2.5 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อที่จะทำการศึกษา วิจัย และ ประเมินผลระบบทรายกรองช้า ซึ่งเหมาะในการผลิตน้ำประปาโดยใช้แหล่งน้ำผิวดินให้กับหมู่บ้านอพยพจากบริเวณที่ถูกน้ำท่วมของเขื่อนศรีนครินทร์ และในการนี้ได้เลือกเอาหมู่บ้านท่าสะนุ่น เป็นที่ทำการศึกษา วิจัย และประเมินผล

2.6 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 สำรวจพื้นที่ภูมิประเทศ แหล่งน้ำดิน และ สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่จะวางหรือกำหนดจุดที่ตั้งแหล่งผลิตน้ำประปา รวมทั้งการคำนวณออกแบบ

1.1 ทำการสำรวจจำนวนประชากร ผังการแบ่งหมู่บ้าน แหล่งน้ำดิบ คุณภาพของน้ำดิบ และ สภาพแวดล้อมของแต่ละหมู่บ้านที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่จัดให้เป็นที่อยู่อาศัย แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่คาดว่าแต่ละหมู่บ้านจะต้องใช้ เป็นหลักในการพิจารณาออกแบบแหล่งผลิตน้ำประปา และจากผังการแบ่งหมู่บ้านนั้น จะนำมาใช้ประกอบการพิจารณาว่าแหล่งผลิตน้ำควรจะมีจำนวนเท่าใด และอยู่ ณ ที่ใดบ้าง

1.2 ออกแบบระบบผลิตน้ำประปา เพื่อให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพของหมู่บ้าน ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ระยะที่ 2 ก่อสร้างและประเมินผล

2.1 ทำการก่อสร้างแหล่งผลิตน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเลือกหมู่บ้านใดหมู่บ้านหนึ่งเป็นที่ศึกษา ซึ่งในที่นี้ก็ได้เลือกเอาหมู่บ้านท่าสะนุ่น เป็นที่ศึกษา วิจัย และประเมินผล

2.2 ประเมินผลที่ได้รับ จากการใช้ระบบผลิตน้ำแบบนี้ โดยการบันทึกรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำประปา จากการออกสอบถามความคิดเห็นของประชาชนผู้ใช้น้ำ

2.3 ทำการวิเคราะห์ และสรุปผลวิจัย

ระยะที่ 3 จากข้อมูลที่ได้มาทั้งหมด นำมาพิจารณากำหนดสิ่งที่ต้องการทำตามวัตถุประสงค์แก่หมู่บ้านทั้งหมด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีของระบบทรายกรองช้า

3.1 ระบบทรายกรองช้า

เมื่อหลายปีมานี้ ได้มีความคิดเห็นที่ผิด ๆ กันอยู่อย่างหนึ่ง คือ ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ นั้น ไม่ควรที่จะนำเอาระบบทรายกรองช้ามาใช้ เนื่องด้วยเป็นวิธีการที่ล้าสมัย และในช่วงเวลานั้น ยังได้มีการคิดระบบทรายกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) ซึ่งสามารถผลิตปริมาณน้ำสะอาดได้มากกว่า ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบก็น้อยกว่า ขึ้นมาใช้กันอย่างแพร่หลายแล้วด้วย [1]

ซึ่งตามความเป็นจริงแล้ว ความคิดอันนี้ก็ไม่ใช่สิ่งที่แน่นอนเสมอไป เพราะถ้าอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ระบบทรายกรองช้านี้ไม่เพียงจะเป็นวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาที่ถูกที่สุดเท่านั้น แต่ยังจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ง่ายต่อการก่อสร้างและการใช้สอยอีกด้วย ความได้เปรียบหรือข้อดีอีกประการหนึ่งซึ่งได้พิสูจน์แล้วก็คือ มีอายุในการใช้งานได้นาน และคุณภาพของน้ำที่ผลิตได้ก็อยู่ในเกณฑ์ดีมาก เหมาะสำหรับที่จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และใช้เป็นน้ำประปาเพื่อจ่ายให้กับประชาชนในเขตชนบทของประเทศต่าง ๆ [1]

จากการที่มีหลักฐานแสดงให้เห็นว่า ผู้ออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในหลาย ๆ ประเทศบางส่วนของโลกต่างก็กลัวกันว่า ตนเองจะกลายเป็นคนล้าสมัย ถ้าหากคนเอาระบบ

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

ทรายกรองช้ามาใช้ ดังนั้น เมื่อไรก็ตามถ้ามีการวางแผนงานออกแบบระบบประปาใหม่ ผู้ออกแบบจึงมักจะมีแนวโน้มที่จะพยายามเลิกใช้ระบบทรายกรองช้า และจากสาเหตุอันนี้เอง ทำให้องค์การอนามัยโลก (WHO) มีความสนใจและอยากจะศึกษาถึงข้อเท็จจริงว่าเป็นอย่างไร ทางองค์การอนามัยโลกจึงได้ร้องขอให้ ศาสตราจารย์ฮุยสแมน (Pro. Houisman) ศาสตราจารย์สาขาวิศวกรรมสุขาภิบาล แห่งมหาวิทยาลัยเด้ลท์ (Delft), ซึ่งเป็นรู้กันทั่วไปว่า เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้โดยเฉพาะ ไปทำการเยี่ยมชมและศึกษาที่ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำตามที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะที่กำลังใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทรายกรองช้าในส่วนต่าง ๆ ของทวีปยุโรป แล้วให้รายงานผลงานในด้าน การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพของน้ำที่ผลิตออกมาได้ของแต่ละระบบ และให้หาด้วยว่า ภายใต้โอกาสหรือเงื่อนไขใดบ้าง ที่ระบบทรายกรองช้าจะเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ มากกว่าระบบอื่น ๆ ทั้งหมด

