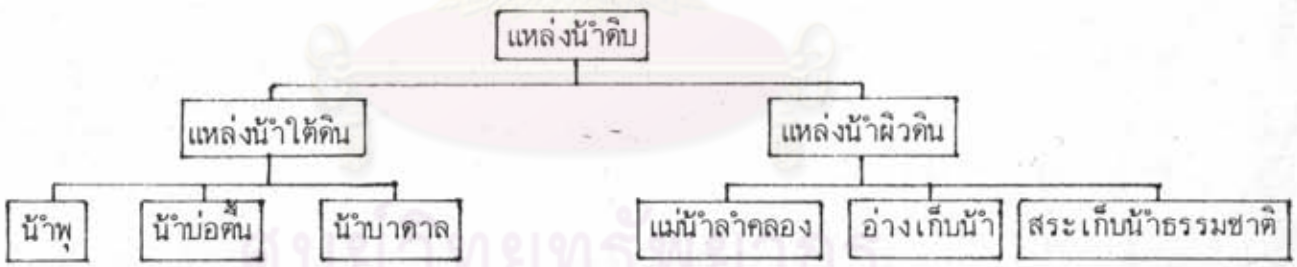
บทที่ 3

การออกแบบและประยุกต์ใช้งาน

3.1 ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า

การออกแบบระบบถังทรายกรองช้าเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เสียก่อน เช่นการเลือกใช้องค์ประกอบของระบบประปาให้เหมาะสมกับแหล่งน้ำดิบ การออกแบบกำลังผลิตและรายละเอียดต่าง ๆ ของถังทรายกรองช้า การคำนึงค่าใช้จ่ายและหลักการควบคุมของถังทรายกรองช้าที่ออกแบบ เป็นต้น ข้อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า เป็นสิ่งจำเป็นที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงก่อน ที่จะมีการออกแบบในขั้นรายละเอียด หลักการทั่วไปใช้เป็นข้อพิจารณาในการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า มีดังต่อไปนี้ คือ

3.1.1 สภาพของแหล่งน้ำดิบ การพิจารณาเลือกแหล่งน้ำดิบให้เหมาะสมกับระบบประปาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพของระบบประปา โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำดิบสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 3.1 การเลือกใช้แหล่งน้ำดิบ



ภาพที่ 3.1 การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำ

จำเป็นต้องทราบถึงลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของแหล่งน้ำดิบรวมถึงประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารของกระบวนการผลิตน้ำแบบต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการเลือกใช้และจัดวางระบบประปาที่สอดคล้องเหมาะสมกับลักษณะต่าง ๆ ของน้ำดิบ ทั้งนี้ได้แสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารของกระบวนการผลิตน้ำแบบต่าง ๆ ของระบบประปาไว้ในตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าถังทรายกรองช้ามีขีดความสามารถในการกำจัดมลสารต่าง ๆ ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามถังทรายกรองช้าก็ยังมีขีดจำกัดการใช้งานและจำเป็นต้องมีการใช้ระบบ Pre-treatment ประกอบในบางกรณี ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตน้ำประปา (14)

