การศึกษาผลของจำนวนและตำแหน่งในการติดตั้งแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำ

The Study of The Number and Position of Installed Air Chamber Affecting on The Pressure in The Water Transmission System

ยุทธศักดิ์ อนันตเดชศักดิ์[1],* พนิดา สีมาวุธ[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
**Corresponding author address: a.yuthasak@gmail.com*

บทคัดย่อ

แอร์แว คืออุปกรณ์เสริมที่เกษตรกรคนไทยนิยมติดตั้งในระบบสูบส่งน้ำซึ่งเชื่อว่าจะช่วยให้การสูบน้ำไปได้ไกลและเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อการจัดการการติดตั้งแอร์แวให้เป็นไปตามตามความเหมาะสม บทความนี้ขอนำเสนอการศึกษาผลของจำนวนและตำแหน่งในการติดตั้งแอร์แว ต่อความดันในระบบส่งน้ำ โดยใช้ต้นแบบจากกรมชลประทานมาศึกษาโดยการเพิ่มจำนวนแอร์แวจาก 2 ตัว เป็น 3 ตัว ซึ่งค่าอัตราการไหลที่เหมาะในการใช้งานอยู่ในช่วง 160 ถึง 400 ลิตรต่อนาที โดยการทดลองนั้นจะปรับเปลี่ยนอัตราการไหลที่แตกต่างกัน 5 ค่า จากการทดลองพบว่าการติดตั้งโดยใช้แอร์แว 1 ตัว, 2 ตัว, และ 3 ตัว ให้ค่าความดันในท่อส่งน้ำไม่แตกต่างจากท่อเปล่า หากพิจารณาในแง่ของการไหลพบว่าการใช้แอร์แว 3 ตัว จะช่วยดักอากาศที่อยู่ในเส้นท่อได้มากขึ้นทำให้ลดความผันผวนของอัตราการไหลได้ดีกว่ากรณีอื่นๆ ในส่วนของระยะในการติดตั้งแอร์แวที่เหมาะสมควรติดตั้งแอร์แวตัวแรกที่ระยะห่างจากปั๊ม 1.5 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับควบคุมประตูน้ำเพื่อเลี่ยงความดันในท่อส่งน้ำให้สามารถส่งน้ำได้ไกลขึ้นโดยการปิดประตูน้ำ 7 วินาที และเปิดประตูน้ำภายใน 5 วินาที

คำสำคัญ: แอร์แว, ความดัน, ท่อเปล่า

Abstract

“Air Wares” is an accessory that Thai farmers have widely applied in the water pumping system to increase the flow rate and deliver water over longer distances. To manage the appropriate installation of Air Ware, this study, therefore, aims to examine the effect of the number of Air Wares and the installation space between air wares on the pressure in the water supply system. Apart from the master Air Wares from Royal Irrigation Department, this experiment connected additional Air Wares, changing from two to three air wares. The findings indicated the ideal minimum and maximum flow rate of 160 and 380 liters per minute obtained by varying five flow rates. Furthermore, the pressure of delivery pipes showed no significant differences from the plain tube when installing one two three air wares. However, three air wares contribute to better air trapping in a pipe and lesser flow rate fluctuation than one to two Air Wares and the plain tube. The maximum distance that affects the water supply system for the Air Wares installation is 1.5 meters from the pump. Additionally, the most appropriate time to control the valve and maintain the pressure in pipes is to close the gate for 7 seconds and open the gate within 5 seconds.

Keywords: Air Wares, pressure, plain tube

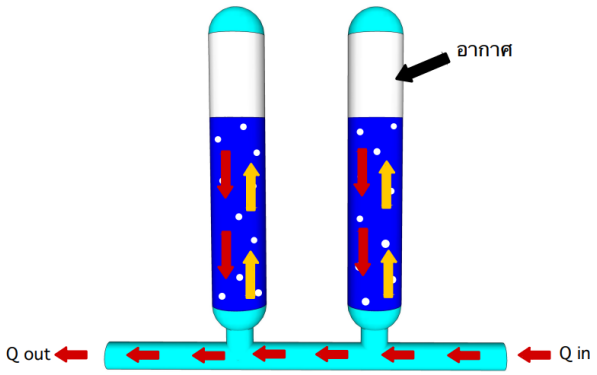
1. คำนำ

แอร์แว คืออุปกรณ์เสริมที่เกษตรกรคนไทยนิยมติดตั้งในระบบสูบส่งน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ใช้น้ำ ซึ่งการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือนี้ขึ้นมาก็เพื่อช่วยให้การสูบน้ำไปได้ไกล และเร็วยิ่งขึ้น ด้วยการอาศัยแรงดันจากอากาศภายในท่อพีวีซีที่ต่อระหว่างท่อส่งน้ำ ในขณะที่การทำงานของเครื่องสูบน้ำทำงานเท่าเดิมแต่สามารถส่งน้ำได้ไกลมากขึ้น เครื่องมือดังกล่าวจึงถูกนำไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรทั่วประเทศที่มีปัญหาการสูบน้ำที่ต้องใช้เวลา และพลังงานที่สูงขึ้นในการสูบน้ำมายังแปลงเพราะปลูก โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงาน อาศัยเพียงหลักการของการไหลตามหลักการของชลศาสตร์ ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและยังมี

ชิ้นส่วนประกอบหลักๆที่เพิ่มเติมเข้าไปในระบบส่งน้ำหลักเพียงไม่กี่ชิ้นทำให้สะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ต่อเนื่องตราบใดที่มีแหล่งน้ำจ่ายให้กับปั๊มอย่างสม่ำเสมอ เป็นการลดต้นทุนและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้ได้มีการศึกษาไม่ว่าจะงานวิจัยหรืองานส่งเสริมจากทางภาครัฐบาล[1] เพื่อให้สามารถจัดการการใช้งานระบบส่งน้ำที่มีการติดตั้งแอร์แวเป็นไปด้วยความเหมาะสมอาทิเช่น วศิน สิรินนัทเกต และคณะ [2] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องสูบน้ำและออกแบบชุดแอร์แว โดยอาศัยเครื่องสูบน้ำลูกสูบชักพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดลองหาความสัมพันธ์ของแอร์โดยใช้ท่อเมนขนาด 2 นิ้วและมีความสูงของกระบอกตั้งแต่ 100 เซนติเมตร จนถึง 200 เซนติเมตร ระยะห่างตั้งแต่ 40 เซนติเมตร จนถึง 100 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่ารูปแบบที่ดีที่สุดคือ ระยะห่างระหว่างแอร์แวแต่ละตัวควรห่างกัน 50 เซนติเมตร และความสูงของแอร์แวควรใช้ความสูงอย่างน้อย 150 เซนติเมตร นอกจากนั้นยังมีการศึกษาผลของการใช้แอร์แวในระบบส่งน้ำต่อค่าความดันและอัตราการไหลโดยภูวดล พรหมชา และคณะ [3] ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องสูบน้ำ แบบแรงเหวี่ยง กำลัง 0.55 kW ท่อส่งน้ำหลักและท่อพักอากาศใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และ 3/4 นิ้ว ตามลำดับ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ประกอบด้วยการทดลองแบบไม่มีแอร์แว หรือท่อพักอากาศ และการทดลองมีท่อพักอากาศแบบคู่ ผลการศึกษาพบว่าการติดตั้งท่อพักอากาศสามารถเพิ่มอัตราการไหลได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองแบบไม่มีท่อพักอากาศ แต่การติดตั้งท่อพักอากาศสามารถรักษาความดันในท่อหลักให้คงที่ได้ดีกว่าไม่มีการติดตั้งท่อพักอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากฟองอากาศที่ไหลปะปนมากับน้ำถูกกักอยู่ในท่อพักอากาศช่วยให้การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานต่ำลง ส่งผลให้น้ำไหลเต็มท่อและยังช่วยลดการผันผวนของความดันในท่อส่งน้ำ แต่จากการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะศึกษารูปแบบการใช้งานระบบส่งน้ำที่มีการติดตั้งแอร์แวที่เพียง 2 ตัว ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำที่มีการติดตั้งแอร์แวให้เป็นไปตามความเหมาะสมที่จะสามารถเบาแรงขับของเครื่องสูบน้ำลง ทำให้ยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำได้นานขึ้น และส่งน้ำไปได้ไกลขึ้นคณะผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาผลของจำนวนและตำแหน่งในการติดตั้งแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำโดยได้ใช้ต้นแบบของกรมชลประทานและโครงการวิจัยการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด กรณีบ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี โดยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) [1] ที่ได้ออกแบบเพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ในพื้นที่ต่างๆตามความต้องการใช้งาน

2. หลักการทำงานและทฤษฎีพื้นฐาน

หลักการทำงานของแอร์แว เมื่อน้ำถูกสูบขึ้นมาจากหัวกะโหลกที่อยู่ใต้น้ำก็จะมีอากาศขึ้นมาด้วย ซึ่งช่องว่างที่อยู่ในท่อแนวตั้งในรูปที่ 1 จะมีอากาศแวะเข้าไปในท่อดังกล่าว และเมื่ออากาศด้านบนของท่อไม่มีที่ออกก็จะเกิดแรงดันเพิ่มมากขึ้นก็จะไปดันน้ำที่อยู่ในท่อออกมา จะช่วยลดความผันผวนของการไหลได้ดี หากมีการควบคุมการการทำงานของระบบแอร์แวอาจจะช่วยส่งน้ำไปยังถังเก็บน้ำซึ่งติดตั้งอยู่ในระดับที่สูงและระยะทางการส่งที่ยาวไกลขึ้น [1] ซึ่งก็สอดคล้องกับการใช้งานเครื่องสูบน้ำจำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นๆประกอบด้วยเพื่อให้การทำงานของเครื่องสูบน้ำเป็นไปตามที่ออกแบบตัวอย่างเช่น ห้องอากาศ (air chamber หรือ air vessel) หรือจะเป็นเพียงแอร์แว ก็ตามเหล่านี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งด้านส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำเพื่อรองรับแรงกระแทกของค้อนน้ำ (water hammer) หลักการทำงานคือกักน้ำและอากาศส่วนเกินเอาไว้กรณีที่เกิดแรงกระแทกในเส้นท่อ[3] ส่วนการไหลจะอาศัยพลังงานที่อยู่ในรูปของพลังงานศักย์ (Z), พลังงานจลน์ ($\frac{V^2}{2g}$), พลังงานเนื่องจากความดัน ($\frac{P}{\gamma}$)