หลังจากที่ศาสตราจารย์ฮุยสแมน ได้ไปเยี่ยมชมที่ติดตั้งระบบผลิตน้ำประปาตามที่ต่าง ๆ ใน 5 ประเทศของทวีปยุโรป และได้ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ จากประเทศสหรัฐอเมริกา และส่วนอื่น ๆ ของโลกแล้ว ก็ได้เขียนรายงานเสนอต่อองค์การอนามัยโลก ในรายงานของเขาได้แนะนำถึงวิธีการก่อสร้าง และการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทรายกรองช้าอย่างง่าย ๆ และให้ข้อมูลที่ได้ปรับปรุงจนเหมาะสมสำหรับการออกแบบ และวิธีดำเนินการที่ทันสมัย การเปรียบเทียบระหว่างข้อดีข้อเสียในด้านการใช้และการจ้างตัวกรอง (Filter media) ระหว่างระบบการกรองแบบต่าง ๆ และพร้อมกันนี้ก็ได้เสนอหัวข้อที่มีประโยชน์มากในด้านการประยุกต์ใช้ระบบทรายกรองช้าแบบใหม่ขึ้นด้วย

3.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบทรายกรองช้า[1]

ระบบทรายกรองช้าเริ่มนำเข้ามาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ.1804 ที่เมืองเพสเลย์ (Paisley) ประเทศสก็อตแลนด์ และในปี ค.ศ.1829

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

James Simpson ก็เป็นผู้นำเข้ามาใช้ในระบบการประปาของเชลซี ในเมืองลอนดอน (London) ในช่วงศตวรรษที่ 19 นี้เอง ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทรายกรองช้าก็ได้ใช้แพร่หลายไปทั่วโลก และหลักของการกรองทรายช้า หรือการกรองแบบจุลชีวะ (Biological Filtration) ก็ได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีมาตรฐานอีกอันหนึ่งด้วย

ในปี ค.ศ.1892 ได้มีปรากฏการณ์อันหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระบบทรายกรองช้านี้สามารถกำจัดเชื้อโรคได้ คือ ช่วงระหว่างเกิดโรคอหิวาต์ระบาดในเมืองฮัมบูร์ก ประเทศเยอรมันตะวันตก

ที่ริมฝั่งแม่น้ำเอลเบ (Elbe) มีเมือง 2 เมืองที่อยู่ติดต่อกัน คือ เมืองฮัมบูร์ก ซึ่งอยู่เหนือน้ำและเมืองอัลโทนา ซึ่งอยู่ท้ายน้ำ ต่างก็ใช้น้ำจากแม่น้ำเอลเบเป็นแหล่งน้ำดิบมาทำน้ำประปาจ่ายให้แก่ประชาชน และโดยที่ท่อสูบน้ำดิบของระบบการประปาในเมืองอัลโทนานั้น ตั้งอยู่ทางท้ายน้ำของแม่น้ำเอลเบด้วย เพราะฉะนั้น เมื่อเมืองฮัมบูร์กเกิดโรคอหิวาต์ระบาด ทางเมืองอัลโทนา ก็ควรจะมีการระบาดของโรคนี้เกิดขึ้นด้วย แต่ทว่าน้ำประปาที่ใช้จ่ายให้กับประชาชนในเมืองอัลโทนานั้น ผลิตจากระบบทรายกรองช้า ส่วนน้ำประปาในเมืองฮัมบูร์กนั้น ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเลย ดังนั้นระหว่างเกิดโรคอหิวาต์ระบาด จึงทำให้ประชาชนในเมืองฮัมบูร์กตายถึง 8,000 คน และอีก 10,000 คน ต้องป่วยเป็นโรคนี้ แต่ก็รักษาได้ในเวลาต่อมา ส่วนประชาชนในเมืองอัลโทนาไม่เป็นอะไรเลย

ในปี ค.ศ.1825 ได้มีการประดิษฐ์ mechanical gravity filter ขึ้นเป็นครั้งแรก และเริ่มใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาก็ได้มีการดัดแปลงแก้ไขให้ดีขึ้น และใช้กันไปอย่างแพร่หลาย ซึ่งในปัจจุบันก็คือ ถังกรองทรายเร็ว (Rapid Sand Filter) นั่นเอง และได้มีการจดทะเบียนจิชสิทธิ์เป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ.1899 ในประเทศอังกฤษ ถังกรองทรายเร็ว นี้ ถ้าอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว จะมีข้อดีกว่าถังกรองทรายช้าอยู่ 4 ประการ คือ [1]