*** etc. - increasing positive effect
o - no effect
- - negative effect

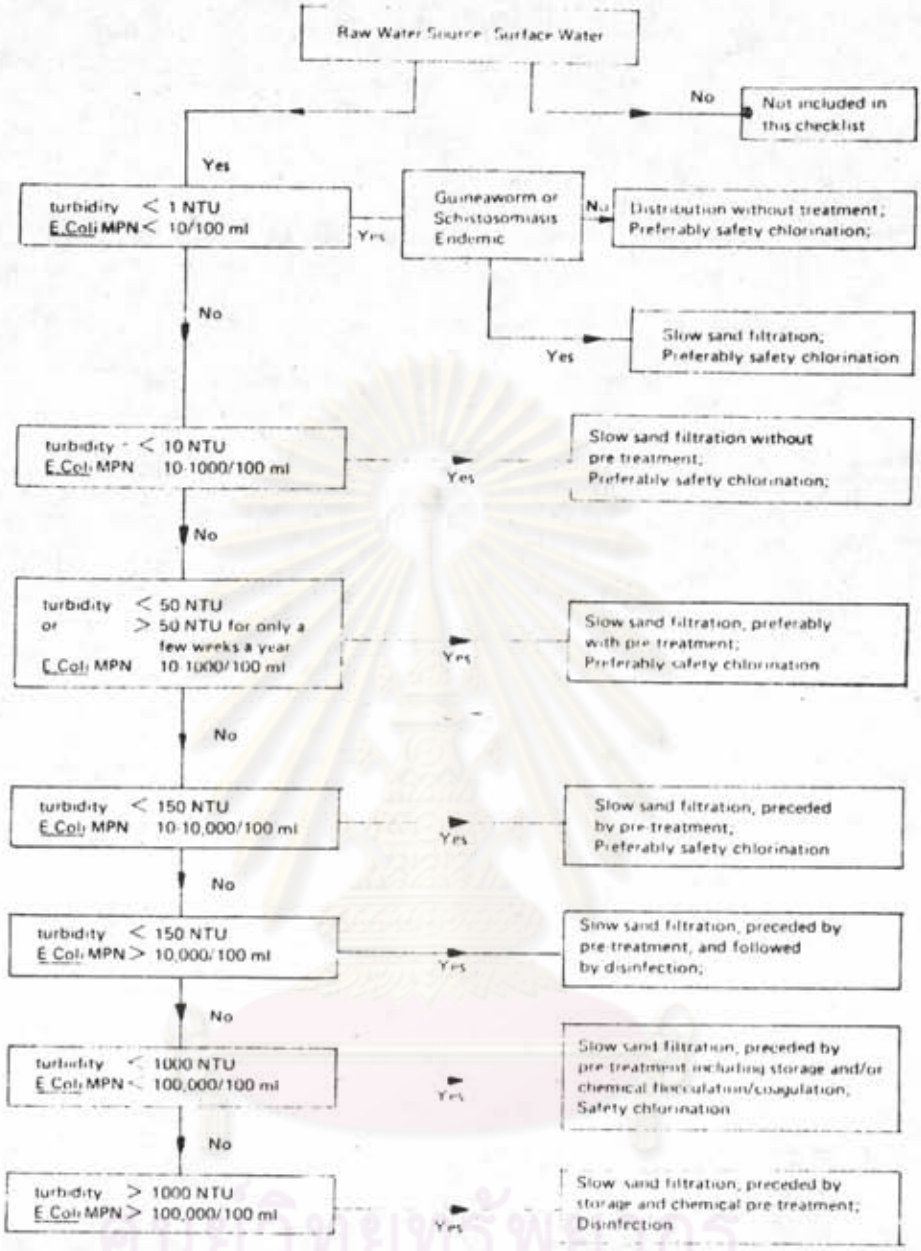
WATER QUALITY PARAMETER \ TREATMENT PROCESS	Aeration	Chemical Coagulation and Floc.	Sedimentation	Rapid Filtration	Slow sand Filtration	Chlorination
Dissolved Oxygen Content	+	o	o	-	--	+
Carbon Dioxide Removal	-	o	o	+	++	+
Turbidity* Reduction	o	+++	+	+++	++++	o
Colour Reduction	o	++	+	+	++	++
Taste and Odour Removal	++	+	+	++	++	+
Bacteria Removal	o	+	++	++	++++	++++
Iron and Manganese Removal	++	+	+	++++	++++	o
Organic Matter Removal	+	+	++	+++	++++	+++

* Turbidity of water is caused by the presence of suspended matter scattering and absorbing light rays, and thus giving the water a non-transparant, milky appearance.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 คุณภาพของน้ำที่ผลิตได้ การออกแบบระบบประปาควรจะคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบเพื่อจะสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพดีได้ตลอดระยะเวลาที่กำหนดในการออกแบบ (Design Period) สำหรับระบบถังทรายกรองช้าควรคำนึงถึงลักษณะที่ดีของระบบ เช่น การออกแบบระบบให้สามารถรับการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของน้ำดิบได้ดี และสามารถทำงานได้โดยธรรมชาติ ไม่จำเป็นต้องใช้คนคอยควบคุมอยู่เป็นประจำทุกวัน