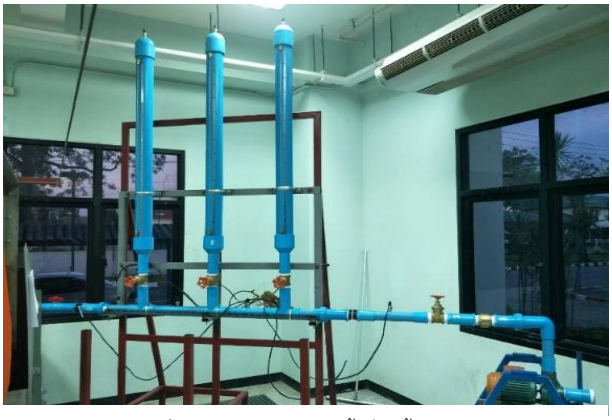
รูปที่ 1 หลักการทำงานของแอร์แวร์

3. วิธีการศึกษา

คณะผู้ศึกษาได้ทำการจัดสร้างระบบส่งน้ำที่มีการติดตั้งแอร์แว โดยใช้ต้นแบบของกรมชลประทานซึ่งจะมีขนาดเดียวกับโครงการวิจัยการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด กรณีบ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี โดยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)[1] โดยมีอุปกรณ์หลักๆคือปั๊มน้ำที่มีขนาด 2 hp ซึ่งสามารถสูบน้ำได้อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 400 ลิตรต่อนาที, ท่อส่งน้ำหลักใช้เป็นท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว

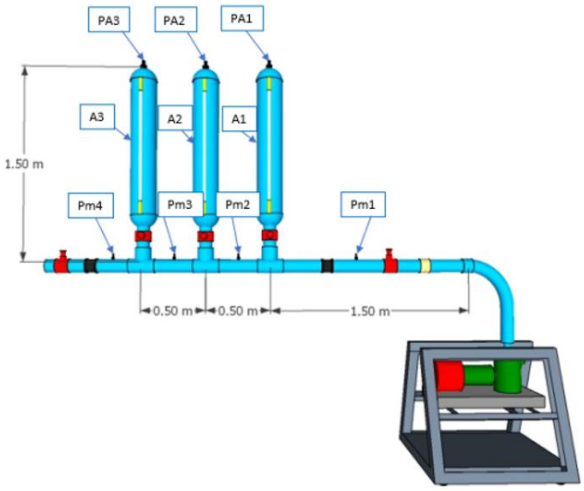
และในส่วนของแอร์แวนั้นทำจากท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว มีความสูง 1.50 เมตร ดังแสดงรูปที่ 2

ในส่วนของการวัดความดันคณะผู้ศึกษาได้ทำการติดตั้ง Pressure sensor เพื่อทำการวัดในบริเวณท่อส่งน้ำ 4 ตำแหน่งด้วยกัน โดยจะมีจุดที่ติดตั้งใกล้กับปั๊มน้ำที่สุดจะให้ชื่อว่า (PM1) จนไล่มาถึงตัวสุดท้ายใกล้วาล์วทางน้ำออกชื่อ (PM4) ในส่วนของแอร์แวที่อยู่ใกล้ปั๊มน้ำที่สุดจะให้ชื่อว่า A1 จนไล่มาถึงแอร์แวตัวที่อยู่ใกล้วาล์วทางน้ำออกให้ชื่อว่า A3



รูปที่ 2 ชุดทดลองระบบส่งน้ำที่ติดตั้งแอร์แว

พร้อมกันนี้ยังทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันบนตัวของแอร์แวโดยจะให้ชื่อว่า PA1 ในตำแหน่งของแอร์แวตัวที่ 1 ไล่จนถึง PA3 ในตำแหน่งของแอร์แวตัวสุดท้าย เพื่อตรวจสอบความผันผวนของการไหลจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหลไว้ทางท้ายน้ำโดยใช้ flow meter ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบภาพแสดงตำแหน่งของแอร์แวและตำแหน่งติดตั้ง Pressure sensor

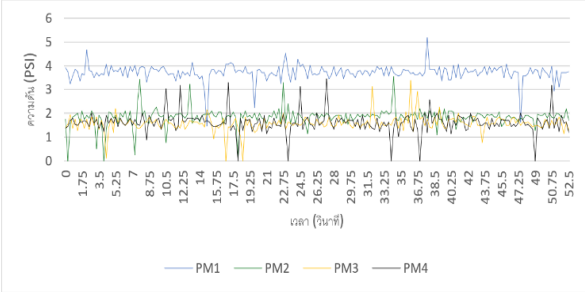
ในการตรวจสอบผลของช่วงอัตราการไหลต่อการเปลี่ยนแปลงความดันของระบบส่งน้ำนั้นได้ทดลองโดยการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 ค่า ซึ่งในแต่ละอัตราการไหลได้ทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนและระยะทางในการติดตั้งแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำ ดังได้แบ่งเป็นกรณีศึกษาต่างๆ ไว้ในส่วนของผลการศึกษาดังแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4 นอกจากนี้ยังได้ศึกษาและทดลองผลของช่วงเวลาในการเปิดปิดประตูน้ำต่อแรงดันและอัตราการไหลในระบบส่งน้ำทั้งนี้เพื่อให้การจัดส่งน้ำเป็นไปด้วยความเหมาะสมและสามารถส่งน้ำไปได้ไกลขึ้น