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

I 15606521

1. เหมาะสำหรับสร้างในสถานที่ที่พื้นที่ดินมีราคาแพง เพราะเหตุว่าใช้เนื้อที่น้อย
2. เหมาะสำหรับใช้ในสถานที่ที่ค่าแรงงานสูง เพราะเราสามารถที่จะหาคนที่มีความรู้พอสมควรมาทำการควบคุมการทำงานของถังกรองทรายเร็วได้ง่ายกว่าหาคนงาน แต่ปัจจุบันข้อได้เปรียบข้อนี้ถูกตัดทิ้งไปแล้ว เพราะเหตุว่าได้มีการปรับปรุงระบบการทำงานของถังกรองทรายช้าให้สามารถทำงานได้อย่างง่ายที่สุด ซึ่งรวมทั้งการบำรุงรักษาด้วย
3. ในสถานที่ที่ฤดูหนาวจัด เช่น ประเทศในยุโรป ก็ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันการแข็งตัวของน้ำในถังกรองเหมือนกับในถังกรองทรายช้า
4. ในกรณีที่น้ำดิบ (Raw Water) ที่จะเอามาทำน้ำประปานั้น ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของน้ำมาก ๆ เช่น มีสารที่เป็นพิษผสมอยู่ด้วยแล้ว หรือเกิดมีสารพวกคอลลอยด์ปนอยู่ในน้ำมีปริมาณสูงมาก ก็จะทำให้ระบบการทำงานของถังกรองทรายช้าเสียได้ง่าย

ทั้ง ๆ ที่มีข้อเสียเปรียบอยู่ถึง 4 ประการ คือ ไม่สมควรทำระบบถังกรองทรายช้าในที่ที่มีราคาที่ดินสูง ค่าแรงงานแพง มีความยากลำบากที่จะต้องป้องกันการแข็งตัวของน้ำ และน้ำดิบมีคุณภาพไม่ดี ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีสิ่งโสโครกที่ปล่อยมาจากโรงงานปนอยู่ด้วย เป็นต้น แต่ทว่าก็ยังคงมีการใช้ระบบทรายกรองช้าขึ้นในเมืองใหญ่ ๆ ในยุโรปหลายแห่ง และในอเมริกาด้วย เช่น อัมสเตอร์ดัม รอตเตอร์ดัม อันตเวิบ ลอนดอน ปารีส อีกหลายเมืองในประเทศสวีเดน และประเทศญี่ปุ่น รวมทั้งในเมืองสปริงฟิลด์ และเมืองแมสซาชูเซ็ทส์ ซึ่งอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น [1]

---

1 "Biological" or "Slow Sand" Filters, Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

และในหลาย ๆ ประเทศ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่อยู่ในแถบเขตร้อนของโลก) ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว ก็ยังคงนิยมที่จะใช้ระบบการผลิตน้ำประปาแบบใช้ถังกรองทรายช้า เนื่องจากมีข้อดีหลายประการที่ดีกว่าระบบผลิตน้ำประปาแบบถังกรองทรายเร็ว คือ

คุณภาพของน้ำที่ผลิตได้

ปฏิกริยาต่าง ๆ ของระบบทรายกรองช้า นั้น จะพูดกันถึงรายละเอียดในตอนต่อไป แต่ก็สามารถที่จะกล่าวได้อย่างสั้น ๆ ว่า ไม่มีขบวนการเดี่ยว ๆ (single process) ใด ๆ ที่จะสามารถทำการปรับปรุงคุณภาพของน้ำในทางฟิสิกส์ เคมี และ ชีวภาพ ได้ดีเท่าระบบทรายกรองช้า นี้

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสถานที่ที่ใช้แรงงานมากกว่าเครื่องจักร เช่นในประเทศที่กำลังพัฒนา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบถังกรองทรายช้าจะถูกกว่าระบบถังกรองทรายเร็ว และถ้าที่ดินมีราคาถูก ก็ยิ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบถังกรองทรายช้าประหยัดยิ่งขึ้นอีก [1]

ง่ายต่อการก่อสร้าง

เนื่องจากขนาดของถังกรองทรายช้านั้น จะเกิดวิกฤติต่าง ๆ น้อยมาก เมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ เราสามารถที่จะสร้างให้ใหญ่โตเท่าใดก็ได้ โดยใช้วัสดุท้องถิ่น และไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือมาทำด้วยก็ได้ การออกแบบก็ง่ายกว่า เนื่องจากไม่มีงานวางท่อที่ซับซ้อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างและเป็นตัวชั้นกรอง (Filter media) ก็ไม่พิเศษมากนัก [1]

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการถูกมาก

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดเฉพาะของถังกรองทรายช้า อยู่ที่การทำความสะอาดชั้นกรองทรายเท่านั้น ซึ่งในการทำความสะอาดชั้นทรายนั้น เราอาจจะใช้เครื่องมือเข้าช่วยหรือใช้คนงานล้างก็ได้ ในประเทศที่กำลังพัฒนามักจะนิยมใช้วิธีการหลังมากกว่า เพราะราคาถูก นอกจากนั้นในตัวถังกรองทรายช้าไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีอื่น ๆ เข้าช่วย และรวมทั้งน้ำมันเชื้อเพลิง อุปกรณ์ หรือวัสดุอื่น ๆ ด้วย [1]