3.1.3 กำลังผลิตของระบบประปา การออกแบบระบบประปาควรมีกำลังผลิตเพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของชุมชนตลอดระยะเวลาที่กำหนดในการออกแบบ (Design Period)



ภาพที่ 3.2 ขีดจำกัดของการใช้งาน และการเลือกใช้ระบบ Pre-treatment

ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงการกำหนดระดับการให้บริการที่เหมาะสม กับสภาพของชุมชนและประมาณการกำลังผลิต ตามแผนงานให้เพียงพอสำหรับการจำแนกระดับการให้บริการนั้นได้ แสดงไว้ดังภาพที่ 3.3

3.1.4 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี่ที่เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น การออกแบบระบบประปาควรมีการคำนึงพื้นฐานความสามารถของชาวบ้านภายในชุมชนนั้น ๆ ในการควบคุมและบำรุงรักษาระบบประปา ระบบถังทรายกรองช้า จะเป็นตัวอย่างที่ดีในการลดความซับซ้อนของการควบคุม และบำรุงรักษาระบบประปา สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

3.1.5 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ควรพิจารณาถึงชนิดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างและสภาพแรงงานของท้องถิ่น การออกแบบควรจะคำนึงถึงความประหยัด และความสอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่น

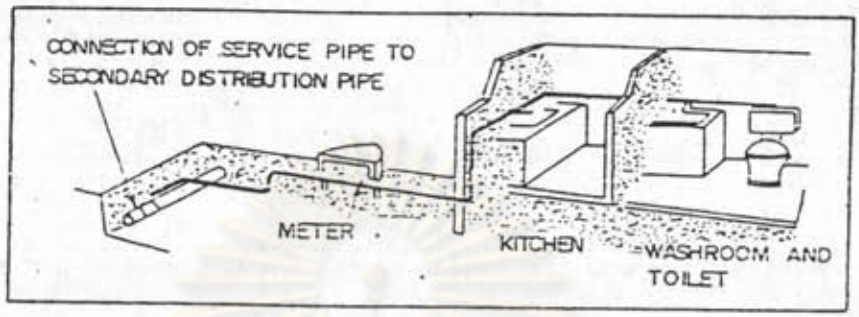
3.1.6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การออกแบบควรจะมีการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการภายหลังจากการก่อสร้างสูงเกินไป เช่น การกำหนด Hydraulic Profile ของระบบประปาให้มีความแตกต่างของระดับในแต่-และส่วนสอดคล้องกับลักษณะการไหลน้ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านหลังงานในการสูบน้ำ

3.1.7 วิธีการก่อสร้างและความสามารถของแรงงานท้องถิ่น การออกแบบควรคำนึงถึงวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น สำหรับการก่อสร้างระบบถังทรายกรองช้าควรพิจารณาวิธีแบบง่าย ๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสภาพแรงงานของท้องถิ่น

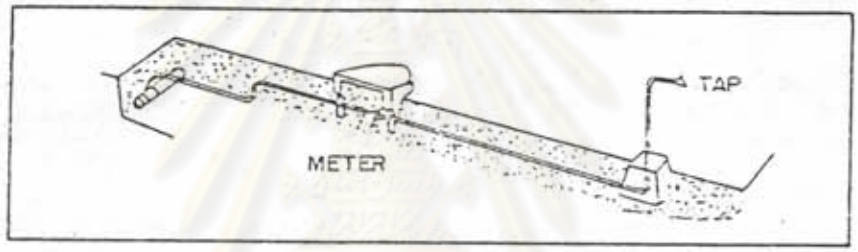
3.2 เกณฑ์กำหนดการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า Dijk และ Oomen, (24) ได้แนะนำเกี่ยวกับเกณฑ์กำหนดของการออกแบบระบบถังทรายกรองช้าไว้ดังนี้ คือ

อัตราการกรอง (Filtration rate)	=	0.1 ม. ต่อชม. (0.1-0.2 ม.ต่อชม.)
พท. ของผิวกรองต่อถังกรอง 1 ใบ	=	10-100 ตร.ม.
จำนวนของถังกรอง	=	ไม่น้อยกว่า 2 ใบ
ความสูงของระดับน้ำเหนือชั้นกรอง	=	1 ม. (1-1.5 ม.)
ความลึกของชั้นทรายกรอง	=	1 ม. (1-1.4 ม.)
ความลึกของชั้นกรวด	=	0.4 (0.3-0.5 ม.)