4. ผลการศึกษา

4.1 ทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำ

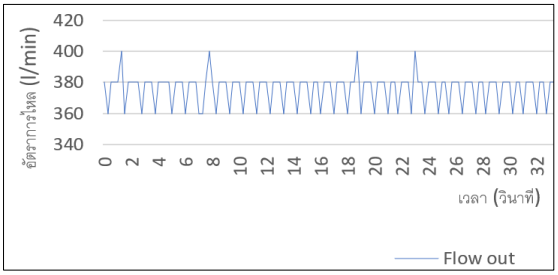
ในส่วนการทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำที่ติดตั้งแอร์แวนั้น คณะผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 การปล่อยน้ำไหลผ่านท่อเปล่าเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ,กรณีที่ 2 เปิดการใช้งานแอร์แวที่ 1 ตัว, กรณีที่ 3 เปิดการใช้งานแอร์แว 2 ตัว, กรณีที่ 4 เปิดการใช้งานแอร์แว 3 ตัว

จากผลของการตรวจสอบในส่วนของการเปลี่ยนแปลงความดันในแต่ละช่วงเวลา ด้วย Pressure sensor พบว่าทั้ง 4 กรณีให้ค่าความดันเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 1.4-1.5 psi ดังแสดงในรูปที่ 4



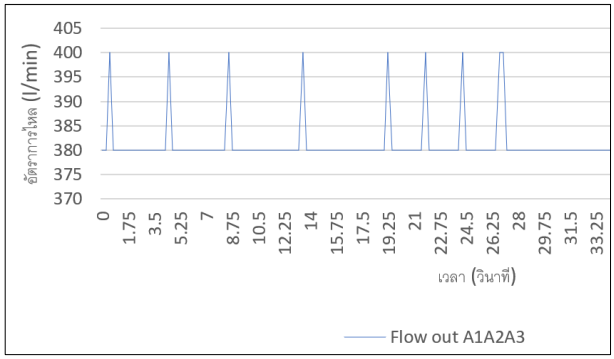
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเวลา

ส่วนผลของอัตราการไหลนั้นได้ใช้ Flow sensor วัดที่ท้ายน้ำพบว่ากรณีที่ 1,กรณีที่ 2,และกรณี 3 ให้ค่าเฉลี่ยและความผันผวนที่ใกล้เคียงกัน เช่น สำหรับการทดลองที่อัตราการไหล 380 ลิตรต่อนาที ค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 400 ลิตรต่อนาที่ ส่วนช่วงต่ำสุดมีค่า 360 ลิตรต่อนาที โดยมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 375 ลิตรต่อนาที ดังแสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเวลา

ส่วนการใช้งานแอร์แว 3 ตัว พบว่าค่าความผันผวนของการไหลนั้นจะน้อยกว่าทั้ง 3 กรณีแรก ซึ่งจากผลทดลองที่อัตราการไหล 380 ลิตรต่อนาที ให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 400 ลิตรต่อนาที, ต่ำสุดอยู่ที่ 360 ลิตรต่อนาที และมีค่าเฉลี่ยมีค่าประมาณ 381 ลิตรต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งหากเปรียบเทียบกับรูปที่ 5 จะพบว่าเมื่อใช้แอร์แว 3 จะช่วยลดความผันผวนของการไหลได้ดีขึ้น

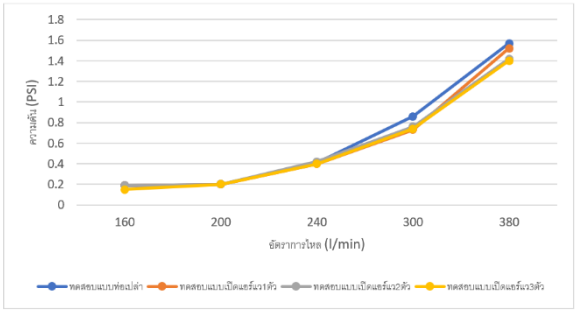


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเวลา กรณีที่ใช้แอร์แว 3 ตัว

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำที่ติดตั้งแอร์แว ในส่วนของความดันในท่อส่งน้ำนั้นพบว่า ค่าความดันที่วัดได้จากกรณีที่ 1 ถึง กรณีที่ 4 นั้น เมื่อนำค่าความดัน ณ ตำแหน่งเครื่องมือวัดตัวเดียวกันนั้นจะให้ค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันเช่น ณ ตำแหน่ง PM4 ของทั้ง 4 กรณีมีค่าดังนี้ กรณีที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 psi กรณีที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 psi กรณีที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 psi และกรณีที่4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40 psi จึงสรุปได้ว่าการทดลองแบบเปิดแอร์แว 1 ตัว เปิดแอร์แว 2 ตัว หรือเปิดแอร์แว 3 ตัว ไม่ได้ช่วยให้ความดันในท่อส่งน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำค่าความดันมาเปรียบเทียบกับการทดลองแบบท่อเปล่า