ง่ายต่อการควบคุม

ผู้ควบคุมการทำงานของระบบถังกรองทรายช้าไม่จำเป็นต้องมีความรู้ และความชำนาญมากนัก ซึ่งไม่เหมือนกันผู้ทำการดำเนินการควบคุมการทำงานของระบบถังกรองทรายเร็ว เพราะผู้ควบคุมจะต้องมีความรู้พอสมควร และการควบคุมการทำงานของระบบทรายกรองช้า นั้น ก็ไม่จำเป็นต้องดูแลตรวจตราอย่างใกล้ชิด ด้วยเหตุที่ระบบการกรองของถังกรองทรายช้านั้น สามารถยืดหยุ่น (Flexibility) ในตัวเองได้ ดังนั้นมันจึงสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเล็ก ๆ น้อย ๆ ของน้ำดิบ (Raw Water) ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ, สภาพภูมิอากาศ และ ความขุ่นมาก ๆ ในช่วงสั้น ๆ ได้ โดยที่ระบบในการกรองของมันยังคงใช้งานได้เหมือนเดิม [1]

การอนุรักษ์น้ำ

ในที่ที่มีปริมาณน้ำใช้จำกัด ระบบถังกรองทรายช้าจะมีข้อได้เปรียบกว่าระบบถังกรองทรายเร็ว เพราะเหตุว่า เมื่อถึงจุดที่จะต้องทำการล้างทรายกรองแล้ว จะใช้ปริมาณน้ำ

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

ที่มาล้างทรายน้อยมาก เมื่อเทียบกับระบบถังกรองทรายเร็ว นอกจากนั้น ในระบบถังกรองทรายเร็วจะต้องล้างทรายทุก ๆ 2 – 3 วัน ส่วนถังกรองทรายช้านั้นจะล้างแต่ละครั้งก็นานประมาณ 20 – 90 วัน [1]

การกำจัดตะกอน

ตะกอนที่ตกอยู่ที่ชั้นบนสุดของชั้นทรายในถังกรองทรายช้า สามารถที่จะกำจัดได้อย่างง่ายดาย เพราะมีปริมาณน้อย ไม่ก่อให้เกิดปัญหาเหมือนกับตะกอนในระบบถังกรองทรายเร็ว [1]

3.3 ทฤษฎีของทรายกรองช้า

การกรองน้ำโดยการปล่อยให้น้ำผ่านชั้นกรอง (Filter media) เป็นขบวนการทางฟิสิกส์ และเคมี ที่สามารถแยกเอาสารแขวนลอย (Suspended Solids) และสารพวกคอลลอยด์ (Colloids) ที่ปะปนอยู่ในน้ำออกได้ การผ่านน้ำที่มีสิ่งเหล่านี้เจือปนอยู่ลงไปยังตัวกลางที่มีรูพรุน (Porous Mediums) ซึ่งตามปกติจะเป็นชั้นทรายหรือชั้นของวัตถุที่มีขนาดเล็ก ๆ (Granular materials) อื่น ๆ น้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่าง (pores) ของตัวกลาง (medium) จนเต็ม และพวกสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ก็จะถูกทิ้งอยู่ในช่องว่างของชั้นตัวกลางนี้ โดยที่น้ำสามารถไหลผ่านออกไปได้ยังช่องทางออกอีกด้านหนึ่งของช่องว่าง

การที่ media หรือตัวกลางที่มีรูพรุน (ส่วนใหญ่มักจะใช้ทรายซึ่งมีความคงทนต่อการกัดกร่อนได้ดี) สามารถกำจัดสิ่งสกปรก เชื้อโรคต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำได้ดี ก็พอที่จะอธิบายได้ว่ามันเกิดขึ้นได้เนื่องจาก มีกลไก (action) ที่สำคัญอยู่ 4 กลไก ซึ่งกลไกเหล่านี้บางอันก็เป็น

---

1 "Biological" or "Slow Sand" Filters, Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

กลไกทางฟิสิกส์ และบางอันก็เป็นกลไกทางเคมี กลไกเหล่านี้ประกอบด้วย [1]

1. mechanical straining
2. sedimentation adsorption
3. electrical effect
4. biological changed

กลไกที่ 1 – เป็นกลไกทางฟิสิกส์ พวกสารแขวนลอยหรือพวกคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างในชั้นทราย จะทำให้มันติดค้างอยู่บนชั้นทราย [2]

กลไกที่ 2 – ช่องว่างในชั้นทราย เปรียบได้เหมือนกับอ่างเล็ก ๆ เมื่อน้ำไหลผ่านช่องว่างเหล่านี้จะมีความเร็วลดลง และเมื่ออยู่ในระยะพัก (Detention Time) พอสมควร จะทำให้สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเล็ก ๆ เกิดการจับตัว (floc) กันขึ้น และการเกิดการตกตะกอน (Sedimentation) ของ floc ที่เกิดขึ้นนี้ มันจะจับตัวกับเม็ดทราย [3] และมีคุณสมบัติดูดซึม (adsorb) พวกอนุภาคเล็ก ๆ ไว้ ซึ่งกลอันนี้เป็นกลไกทางเคมี [4]

กลไกที่ 3 – เป็นกลไกทางฟิสิกส์ ซึ่งมันอาจจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากเม็ดทรายมีประจุไฟฟ้า (electrical charge) หรืออาจจะเกิดการแตกตัว (ionize) ของโมเลกุลของน้ำ และอนุภาคเล็ก ๆ ที่อยู่ในน้ำ

---

[1] Huisman, L. and Wood, W.E. (1970), Slow Sand Filtration, World Health Organization, Geneva.

[2] Segall, B.A. and Okun, D.A. (1966), Effect of Filtration Rate on Filtrate Quality, J.Amer. Wat. Wks.Ass, Vol.58, No.3

[3] Hazen, Allen (1904), On Sedimentation, Trans,AAsce.

[4] Steel (1966), Water Supply, p. 36 - 256

โดยที่น้ำเป็นตัว electrolyte ทำให้เกิดปฏิกริยาขึ้น ซึ่งปฏิกริยาที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้สิ่งสกปรกที่มีอยู่ในน้ำเกิดการแยกตัวค้างอยู่บนเม็ดทราย [1]

กลไกที่ 4 – เป็นกลไกทางเคมี เมื่อน้ำดินไหลผ่านชั้นทราย ที่ผิวบนของชั้นทรายประมาณชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะมีชั้นซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ แผ่เคลือบผิวหน้าของชั้นทราย ชั้นนี้มีชื่อเรียกว่า "Schmutzdecke" หรือ ชั้นของสิ่งมีชีวิต "Biological layer" หรือ "Dirty Skin" ชั้นนี้จะมีลักษณะเป็นเมือกเหนียว ๆ คล้ายกาว ประกอบไปด้วยพวกแอลจี ที่มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย และสิ่งมีชีวิตในรูปต่าง ๆ กันอีกมากมาย โดยรวมไปถึงพวกแพลงตอนและบักเตรีบางชนิดด้วย ตลอดชั้นนี้ เวลาที่น้ำดิบผ่าน พวกสิ่งสกปรกทั้งหลายจะถูกกำจัดโดยจะติดอยู่กับเมือกเหนียว ๆ เหล่านี้ และพวกอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ของเกลือแร่ สารอินทรีย์ แอลจีที่มีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว บักเตรีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และพวกปาราสิต ก็จะถูกกักอยู่ในชั้นนี้ โดยที่ทั้งหมดนี้จะถูกทำลายไปเป็นสารประกอบอย่างอื่นที่ไม่เป็นอันตรายด้วยสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่แฝงอยู่ในชั้นนี้ทั้งหมดนั่นเอง ซึ่งกลไกอันนี้อาจจะเรียกว่าเป็นกลไกทางชีวเคมีก็ได้ [1]

อย่างไรก็ตาม มาจนบัดนี้ก็ยังไม่มีใครรู้ว่า กลไกที่แท้จริงที่เกิดขึ้นในขบวนการกรองนั้นมีอะไรบ้างที่แน่นอน การอธิบายข้างต้นนี้ ก็เป็นการอธิบายทฤษฎีที่สันนิษฐานว่า มันอาจจะเป็นไปได้ใกล้เคียงความจริงที่สุดเท่านั้น [1]

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

แต่เนื่องจากกลไกต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เกิดขึ้นแทบจะพร้อม ๆ กัน หรือในเวลาเดียวกัน และถ้าจะอธิบายให้เห็นอย่างชัดเจนถึงขบวนการที่ระบบทรายกรองช้าสามารถทำให้น้ำสะอาดได้ คือ [1]

ในตอนแรกที่น้ำดิบผ่านเข้ามาสู่ถังกรอง น้ำนี้จะถูกกักอยู่เหนือชั้นทรายประมาณ 1.00 – 1.50 เมตร ส่วนหนึ่งจะซึมผ่านชั้น "Schmutzdecke" ลงไป ส่วนที่เหลือทั้งหมดยังคงค้างอยู่เหนือชั้นนี้เป็นเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ซึ่งในระยะเวลานี้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ก็จะตกตะกอน อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าก็เริ่มจับตัวกันแล้วตกตะกอน พวกแอลจีและบักเตรีที่อยู่ในชั้น "Schmutzdecke" นี้ก็จะสร้างเซลใหม่ขึ้น โดยอาศัยอาหารจากสิ่งที่ตกตะกอน แสงแดด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรท ฟอสเฟต และอาหารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ ทำให้ได้ก๊าซออกซิเจนออกมาด้วย

ดังนั้น เมื่อส่วนต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในน้ำได้ผ่านมาลงบนผิวของชั้นทราย ซึ่งอาจจะมีชั้นบาง ๆ ของพวกสารอินทรีย์ที่มีชีวิต หรือ ชั้น "Schmutzdecke" แล้ว ในชั้นนี้นี่เองที่จะเป็นตัวสำคัญที่คอยทำลายเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำ ดูดซึมพวกคอลลอยด์และสิ่งที่เป็นตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่กลไกอันนี้ยังไม่มีใครทราบถึงรายละเอียดที่แน่นอน

หลังจากน้ำดิบได้ผ่านชั้น "Schmutzdecke" ไปแล้ว ก็จะผ่านเข้าไปสู่ชั้นทรายซึ่งเป็นตัวกรอง และกว่าน้ำแต่ละหยดจะซึมผ่านชั้นนี้ไปได้ ก็กินเวลานานอย่างน้อย 1 – 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นทราย และความเร็วของน้ำในการซึมผ่าน ในช่วงเวลาระหว่างนี้เอง ที่เกิดกลไกการกำจัดที่สำคัญขึ้น

ที่เห็นได้ชัด ก็คือ เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นทราย ก็จะเกิดกลไก "mechanical straining" ซึ่งกลไกอันนี้จะป้องกันไม่ให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างเม็ดทรายไหลผ่านตามน้ำ

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

ออกไปด้วย แต่เพียงแต่เกิดกลไกนี้เพียงอันเดียว ก็จะช่วยลดความขุ่นของน้ำลง ทำให้น้ำดิบดูใสขึ้นเท่านั้น เนื่องจากกลไกดังกล่าวไม่สามารถที่จะกรองเอาพวกคอลลอยด์ บักเตรี หรือไวรัส ได้ เพราะสิ่งเหล่านี้มีขนาดเล็กกว่าช่องว่างที่มีขนาดเล็กที่สุดของทราย ดังนั้น การที่น้ำไหลผ่านชั้นทราย จึงถือว่าเป็นตัวช่วยหรือขบวนการอันที่สอง ที่จะช่วยทำให้น้ำสะอาดยิ่งขึ้น แต่ก็ยังไม่แน่นอนทีเดียว เพราะเหตุว่า ในระหว่างช่องว่างเล็ก ๆ ของเม็ดทรายอาจจะมีแรงทางประจุไฟฟ้า (Electrical Charge) หรือแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี (Chemical Bonding) หรือปฏิกริยาของโมเลกุล (Molecule Activity) ที่เกิดขึ้นอยู่ทุก ๆ ผิวของเม็ดทราย คอยช่วยดูดซึมพวกคอลลอยด์ และกำจัดเชื้อโรคต่าง ๆ ที่ผ่านมาจากชั้น "Schmutzdecke" อีกทีหนึ่งก็ได้

จากกลไกดังกล่าวข้างต้นตามลำดับ เมื่อน้ำดิบได้ผ่านเข้ามาถึงผิวบนสุดของชั้นทราย ก็จะทิ้งเอาพวกคอลลอยด์ สารแขวนลอยต่าง ๆ เชื้อโรค และพวกสารอินทรีย์ทั้งหลายไว้บนชั้นนี้ และเลยจึกลงไปในชั้นทรายอีกประมาณ 40 เซนติเมตร เมื่อเกินระยะนี้ลงไป น้ำที่ผ่านออกมาจะใสสะอาด แต่ที่ทรายชั้นบนสุดนั้นจะเต็มไปด้วยสารต่าง ๆ ที่ปนมากับน้ำดิบทับถมกันอยู่มากมาย

มีข้อสังเกตุอีกอย่างหนึ่ง คือ น้ำที่ผ่านถังกรองทรายช้าออกมาแล้ว จะมีออกซิเจนละลายอยู่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องจากพวกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ บางพวกที่อยู่ในชั้น "Schmutzdecke" ได้ดูดเอาไปใช้ เพื่อสร้างพลังงานให้กับตัวมันเอง แต่ไม่เป็นปัญหาเท่าใดนักสำหรับการแก้ไข เพราะเราอาจจะให้น้ำที่ผลิตได้ผ่านอะไรก็ได้ เช่น Weir เพื่อให้เกิดการ Aerate ทำให้ออกซิเจนในอากาศลงไปผสมกับน้ำได้ เป็นต้น [1]

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

3.4 เครื่องมือที่เป็นส่วนประกอบเพื่อให้ระบบทรายกรองช้าสมบูรณ์ [1]

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า ระบบทรายกรองช้าเป็นระบบกำจัดน้ำเสียแบบเป็นขบวนการเดี่ยว ๆ (Single stage) ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ถ้าหากเราต้องการที่จะเอาน้ำที่ผลิตได้ไปเป็นน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายให้กับประชาชนนั้น ก็ควรจะมีการป้องกันเชื้อโรคด้วย ซึ่งก็ควรจะใช้วิธี Chlorination จะดีที่สุด ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะระบบทรายกรองช้านั้นสามารถกำจัดพวกสารอินทรีย์ เชื้อโรคต่าง ๆ ได้ถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การใช้คลอรีน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของปูนคลอรีน หรือไฮโปคลอไรด์ เพื่อทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคจะมีปริมาณน้อยมาก ทำให้ทุนค่าใช้จ่ายด้วย

แต่ยังมีองค์ประกอบที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบทรายกรองช้ามาก คือ กรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความขุ่นที่ไม่ได้เกิดจากสารอินทรีย์ (Inorganic Turbidity) เพราะมันจะทำให้ระบบทรายกรองช้ามีอายุการทำงานสั้นลง เพราะความขุ่นเหล่านี้จะไปอุดตามช่องว่างของชั้นทรายจนหมด ดังนั้น หากไม่มีเครื่องมืออื่นใดช่วยลดความขุ่นนี้แล้ว ก็จะต้องทำการล้างทรายกรองบ่อย ๆ

ความขุ่นโดยเฉลี่ยประมาณ 10 mg/l หรือน้อยกว่า (measure as SiO_2) เป็นความขุ่นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบทรายกรองช้า เพราะให้ผลดีที่สุด[1] แต่ระบบทรายกรองช้าก็สามารถรับน้ำดิบที่มีความขุ่นตั้งแต่ 100 ถึง 200 mg/l ได้ ในช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 2 – 3 วัน ถ้าเป็นช่วงยาว ความขุ่นที่จะสามารถรับได้ไม่ควรเกิน 50 mg/l [1]

สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนของโลก น้ำดิบที่มาจากแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่แล้ว มักจะมีความขุ่นสูง ดังนั้น ถ้าหากนำเอามาใช้กับระบบทรายกรองช้า ก็ควรจะมี Prefilter มาช่วยลดความขุ่นของน้ำ ก่อนที่จะปล่อยน้ำดิบนี้เข้าสู่ระบบด้วย Prefilter นี้

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

อาจจะทำเป็นถังคอนกรีตขนาดใหญ่ ข้างในใส่กรวดที่มีขนาดต่าง ๆ กัน เป็นชั้น ๆ ก็ได้ แล้วปล่อยให้น้ำดิบไหลผ่านชั้นกรวดเหล่านี้ จะสามารถลดความขุ่นของน้ำได้ถึง 30 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของความขุ่นทั้งหมด [1] แต่บางครั้งนอกจากจะมี Prefilter แล้ว ก็อาจจะมีถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) มาช่วยลดความขุ่นอีกด้วย โดยการปล่อยน้ำดิบที่มีความขุ่นสูงมาพักอยู่ในถังตกตะกอนก่อน แล้วจึงค่อยผ่านไปสู่ Prefilter จากนั้นจึงค่อยปล่อยเข้าสู่ถังกรองทรายช้าอีกทีหนึ่ง

ในกรณีที่ระบบทรายกรองช้ามีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะผลิตน้ำประปาจ่ายให้แก่ประชาชนที่มีจำนวนมาก ก็ยิ่งจะต้องมีความระมัดระวังในเรื่องคุณภาพของน้ำเพิ่มขึ้นอีก โดยต้องระลึกไว้เสมอว่า ไม่มีระบบกำจัดใด ๆ ที่จะสามารถรับประกันถึงความปลอดภัยของน้ำได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาที่ระบบนั้นทำงานอยู่ แต่ระบบทรายกรองช้านั้น เป็นที่รู้กันโดยทั่วไปแล้วว่าสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ 99.9 – 99.99 เปอร์เซ็นต์ และ E. Coli ก็สามารถกำจัดได้ 99.0 – 99.9 เปอร์เซ็นต์ [1] ดังนั้น ถ้าน้ำดิบที่ผ่านเข้าสู่ระบบไม่สกปรกมากเกินไป น้ำประปาที่ผลิตได้ก็อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามมาตรฐานของน้ำดื่มสากลได้

การที่ต้องทำให้น้ำดิบ ก่อนเข้าสู่ระบบทรายกรองช้ามีคุณภาพลงที่ โดยผ่านขบวนการกำจัดเบื้องต้นอื่น ๆ ก่อน นั้น เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ก็เพราะเพื่อที่จะทำให้ความมั่นใจในการทำงานของถังกรองทรายช้าที่มีต่อคุณภาพของน้ำที่ผลิตออกมามีมากขึ้น และทำให้อายุการทำงานของถังกรองทรายช้านานขึ้น [1]

3.5 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบทรายกรองช้า

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบทรายกรองช้า มีดังนี้

1. ตัวถังกรอง (Filter Box) อาจจะทำเป็นอิฐก่อฉาบปูน หรือเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดของถังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่จะผลิต

---

[1] "Biological" or "Slow Sand" Filters,
Community Water Supply Research and Development Programme, WHO/CWS/RD/70.1

2. ทรายกรอง — มีขนาดอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.40 ม.ม (Effective Size) และมีค่า Uniformity Coefficient 1.7 – 2.0

3. กรวด — มีขนาดตั้งแต่ 2 ม.ม – 25 ม.ม วางเป็นชั้น ๆ ตามขนาด เพื่อเป็นตัวรองรับชั้นทรายอีกทีหนึ่ง มีความหนาประมาณ 0.30 – 0.60 เมตร

4. ท่อรับน้ำใส (Underdrain) — พื้นล่างของตัวถังกรองจะเป็นคอนกรีตซึ่งอาจจะใช้ท่อรับน้ำใสใต้ชั้นกรวดเป็นท่อกระเบื้องมีรูพรุนวางห่าง ๆ กัน หรืออาจจะทำพื้นคอนกรีตเป็นรางยาวแล้วใช้อิฐบล็อกวางเรียงกันเป็นช่อง ๆ ทำหน้าที่เป็นรางย่อย (Lateral) ส่วนข้างบนก็ใช้อิฐบล็อกวางเรียนต่อกันเป็นแผ่น เว้นช่องว่างระหว่างแผ่นประมาณ 1 ซม. เพื่อรองรับชั้นกรวดอีกทีหนึ่ง

5. ท่อรับน้ำสะอาด — อาจจะใช้เป็นท่อเหล็กหล่อก็ได้ ขนาดของท่อก็แล้วแต่ปริมาณน้ำที่จะผลิต

6. ถังเก็บน้ำสะอาด (Clear Well) — อาจจะทำเป็นอิฐก่อฉาบปูน หรือเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมดก็ได้ แต่ควรจะมีฝาปิดด้วย

3.6 หลักเกณฑ์ในการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของระบบทรายกรองช้าโดยทั่วไป

1. ถังทรายกรองช้า

หลักเกณฑ์ในการออกแบบโดยทั่วไป มีดังนี้

อัตราการกรอง	0.1 $ม^3/ม^2/ช.ม$ – 0.4 $ม^3/ม^2/ช.ม$
ขนาดของถัง	ขึ้นอยู่กับปริมาณที่จะผลิต
ความสูงของถัง	ไม่ควรเกิน 3.20 เมตร
ความหนาของชั้นทราย	0.60 – 1.50 ม. (การใส่ทรายไม่จำเป็นต้องเรียงเป็นชั้น ๆ)
ความหนาของชั้นกรวดทราย	0.30 – 0.60 ม.
	มีขนาด 0.30 – 0.40 ม.ม (Effective Size) , 1.70 – 2.5 (Uniformity Coefficient)
ความหนาของชั้นน้ำ	1.0 ม. – 1.50 ม.
Head Loss	6.0 – 120.0 ช.ม
ระยะเวลาการใช้งาน	20 – 90 วัน
ปริมาณน้ำสะอาดที่ใช้ล้างถัง	0.2 – 0.6 % ของน้ำที่ผลิตได้

2. Prefilter (แบบ Horizontal - Flow Prefilter)

หลักเกณฑ์ในการออกแบบโดยทั่วไป มีดังนี้

อัตราการกรอง [1]	4.8 – 30 $ม^3/ม^2$ – วัน
ขนาดของถัง	ขึ้นอยู่กับปริมาณที่จะผลิต

---

[1] Sivakumar, Muttucumara, Horizontal Flow Prefiltration of Tropical Surface Water, AIT Thesis No.993, Bangkok, Thailand.

ความสูงของถัง	ควรง่ายต่อการก่อสร้าง ไม่ควรเกิน 1.50 เมตร
ขนาดของกรวด [1]	มีขนาด 2.0 มม.ขึ้นไป จนถึงขนาด 20.00 มม.
ความหนาของชั้นกรวดแต่ละขนาด [1]	ประมาณ 80 ซ.ม

3. <u>ถังเก็บน้ำสะอาด</u> (Clear Well)

หลักเกณฑ์ในการออกแบบโดยทั่วไป [1]

ขนาดความจุ	ไม่ควรน้อยกว่าปริมาณของน้ำประปาที่ระบบผลิตได้ใน 1 วัน หรือ ไม่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ใน 1 วัน และควรจะสร้างแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อง่ายต่อการบำรุงรักษาและควรมีฝาปิด

<u>สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบระบบทรายกรองช้า</u>

– สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบทรายกรองช้า คือ จำนวน และขนาดของถังกรองที่จะสร้าง พื้นที่ผิวทั้งหมดสำหรับการกรองน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่จะผลิตขึ้นมา สำหรับในชนบทของประเทศไทยนั้นไม่ได้เป็นเขตอุตสาหกรรม ดังนั้น ปริมาณน้ำใช้จึงขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ และปริมาณน้ำที่ใช้ต่อจำนวนประชากร 1 คน ต่อ 1 วัน ทางกองการประปาชนบท ได้กำหนดเอาไว้เท่ากับ 50 ลิตร แต่ในบางกรณี อาจจะมากถึง 180 – 200 ลิตร/คน/วัน ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าประชาชนในเขตชนบทนั้นเอาน้ำไปใช้อย่างอื่นบ้างหรือไม่ เช่น เอาไปเลี้ยงสัตว์ รดน้ำต้นไม้ เป็นต้น และนอกจากนี้ เมื่อหาปริมาณน้ำที่จะผลิตได้แล้ว ในการออกแบบก็ควรจะเผื่อไว้สำหรับอนาคตด้วย

---

[1] N.C. Thanh, "Functional Design of Water Supply for Rural Communities" Asian Institute of Technology, April 1978

– ควรจะออกแบบให้ระบบของการกรองเป็นไปโดยสม่ำเสมอตลอด 24 ชั่วโมง (ถ้าเป็นไปได้) และควรจะออกแบบให้ง่ายต่อการก่อสร้าง ควบคุม และการดูแลรักษาให้มากที่สุด

– วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ควรจะใช้วัสดุในท้องถิ่นให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

– สถานที่ที่สำหรับจะทำการก่อสร้างระบบทรายกรองช้า ควรจะอาศัยลักษณะภูมิประเทศเข้าช่วยให้มากที่สุด เพื่อจะได้ลดค่าใช้จ่ายอย่างอื่น เช่น จดการใช้ปั๊มป์เข้าช่วย เป็นต้น

– สถานที่ที่จะทำการก่อสร้างระบบทรายกรองช้า นั้น ควรระวังถึงการทรุดตัวของดินที่รองรับ และต้องระวังไม่ให้น้ำท่วมถึงได้ด้วย เป็นต้น