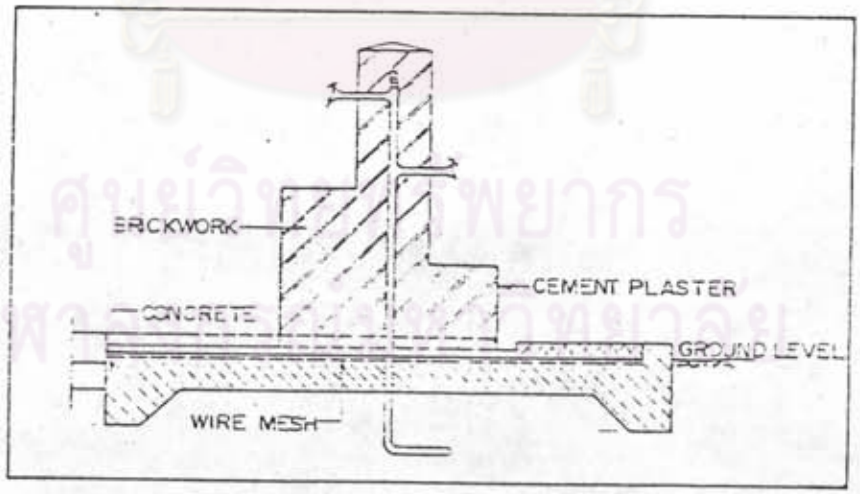
(1) House connection level



(2) Yard connection level



(3) Multiple-tap standpipe

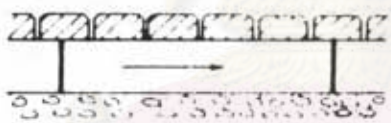


ภาพที่ 3.3 การจำแนกระดับการให้บริการน้ำประปา

filter bottom constructed of brick piling

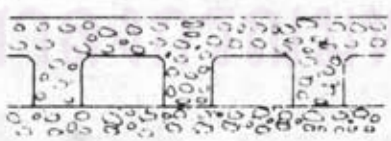
longitudinal section

cross section



pre-cast concrete slabs laid with
open joints on pre-cast concrete slabs

pre-cast concrete blocks with
holes in the top



no-fines concrete poured in situ
on retractable steel forms

ภาพที่ 3.4 ลักษณะการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ในระบบรับน้ำกรอง (22)

คุณสมบัติของทรายกรอง

- Effective size = 0.15-0.35 มม.
- Uniformity coefficient = 2-5

ระบบรับน้ำกรองอาจเลือกใช้ได้ดังนี้

- อิฐมาตราฐาน (ดังภาพที่ 3.4)
- พื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จว่างเว้นเป็นแนวร่อง (ดังภาพที่ 3.4)
- พื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จเจาะรู (ดังภาพ 3.4)
- ท่อรับน้ำเจาะรู

  ความเร็วสูงสุดของน้ำในท่อรับน้ำรวม และท่อก้างปลา = 0.3 ม. ต่อวินาที

  ระยะห่างระหว่างท่อก้างปลา = 1.5 ม.

  ขนาดของรูเจาะท่อก้างปลา = 3 มม. (2-4 มม.)

  ระยะห่างระหว่างรูเจาะ = 0.15 ม. (0.1-0.3 ม.)
- ชั้นกรวดหรือหิน

  (เหมาะสำหรับชั้นกรองที่มีพท. ผิวน้อยกว่า 25 ตร.ม.)

  ความหนาของชั้นกรวดหรือหิน = 4-15 ซม.

