ผลงานประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์
ตำแหน่งประเภทวิชาชีพเฉพาะ

ตำแหน่ง วิศวกรเครื่องกลชำนาญการ (ด้านออกแบบและคำนวณ)

เรื่องที่เสนอให้ประเมิน

๑. ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่อง การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

๒. ข้อเสนอแนวคิดวิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เรื่อง การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

เสนอโดย

นายเดชชาติ ภักดีพันธุ์

ตำแหน่ง วิศวกรเครื่องกลปฏิบัติการ

(ตำแหน่งเลขที่ สคน.๔๘)

กลุ่มงานวิศวกรรม ส่วนระบบควบคุมน้ำพระนคร

สำนักงานระบบควบคุมน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

๑. ชื่อผลงาน เรื่อง การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

๒. ช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการ ๒๓ มิถุนายน ๒๕๖๕ - ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๕

๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ การระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ประมาณ ๑,๕๖๘ ตารางกิโลเมตร บางพื้นที่มีระดับพื้นดินที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล จึงทำให้การระบายน้ำตามธรรมชาติกระทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ จึงต้องอาศัยระบบท่อระบายน้ำ ระบบคูคลอง และระบบอาคารบังคับน้ำในการลำเลียงน้ำเพื่อสูบระระบายน้ำออกจากพื้นที่ ในการบริหารจัดการระบายน้ำเป็นแบบพื้นที่ปิดล้อม (Folder) มีแนวป้องกันน้ำท่วมล้อมรอบพื้นที่เพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกพื้นที่ ส่วนภายในพื้นที่มีการก่อสร้างระบบระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำฝนให้ระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาหรือคลองระบายน้ำภายนอกอื่นๆ การระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครของกรุงเทพมหานครแบ่งเป็น ๓ พื้นที่ คือ

๑. พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ภายในคันกั้นน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๖๕๐ ตารางกิโลเมตร

๒. พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ฝั่งธนบุรี) พื้นที่ประมาณ ๔๕๐ ตารางกิโลเมตร

๓. พื้นที่ด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (นอกคันกั้นน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๔๖๘ ตารางกิโลเมตร ใช้เป็นพื้นที่ทางน้ำหลากตามธรรมชาติ (Flood way) ระบายน้ำให้ลงสู่ทะเล

๓.๒ ระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากน้ำฝน

กรุงเทพมหานครมีระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากน้ำฝน ประกอบด้วย

๓.๒.๑ ระบบคูคลองระบายน้ำ จำนวน ๑,๙๘๐ คลอง ความยาวรวมประมาณ ๒,๗๔๓ กิโลเมตร

๓.๒.๒ ระบบท่อระบายน้ำ ความยาว ๖,๕๖๔ กิโลเมตร แบ่งเป็นถนนสายหลัก ๒,๐๕๐ กิโลเมตร ถนนในซอย ๔,๕๑๔ กิโลเมตร

๓.๒.๓ ระบบอาคารบังคับน้ำ ประกอบด้วยสถานีสูบน้ำ จำนวน ๑๙๐ แห่ง ประตูระบายน้ำ จำนวน ๒๔๔ แห่ง บ่อสูบน้ำ จำนวน ๓๑๖ แห่ง โดยมีขีดความสามารถในการระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครรวม ๒,๕๑๐.๒๔ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

๓.๒.๔ อุโมงค์ระบายน้ำขนาดใหญ่ จำนวน ๔ แห่ง ความยาวรวม ๑๙.๓๗ กิโลเมตร ประสิทธิภาพการระบายน้ำรวม ๑๙๕ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

๓.๒.๕ ระบบแก้มลิง จำนวน ๓๔ แห่ง เก็บกับน้ำได้ประมาณ ๑๓.๖๘๗ ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นฝั่งพระนคร ๓๑ แห่ง เก็บกับน้ำได้ประมาณ ๗.๖๕ ล้านลูกบาศก์เมตร และฝั่งธนบุรี ๓ แห่ง เก็บกับน้ำได้ประมาณ ๖.๐๓ ล้านลูกบาศก์เมตร

๓.๓ ความรู้ด้านการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำ

เนื่องจากพื้นที่ของกรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ต่ำ เครื่องสูบน้ำจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในบริหารจัดการน้ำ เช่น การสูบระบายน้ำออกพื้นที่หรือการลดระดับน้ำในคลองเพื่อใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน โดยการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำในโครงการก่อสร้างหรือปรับปรุงสถานีสูบน้ำ จำเป็นต้องรู้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากน้ำฝน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ต้องสูบระบายนอกจากพื้นที่ เพื่อนำใช้มากำหนดระดับน้ำที่ต้องลดเพื่อใช้เป็นแก้มลิงรองรับน้ำ และนำมากำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำที่มีความเหมาะสมกับ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะขึ้นอยู่ขนาดและการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่รับน้ำ ลักษณะทางกายภาพคลอง ลักษณะโครงสร้างบ่อสูบน้ำของแต่ละสถานีสูบน้ำ การหาขนาดเครื่องสูบที่ต้องใช้ในโครงการก่อสร้างหรืองานปรับปรุงสถานีสูบน้ำจำเป็นจึงต้องมีความรู้เฉพาะทางที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ประเมินได้นำความรู้ที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้ดังนี้

๓.๓.๑ ความรู้ด้านการหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากน้ำฝน (ภาคผนวก ก.)

๓.๓.๒ ความรู้ด้านการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำ (ภาคผนวก ข.)

๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

๔.๑ สาระสำคัญของโครงการ

สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นเป็นหนึ่งในสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา เดิมมีอัตราการสูบน้ำขนาด ๔ ลบ.ม./วินาที ตั้งอยู่บริเวณปลายคลองขรัวตาแก่นเชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาภายในโรงเรียนทหารพลาธิการ กรมพลาธิการทหาร ทำหน้าที่สูบระบายน้ำและควบคุมระดับน้ำในคลองขรัวตาแก่นซึ่งมีความกว้าง ๓-๘ เมตร ยาว ๑,๒๓๒ เมตร ซึ่งรับและระบายน้ำฝน น้ำทิ้งจากพื้นที่ถนนประชาราษฎร์สาย ๑ ถนนประชาราษฎร์สาย ๒ ซึ่งเป็นถนนที่อยู่ในแนวรถไฟฟ้าสายสีเงินและมีจุดเชื่อมต่อรถไฟฟ้าสายสีม่วงที่สถานีเตาปูน จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยน์ที่ดินโดยพัฒนาพื้นที่เป็นที่อยู่อาศัยในแนวดิ่งเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปัจจุบันสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงเกิดพายุฝนตกรุนแรงมากขึ้นและมีแนวโน้มเกิดบ่อยครั้ง และในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่งผลทำให้มีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมไม่เพียงพอและมีปัญหาน้ำท่วมขังบริเวณผิวจราจรในโดยเฉพาะถนนประชาราษฎร์สาย ๒ บริเวณแยกเตาปูน กลายเป็นพื้นที่จุดสี่ยงน้ำท่วม

เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าว สำนักการระบายน้ำจึงได้มีงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น โดยเพิ่มอัตราการสูบน้ำจาก ๔ ลบ.ม./วินาที เป็น ๘ ลบ.ม./วินาที เพื่อเร่งระบายน้ำในพื้นที่จากคลองขรัวตาแก่นลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาให้เร็วขึ้น และออกแบบบ่อสูบน้ำใหม่ให้มีความลึกเพิ่มขึ้น จะทำให้สามารถสูบลดระดับน้ำเพื่อพร่องน้ำในคลองได้เพิ่มขึ้นจาก ซึ่งสามารถใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น โดยปริมาณงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น มีดังนี้

๑. ปรับปรุงสถานีสูบน้ำขนาดอัตราการสูบ ๘ ลบ.ม./วินาที จำนวน ๑ แห่ง

๒. ติดตั้งอาคารที่พักเจ้าหน้าที่ จำนวน ๑ แห่ง

เนื่องจากงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นมีการเพิ่มอัตราการสูบน้ำจากจาก ๔ ลบ.ม./วินาที เป็น ๘ ลบ.ม./วินาที และมีการออกแบบบ่อสูบน้ำให้ลึกขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมลดระดับน้ำได้ และนำขนาดเครื่องสูบน้ำที่ได้ไปใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าจัดทำราคากลาง และกำหนดรายการก่อสร้างต่อไป

๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินการ

๔.๒.๑ หาสมการตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตก โดยนำข้อมูลฝนจากหนังสือแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมของกรุงเทพมหานครประจำปี ๒๕๖๕ ทำการ Fitting Curve Fitting เพื่อหาสมการเพื่อเป็นตัวแทนค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

$$i = \frac{a}{(b + t_d)^c}$$

โดยที่

i = ความเข้มฝนเฉลี่ย (average rainfall intensities)

a = ค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับค่าการเกิดซ้ำที่กำหนด

b ,c = ค่าคงที่ขึ้น (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าค่าการเกิดซ้ำที่กำหนด)

t_d = ช่วงเวลาฝนตก

๔.๒.๒ หาความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน

นำค่าความเข้มฝนที่ได้มาหาค่าความลึกฝนที่เกิดขึ้น และความลึกของน้ำของเครื่องสูบน้ำเพื่อนำมาหาความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลองใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน ตามสมการ

$$P = (Pr - PP)_{max}(\frac{A}{Ac})$$

โดยที่

P = ความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลอง

$(Pr - PP)_{max}$ =ผลต่างของความลึกฝนกับความลึกของน้ำที่เครื่องสูบน้ำที่มากที่สุด

$P_r = Cit_d$

P_r = ความลึกของน้ำท่าในพื้นที่

i = ความเข้มฝน

t_d = ช่วงเวลาฝนตก

C = สัมประสิทธิ์การแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท่า (Coefficient of Runoff)

P_P = ความลึกของน้ำที่เครื่องสูบน้ำทำงานได้ = $\frac{Q_p t_p}{A}$

Q = อัตราการสูบน้ำ

t_p = ช่วงเวลาที่เครื่องสูบน้ำทำงาน

A = พื้นที่รับน้ำ

A = พื้นที่คลอง

๔.๒.๓ คำนวณหาขนาดเครื่องสูบน้ำ โดยขนาดเครื่องสูบน้ำหาได้ค่าสมการ

$$P_w = \rho g Q H_T$$

โดยที่

P_w = ขนาดเครื่องสูบน้ำ (kW)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

Q = อัตราการสูบน้ำ (m^3/s)

$H_T = H_{static} + H_{loss}$

H_T = เฮดรวม (Total Head)

H_{static} = เฮดสถิต (Static Head)

H_{loss} = เฮดสูญเสีย (Head loss)

๕. ผู้ร่วมดำเนินการ "ไม่มี"

นายเดชชาติ ภักดีพันธุ์ สัดส่วนผลงาน ๑๐๐ %

วิศวกรเครื่องกลปฏิบัติการ

สำนักงานระบบควบคุมน้ำ สำนักการระบายน้ำ

๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

ผู้เสนอปฏิบัติหน้าที่ในฐานะวิศวกรปฏิบัติการ ซึ่งได้ดำเนินการหาขนาดเครื่องสูบน้ำของงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมถนนประชาราษฎร์สาย ๑ ถนนประชาราษฎร์สาย ๒ ประกอบด้วยหาสมการตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตก โดยใช้ที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ ๕ ปี เพื่อนำไปหาค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝนในคลองขรัวตาแก่น และหาค่าระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำเพื่อตรวจสอบว่าเครื่องสูบน้ำจะสามารถพร่องน้ำได้ถึงระดับที่ใช้เป็นแก้มลิงได้หรือไม่ รวมถึงหาขนาดของเครื่องสูบน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ จนได้ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝนและขนาดของเครื่องสูบน้ำ (ภาคผนวก ก. และ ข.) จนสามารถนำไปใช้ประกอบจัดทำข้อมูลระดับน้ำ รายการก่อสร้าง ออกแบบตู้ควบคุม ระบบไฟฟ้าและจัดราคากลางเพื่อดำเนินการหาตัว ผู้รับจ้างและดำเนินการก่อสร้างต่อไปโดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

๖.๑ สมการตัวแทนค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

โดยที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ ๕ ปี ได้ค่า a = ๖๔๔๒.๙๔ , b = ๓๗ , c = ๐.๙๗๕๓๓๕ จะได้สมการตัวแทนค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร คือ

$$i = \frac{๖๔๔๒.๙๔}{(๓๗ + t_d)^{๐.๙๗๕๓๓๕}}$$

๖.๒ ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน

หากมีฝนตกในพื้นที่ที่ค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ ๕ ปี และสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นมีอัตราการสูบน้ำที่ ๘ ลบ.ม./วินาที ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลองขรัวตาแก่นเป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝนอยู่ที่ ๑.๗๘ เมตร โดยหากลดระดับน้ำในคลองขรัวตาแก่นจากที่ระดับน้ำเตือนภัยที่ +๐.๔๐ ม.รทก. ต้องลดระดับน้ำเป็นแก้มลิงที่ระดับ -๑.๓๘ ม.รทก.

๖.๓ ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ

ที่สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นกำหนดให้บ่อสูบน้ำมีความลึกอยู่ที่ระดับ -๔.๐๐ ม.รทก ซึ่งสามารถหาระดับน้ำต่ำสุดที่ด้านท่อสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำต่างๆ ได้นี้

๖.๓.๑ เครื่องสูบน้ำขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๘ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำอยู่ที่ ๒.๕๑ เมตร หรือ -๑.๔๙ ม.รทก.

๖.๓.๒ เครื่องสูบน้ำขนาด ๒ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๐ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำอยู่ที่ ๓.๓๗ เมตร หรือ -๐.๖๓ ม.รทก.

๖.๓.๓ เครื่องสูบน้ำขนาด ๓ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๒ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำอยู่ที่ ๓.๙๓ เมตร หรือ -๐.๐๗ ม.รทก.

โดยระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที สามารถลดระดับน้ำได้ที่ -๑.๔๙ ม.รทก. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับน้ำที่ต้องลดระดับน้ำเป็นแก้มลิงที่ -๑.๔๘ ม.รทก.

๖.๔ ขนาดของเครื่องสูบน้ำ

นำค่าระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำมาให้หาขนาดของเครื่องสูบน้ำ โดยที่สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นกำหนดระดับด้านท่อส่งน้ำอยู่ที่ +๑.๐๐ ม.รมก. และตามรายการมาตรฐานงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ พ.ศ. ๒๕๕๗ กำหนดเครื่องสูบน้ำขนาด ๑ ลบ.ม./วินาทีขึ้นไปต้องมีประสิทธิภาพโดยรวม (overall efficiency) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๐.๗๕ และต้องมีกำลังมอเตอร์ด้านขาออก (motor rated output) ไม่น้อยกว่า ๑๑๕% ของกำลังสูบที่จุดความสามารถในการสูบ ซึ่งสามารถหาค่าขนาดเครื่องสูบน้ำได้ ดังนี้

๖.๔.๑ เครื่องสูบน้ำขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๘ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ -๑.๔๙ ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ ๔ เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ ๕๙.๗ กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด ๗๕ กิโลวัตต์

๖.๔.๒ เครื่องสูบน้ำขนาด ๒ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๐ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ -๐.๖๓ ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ ๔ เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ ๕๙.๗ กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด ๑๓๒ กิโลวัตต์

๖.๔.๓ เครื่องสูบน้ำขนาด ๓ ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๒ เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ-๐.๐๗ ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ ๔ เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ ๑๗๙.๑ กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด ๒๐๐ กิโลวัตต์

๗. ผลสำเร็จของงาน

๗.๑ ทราบข้อมูลขนาดเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานที่สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

๗.๒ ทราบข้อมูลระดับน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลองขรัวตาแก่นเพื่อใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณฝน

๗.๓ ทราบข้อมูลระดับน้ำต่ำสุดที่เครื่องสูบน้ำสามารถทำงานได้ เพื่อกำหนดการทำงานเครื่องสูบน้ำและกำหนดแผนการควบคุมระดับน้ำ

๘. การนำไปใช้ประโยชน์

๘.๑ สามารถนำข้อมูลขนาดเครื่องสูบน้ำไปใช้ในการกำหนดรายการก่อสร้างและการจัดทำราคากลางเพื่อดำเนินงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