ส่วนในด้านของอัตราการไหลค่าเฉลี่ยที่วัดได้จาก Flow sensor ทั้ง 4 กรณีมีค่าดังนี้ กรณีที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 375 ลิตรต่อนาที กรณีที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 370 ลิตรต่อนาที กรณีที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 373 ลิตรต่อนาที และกรณีที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 381 ลิตรต่อนาที จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลในแต่ละกรณีมีค่าใกล้เคียง จึงสรุปได้ว่าการทดลองแบบเปิดการใช้งานแอร์แว 1 ตัว, 2 ตัว และ 3 ตัว เมื่อเทียบกับการทดลองแบบท่อเปล่านั้นไม่ได้ช่วยให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่จะช่วยในเรื่องของความผันผวนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในกรณีที่ 4 ที่เป็นการทดลองแบบเปิดแอร์แว 3 ตัว เมื่อเทียบกับการทดลองกรณีอื่นๆทั้งนี้เนื่องจากแอร์แวที่มีจำนวนมากขึ้นสามารถดักอากาศที่ติดมากับท่อส่งน้ำได้ดีส่งผลทำให้การไหลของน้ำมีความปั่นป่วนลดลงและไหลเต็มท่อมากขึ้น

หากเมื่อพิจาณาการเปลี่ยนแปลงของความดัน ณ ตำแหน่งที่ PM4 สำหรับอัตราการไหลที่แตกต่างกันทั้ง 5 ค่า พบว่าในช่วงอัตราการไหลเท่ากับ 160 ลิตรต่อนาทีจนถึงอัตราการไหล 260 ลิตรต่อนาที การเปลี่ยนแปลงของความดันนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือค่าการ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหล ณ ตำแหน่งติดตั้ง PM4 ทั้ง4 กรณี

เปลี่ยนแปลงของความดันในท่อส่งน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 กรณี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในช่วงอัตราการไหลเท่ากับ 160 ลิตรต่อนาทีจนถึงอัตราการไหล 260 ลิตรต่อนาที การเปิดแอร์แว 1ตัว 2 ตัว หรือ 3ตัว ไม่มีผลต่อความดันในท่อส่งน้ำเมื่อเทียบกับความดันในท่อเปล่า ในส่วนของช่วงอัตราการไหลเท่ากับ 270 ลิตรต่อนาทีจนถึงอัตราการไหล 380 ลิตรต่อนาที จะพบว่าความดันในท่อส่งน้ำแบบท่อเปล่าจะมีค่าสูงกว่าความดันในท่อที่เปิดใช้แอร์แวเล็กน้อย ส่วนค่าความดันในท่อส่งน้ำที่เปิดแอร์แวทั้ง 1 ตัว 2 ตัว หรือ 3 ตัว นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 กรณี ดังแสดงในรูปที่ 7

4.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของระยะทางในการการติดตั้งแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำ

การทดลองเพื่อศึกษาผลของระยะทางในการการติดตั้งแอร์แวต่อแรงดันในระบบส่งน้ำนั้นคณะผู้ศึกษา ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณี ดังนี้คือ

กรณีที่ ใช้แอร์แว 1 ตัว โดยจะสลับการทำงานของแอร์แวที่ตำแหน่ง A1, A2 และ A3 ตามลำดับ ในส่วนของความดันพบว่า ณ ตำแหน่งเครื่องมือวัดความดันดันที่ PM4 ค่าความดันเฉลี่ยในท่อที่ได้จากการทดลองแบบท่อเปล่ามีค่าเท่ากับ 1.57 psi ค่าเฉลี่ยความดันในท่อจากการทดลองแบบติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A1 มีค่าเท่ากับ 1.52 psi, ค่าเฉลี่ยความดันในท่อจากการทดลองแบบติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A2 มีค่าเท่ากับ 1.28 psi และค่าเฉลี่ยความดันในท่อจากการทดลองแบบติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A3 มีค่าเท่ากับ 1.28 psi จะเห็นได้ว่าความดันที่ตำแหน่ง A1 ให้ค่าความดันเฉลี่ยสูงสุด จากค่าความดันที่ได้จะเห็นได้ว่าระยะที่เหมาะสมในการติดตั้งแอร์แวคือตำแหน่งที่ A1 กล่าวคือระยะ 1.5 เมตรจากปั๊มน้ำ

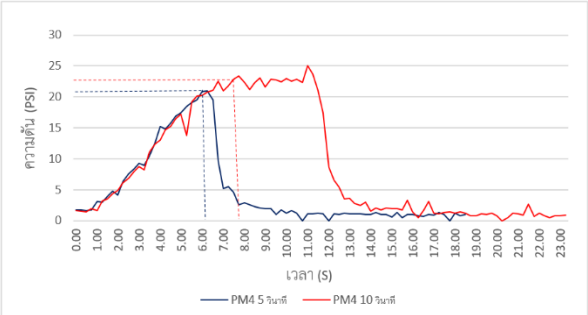
ส่วนในด้านอัตราการไหลที่วัดได้จาก Flow sensor ค่าอัตราการไหลของการทดลองปล่อยน้ำไหลผ่านแบบท่อเปล่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 375 ลิตรต่อนาที การทดลองโดยการใช้งานแอร์แวที่ตำแหน่ง A1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 370 ลิตรต่อนาที, ที่ตำแหน่ง A2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 368 ลิตรต่อนาที และที่ตำแหน่ง A3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 366 ลิตรต่อนาที จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราการไหลมีค่าใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าระยะการติดตั้งแอร์แว ณ ตำแหน่งต่างๆนั้นไม่มีผลต่ออัตราการไหลแต่อย่างใด

กรณีที่ ใช้แอร์แว 2 ตัว โดยจะสลับการทำงานของแอร์แวที่ตำแหน่ง A1-A2, A1- A3 และ A2-A3 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ณ ตำแหน่งเครื่องมือวัดที่ PM4 ค่าความดันเฉลี่ยในท่อที่จากการทดลองแบบการไหลผ่านท่อเปล่ามีค่าเท่ากับ 1.57 psi ค่าเฉลี่ยความดันในท่อจากการทดลองแบบติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A1-A2 มีค่าเท่ากับ 1.42 ที่ตำแหน่ง A2-A3 มีค่าเท่ากับ 1.25 psi และที่ตำแหน่ง A1-A3 มีค่าเท่ากับ 1.32 psi จากผลทดลองจะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่ง A2-A3 จะให้ค่าความดันในท่อส่งน้ำน้อยกว่าตำแหน่งอื่นเล็กน้อย ส่วนตำแหน่งที่มีความดันในท่อมากที่สุดคือตำแหน่ง A1-A2 ดังนั้นระยะการติดตั้งแอร์แว 2 ตัวที่เหมาะสมที่สุดคือตำแหน่งที่ A1-A2 กล่าวคือระยะทางห่างจากปั๊มน้ำ 1.5 เมตร ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นและของกรมชลประทานที่ได้ออกแบบให้กับชุมชน

ส่วนในด้านอัตราการไหลที่วัดได้จาก Flow sensor ค่าอัตราการไหลของการทดลองปล่อยน้ำไหลผ่านแบบท่อเปล่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 375 ลิตรต่อนาที ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลในท่อจากการทดลองแบบติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A1-A2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 373 ลิตรต่อนาที ที่ตำแหน่ง A2-A3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 369 ลิตรต่อนาที และ A1-A3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 369 ลิตรต่อนาที จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราการไหลมีค่าใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าระยะการติดตั้งแอร์แว ณ ตำแหน่งต่างๆนั้นไม่มีผลต่ออัตราการไหลแต่อย่างใด

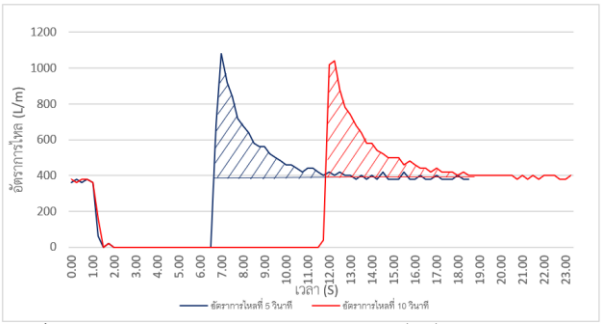
4.3 ผลการทดลองในกรณีที่มีการควบคุมการปิดเปิดประตูน้ำด้านท้าย

เพื่อการศึกษาผลของช่วงเวลาการเปิด-ปิดประตูน้ำต่อค่าความดันในระบบส่งน้ำที่ติดตั้งแอร์แว ในกรณีที่ใช้แอร์แว 3 ตัว ได้ทำการทดลองโดยการปิดประตูน้ำ 5 วินาที และ 10 วินาที พบว่าถ้าปิดประตูน้ำ 5 วินาที



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับเวลาในกรณีที่ปิดประตูน้ำ ที่ 5 วินาที และ 10 วินาที

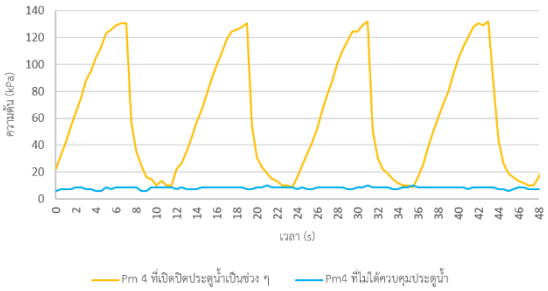
ความดันจะยังไม่ขึ้นถึงความดันสูงสุดหากเทียบกับกรณีที่ปิดประตูน้ำ 10 วินาที โดยที่ค่าความดันในท่อส่งน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงสุดภายในเวลาประมาณ 7-8 วินาที และเมื่อทำการเปิดประตูน้ำค่าความดันจะตกลงจนเท่ากับความดันในกรณีที่ไม่มีการควบคุมประตูน้ำภายในเวลาประมาณ 5 วินาที ส่วนผลของค่าอัตราการไหลที่วัดได้ทั้งกรณีที่ปิดประตูน้ำที่ 5 และ 10 วินาที พบว่าเมื่อปิดประตูน้ำอัตราการไหลจะลดลงจนเป็น 0 ลิตรต่อนาที จากนั้นเมื่อเปิดประตูน้ำค่าของอัตราการไหลจะพุ่งขึ้นสูงสุดที่ 960 ลิตรต่อนาที และลดกลับมาที่อัตราการไหล 380 ลิตรต่อนาที ในช่วงเวลา 5 วินาที ดังแสดงผลการศึกษาไว้รูปที่ 8 และ 9



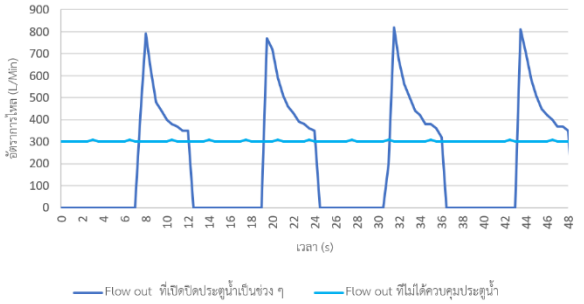
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับเวลาในกรณีที่ ปิดประตูน้ำ ที่ 5 วินาที และ 10 วินาที

นอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองโดยการควบคุมการเปิดและปิดประตูน้ำเป็นช่วงๆ จำนวน 4 ครั้ง โดยใช้ผลการทดลองการปิดและเปิดประตูน้ำที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวในข้างต้น จากการปิดประตูน้ำ 7 วินาที แล้วเปิด 5 วินาที พบว่าค่าความดันสูงสุดในแต่ละครั้งที่ปิดประตูน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปิดประตูน้ำค่าความดันจะตกลงถึงจุดที่ไม่เปิด

ประตูน้ำใช้เวลาประมาณ 4.5-5 วินาที และในส่วนของอัตราการไหลเป็นไปในทิศทางเดียวกันคืออัตราการไหลในแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 5 วินาที โดยจะมีผลแสดงดังรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเวลาในกรณีที่เปิดปิดประตูน้ำเป็นช่วงๆ



รูปที่11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเวลาในกรณีที่เปิดปิดประตูน้ำเป็นช่วงๆ

ในส่วนของผลของการควบคุมการเปิด-ปิด ประตูน้ำเป็นช่วงๆในกรณีที่ใช้ แอร์แว 1 ตัวและ 2 ตัว โดยการทดสอบการหาเวลาที่เหมาะสมตามการทดลองในกรณีที่ใช้แอร์แว 3 ตัวพบว่า เมื่อใช้แอร์แว 1 ตัวต้องควบคุมการปิดประตูน้ำภายใน 2 วินาที และสำหรับการใช้แอร์แว 2 ตัวต้องควบคุมการปิดประตูน้ำ 5 วินาที ผลการทดลองในกรณีที่มีการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำด้านท้ายในเวลาที่เหมาะสมสามารถส่งน้ำไปได้ไกลขึ้นหากเทียบกับกรณีของท่อเปล่าที่ไม่ได้ติดตั้งแอร์แวในระบบส่งน้ำ ดังแสดงการเปรียบการส่งน้ำในรูปที่ 12 ถึง รูปที่ 15

รูปที่ 12 ควบคุมประตูน้ำ 1 นาที ท่อเปล่า (ปิดการใช้งานแอร์แว)

รูปที่ 13 ควบคุมประตูน้ำ 1 นาที ที่เปิดการใช้งานแอร์แว A1

รูปที่ 14 ควบคุมประตูน้ำ 1 นาที ที่เปิดการใช้งานแอร์แว A1, A2

รูปที่ 15 ควบคุมประตูน้ำ 1 นาที ที่เปิดการใช้งานแอร์แว A1, A2, A3

5. สรุปผลการทดลอง

จากการจัดสร้างชุดทดลอง คณะผู้ศึกษาได้ทำการจัดสร้างระบบส่งน้ำที่มีการติดตั้งแอร์แว โดยใช้ต้นแบบของกรมชลประทานและโครงการวิจัยการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(สกว.) เป็นผู้จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการสำหรับระบบส่งน้ำเพื่อช่วยชาวบ้านผาชัน อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าชุดทดลองสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่คณะผู้ศึกษาตั้งไว้โดยสามารถสูบส่งน้ำได้สูงสุด 400 ลิตรต่อนาที และติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหลที่วัดได้โดยมีความแม่นยำอยู่ในช่วง 10 ถึง 400 ลิตรต่อนาที ในส่วนของเครื่องมือวัดความดันสามารถวัดได้อยู่ในช่วง 0 ถึง 12 บาร์

5.1 ผลการทดลองการศึกษาจำนวนของแอร์แวต่อความดันในระบบส่งน้ำ

ในส่วนของการทดลองคณะผู้ศึกษาได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4 พบว่าค่าความดันในท่อส่งน้ำที่วัดได้จากทั้ง 4 กรณีนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจำนวนของแอร์แวที่ติดตั้งในระบบส่งน้ำ ไม่ช่วยให้ค่าความดันเพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด ในส่วนของอัตราการไหลคณะผู้ศึกษาพบว่า จำนวนของแอร์แวที่ติดตั้งมีผลทำให้ลดความผันผวนของค่าอัตราการไหลลงอย่างชัดเจน โดยจำนวนแอร์แวที่ช่วยให้ความผันผวนของอัตราการไหลลดลงที่ดีที่สุดคือการติดตั้งแอร์แว 3 ตัว เพราะอากาศที่ติดมากับท่อส่งน้ำจะถูกเก็บกักไว้ในท่อแอร์แวจึงทำให้น้ำไหลได้เต็มท่อขึ้น ส่งผลให้ความผันผวนของอัตราการไหลลดลง ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาและวิจัยอื่นๆ ที่ว่าท่อพักอากาศหรือแอร์แวสามารถกักฟองอากาศที่ไหลปะปนมากับน้ำได้ ทำให้ไม่มีฟองอากาศ ไปขัดขวางการไหลของน้ำในท่อหลักซึ่งสามารถช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน (friction losses) ในท่อ [3,6]

5.2 ผลการทดลองการศึกษาระยะทางที่ติดตั้งแอร์แวต่อความดันในระบบส่งน้ำ

จากผลการศึกษาพบว่าระยะทางที่เหมาะที่สุดในการติดตั้งแอร์แวคือที่ตำแหน่ง A1 หรือที่ระยะ 1.5 เมตรจากปั๊มน้ำ เพราะอากาศที่ติดมากับท่อส่งน้ำยังคงอยู่เป็นกลุ่มก้อนจึงทำให้การติดตั้งแอร์แวที่ตำแหน่ง A1 มีค่าความดันในท่อส่งน้ำสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆอยู่เล็กน้อย

นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับควบคุมประตูน้ำเพื่อเลี้ยงความดันในท่อส่งน้ำ โดยกรณีที่มีการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำด้านท้ายในเวลาที่เหมาะสม เช่นในกรณีที่ติดตั้งแอร์แว 3 ตัวเวลาที่เหมาะสมควรปิดประตูน้ำเป็นเวลา 7 วินาที และเปิดประตูน้ำเป็นเวลา 5 วินาที จะสามารถส่งน้ำไปได้ไกลขึ้นหากเทียบกับกรณีของท่อเปล่าที่ไม่ได้ติดตั้งแอร์แวในระบบส่งน้ำ

ถึงแม้จากข้อสรุปจากผลการศึกษาจะพบว่าการติดตั้งแอร์แวร่วมกับระบบสูบส่งน้ำนั้นไม่ได้ช่วยในการเพิ่มอัตราการไหลและความดันในระบบส่งน้ำก็ตาม แต่ก็สามารถลดความผันผวนของการไหลในกรณีที่ระบบส่งน้ำมีอากาศปะปนเข้ามากับท่อทางดูด และหากมีการจัดการการควบคุมการใช้ประโยชน์ของอากาศที่อยู่ส่วนบนของแอร์แวโดยการ เปิด-ปิดประตูน้ำด้วยเวลาที่เหมาะสมก็สามารถส่งน้ำไปได้ไกลขึ้น โดยแนะนำให้มีการจัดการเปิดและปิดประตูน้ำเป็นช่วงๆให้เป็นไปด้วยความรวดเร็วถึงจะสามารถส่งน้ำไปด้วยความต่อเนื่อง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษา ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการการศึกษาในครั้งนี้ที่เอื้อเฟื้อในการให้ข้อมูลต่างๆจนการศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (2550). โครงการวิจัยการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด กรณีบ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี, สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

[2] วศิน สิรินันทเกต และ ณัฐภัทร มาตราชค (2558).ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของปั๊มน้ำแบบลูกสูบชักด้วยแอร์แว. ปรัชญานิพนธ, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[3] ภูวดล พรหมชา, เอกนรินทร์ ฝ่ายริพล, ณรงค์ศักดิ์ มาไชยนาม และ ปกรณ์ ยอดวงศ์เรือน (2561).ศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งท่อแอร์แวสามารถเพิ่มอัตราการไหลในระบบสูบ.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23, วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2561 จ.นครนายก, หน้า 1-4.

[4] อภิรักษ์ พิณพิพัฒน์,กนกวรรณ กรพิพัฒน์ และชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ (2556).ศึกษาวิธีการเพิ่มแรงดันในระบบท่อส่งน้ำด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยลัยเกษตรศาสตร์.

[5] มาโนช ริทินโย, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน และ อมรศักดิ์ มาใหญ่ (2561).ศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการนำเพื่อการเกษตรอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลพลกรัง. ปรัชญานิพนธ์,สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

.[6] Sang-Gyun, K., Kye-Bock, L., Kyung-Yup, K. (2014). Water hammer in the pump-rising pipeline system with an air chamber. Journal of Hydrodynamics, 26, pp. 960-964