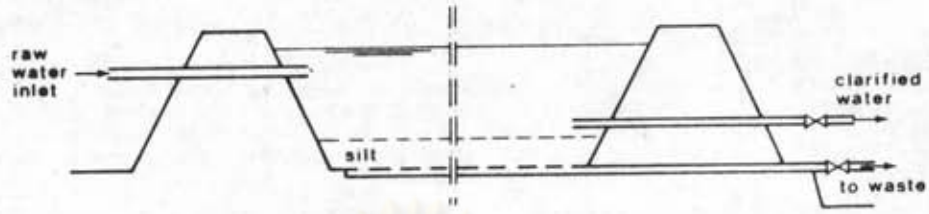
  ขนาดของกรวดหรือหิน = 25-50 มม.

3.3 <u>การเลือกใช้และออกแบบระบบ Pre-treatment</u> ระบบถังทรายกรองช้าจะทำงานได้ดีเฉพาะในช่วงความขุ่นที่ต่ำกว่า 10 NTU ดังนั้น หากมีการนำถังทรายกรองช้าไปใช้กับน้ำดิบที่มีความขุ่นสูง จึงจำเป็นต้องมีระบบ Pre-treatment เพื่อบำบัดน้ำก่อนเข้าถังทรายกรองช้า ระบบ Pre-treatment ดังกล่าวนี้ สามารถแบ่งออกได้ ดังต่อไปนี้คือ

3.3.1 <u>อ่างเก็บน้ำ</u> (Storage) มีลักษณะดังภาพที่ 3.5

<u>จุดประสงค์</u>

- เก็บกักน้ำดิบไว้ในช่วงฤดูแล้ง
- ลดความขุ่นด้วยการตกตะกอน
- สามารถบำบัดน้ำทางชีววิทยาโดยอาศัยแอลจี้ (Algae) ในน้ำและแสงแดด



ภาพที่ 3.5 ลักษณะโดยทั่วไปของอ่างเก็บน้ำ (Storage)

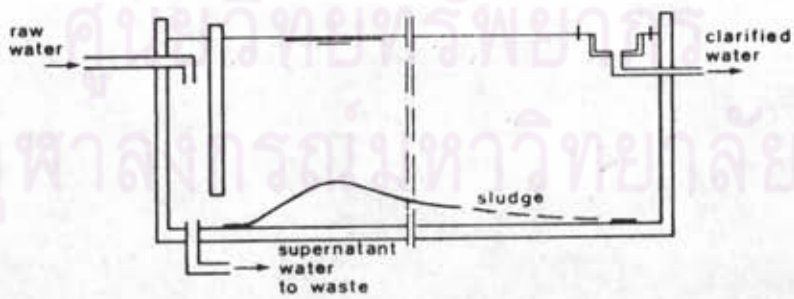
การออกแบบ

- การหาความจุอ่างเก็บน้ำควรคำนึงระยะเวลาที่ขาดแคลนน้ำ, การระเหย และการซึมของน้ำ, ความจุในการเก็บกักตะกอน
- ควรพิจารณาเลือกใช้วัสดุให้สอดคล้องกับสภาพท้องถิ่น เช่น การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำควรทำเป็นคันดินกั้นโดยรอบ