๘.๒ สามารถนำข้อมูลขนาดเครื่องสูบน้ำไปใช้กำหนดขนาดตู้ควบคุมและออกแบบระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

๘.๓ สามารถนำข้อมูลระดับน้ำต่ำสุดที่เครื่องสูบน้ำสามารถลดระดับน้ำได้ ไปใช้ตรวจสอบระดับน้ำต่ำสุดของเครื่องสูบน้ำที่ขออนุมัติติดตั้งและทดสอบเครื่องสูบน้ำที่ดำเนินการติดตั้งแล้ว และกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำในงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น รวมถึงนำไปใช้กำหนดค่าระดับน้ำควบคุมในคลองขรัวตาแก่น

๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินการ

๙.๑ การสร้างสมการเพื่อเป็นตัวแทนค่าความเข้มฝน ใช้ข้อมูลฝนที่ใช้เป็นข้อมูลฝนทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครอาจจะทำให้ได้ค่าที่คำนวณได้อาจจะมีความคาดเคลื่อน

๙.๒ การหาสมการตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตก และการหาขนาดเครื่องสูบน้ำมีค่าตัวแปรที่ต้องคำนวณซ้ำเป็นจำนวนมากทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณและตรวจสอบความถูกต้อง

๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ การสร้างสมการเพื่อเป็นตัวแทนค่าความเข้มฝน ใช้ข้อมูลฝนที่ใช้เป็นข้อมูลฝนทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครอาจจะทำให้ได้ค่าที่คาดเคลื่อน ควรมีการทำข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลฝนเฉพาะในพื้นที่ และเนื่องจากมีค่าตัวแปรที่ต้องคำนวณเป็นจำนวนมาก ควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ในการคำนวณเพื่อลดระยะเวลาและตรวจสอบความถูกต้อง

๑๐.๒ การลดหรือเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อสูบน้ำส่งผลต่อค่าระดับน้ำต่ำสุด ควรมีศึกษาและจัดทำข้อมูล เพื่อนำไปใช้กำหนดระดับน้ำควบคุมเมื่อมีการก่อสร้างสถานีสูบน้ำ

๑๐.๓ ควรมีการเก็บข้อมูลการใช้งานสถานีสูบน้ำเพื่อตรวจสอบค่าระดับน้ำที่ต้องใช้ลดระดับน้ำเพื่อใช้เป็นแก้มลิงในคลองขรัวตามแก่น สามารถรองรับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นจริงได้หรือไม่

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....

(นายเดชชาติ ภักดีพันธุ์)

ผู้ขอรับการประเมิน

วันที่ ๒๙ ก.ย. ๒๕๖๖

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....
(นายเพิ่มพล ศรีนวล)
(ตำแหน่ง) วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มงานวิศวกรรม ส่วนระบบควบคุมน้ำพระนคร
สำนักงานระบบควบคุมน้ำ สำนักการระบายน้ำ
(วันที่).....๒๙ ก.ย. ๒๕๖๖.....
(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

(ลงชื่อ) .....
(นายณทศพล จันทร์ลอย)
(ตำแหน่ง) ผู้อำนวยการส่วนระบบควบคุมน้ำพระนคร
สำนักงานระบบควบคุมน้ำ สำนักการระบายน้ำ
(วันที่).....๒๙ ก.ย. ๒๕๖๖.....

(ลงชื่อ).....
(นายปวินท์สรรค์ กัลยาณพันธ์)
(ตำแหน่ง) ผู้อำนวยการสำนักงานระบบควบคุมน้ำ
สำนักการระบายน้ำ
(วันที่).....- ๓ ต.ค. ๒๕๖๖.....

ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
ของ นายเดชชาติ ภักดีพันธุ์

เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง วิศวกรเครื่องกลชำนาญการ (ด้านออกแบบและคำนวณ)
(ตำแหน่งเลขที่ สคน.๔๘) สังกัด กลุ่มงานวิศวกรรม ส่วนระบบควบคุมน้ำพระนคร สำนักงานระบบควบคุมน้ำ สำนักการระบายน้ำ

เรื่อง การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

หลักการและเหตุผล

กรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ประมาณ ๑,๕๖๘ ตารางกิโลเมตร บางพื้นที่มีระดับพื้นดินที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล จึงทำให้การระบายน้ำตามธรรมชาติกระทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ จึงต้องอาศัยระบบท่อระบายน้ำ ระบบคูคลอง และระบบอาคารบังคับน้ำในการลำเลียงน้ำเพื่อสูบระระบายน้ำออกจากพื้นที่ ในการบริหารจัดการระบายน้ำเป็นแบบพื้นที่ปิดล้อม (Folder) มีแนวป้องกันน้ำท่วมล้อมรอบพื้นที่เพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกพื้นที่ ส่วนภายในพื้นที่มีการก่อสร้างระบบระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำฝนให้ระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาหรือคลองระบายน้ำภายนอกอื่นๆ การระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครของกรุงเทพมหานครแบ่งเป็น ๓ พื้นที่ คือ

๑. พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ภายในคันกั้นน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๖๕๐ ตารางกิโลเมตร

๒. พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ฝั่งธนบุรี) พื้นที่ประมาณ ๔๕๐ ตารางกิโลเมตร

๓. พื้นที่ด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (นอกคันกั้นน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๔๖๘ ตารางกิโลเมตร ใช้เป็นพื้นที่ทางน้ำหลากตามธรรมชาติ (Flood way) ระบายน้ำให้ลงสู่ทะเล

ปัจจุบันมีกรุงเทพมหานครมีสถานีสูบน้ำ จำนวน ๑๙๐ แห่ง โดยสถานีสูบน้ำมากกว่าร้อยละ ๕๐ มีอายุการใช้งานเกินกว่า ๒๕ ปี และบางแห่งเป็นสถานีสูบน้ำชั่วคราวโดยมีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำและมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมเพื่อใช้ระบายน้ำเป็นการชั่วคราว ทำให้ไม่สามารถสูบลดระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงสถานีสูบน้ำที่มีอายุใช้งานที่ยาวนานรวมถึงสถานีสูบน้ำชั่วคราว เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการการระบายน้ำ โดยให้สอดคล้องกับตามการพัฒนาเมือง สภาพการใช้ที่ดินและสภาพฝนที่เปลี่ยนแปลง โดยการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำเป็นส่วนหนึ่งในโครงการก่อสร้างหรือปรับปรุงสถานีสูบน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องรู้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากน้ำฝน เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำที่ต้องสูบระบายนอกจากพื้นที่ รวมถึงนำใช้มากำหนดระดับน้ำที่ต้องลดเพื่อใช้เป็นแก้มลิงรองรับน้ำฝน การกำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำจะต้องมีความเหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่ขนาดและการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่รับน้ำ ลักษณะทางกายภาพคลองและลักษณะโครงสร้างบ่อสูบน้ำของแต่ละสถานีสูบน้ำ โดยการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำของสถานีสูบน้ำแต่ละแห่งนั้น มักมีรายละเอียดในการคำนวณที่คล้ายคลึงกัน ผู้ประเมินจึงมีแนวคิดนำโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel มาใช้ในการช่วยลดความยุ่งยาก ความซับซ้อน รวมถึงประหยัดเวลาและลดข้อผิดพลาดในการคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

วัตถุประสงค์และหรือเป้าหมาย

๑) เพื่อลดความยุ่งยากและความซับซ้อนในการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ

๒) เพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ

กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ

การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ดังนี้

สำนักการระบายน้ำได้มีแผนการดำเนินงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำที่มีสภาพเก่าและใช้งานมานาน รวมถึงปรับปรุงสถานีสูบน้ำชั่วคราวให้เป็นระบบถาวร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร จึงจำเป็นต้องพัฒนาประสิทธิภาพในการสูบระบายน้ำให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และสภาพฝน และการพัฒนาคลอง เพื่อให้สถานีสูบน้ำทำหน้าที่ระบายน้ำและลดระดับน้ำเพื่อเป็นแก้มลิงรองรับปริมาณฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อเกิดความสะดวกรวดเร็วและลดข้อผิดพลาดในการออกแบบกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำยังไม่ได้ดำเนินการก่อสร้างหรือปรับปรุง และทำให้ทราบถึงภาพรวมของสถานีสูบน้ำว่าควรจะกำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำเท่าไหร่บ้าง

ผู้ขอรับการประเมินขอเสนอแนวทางและกรอบกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ดังต่อไปนี้

๑.การหาค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน

๒. การหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. สามารถลดความยุ่งยากและความซับซ้อนในการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ

๒. สามารถลดระยะเวลาในการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ

๓. เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานีสูบน้ำ

๔. เป็นข้อมูลสำหรับการจัดทำงบประมาณและราคากลาง

ตัวชี้วัดความสำเร็จ

๑. สามารถกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

๒. ระยะเวลาและข้อผิดพลาดกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำประจำสถานีสูบน้ำลดลง

ลงชื่อ.....

