสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในเรื่องการตรวจสอบวิธีวิเคราะห์และตรวจเช็คประสิทธิภาพของ เครื่องมือ จนผ่านการประเมินความสามารถจากหน่วยงานที่ผ่านการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ และห้องปฏิบัติการสอบเทียบด้านสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO/IEC ๑๗๐๒๕ ซึ่งมีอยู่ ๒ แห่ง คือ สำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และสำนักงานบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

๒.๓ การควบคุมคุณภาพข้อมูล เป็นขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลการวิเคราะห์ทดสอบ โดยทำ การตรวจสอบเลขนัยสำคัญ ตรวจสอบหน่วย ตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล ก่อนรายงานผลการวิเคราะห์ กลับไปยังผู้ขอใช้บริการ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักงานระบายน้ำ มีการตรวจวิเคราะห์ ตรวจสอบคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และเป็นที่ยอมรับในด้านดังกล่าว ตลอดทั้งมีการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง และน่าเชื่อถือ

### ตัวชี้วัดความสำเร็จ

1. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักงานระบายน้ำ มีผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำ ได้อย่างน้อยร้อยละ ๙๕ ภายในปี พ.ศ. ๒๕๖๖ เพื่อให้ผู้รับบริการได้มีความเชื่อมั่นในผลการตรวจวิเคราะห์
2. ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพน้ำมีความน่าเชื่อถือ ส่งผลทำให้พัฒนาไปสู่การรับรองมาตรฐาน ISO/IEC ๑๗๐๒๕ ซึ่งเป็นมาตรฐานเทียบเท่าในระดับสากล ได้ภายในปี พ.ศ. ๒๕๖๖

ลงชื่อ..... จิตรา แก้วหลวง  
(น.ส.จิตรา แก้วหลวง)  
นักวิชาการสุขาภิบาลปฏิบัติการ  
สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักงานระบายน้ำ

ผู้ขอรับการประเมิน  
๑ ๕ มี.ค. ๒๕๖๑

ภาคผนวก

# การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน

## ภาคผนวก ก

### การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision)

การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) จากตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH<sub>4</sub>Cl) ความเข้มข้น ๑๐๐, ๒๕๐ และ ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ ๑๐ ซ้ำ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง

ลำดับที่	ตัวอย่าง+ NH <sub>4</sub> Cl ๑๐๐ mg/l		ตัวอย่าง +NH <sub>4</sub> Cl ๒๕๐ mg/l		ตัวอย่าง +NH <sub>4</sub> Cl ๕๐๐ mg/l	
	ค่าวิเคราะห์	ค่าจริง	ค่าวิเคราะห์	ค่าจริง	ค่าวิเคราะห์	ค่าจริง
๑	๔.๗๙	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๖	๘.๗๕
๒	๔.๗๖	๔.๗๙	๖.๒๔	๖.๒๘	๘.๗๔	๘.๗๕
๓	๔.๘๒	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๑	๘.๗๕
๔	๔.๗๓	๔.๗๙	๖.๒๔	๖.๒๘	๘.๗๔	๘.๗๕
๕	๔.๗๖	๔.๗๙	๖.๓๐	๖.๒๘	๘.๗๖	๘.๗๕
๖	๔.๘๔	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๖๘	๘.๗๕
๗	๔.๗๙	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๖	๘.๗๕
๘	๔.๗๐	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๔	๘.๗๕
๙	๔.๗๓	๔.๗๙	๖.๒๔	๖.๒๘	๘.๗๖	๘.๗๕
๑๐	๔.๗๖	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๔	๘.๗๕
Mean	๔.๗๗	๔.๗๙	๖.๒๗	๖.๒๘	๘.๗๔	๘.๗๕
SD	๐.๐๔		๐.๐๒		๐.๐๓	
%RSD	๐.๘๘		๐.๒๘		๐.๓๒	
%Recovery	๙๙.๕๑		๙๙.๘๓		๙๙.๘๔	
t-stat	๑.๗๙		๑.๙๓		๑.๕๕	
t-critical	๒.๒๖		๒.๒๖		๒.๒๖	