3.3.2 ถังตกตะกอนตามแนวราบ (Plain Sedimentation basin) มีลักษณะดังภาพที่ 3.6

จุดประสงค์

- ลดความขุ่นของน้ำ
- กำจัดสารแขวนลอย

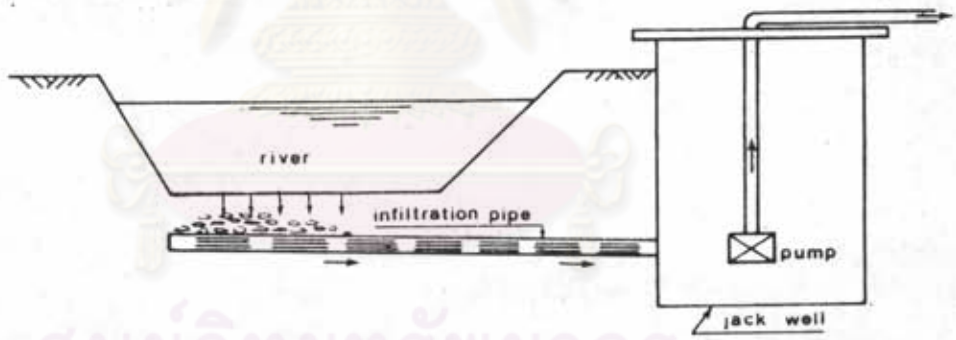


ภาพที่ 3.6 ลักษณะโดยทั่วไปของถังตกตะกอนตามแนวราบ

การออกแบบ

- ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 4-12 ชม.
- อัตราน้ำล้นของถัง 2-10 ม. ต่อวัน
- ความลึกของถัง 1.5-2.5 ม.
- อัตราน้ำล้นของฝาย (ด้านทางออก) 3-10 ลบ.ม. ต่อ ม. ต่อชม.
- อัตราส่วนความยาว : ความกว้าง 4 : 1 ถึง 6 : 1
- อัตราส่วนความยาว : ความลึก 25 : 1 ถึง 35 : 1 หรือ 5 : 1 ถึง 20 : 1 สำหรับถังตกตะกอนขนาดเล็ก

3.3.3 ระบบรับน้ำกรองใต้ท้องน้ำ (River bed filtration) มีลักษณะดังภาพที่ 3.7 ระบบ Pre-treatment แบบนี้มักจะประสบกับปัญหาการอุดตันของชั้นกรองตามธรรมชาติ Dijk และ Oomen (24)ได้กล่าวไว้ว่า อัตราการกรองโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 5-10 ม. ต่อชม.

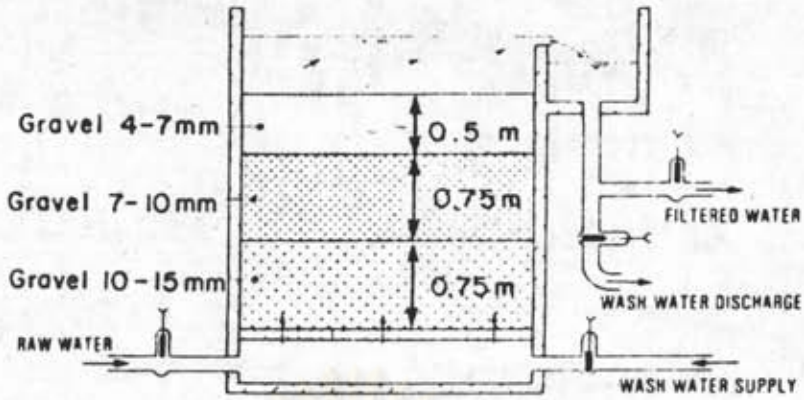


ภาพที่ 3.7 ลักษณะทั่วไปของระบบรับน้ำกรองใต้ท้องน้ำ (River bed filtration)

3.3.4 การกรองด้วยวัสดุหยาบ (Roughing Filtration) เป็นการกรองโดยใช้สารกรองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2.0 มม. นิยมใช้เป็นระบบ Pre-treatment ลดความขุ่นของน้ำดิบก่อนเข้าถังทรายกรองช้า สามารถแบ่งประเภทออกตามลักษณะการไหลของน้ำดิบได้ 2 ประเภท คือ

3.3.4.1 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Flow (14) Roughing Filters) มีลักษณะดังภาพที่ 5.8 อัตราการกรองแบบไหลขึ้นของถังกรองแบบนี้จะมีค่าประมาณ 0.5 ม. ต่อชม. (ช่วง 0.5-1.0 ม.ต่อ ชม.)