(นายเดชชาติ ภักดีพันธุ์)

ผู้ขอรับการประเมิน

....๒๙/ก.ย./๒๕๖๖....

ภาคผนวก ก

1. สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตกที่คาบย้อนพินิจต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนเฉลี่ยและช่างเวลาฝนตกที่คาบย้อนพินิจต่างๆ สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิศาสตร์คือ

$$i = \frac{a}{(b+t_d)^C}$$ สมการที่ 1

หรือ

$$i = \frac{a}{b+t_d{}^C}$$ สมการที่ 2

โดยที่

i = ความเข้มฝนเฉลี่ย (average rainfall intensities)

a = ค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับค่าการเกิดซ้ำที่กำหนด

b ,c = ค่าคงที่ขึ้น (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าค่าการเกิดซ้ำที่กำหนด)

t_d = ช่วงเวลาฝนตก

สมการที่ 1 และสมการที่ 2 สามารถนำมาแทนความความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนเฉลี่ยและช่างเวลาฝนตกที่คาบย้อนพินิจต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม การหาค่าคงที่หาได้จากวิธีการสร้างความสัมพันธ์เส้นโค้ง (curve fitting) และระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least squared method) โดยแทนค่าและแก้สมการหาค่าคงที่ a b และ c โดยเลือกใช้สมการที่ 1 มาใช้ในงานปรับปรุงสถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

จาก $i = \frac{a}{(b+t_d)^C}$

จะได้ $\log i = \log \frac{a}{(b+t_d)^C}$

$$\log i = \log a - c \log (b+t_d)$$ สมการที่ 3

สมการที่ 3 อยู่ในรูปแบบของสมการเส้นตรง

$$Y = A+BX$$ สมการที่ 4

โดยที่

Y = ตัวแปรตาม = log i

A = ค่าคงที่ = log a

B = ความชัน = - c

X = ตัวแปรต้น = log $(b+t_d)$

โดยที่

$$B = \frac{n\sum X_iY_i - \sum Y_i \sum X_i}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$ สมการที่ 5

$$A = \bar{Y} - B\bar{X}$$ สมการที่ 6

n = จำนวนข้อมูล

$$\sum Y_i = Y_1+Y_2+...Y_n$$

$$\sum X_i = X_1+X_2+....X_n$$

$$\sum X_i Y_i = X_1y_1+X_2y_2+....X_nY_n$$

$$\sum X_i^2 = X_1^2+ X_2^2+...X_n^2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

คำนวณค่าความเข้มฝนตามสมการ $i = \frac{a}{b+t_d^c}$

จากนั้นหาค่า r^2 เพื่อตรวจสอบว่าค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้ (x) กับค่าความเข้มฝนของกรุงเทพมหานคร (y) เข้ากันได้สมบูรณ์หรือไม่

r^2= 1 แสดงว่ามีการเข้ากันได้สมบูรณ์ระหว่างค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้ (x) กับค่าความเข้มฝนของกรุงเทพมหานคร (y)

r^2= 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้ (x) กับค่าความเข้มฝนของกรุงเทพมหานคร (y)

โดยที่ $r = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$ สมการที่ 7

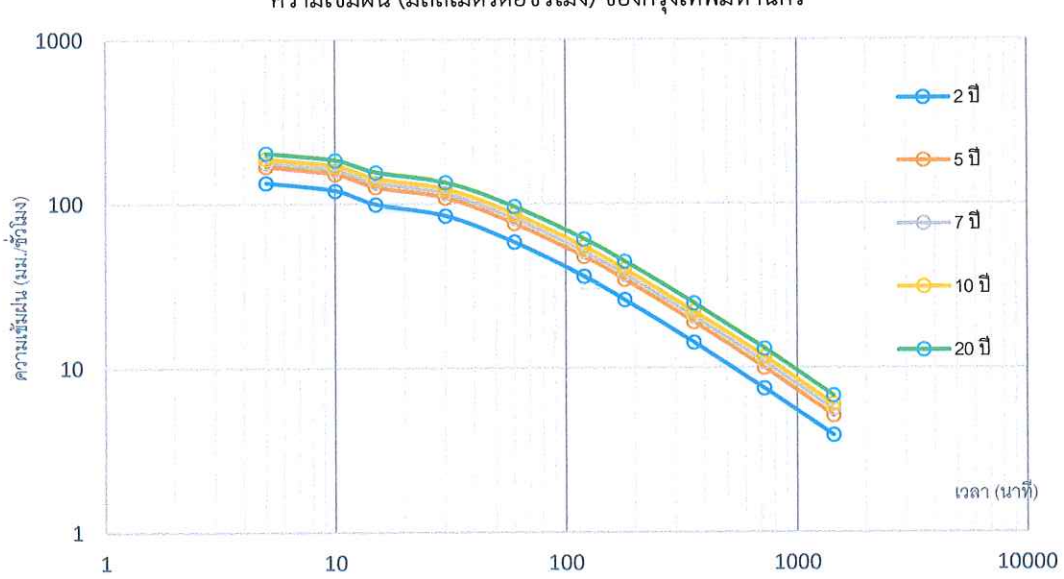
2. การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตก

ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) สำหรับช่วงเวลาและค่าการเกิดซ้ำของฝนลักษณะต่างๆ (return period of design storm) ของกรุงเทพมหานคร แสดงตามตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ของกรุงเทพมหานคร

ค่าการเกิดซ้ำ (ปี)	5 นาที	10 นาที	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	24 ชม.
2 ปี	135.5	121.1	99.8	84.9	58.7	36.2	26.1	14.3	7.5	3.9
5 ปี	168.9	152	126.7	108.6	76	47.5	34.5	19	10	5.1
7 ปี	178.3	161.4	134.9	115.9	81.5	51.1	37.1	20.5	10.8	5.6
10 ปี	188.3	170.2	142.7	122.9	86.8	54.6	39.8	22	11.6	6
20 ปี	204.9	185.9	156.9	135.7	96.5	61.2	44.7	24.9	13.1	6.8

ที่มา : แผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2565 หน้า 2



รูปที่ 1 แสดงค่าความเข้มฝนของกรุงเทพมหานคร ที่ช่วงเวลาต่างๆ

เนื่องจากคลองขรัวตาแก่นเป็นระบบระบายน้ำหลักจึงเลือกใช้ค่าความเข้มฝนที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี จำนวนข้อมูล n = 10 แปลงหน่วยเวลาจากชั่วโมงเป็นนาที โดย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 60 นาที แสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ของกรุงเทพมหานคร ที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี

ค่าการเกิดซ้ำ (ปี)	ค่าความเข้มฝน ช่วงเวลาที่ฝนตก (นาที)									
	5	10	15	30	120	240	180	360	720	1440
5 ปี	168.9	152	126.7	108.6	76	47.5	34.5	19	10	5.1

นำค่าความเข้มฝนและช่วงเวลาที่ฝนตก มาคำนวณตามสมการที่ 4 5 และ 6 โดยกำหนดให้ b = 30 ที่เวลา 5 นาที ความเข้มฝน i = 168.9 mm จะได้

b+td = 30+5 =35

x =log b+td) = log (35) = 1.5441

y =log i = log (168.9) = 2.2276

x^2 = log (35) * log (35) = 2.3841

xy = log (35) * log (168.9) = 3.4396

ทำซ้ำที่เวลา 10 นาที ถึงเวลา 1440 นาที จะได้ข้อมูลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ตารางคำนวณหาสมการความเข้มฝน

ที่ เวลา t_d	ความเข้มฝน i	b+td	x =log b+td)	y =log i	x2	xy
5	168.9	35	1.5441	2.2276	2.3841	3.4396
10	152	40	1.6021	2.1818	2.5666	3.4954
15	126.7	45	1.6532	2.1028	2.7331	3.4763
30	108.6	60	1.7782	2.0358	3.1618	3.6200
60	76	90	1.9542	1.8808	3.8191	3.6756
120	47.5	150	2.1761	1.6767	4.7354	3.6486
180	34.5	210	2.3222	1.5378	5.3927	3.5712
360	19	390	2.5911	1.2788	6.7136	3.3133
720	10	750	2.8751	1.0000	8.2660	2.8751
1440	5.1	1470	3.1673	0.7076	10.0319	2.2411
ผลรวม			21.6635	16.6297	49.8043	33.3563

ตารางที่ 3 จะได้

$\sum X_i = X_1+X_2+....X_{10} = 21.6635$

$\sum Y_i = Y_1+Y_2+...Y_{10} = 16.6297$

$\sum X_i^2 = X_1^2+ X_2^2+...X_{10}^2 = 49.8043$

$\sum X_i Y_i = X_1y_1+X_2y_2+....X_{10}Y_{10} =33.3563$

จากสมการที่ 5 และ 6 จะได้

$$B = \frac{n\sum X_iY_i - \sum Y_i \sum X_i}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$= \frac{10(33.3563) - (16.6297)(21.6635)}{10(49.8043) - (21.6635)^2}$$

$$= -0.9289$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{X}$$

$$= \frac{\sum Y_i}{n} - B\frac{\sum x_i}{n}$$

$$= 16.6297/10 - (-0.9289)(21.6635/10)$$

$$= 3.6753$$

จะได้

$$c = -B = -(-0.9289) = 0.9289$$

$$b = 30$$

$$A = \log a$$

$$a = 10^A = 10^{3.6753} = 4{,}734.78$$

จะได้ สมการความเข้มฝนที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี และค่า b = 30

$$i = \frac{4734.78}{(30+t_d)^{0.9289}}$$

นำมาคำนวณค่าความเข้มฝนตามสมการที่ช่วงเวลา t_d เท่ากับ 5 10 15 30 60 120 180 360 720 และ 1,440 นาที จะได้ค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้ตามสมการ $i = \frac{4734.78}{(30+t_d)^{0.9289}}$

ที่ เวลา t_d	ความเข้มฝน i ที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี	ความเข้มฝนiที่คำนวณ จาก $i = \frac{4734.78}{(30+t_d)^{0.9289}}$
5	168.9	174.1867
10	152	153.8673
15	126.7	137.9211
30	108.6	105.5784
60	76	72.4443
120	47.5	45.0743
180	34.5	32.9754
360	19	18.5550
720	10	10.1078
1440	5.1	5.4098

หาค่า r^2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มฝนที่คำนวณได้กับค่าความเข้มฝนที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี ของกรุงเทพมหานคร

โดยค่าความเข้มฝนที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี เป็นชุดข้อมูล X และความเข้มฝนที่คำนวณจากสมการ $i=\frac{4734.78}{(30+t_d)^{0.9289}}$ เป็นชุดมูล Y จะสามารถหาค่า r ตามสมการที่ 7 ได้ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางคำนวณหา r

ที่ เวลา t_d	ความเข้มฝน i ที่ค่าการเกิดซ้ำ 5 ปี (X)	ความเข้มฝน $i=\frac{4734.78}{(30+t_d)^{0.9289}}$ (Y)	$x-\bar{X}$	$Y-\bar{Y}$	$(x-\bar{X})(Y-\bar{Y})$	$(x-\bar{X})^2$	$(Y-\bar{Y})^2$
5	168.9	174.1867	94.07	98.5747	9,272.9231	8,849.1649	9,716.9737
10	152	153.8673	77.17	78.2553	6,038.9607	5,955.2089	6,123.8903
15	126.7	137.9211	51.87	62.3091	3,231.9733	2,690.4969	3,882.4245
30	108.6	105.5784	33.77	29.9664	1,011.9659	1,140.4129	897.9861
60	76	72.4443	1.17	-3.1677	-3.7063	1.3689	10.0346
120	47.5	45.0743	-27.33	-30.5377	834.5961	746.9289	932.5529
180	34.5	32.9754	-40.33	-42.6366	1,719.5330	1,626.5089	1,817.8775
360	19	18.5550	-55.83	-57.0570	3,185.4944	3,116.9889	3,255.5055
720	10	10.1078	-64.83	-65.5042	4,246.6386	4,202.9289	4,290.8029
1440	5.1	5.4098	-69.73	-70.2022	4,895.2010	4,862.2729	4,928.3520
ค่าเฉลี่ย	74.83	75.612	ผลรวม		34,433.5797	33,192.2810	35,856.3999

ตามสมการที่ 7 จะได้

$$r=\frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2\sum(y-\bar{y})^2}}$$

$$r=\frac{34,433.5797}{\sqrt{(33,192.2810)(35,856.3999)}} = 0.99811$$

$$r^2 = 0.99811^2=0.99622$$

เปลี่ยนค่า b และคำนวณซ้ำ เพื่อหาค่า r^2 มากที่สุด

ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ 5 ปี พบว่าที่ b = 37 จะได้ค่า r^2 มากที่สุด คือ 0.99695393

และได้ค่า a = 6442.94 และ c = 0.975335

ดังนั้น ที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ 5 ปี จะได้สมการตัวแทนค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร คือ

$$i = \frac{6442.94}{(37+t_d)^{0.975335}}$$

คำนวณซ้ำที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติปีต่างๆ จะได้ ค่า a b และ c ตามสมการ $i = \frac{a}{(b+t_d)^c}$ ดังแสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดง ค่า a b และ c ของสมการตัวแทนฝนที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติปีต่างๆ

ค่าการเกิดซ้ำ (ปี)	ค่าคงที่ a b และ c			
	a	b	c	ค่า r^2 มากที่สุด
2 ปี	4525.31	33	0.964846	0.9967053
5 ปี	6442.94	37	0.975335	0.99695393
7 ปี	6910.45	38	0.973266	0.99707415
10 ปี	7476.01	39	0.974324	0.99706669
20 ปี	7856.65	39	0.962986	0.99723256

ดังนั้น ที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนในคาบอุบัติ 5 ปี ได้ค่า a = 6442.94 , b = 37 , c = 0.975335 จะได้สมการตัวแทนค่าความเข้มฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร คือ

$$i = \frac{6442.94}{(37 + t_d)^{0.975335}}$$

3. ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝนที่คลองขรัวตาแก่น

สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นมีพื้นที่รับน้ำ A เท่ากับ 460,000 ตารางเมตร

คลองขรัวตาแก่นซึ่งมีความกว้าง 3-8 เมตร ยาว 1,232 เมตร

เลือกใช้ความกว้างคลองต่ำที่สุดที่ 3 เมตร ดังนั้นพื้นที่คลอง (Ac) = 3x1,232 = 3,696 ตาราเมตร

ใช้ค่าสัมประสิทธิการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า C = 0.9

สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่นปรับปรุงอัตราการสูบน้ำเป็น 8 ลูกบาศก์เมตร

หาค่าความลึกฝนที่เกิดขึ้น และความลึกของน้ำของเครื่องสูบน้ำเพื่อนำมาหาความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลองใช้เป็นแก้มลิงรองรับปริมาณน้ำฝน ตามสมการ

$$P = (Pr - PP)_{max}(\frac{A}{Ac})$$

โดยที่

P = ความลึกของน้ำที่จะต้องพร่องน้ำในคลอง

$(Pr - PP)_{max}$ =ผลต่างของความลึกฝนกับความลึกของน้ำที่เครื่องสูบน้ำที่มากที่สุด

$P_r = Cit_d$

P_r = ความลึกของน้ำท่าในพื้นที่

i = ความเข้มฝน

t_d = ช่วงเวลาฝนตก

C = สัมประสิทธิ์การแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท่า (Coefficient of Runoff)

P_P = ความลึกของน้ำที่เครื่องสูบน้ำทำงานได้ = $\frac{Q_p t_p}{A}$

Q = อัตราการสูบน้ำ

t_p = ช่วงเวลาที่เครื่องสูบน้ำทำงาน

A = พื้นที่รับน้ำ

A = พื้นที่คลอง

โดยใช้ i ตามสมการ $i = \frac{a}{(b+t_d)^c}$ ที่ค่าการเกิดซ้ำของฝนคาบอุบัติ 5 ปี ใช้ค่า a = 6442.94 b = 37 และ c = 0.975335 $i = \frac{6442.94}{(37+t_d)^{0.975335}}$ ผลต่างความลึกจะคำนวณ ได้ดังนี้

ที่ช่วงเวลา t_d = 5 นาที

ความเข้มฝน $i=\frac{6442.94}{(37+5)^{0.975335}}$ = 168.218 mm/hr ความลึกฝนรวม P = 168.218 x 5 /60 =14.018 mm

โดยเป็นความลึกน้ำท่าช่วงแรก = 14.018/2 = 7.009 mm

ใช้ค่า C = 0.9 จะได้ความลึกน้ำท่าสะสม P_r= 0.9x7.009 = 6.308 mm

เครื่องสูบน้ำขนาด 8 m^3/s คิดเป็นความลึกต่อพื้นที่ P_p = 8x5x60x1,000/460,000 = 5.217 mm

คิดเป็นผลต่างความลึก P_p - P_r = 6.3082 – 5.217 = 1.091 mm

ที่ช่วงเวลา t_d = 10 นาที

ความเข้มฝน $i=\frac{6442.94}{(37+10)^{0.975335}}$ = 150.74 mm/hr ความลึกฝนรวม P = 150.74 x 10 /60 =25.123 mm

ความลึกฝนส่วนที่เพิ่มขึ้น = 25.123 – 14.018 = 11.105 mm

โดยเป็นความลึกน้ำท่าช่วงแรก = 11.105/2 = 5.553 mm

เมื่อรวมกับความลึกน้ำท่าช่วงหลังเวลา 5 นาที = 14.018/2 = 7.009 mm และความลึกน้ำท่าสะสม ช่วงเวลา 5 นาที จะได้ความลึกน้ำท่าสะสม = 5.553 + 7.009 +7.0009 = 19.571 mm

ใช้ค่า C = 0.9 เป็นความลึกสะสม = 0.9x19.571 = 17.614 mm

สูบน้ำขนาด 8 m^3/s คิดเป็นความลึกต่อพื้นที่ Pp = 8x10x60x1,000/460,000 = 10.435 mm

คิดเป็นผลต่างความลึก P_p - P_r = 17.614 – 10.435 = 7.179 mm

ที่ช่วงเวลา t_d = 15 นาที

ความเข้มฝน $i=\frac{6442.94}{(37+15)^{0.975335}}$ = 136.586 mm/hr ความลึกฝนรวม P = 136.586 x 15 /60 =34.147 mm

ความลึกฝนส่วนที่เพิ่มขึ้น = 34.147 - 25.123 = 9.024 mm

โดยเป็นความลึกน้ำท่าช่วงแรก = 9.024/2 = 4.512 mm

เมื่อรวมกับความลึกน้ำท่าช่วงหลังเวลา 10 นาที = 11.105/2 = 5.553 mm และความลึกน้ำท่าสะสม ช่วงเวลา 10 นาที จะได้ความลึกน้ำท่าสะสม = 4.512 + 5.553 + 17.614 = 29.636 mm

ใช้ค่า C = 0.9 เป็นความลึกน้ำท่าสะสม = 0.9x29.636 = 26.672 mm

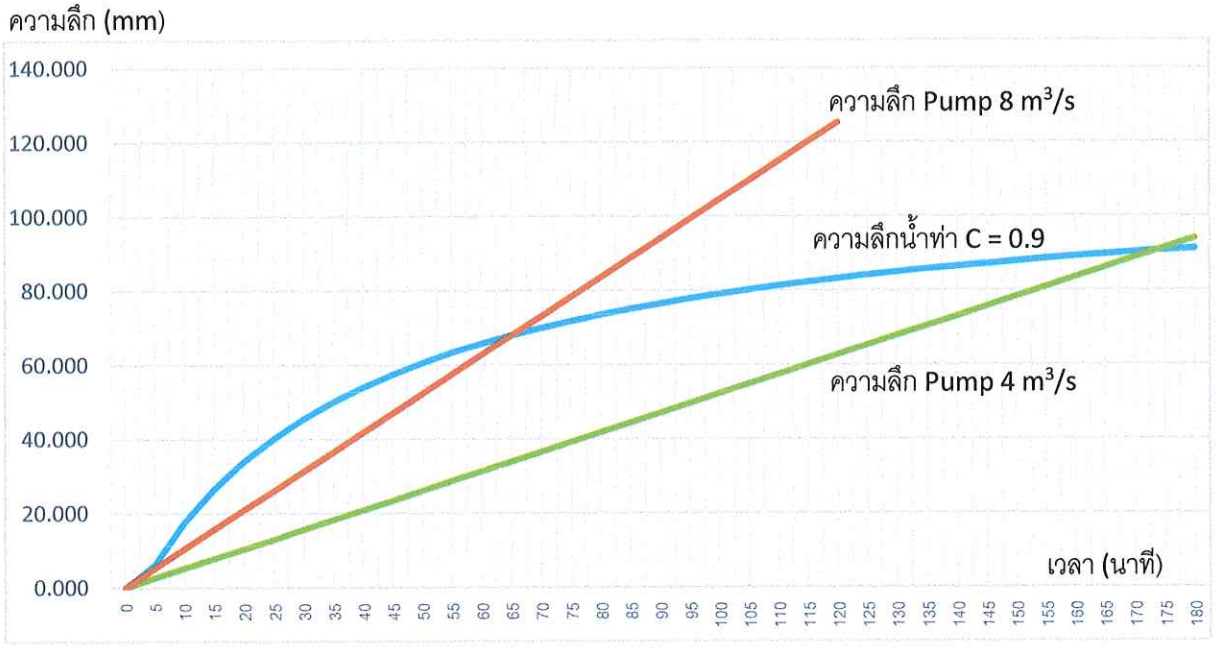
เครื่องสูบน้ำขนาด 8 m^3/s คิดเป็นความลึกต่อพื้นที่ Pp = 8x15x60x1,000/460,000 = 15.652 mm

คิดเป็นผลต่างความลึก P_p - P_r = 26.672 – 15.652 = 11.020 mm

คำนวณซ้ำถึงช่วงเวลา 120 นาที จะได้ค่าคำนวณตามตารางที่ 7 และแสดงตามรูปที่ 2

ตารางที่ 7 ผลต่างความลึกที่ช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	ความเข้มฝน	ความลึกฝนรวม	ส่วนที่เพิ่มขึ้น	ความลึกน้ำท่าช่วงแรก	ความลึกน้ำท่าช่วงหลัง	ความลึกน้ำท่าสะสม	ความลึกน้ำท่าสะสม	ความลึก pump	ผลต่างความลึก
t_d	i	P = (i)(t)	ΔP	Pr = Cit/2	Pr = Cit/2	Pr = Cit	Pr = Cit	P_p	$P_p - P_r$
(นาที)	mm/hr	mm	mm	c=1	c=1	c=1	c=0.9	8 cms	mm
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5	168.218	14.018	14.018	7.009	0	7.009	6.308	5.217	1.091
10	150.740	25.123	11.105	5.553	7.009	19.571	17.614	10.435	7.179
15	136.586	34.147	9.024	4.512	5.553	29.636	26.672	15.652	11.020
20	124.887	41.629	7.482	3.741	4.512	37.889	34.100	20.870	13.230
25	115.054	47.939	6.310	3.155	3.741	44.785	40.307	26.087	14.220
30	106.671	53.336	5.397	2.699	3.155	50.639	45.575	31.304	14.271
35	99.440	58.007	4.671	2.336	2.699	55.674	50.107	36.522	13.585
40	93.137	62.091	4.084	2.042	2.336	60.052	54.047	41.739	12.308
45	87.594	65.696	3.605	1.803	2.042	63.897	57.507	46.957	10.550
50	82.680	68.900	3.204	1.602	1.803	67.302	60.572	52.174	8.398
55	78.295	71.770	2.870	1.435	1.602	70.339	63.305	57.391	5.914
60	74.356	74.356	2.586	1.293	1.435	73.067	65.760	62.609	3.151
65	70.799	76.699	2.343	1.172	1.293	75.532	67.979	67.826	0.153
70	67.570	78.832	2.133	1.067	1.172	77.771	69.994	73.043	-3.049
75	64.626	80.783	1.951	0.976	1.067	79.814	71.833	78.261	-6.428
80	61.931	82.575	1.792	0.896	0.976	81.686	73.517	83.478	-9.961
85	59.454	84.227	1.652	0.826	0.896	83.408	75.067	88.696	-13.629
90	57.170	85.755	1.528	0.764	0.826	84.998	76.498	93.913	-17.415
95	55.057	87.174	1.419	0.710	0.764	86.472	77.825	99.130	-21.305
100	53.096	88.493	1.319	0.659	0.710	87.841	79.057	104.348	-25.291
105	51.272	89.726	1.233	0.617	0.659	89.117	80.205	109.565	-29.360
110	49.570	90.878	1.152	0.576	0.617	90.310	81.279	114.783	-33.504
115	47.979	91.960	1.082	0.541	0.576	91.427	82.284	120.000	-37.716
120	46.488	92.976	1.016	0.508	0.541	92.476	83.228	125.217	-41.989



รูปที่ 2 แสดงความลึกน้ำท่าสะสมที่ c = 0.9 และความลึกเครื่องสูบน้ำ 4 และ 8 ลบ.ม./วินาที ที่ช่วงเวลาต่างๆ

จากตารางที่ 7พบว่าผลต่างความลึกสูงสุด P_p - P_r จะอยู่ที่ช่วงเวลา 30 นาทีมีค่าเท่ากับ 15.574 mm ความลึกที่จะต้องพร่องน้ำในคลองขรัวตาแก่น เมื่อใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที่

$$D = (P_r - P_P)_{max}(\frac{A}{Ac}) = (14.271)(\frac{460,000}{3,696})$$

$$= 1,776.15 \text{ mm} = 1.78 \text{ m}$$

โดยหากลดระดับน้ำในคลองขรัวตาแก่นจากที่ระดับน้ำเตือนภัยที่ +0.40 ม.รทก. ต้องลดระดับน้ำเป็นแก้มลิงให้อยู่ที่ระดับ = +0.44 -1.78 = -1.38 ม.รทก.

ภาคผนวก ข

๑. การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

ขนาดเครื่องสูบน้ำหาได้จากสมการ

$$P_w = \rho g Q H_T \qquad \text{สมการที่ ๑}$$

โดยที่

P_w = ขนาดเครื่องสูบน้ำ (kW)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

Q = อัตราการสูบน้ำ (m^3/s)

H_T = เฮดรวม (Total Head)

๒. การหาค่าเฮดรวม (Total Head, H_T)

ค่าเฮดรวมหาได้จากสมการ

$$H_T = H_{static} + H_{loss} \qquad \text{สมการที่ ๒}$$

โดยที่

H_{static} = เฮดสถิต (Static Head)

H_{loss} = เฮดสูญเสีย (Head loss)

H_{static} = เฮดสถิต (Static Head)

= ระดับน้ำด้านท่อส่งน้ำ – ระดับน้ำด้านท่อสูบน้ำ สมการที่ ๓

จาก American National Standard for Rotodynamic Pumps For Pump Intake Design ANSI/HI 98-2018 Hydraulic Institute ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ หาได้จาก

$$H = S + C \qquad \text{สมการที่ ๔}$$

โดยที่

H = ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ

S = ระยะที่ท่อสูบน้ำจมน้ำ

C = ระยะห่างจากพื้นถึงปลายท่อสูบน้ำ มีค่า $0.3D \le C \le 0.5D$

$S = (1 + 2.3 F_D) D$

$$F_D = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

F_D = ค่าฟรุดนัมเบอร์

V = อัตราการไหลของน้ำ $v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$

g = ค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่งน้ำ

H_{loss} = เฮดสูญเสีย (Head loss)

= เฮดสูญเสียหลัก + เฮดสูญเสียรอง

$$= \sum (f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}) + = \sum (K \cdot \frac{v^2}{2g}) \qquad \text{สมการที่ ๕}$$

โดยที่

L = ความยาวท่อ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

f คือตัวประกอบความเสียดทานของไหล (friction factor) หาได้จากสมการ

สมการ Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log(\frac{(\varepsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}) \qquad \text{สมการที่ ๖}$$

สมการ Haaland

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.88\log(\frac{(\varepsilon/D^{1.11})}{3.7^{1.11}} + \frac{6.91}{Re}) \qquad \text{สมการที่ 7}$$

สมการ Swamee Jain

$$f = \frac{2.5}{\left[\log(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})\right]^2} \qquad \text{สมการที่ ๘}$$

โดยที่

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$$

Re = เรย์โนลด์นัมเบอร์

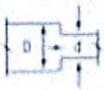
V = อัตราการไหลของน้ำ $v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$

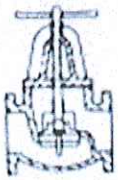
ε = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ทำท่อ

μ = ค่าความหนืดพลวัตน้ำ (dynamics viscosity)

K คือตัวประกอบการสูญเสีย (Lose coefficient) ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์

แสดงตามรูปที่ 1

Fitting Type		K
Pipe Entry Losses		
Square Inlet		0.50
Re-entrant Inlet		0.80
Slightly Rounded Inlet		0.25
Bellmouth Inlet		0.05
Pipe Intermediate Losses		
Elbows R/D < 0.6	45°	0.35
	90°	1.10
Long Radius Bends (R/D > 2)	11¼°	0.05
	22½°	0.10
	45°	0.20
	90°	0.50
Tees		
(a) Flow in line		0.35
(b) Line to branch flow		1.00
Sudden Enlargements		
Ratio d/D		
0.9		0.04
0.8		0.13
0.7		0.26
0.6		0.41
0.5		0.56
0.4		0.71
0.3		0.83
0.2		0.92
<0.2		1.00
Sudden Contractions		
Ratio d/D		
0.9		0.10
0.8		0.18
0.7		0.26
0.6		0.32
0.5		0.38
0.4		0.42
0.3		0.46
0.2		0.48
<0.2		0.50

Fitting Type		K
Gradual Enlargements		
Ratio d/D q = 10° typical		
0.9		0.02
0.7		0.13
0.5		0.29
0.3		0.42
Gradual Contractions		
Ratio d/D q = 10° typical		
0.9		0.03
0.7		0.08
0.5		0.12
0.3		0.14
Valves		
Gate Valve (fully open)		0.20
Reflux Valve		2.50
Globe Valve		10.00
Butterfly Valve (fully open)		0.20
Angle Valve		5.00
Foot Valve with strainer		15.00
Air Valves		zero
Ball Valve		0.10
Pipe Exit Losses		
Square Outlet		1.00
Rounded Outlet		1.00

รูปที่ 1 แสดงค่า K ตัวประกอบการสูญเสีย (Lose coefficient) ที่อุปกรณ์ต่างๆ

ที่มา : HI EDL (pumps.org)

3. การหาขนาดเครื่องสูบน้ำที่สถานีสูบน้ำคลองขรัวตาแก่น

กำหนดให้

ของไหลทำงานเป็นน้ำ

น้ำเป็นของไหลที่อัดตัวไม่ได้ (incompressible fluid)

อุณหภูมิทำงาน 40°C

ความหนาแน่นน้ำ (density) , ρ= 992.2 kg/m^3

ค่าความหนืดพลวัตน้ำ (dynamics viscosity) μ = 0.0006529 N.s/m^2

ท่อสูบน้ำและท่อส่งน้ำทำจากเหล็ก SS400 ชุบกัลป์วาไนซ์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ε = 0.00015 m

ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravitational acceleration) g = 9.81 m/s^2

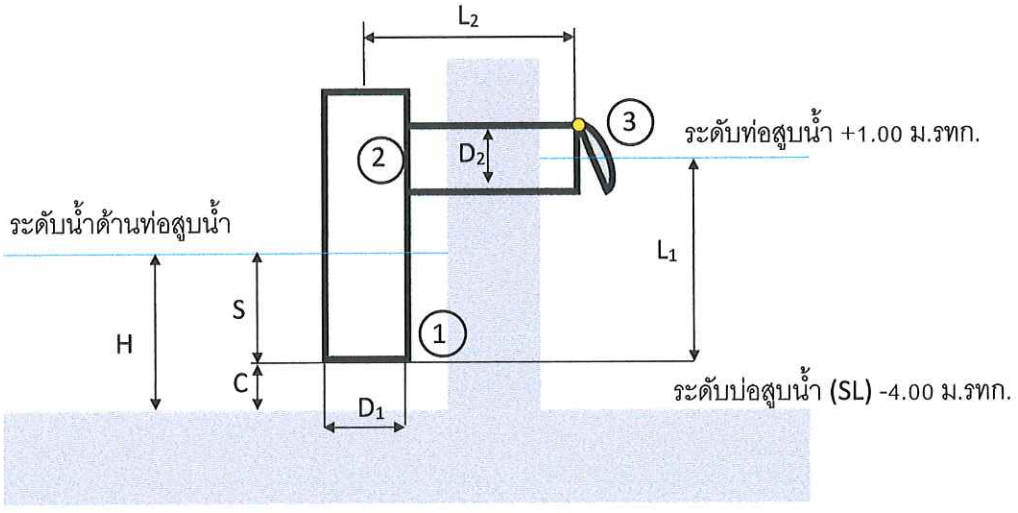
ระดับบ่อสูบน้ำ (SL) อยู่ที่ระดับ -4.00 ม.รทก.

ระดับท่อส่งน้ำ อยู่ที่ระดับ +1.00 ม.รทก.

เครื่องสูบน้ำที่สถานีสูบน้ำขรัวตาแก่นมีขนาดท่อสูบน้ำ (column pipe) และท่อส่งน้ำ (discharge pipe) รายละเอียดตามตารางที่ 1 และมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำตามรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ท่อสูบน้ำและท่อส่งของเครื่องสูบน้ำ สถานีสูบน้ำขรัวตาแก่น ที่อัตราการสูบน้ำต่างๆ

ลำดับที่	ขนาดเครื่องสูบน้ำ Q (ลบ.ม./วินาที)	จำนวนเครื่องสูบน้ำ (เครื่อง)	ขนาดท่อสูบน้ำ D_1 (เมตร)	ขนาดท่อส่งน้ำ D_2 (เมตร)
1	1	1	0.8	0.7
2	2	2	1	0.8
3	3	1	1.2	1



รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ

ที่เครื่องสูบน้ำขนาด 1 m^3/s ท่อสูบน้ำ D_1 ขนาด 0.8 m ท่อส่งน้ำ D_2 ขนาด 0.7 m

จาก $Q = AV$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4\,(1)}{\pi(0.8)^2} = 1.989 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4\,(1)}{\pi(0.7)^2} = 2.598 \text{ m/s}$$

จาก $L_1 = 5 - C$ ใช้ $C = 0.5D_1 = 0.5(0.8) = 0.4$

$L1 = 5\text{-}0.4 = 4.6$ m

จาก $H = S + C$

$S = (1 + 2.3F_D)\, D$

$$F_D = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

ที่ $D = D1 = 0.8$

$$S = (1 + 2.3\frac{v_1}{\sqrt{gD_1}})\, D_1$$

$$S = (1 + 2.3\frac{1.989}{\sqrt{(9.81)\,(0.8)}})(0.8)$$

$= 2.107$ m

$H = S + C$

$= 2.106 + 0.4 = 2.506$ m

ระดับน้ำด้านท่อส่งน้ำ

$= SL + H$

$= -\,4 + 2.506$

$= -1.494$ ม.รทก.

H static = ระดับน้ำด้านท่อส่งน้ำ – ระดับน้ำด้านท่อสูบน้ำ

$= (+1.00) - (-1.494)$

$= 2.494$ m

จาก $H_{loss} = \sum (f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}) + = \sum (K \cdot \frac{v^2}{2g})$

$$= f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + f_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + K_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + K_2 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + K_3 \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$= (f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + K_1 + K_2)(\frac{V_1^2}{2g}) + (f_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + K_3)(\frac{V_2^2}{2g})$$

แทนค่า $D_1 = 0.8$ m $D_2 = 0.7$ m

L_1 = 4.6 m L_2 = 2 m

จากรูปที่ 2 มีการไหลผ่านอุปกรณ์แบบ

Square inlet ได้ K1 = 0.5

ข้อต่อ TEE ได้ K2 = 1

และวาล์วกันกลับ ได้ K3 = 2.50

จากสมการ Swamee Jain

$$f = \frac{2.5}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D}+\frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$$

ที่ D_1 = 0.8 m

$$Re_1 = \frac{\rho V_1 D_1}{\mu} = \frac{(992.2)(1.989)(0.8)}{0.0006529} = 2{,}418{,}117.078$$

$$f_1 = \frac{2.5}{\left[\log\left(\frac{0.00015}{3.7(0.8)}+\frac{5.74}{2{,}418{,}117.078^{0.9}}\right)\right]^2}$$

$$= 0.0140740$$

ที่ D_2 = 0.7 m

$$Re_2 = \frac{\rho V_2 D_2}{\mu} = \frac{(992.2)(1.989)(0.7)}{0.0006529} = 2{,}763{,}692.633$$

$$f_2 = \frac{2.5}{\left[\log\left(\frac{0.00015}{3.7(0.7)}+\frac{5.74}{2{,}763{,}692.633^{0.9}}\right)\right]^2}$$

$$= 0.0143530$$

จะได้

$$H_{loss} = f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + K_1 + K_2)\left(\frac{V_1^2}{2g}\right) + \left(f_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + K_3\right)\left(\frac{V_2^2}{2g}\right)$$

$$= (0.014074 \cdot \frac{4.6}{0.8} + 0.5+1)\left(\frac{1.989^2}{2(9.81)}\right) + (0.014352 \cdot \frac{2.1}{0.7} + 2.5)\left(\frac{2.598^2}{2(9.81)}\right)$$

$$=0.117 +1.116$$

$$=1.233 \text{ m}$$

จะได้

$$H_T = H_{static} + H_{loss}$$

$$= 2.494 + 1.233$$

$$= 3.727 \text{ m}$$

ปรับเป็นเฮดรวมจาก 3.727 เมตร เป็น 4 เมตร

จากขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ

$$P_w = \rho g Q H_T$$

เนื่องจากเครื่องสูบน้ำตามรายการมาตรฐานงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ พ.ศ. 2557 เครื่องสูบน้ำขนาด 1 ต้องมี overall efficiency ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 และมอเตอร์มีกำลังขาออกไม่น้อยกว่า 115 % ของกำลังสูบดังนั้น ขนาดเครื่องสูบน้ำ

$$P_w = \frac{1.15}{0.75} \rho g Q H_T$$
$$= \left(\frac{1.15}{0.75}\right)(992.2)(9.81)(1)(4)$$
$$= 59{,}698.689 \text{ W}$$
$$= 59.7 \text{ kW}$$

เนื่องจากไม่มีมอเตอร์ขนาด 59.7 kW เลือกใช้ขนาด 75 kW

คำนวณซ้ำที่เครื่องสูบน้ำขนาด 2 m^3/s ท่อสูบน้ำ D_1 ขนาด 1 m ท่อส่งน้ำ D_2 ขนาด 0.8 m L_2 ขนาด 2 m และที่เครื่องสูบน้ำขนาด 3 m^3/s ท่อสูบน้ำ D_1 ขนาด 1.2 m ท่อส่งน้ำ D_2 ขนาด 1 m L_2 ขนาด 2 m จะได้ค่าแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขนาดกำลังและเฮดรวมของเครื่องสูบน้ำ

อัตราสูบเครื่องสูบน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ (ม.รทก.	เฮดรวม (เมตร)	ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ (kW)	เลือกใช้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำขนาด (kW)
1	-1.49	4	59.7	75
2	-0.63	4	119.4	132
3	-0.07	4	179.1	200

จากตารางที่ 2 ได้ขนาดเครื่องสูบน้ำ ดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำขนาด 1 ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ -1.49 ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ 4 เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ 59.7 กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด 75 กิโลวัตต์

2. เครื่องสูบน้ำขนาด 2 ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ -0.63 ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ 4 เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ 59.7 กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด 132 กิโลวัตต์

3. เครื่องสูบน้ำขนาด 3 ลบ.ม./วินาที ใช้ท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร ระดับน้ำต่ำสุดด้านท่อสูบน้ำ-0.07 ม.รทก. มีเฮดรวมหรือระยะสูบส่งที่ 4 เมตร ขนาดกำลังเครื่องสูบน้ำ 179.1 กิโลวัตต์ เลือกมอเตอร์ขนาด 200 กิโลวัตต์