หมายเหตุ: เติมสารละลายสไปค์ (NH<sub>4</sub>Cl) ๑ มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง

ภาคผนวก ข

การทดสอบค่า t-test ของวิธีที่ศึกษาเทียบกับวิธีมาตรฐาน (reference method)

ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่นแยกให้ได้ปริมาตรรวม ๑๕๐ มิลลิลิตร เทียบกับ การกลั่นแยกให้ได้ปริมาตรรวม ๒๐๐ มิลลิลิตร (reference method) จำนวน ๑๐๐ ตัวอย่าง แสดงดังตาราง

ลำดับที่	คลอง/จุดเก็บตัวอย่าง (รหัส)	๑๕๐ มิลลิลิตร (๖ นาที)	๒๐๐ มิลลิลิตร (๘ นาที)
๑	คลองบึง/หน้าสำนักงานเขตสวนหลวง (๑๐๗๑)	๑๗.๘๑	๑๗.๗๒
๒	คลองสองห้อง/ถ.อ่อนนุชใกล้ซอย๖๑ (๑๐๘๑)	๑๒.๙๙	๑๒.๙๔
๓	คลองสองห้อง/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ (๑๐๘๒)	๖.๙๒	๖.๘๙
๔	คลองสองห้อง/หน้าโรงขยะอ่อนนุช (๑๐๘๓)	๑๒.๒๖	๑๒.๒๔
๕	คลองวัดกระทุ่มเสือปลา/วัดกระทุ่มเสือปลา(๑๐๙๑)	๑๐.๐๕	๑๐.๐๕
๖	คลองจรเข้ขบ/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ ซอย ๗๙ (๑๑๐๑)	๕.๘๘	๕.๙๑
๗	คลองจรเข้ขบ/ถ.ลาดกระบัง ใต้ทางด่วน (๑๑๐๒)	๖.๑๖	๖.๒๒
๘	คลองหัวหมาก/ถ.อ่อนนุช (๑๑๗๑)	๑๘.๒๖	๑๘.๒๖
๙	คลองแสนแสบ/ตลาดหนองจอก (๐๙๐)	๐.๐๐	๐.๐๐
๑๐	คลองแสนแสบ/ถ.อโศกดินแดง (๐๙๑)	๖.๘๖	๖.๘๐
๑๑	คลองแสนแสบ/ปตร.แสนแสบ ซอยประสานมิตร (๐๙๒)	๖.๖๔	๖.๖๔
๑๒	คลองแสนแสบ/ซอยเทพลีลา (๐๙๓)	๑๖.๒๗	๑๖.๓๘
๑๓	คลองแสนแสบ/สะพานบางกะปิ (๐๙๔)	๑๖.๒๔	๑๖.๒๔
๑๔	คลองแสนแสบ/วัดบำเพ็ญเหนือ (๐๙๕)	๘.๖๐	๘.๖๐
๑๕	คลองแสนแสบ/โรงเรียนสตรีวิทย์วิบูลย์ (๐๙๖)	๘.๙๐	๙.๕๘
๑๖	คลองแสนแสบ/ปตร.แสนแสบมีนบุรี (๐๙๗)	๘.๕๔	๘.๔๖
๑๗	คลองแสนแสบ/สะพานประตูน้ำเวลเทรดเซ็นเตอร์ (๐๙๘)	๑.๘๘	๑.๙๓
๑๘	คลองแสนแสบ/ถ.เลียบวารี (๐๙๙)	๒.๐๗	๒.๑๓
๑๙	คลองแสนแสบ/ซอยโรงเรียนสุเหร่าใหม่ (๐๙๙.๑)	๐.๐๐	๐.๐๐
๒๐	คลองบางกะปิ/ปตร.บางกะปิ (๕๐๑)	๑๑.๑๒	๑๑.๑๔
๒๑	คลองทรายกองดิน/สุเหร่าทรายกองดิน (๙๒๑)	๑.๙๓	๑.๘๘
๒๒	คลองสามวา/ปตร.หทัยราษฎร์ (๑๖๙๑)	๓.๑๑	๒.๘๐
๒๓	คลองสามวา/สุเหร่าคลองสามวา (๑๖๙๒)	๓.๓๖	๓.๓๙
๒๔	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.ราชินี (๐๑๒)	๐.๑๔	๐.๐๖
๒๕	คลองคูเมืองเดิม/หน้ากรมที่ดิน (๐๑๓)	๐.๐๘	๐.๑๑
๒๖	คลองคูเมืองเดิม/อนุสาวรีย์แม่ธรณีผูกมวยผม (๐๑๔)	๐.๐๐	๐.๐๓
๒๗	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.พระปิ่นเกล้า (๐๑๕)	๑๐.๖๔	๑๐.๕๖
๒๘	คลองคูเมืองเดิม/หน้ากระทรวงมหาดไทย (๐๑๖)	๐.๐๐	๐.๐๓
๒๙	คลองหลอดวัดราชนัดดา/หลัง กทม. ๑ (๐๒๑)	๒.๔๔	๒.๔๑
๓๐	คลองหลอดวัดราชบพิธ/ถนนตีทอง (๐๓๑)	๑.๔๘	๑.๕๑
๓๑	คลองรอบกรุง/สะพานผ่านฟ้า (๐๔๑)	๔.๘๒	๔.๘๔
๓๒	คลองรอบกรุง/หลังตลาดนานา (๐๔๒)	๐.๕๖	๐.๔๘
๓๓	คลองรอบกรุง/ปตร.บางลำภู (๐๔๓)	๐.๐๐	๐.๐๐



ลำดับที่	คลอง/จุดเก็บตัวอย่าง (รหัส)	๑๕๐ มิลลิลิตร (๖ นาที)	๒๐๐ มิลลิลิตร (๘ นาที)
๓๔	คลองรอบกรุง/ปตร.โอ่งอ่าง (๐๕๑)	๐.๐๐	๐.๐๐
๓๕	คลองรอบกรุง/สะพานดำรงสถิต (๐๕๒)	๒.๔๖	๒.๔๖
๓๖	คลองรอบกรุง/สะพานสมมตอมรรมาศ (๐๕๓)	๖.๒๒	๕.๙๙
๓๗	คลองมหานาค/สะพานดำรงสถิต (๐๖๑)	๕.๘๐	๕.๗๔
๓๘	คลองมหานาค/สะพานเจริญราษฎร์ (๐๖๒)	๔.๒๓	๔.๒๖
๓๙	คลองมหานาค/เจริญผล (๐๖๓)	๐.๐๐	๐.๐๐
๔๐	คลองผดุงกรุงเกษม/สถานีสูบน้ำกรุงเกษม (๐๗๒)	๒.๐๔	๒.๑๖
๔๑	คลองผดุงกรุงเกษม/สถานีรถไฟหัวลำโพง (๐๗๓)	๑.๘๒	๑.๘๕
๔๒	คลองผดุงกรุงเกษม/หน้ากรมวิเทศสหการ (๐๗๔)	๐.๐๓	๐.๐๐
๔๓	คลองผดุงกรุงเกษม/ตลาดเทวราช (๐๗๕)	๐.๐๐	๐.๐๐
๔๔	คลองผดุงกรุงเกษม/ปตร.เทเวศน์ (๐๗๖)	๐.๐๐	๐.๐๐
๔๕	คลองสวนหลวง/แยกเจริญผล (๗๒๑)	๑๙.๓๒	๑๙.๒๙
๔๖	คลองสวนหลวง/ถ.เจริญเมือง (๗๒๒)	๑๙.๖๖	๑๙.๖๘
๔๗	คลองลาดบัวขาว/โรงเรียนสุเหร่าลาดบัวขาว (๘๙๑)	๘.๘๕	๘.๗๖
๔๘	คลองลาดบัวขาว/วัดลาดบัวขาว (๘๙๒)	๑๒.๐๔	๑๒.๐๔
๔๙	คลองลำนายโส/โรงเรียนสุเหร่าลำนายโส (๙๐๑)	๑๑.๐๖	๑๑.๐๖
๕๐	คลองลำนายโส/วัดปากบึง (๙๐๒)	๑๐.๖๑	๑๐.๖๗
๕๑	คลองบึงขวาง/ชุมชนพัฒนาบึงขวาง (๙๑๑)	๘.๘๒	๘.๗๖
๕๒	คลองบัว(บางเขน)/โรงเรียนบ้านคลองบัว (๑๒๘๑)	๒๒.๕๑	๒๒.๕๔
๕๓	คลองจระเข้/ถ.วัชรพล (๑๒๙๑)	๒๓.๙๔	๒๓.๙๑
๕๔	คลองออเงิน/ถ.สุขาภิบาล ๕ (๑๓๐๑)	๔.๒๐	๔.๑๗
๕๕	คลองออเงิน/หมู่บ้านมายด์เพลส (๑๓๐๒)	๔.๖๕	๔.๕๙
๕๖	คลองออเงิน/โรงเรียนศิริวัฒนวิทยา (๑๓๐๓)	๔.๑๔	๔.๐๙
๕๗	คลองสอง/โรงเรียนระเบียบวิทยา (๑๓๒๑)	๓.๔๔	๓.๓๖
๕๘	คลองลาดพร้าว/สน.วังทองหลาง (๑๘๐)	๙.๖๓	๙.๖๐
๕๙	คลองบางนา/หน้ากรมอุตุนิยมวิทยา (๒๘๑)	๑๑.๐๓	๑๑.๐๓
๖๐	คลองบางนา/สะพานบางนา (๒๘๒)	๑๑.๕๖	๑๑.๕๖
๖๑	คลองสำโรง/สะพานสำโรง (๓๗๑)	๑๐.๐๒	๑๐.๐๕
๖๒	คลองบางจาก/โรงกลั่นน้ำมันบางจาก (๔๘๑)	๑๑.๙๖	๑๒.๐๗
๖๓	คลองหลุมไผ่/ถ.ลาดปลาเค้า (๕๘๑)	๑๗.๖๑	๑๗.๕๘
๖๔	คลองหลุมไผ่/ซอยลาดปลาเค้า ๕๓ (๕๘๒)	๑๘.๒๖	๑๘.๒๘
๖๕	คลองกุ่ม/หมู่บ้านสหกรณ์ (๕๙๑)	๔๓.๖๐	๔๓.๖๒
๖๖	คลองกุ่ม/ถ.สุขาภิบาล ๒ (๕๙๒)	๑๑.๕๖	๑๑.๕๖
๖๗	คลองพิงพวย/ถ.สุขาภิบาล ๑ (๖๐๑)	๘.๓๔	๘.๓๒
๖๘	คลองพิงพวย/หลังแฟลตคลองจั่น ซอย ๕๗ (๖๐๒)	๙.๘๐	๙.๖๙
๖๙	คลองนาซอ/ซอยพาดิษจ้านง (๗๕๑)	๒๖.๕๗	๒๖.๖๐
๗๐	คลองนาซอ/สถานีสูบน้ำนาซอ (๗๕๒)	๑๔.๐๓	๑๔.๐๖

ลำดับที่	คลอง/จุดเก็บตัวอย่าง (รหัส)	๑๕๐ มิลลิลิตร (๖ นาที)	๒๐๐ มิลลิลิตร (๘ นาที)
๗๑	คลองปลับพลา/สถานีสูบน้ำคลองปลับพลา (๑๗๐๑)	๑๔.๕๖	๑๔.๕๓
๗๒	คลองปลับพลา/ถ.ประดิษฐ์มนูธรรม (๑๗๐๒)	๑๔.๕๐	๑๔.๔๘
๗๓	คลองปลับพลา/ลานจอดรถคลินิกศูนย์แพทย์พัฒนา (๑๗๐๓)	๑๔.๔๒	๑๔.๔๒
๗๔	คลองปลับพลา/หลังหมู่บ้านปลับพลา (๑๗๐๔)	๑๔.๕๓	๑๔.๕๐
๗๕	คลองปลับพลา/หลัง สน.วังทองกลาง (๑๗๐๕)	๑๑.๐๓	๑๑.๐๖
๗๖	คลองตาป่วน/ตรงข้ามคลินิกศูนย์แพทย์พัฒนา (๑๗๑๑)	๑๔.๖๗	๑๔.๗๐
๗๗	คลองบางกอกใหญ่/ถ.เพชรเกษม (๓๙๑)	๐.๔๒	๐.๔๕
๗๘	คลองบางกอกใหญ่/โรงเรียนพาณิชยการธนบุรี (๓๙๒)	๐.๐๓	๐.๐๐
๗๙	คลองซีกพระ/วัดช่างเหล็ก (๓๙๓)	๐.๐๐	๐.๐๐
๘๐	คลองซีกพระ/บางขุนนนท์ (๓๙๔)	๐.๐๓	๐.๐๖
๘๑	คลองบางกอกใหญ่/สะพานเจริญพาสณ์ (๓๙๕)	๐.๐๐	๐.๐๓
๘๒	คลองครุ/ถ.เสรีไทย ๖๗ (๑๕๑๓)	๑๒.๑๘	๑๒.๑๘
๘๓	คลองลำเกร็ด/ถ.ปัญญา-เนเจอร์ปาร์ค (๑๕๓๑)	๑๓.๑๐	๑๓.๑๓
๘๔	คลองคอตัน/ถ.ปัญญา-เนเจอร์ปาร์ค (๑๕๔๑)	๗.๒๕	๗.๑๗
๘๕	คลองรหัส/ถ.เสรีไทย ๕๗ (๑๕๕๑)	๑๖.๘๖	๑๖.๙๑
๘๖	คลองลำต้นนุ่น/ถ.เสรีไทย ๗๓ (๑๕๖๑)	๒๓.๙๗	๒๔.๐๐
๘๗	คลองลาดยาว/ถ.วิภาวดีรังสิต (๖๙๑)	๑๘.๓๑	๑๘.๒๖
๘๘	คลองลาดยาว/ถ.รัชดาภิเษก (๖๙๒)	๒๐.๘๓	๒๐.๘๐
๘๙	คลองพญาเว็ก/ซอยลาดพร้าว ๕/๑ (๗๐๑)	๒๗.๘๓	๒๗.๘๖
๙๐	คลองน้ำแก้ว/ซอยลาดพร้าว ๓๕ (๗๑๑)	๑๒.๐๗	๑๒.๑๒
๙๑	คลองน้ำแก้ว/ถ.รัชดาภิเษก๗๑๒	๒๑.๗๓	๒๑.๗๘
๙๒	คลองปลัดเปรียง/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ (๑๑๑๑)	๑๕.๐๖	๑๕.๐๙
๙๓	คลองปลัดเปรียง/ซอยร่มเย็น (๑๑๑๒)	๑๗.๑๑	๑๗.๑๙
๙๔	คลองมะขามเทศ/มัสยิดชะห์หรือตุลอิสลาม (๑๑๒๑)	๘.๖๒	๘.๘๕
๙๕	คลองหนองบอน/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ ซอย ๒๖ (๑๑๓๑)	๗.๙๒	๗.๙๒
๙๖	คลองตาช้าง/สถานีสูบน้ำคลองตาช้าง (๑๑๔๑)	๑๒.๕๗	๑๒.๖๖
๙๗	คลองตาสาต/ปตร.คลองสาต (๑๑๕๑)	๑๓.๖๖	๑๓.๖๖
๙๘	คลองโคกวัด/ถ.ศรีนครินทร์ (๑๑๖๑)	๑๘.๔๒	๑๘.๔๘
๙๙	คลองตัน/ปตร.คลองตัน (๑๐๑)	๒๐.๗๘	๒๐.๙๔
๑๐๐	คลองพระโขนง/ปตร.พระโขนง (๒๗๑)	๙.๕๒	๙.๕๒
t-stat		๐.๓๒	
t-critical two-tail		๑.๙๘	
P (two tail)		๐.๗๕	
ระดับนัยสำคัญ ๙๕% ( $\alpha=0.05$ )		๐.๐๕	

หมายเหตุ: ทำการวิเคราะห์ค่า t-test ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