I16817149X



ภาพที่ 3.8 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวดิ่งโดย (18)

3.3.4.2 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอน (Horizontal Flow Roughing Filters) Wegelin (18) ได้แนะนำถึงการออกแบบถังกรองแบบนี้ว่า (ดูภาพที่ 3.9 ประกอบ)

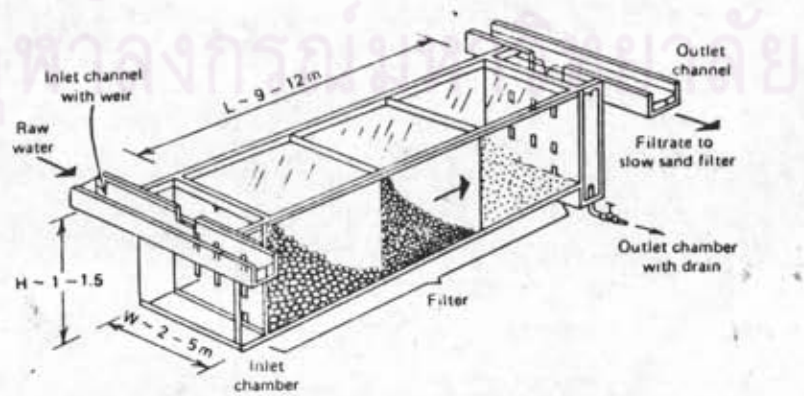
- อัตราการกรองของถังกรองเท่ากับ 0.5-4.0 ม.ต่อชม.
  ในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นสูงไม่ควรเกิน 2.0 ม.ต่อชม.
- การจัดเรียงชั้นกรองควรมี 2-3 ชั้น แต่ละชั้นสารกรองควรมีขนาด 4-40 มม. โดยเรียงจากใหญ่ไปเล็ก
- ความยาวของแต่ละส่วน ควรเท่ากับ

  ส่วนแรก สารกรองขนาดใหญ่ 4.5 - 6.0 ม.

  ส่วนกลาง สารกรองขนาดกลาง 3.0 - 4.0 ม.

  ส่วนสุดท้าย สารกรองขนาดเล็ก 1.5 - 2.0 ม.

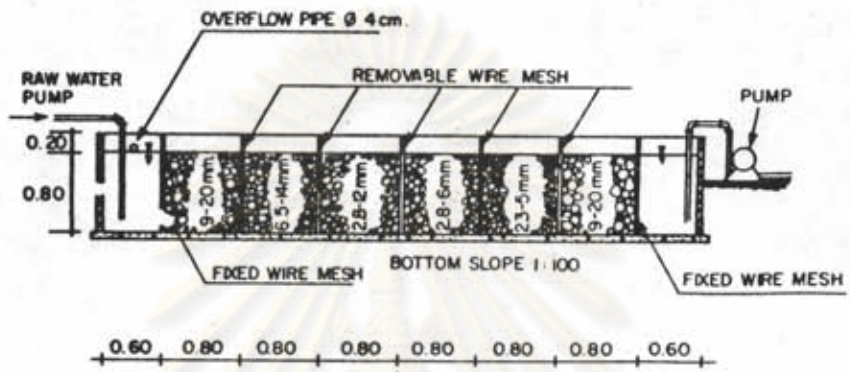
  ความยาวรวมประมาณ 9.0 - 12.0 ม.



ภาพที่ 3.9 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอน (18)

- ถังกรองควรมีความลึก 1-1.5 ม. เพื่อสะดวกแก่การทำความสะอาดสารกรอง
- ความลาดชันของพื้นถังควรมีค่าประมาณ 1 : 100

นอกจากนั้น Thanh, (15) ได้เสนอแนะถังกรองด้วยวัสดุแบบไหลตามแนวราบไว้ดังภาพที่ 3.10 และมีขนาดของสารกรอง ดังตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.10 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวราบ ซึ่งใช้กับถังทรายกรองช้า การประปาบ้านเจดีย์ทอง ปทุมธานี ออกแบบโดย Thanh, (20)

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของสารกรองของถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอน ของ Thanh, (20)

ขนาดของสารกรอง (มม.)	Effective Size (P_{10})	Uniformity Coefficient (P_{60} / P_{10})
9 - 20	15	1.38
6.5 - 14	1.1	1.5
2.8 - 12	6.1	1.47
2.8 - 6	3.8	1.36
2.3 - 5	2.6	1.27
9 - 20	15	1.38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย