หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ประวัติความเป็นมาของเครื่องกรองเร็วและการอุดตันที่หัวกรอง

การกรองเป็นวิธีกำจัดความขุ่น อนุภาคแขวนลอยและจุลินทรีย์ออกจากน้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านทรายกรอง น้ำที่กรองแล้วจะใสกว่าน้ำที่ไหลเข้าเครื่องกรอง วิวัฒนาการของการกรองเริ่มตั้งแต่ปี 1832 เมื่อ STEIN (1) ได้สร้างเครื่องกรองทรายช้าต่ออนุกรมกับถังตกตะกอน ให้กับ Richmond, Va, Water Work เป็นเครื่องกรองขนาดเล็ก ประสิทธิภาพการกรองต่ำ เพราะวิทยาการเกี่ยวกับกลไกการกรองมีผู้รู้น้อยมาก ต้องใช้วิธีลองผิดลองถูกเป็นหลักใหญ่ Kirwood (1865) ได้ศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องกรองที่ประเทศอังกฤษ, ผรั่งเศษ และเยอรมันนี แล้วนำเอาประสพการณ์ที่ได้พบเห็นมาสร้างเครื่องกรองทรายช้าที่เซนต์หลุย แต่ยังคงไม่ประสบความสำเร็จ น้ำที่กรองแล้วยังคงมีความขุ่นสูง เพราะอนุภาคฟลอคไม่ดูดติดกับเม็ดทรายกรอง และได้พัดพาเอาแบคทีเรียติดออกมากับน้ำกรองแล้วอีด้วย

Smith, Cuchet & Monfort (1880) (2) เห็นพร้อมต้องกันว่า ควรให้น้ำไหลผ่านชั้นสารกรองที่มีขนาดใหญ่ลงไปหาสารกรองที่ละเอียดกว่า จะช่วยให้การกรองดีขึ้น น้ำดิบบางประเภทสารกรองแต่ละชั้นจะดักจับสารแขวนลอยที่มีขนาดเหมาะสมกับสารกรองได้ดีแตกต่างกันไป ระบบการกรองวิวัฒนาการมากขึ้น เมื่อวิศวกร ได้ค้นพบกรรมวิธีการบำบัดเบื้องต้น (Pretreatment) ด้วยวิธีรวม-ตะกอน (Coagulation) แล้วจึงปล่อยให้น้ำใสไหลเข้าเครื่องกรอง ช่วยปรับปรุงให้ประสิทธิภาพการกรองดีขึ้น อัตราการกรองสูงขึ้นเรียกว่าเครื่องกรองทรายเร็ว (Tapin Sand Filter) นักวิจัยหลายท่านได้แก่ Patrick Clark, John W.Hyatt, Isaiah Hyatt, Col.L.H.Gardner และ Jewell ได้พยายามค้นคว้าเพื่อให้ทราบกลไกของขบวนการกรองเร็ว Gardner เป็นบุคคลแรกที่นำเอาระบบรวมตะกอน (Coagulation) ประยุกต์ใช้กับขบวนการ

ผลิตน้ำประปาอย่างจริงจังที่นิวออรีน ปี 1880 โดยใช้น้ำจากแม่น้ำมิซซิปปี้ แต่ผู้ที่ประสบความสำเร็จอย่างแท้จริงคือ Somerville, N.J. เขานำเอาแบบเครื่องกรองของ Hyatt และขบวนการรวมตะกอนของ Baker ประยุกต์ใช้ร่วมกัน เครื่องกรองทรายเร็วจุงมีประสิทธิภาพการกรองสูงกว่าวิธีต่าง ๆ ที่เคยทดลองผ่านมา เครื่องกรองทรายเร็วที่ออกแบบใช้งานในช่วงปี 1880-1900 นั้น มีลักษณะเป็นถังกลมขนาดใหญ่ ใช้ทรายเป็นสารกรองติดตั้งระบบการระบายน้ำ (Drainage) และ Flushing System บริษัทผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงในสมัยนั้นได้แก่ Hyatt, Warren, National Filter Company, Blessing Continental Filter Company, American Filter และ Jewell Filter Co. เนื่องจากมีหลายบริษัท จึงต้องแข่งขันกันในเชิงการค้า ส่งผลกระทบให้ล้มเลิกกิจการไปหลายบริษัท ประกอบกับเป็นระยะที่อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์เฟื่องฟูหลายบริษัท จึงเปลี่ยนไปสนใจอุตสาหกรรมรถยนต์แทน

ในปี 1902 ระบบการกรองวิวัฒนาการไปอีกก้าวหนึ่งมีขนาดใหญ่มากขึ้น เปลี่ยนรูปทรงจากถังกลมเป็นทรงสี่เหลี่ยมดังเช่นที่เมืองลิทเทิลฟอลล์ นิวเจอซี่ บริษัท East Jersey Water Co. ได้สร้างเครื่องกรองเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม คอนกรีตเสริมเหล็ก มีระบบรวมตะกอน และถังตกตะกอนช่วยทำให้น้ำใสก่อนไหลเข้าเครื่องกรอง เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมาจนปัจจุบัน

ปี 1935 เป็นปีที่มีการศึกษาถึงกลไกการกรองกันอย่างจริงจัง และแพร่หลาย ได้มีการวิจัยพฤติกรรมการกรองจนได้ข้อสรุปว่า การกรองเกิดขึ้นได้ดีเฉพาะที่บริเวณผิวหน้าของสารกรองเท่านั้น Ripple (1935) พบว่าการใช้สารกรอง 2 ชนิด (Dual media) จะกรองได้ดีกว่าใช้ทรายกรองอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบอายุการกรอง อัตราการกรองและเปอร์เซนต์การล้าง การทดลองของ Ripple ใช้ทรายขนาด 0.52 มิลลิเมตร สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity - Coefficient) 1.72 ชั้น ทรายหนา 14 นิ้ว และถ่านแอนทราไซท์ ขนาด 0.80 มิลลิเมตร หนา 6 นิ้ว

ปัญหาที่ยุ่งยากของเครื่องกรองได้ถูกแก้ไขด้วยประสพการณ์ของวิศวกร และพนักงานควบคุมเครื่องกรอง โดยในขั้นแรกได้ทดลองใช้คลอรีนและผงถ่าน แอคติเวทเตสคาร์บอน ต่อมาได้ทดลองหาขนาดของทรายกรองที่เหมาะสม ความลึกของสารกรองที่เหมาะสม Baylis (196) ได้คาดคะเนว่า จะต้องนำเอาทรายหยาบและวัสดุกรองอื่น ๆ มาใช้ร่วมกันในอนาคตนอกจากนี้ยังต้องนำเอาระบบการล้างขูดผิวหน้ามาใช้กำจัดก้อนเลนด้วย

ในช่วงปี 1900 - 1936 นั้นนิยมออกแบบเครื่องกรองใช้ท่อเพอร์ฟอเรสเตด เป็นระบบระบายน้ำกรองแล้วร่วมกับกรวดที่มีขนาดเหมาะสม ในเวลาต่อมาจุงได้วิวัฒนาการมาใช้แผ่นพรุน (Porous Plate) เป็นระบบระบายน้ำมีช่องทางรับน้ำเป็นแขนงย่อยรับน้ำจากแผ่นพรุน ข้อดีของระบบแผ่นพรุน คือไม่ต้องใช้กรวด ทรายกรอง จะอยู่บนแผ่นพรุน แผ่นพรุนทำหน้าที่แทนกรวดเป็นการปรับปรุงไม่ให้ทรายกรองแยกตัวไหลลงไปในระบบระบายน้ำกรองแล้ว ค่าความสูญเสียเฮดในขณะล้างย้อนจะสม่ำเสมอโอกาสอุดตันมีน้อย โดยทั่วไปมักออกแบบให้รูพรุนมีขนาดเล็กกว่าเม็ดทรายกรองประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ข้อดีอีกประการหนึ่งของแผ่นพรุนก็คือ กระจายน้ำได้ดีทั่วทั้งพื้นที่และทนแรงกระทำจากน้ำและอากาศ - น้ำ ได้ดีในขณะล้างย้อน

Hudson (1958) (4) ได้รายงานว่าถ้าจะผลิตน้ำที่มีคุณภาพดี ต้องควบคุมให้อัตราการกรอง 2 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต เม็ดทรายกรองมีขนาด 0.5 มิลลิเมตร หนา 2 ฟุต สูญเสียความดัน 8 ฟุต ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการกรองได้แก่

(1) วัสดุที่ใช้กรอง (Filter material)

(2) ความหนาของสารกรองและอัตรากรอง (Bed thickness and Rates)

(3) ค่าสูญเสียความดัน

(4) สภาวะสารกรอง (Filter bed condition)

(5) สภาวะการไหลของน้ำ (Hydroulic condition)

O'melia และ Crapps (1974) (5) พบว่าความเข้มข้นของประจุ Anion และ pH เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงต่อ Filter Performance อีกทั้งยังเป็นปัจจัยกำหนดควบคุมการดูดติด (Attachment) ของ Aluminumfloc และ Iron flocs ที่ผิวหน้าของสารกรอง

Degremaont (1979) (2) เป็นบริษัทของประเทศฝรั่งเศสที่มีประสพการณ์ระบบการผลิตน้ำประปามายาวนาน ได้กำหนดอัตราการกรองที่ดีในช่วง 4 - 50 เมตรต่อชั่วโมง

Toregas (1983) (6) รายงานว่าการแยกอนุภาคแขวนลอยออกจากน้ำนั้นมีลำดับขั้นดังนี้ (1) การแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันที่ผิวหน้าของเม็ดสารกรอง หรือของอนุภาคอื่น ๆ ที่ติดอยู่กับผิวหน้าของเม็ดสารกรอง (2) การติด (Attachment) และดูดซับ (Absorption) ที่ผิวหน้าสารกรอง ด้วยแรงกระทำ 2 แรง คือ แรงแวนเดอวาลส์ และแรงไฟฟ้าสถิตย์ จึงทำให้อนุภาคดูดติดกับผิวหน้าของเม็ดสารกรอง แรงกระทำต่าง ๆ ระหว่างอนุภาคกับสารกรองนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ขนาด และความหนาแน่นของสารแขวนลอย, Valence species และความเข้มข้นของประจุในสภาวะ Mobile phase, ค่าคงที่ Dielectric ของของเหลวและคุณสมบัติทางเคมีที่พื้นผิวหน้าของอนุภาคแขวนลอยและสารกรอง

4.2 วิวัฒนาการของระบบระบายน้ำกรองแล้ว

Jenks (1936) (3) เสนอว่าถ้าออกแบบระบบระบายน้ำกรองแล้วให้รับอัตราการไหลได้พอเพียงแล้ว จะป้องกันปัญหาเกี่ยวกับไฮดรอลิคได้ดี พื้นของ

เครื่องกรองนั้นทำหน้าที่หลายประการได้แก่ (1) รับน้ำที่กรองแล้ว (2) กระจายน้ำล้างให้สม่ำเสมอทั่วพื้นที่ (3) รองรับสารกรองและต้องทนแรงกระทำจากน้ำและของผสมอากาศ-น้ำ จากการล้างย้อนได้ (4) ป้องกันไม่ให้เม็ดทรายไหลรั่วผ่านได้

รูหรือช่องทางน้ำไหลต้องมีขนาดเล็กกว่าเม็ดสารกรองประมาณ 0.25 มิลลิเมตร พื้นของเครื่องกรองมักประกอบด้วยท่อประธานและท่อแขนงรับน้ำที่กรองแล้วกระจายน้ำล้างย้อนผ่านรูออริฟิช หรือหัวฉีดที่เจาะเป็นรูวางห่างกันไม่เกิน 12 นิ้ว ชั้นกรวดและทรายกรองในระยะแรก ๆ นั้น นิยมเรียงให้กรองน้ำจากละเอียดไปหาหยาบ หรือจะกล่าวว่าชั้นล่างสุดเป็นกรวดหยาบขนาด 1 นิ้ว หนา 1 ฟุต ชั้นถัดมาจะมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งถึงชั้นบนสุดเป็นทรายกรองละเอียด ขนาดร่อนผ่านตระแกรงเบอร์ 12 ถึง $\frac{3}{16}$ นิ้ว

ในช่วง 1900 - 1957 นั้น มีระบบระบายน้ำกรองแล้วที่นิยมใช้กันในอเมริกา 3 แบบ ได้แก่ Wheeler, Liopold และ Porous Plate ต่อมาได้มีนักวิจัยประดิษฐ์คิดค้นขึ้นอีกหนึ่งแบบโดย Stuppy et al (1954) (7) เรียกว่า Wagner Bottom

Wheeler Bottom

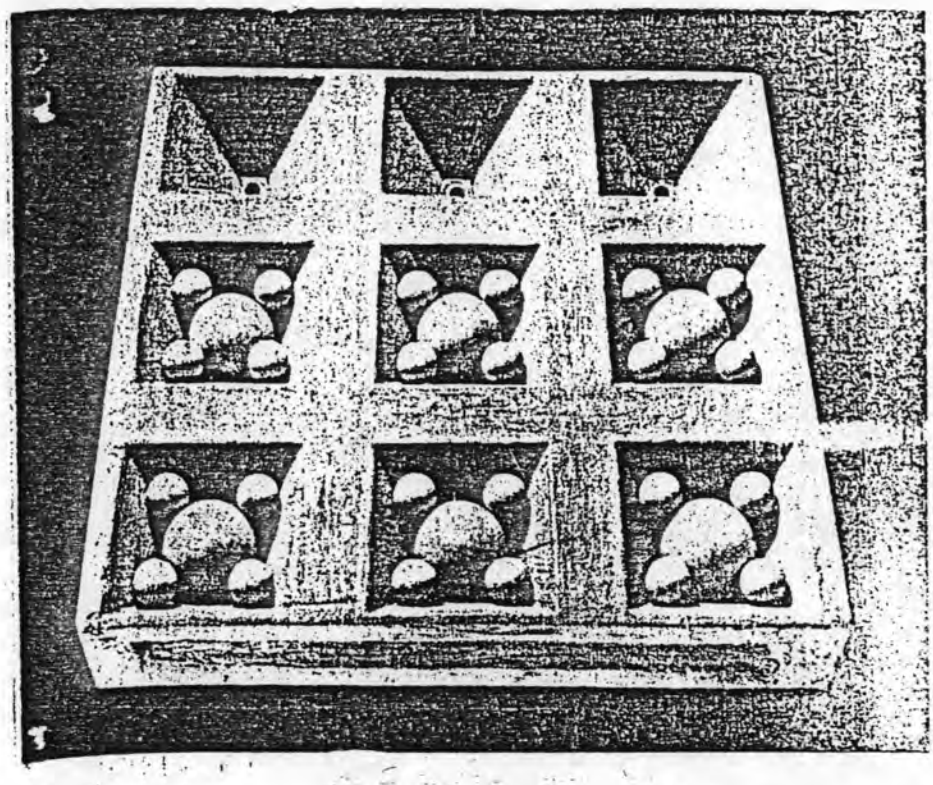
William Wheeler เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้นในปี 1913 ใช้กับเครื่องกรองน้ำที่ Belfast, Me., เป็นครั้งแรก แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Monolithic - type และ Precast type ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้

(1) ฐานรองรับพื้น (False bottom) สูง 3-22 นิ้ว วัดจากพื้นของเครื่องกรองขึ้นมา

(2) ทรงปิรามิดหัวกลับ เอายอดแหลมลงสู่เบื้องล่างของ False Bottom

(3) รูออริฟิชที่ปลายยอดของปิรามิด

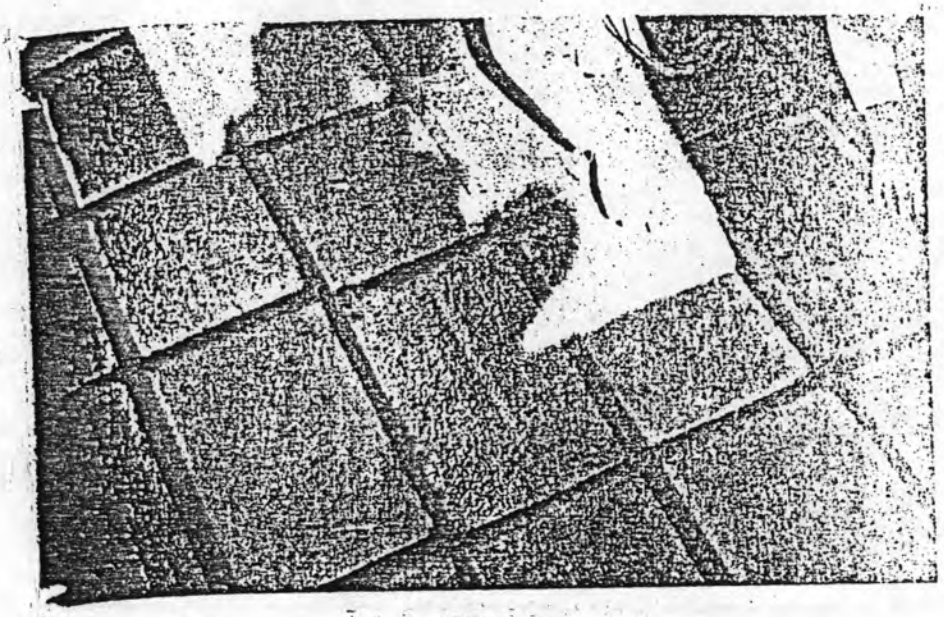
(4) ก้อนดินเผาทรงกลมวางอยู่ในปิรามิด ทำหน้าที่กรองรับชั้นกรวด



ภาพที่ 4-1 แสดงการระบายน้ำกรองแล้วแบบวิลเลอร์

Leopold Bottom

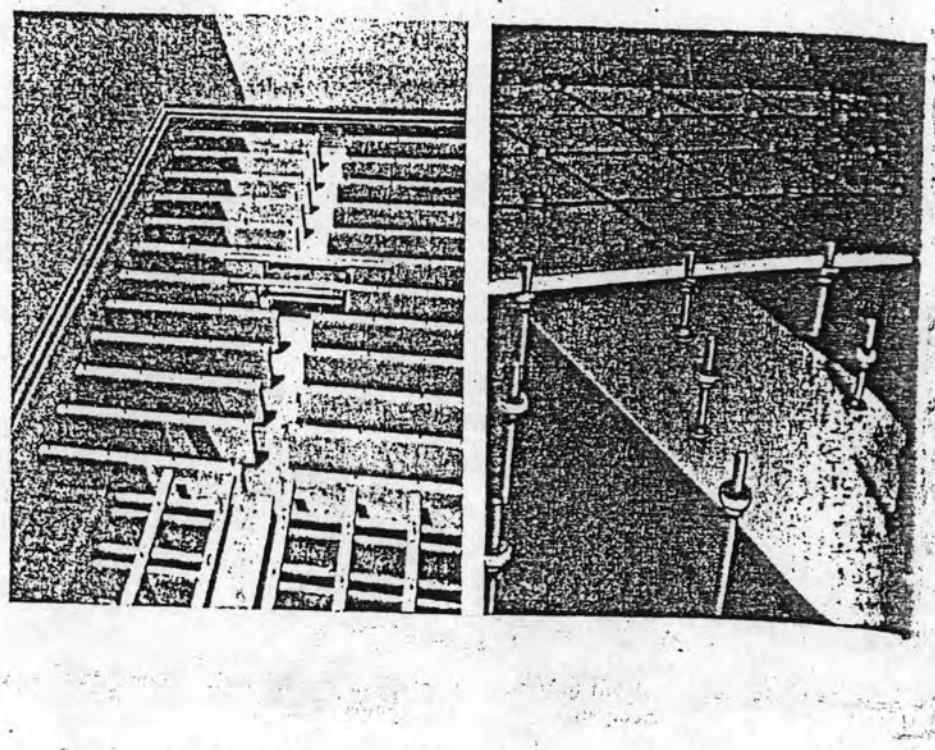
F.B. Leopold เป็นผู้ประดิษฐ์คิดค้นในปี 1926 วัสดุที่ใช้เป็นคอนกรีต เรียกว่า Concrete Duplex Filter Bottom ลักษณะเป็นทรงลูกบาศก์เจาะรูได $\frac{5}{32}$ นิ้ว ห่างกัน $1\frac{1}{4}$ นิ้ว แต่ละก้อนวางเรียงเป็นแถวมีท่อรองรับน้ำอยู่ด้านล่าง ต่อมาในปี 1943 ได้เปลี่ยนวัสดุเป็นกระเบื้องดินเผาเคลือบมันแข็งรูออริฟิซ มีสัมประสิทธิ์ความฝืดต่ำ



ภาพที่ 4-2 แสดงการระบายน้ำกรองแล้วแบบลีโอโปลด์

Porous Plate Bottom

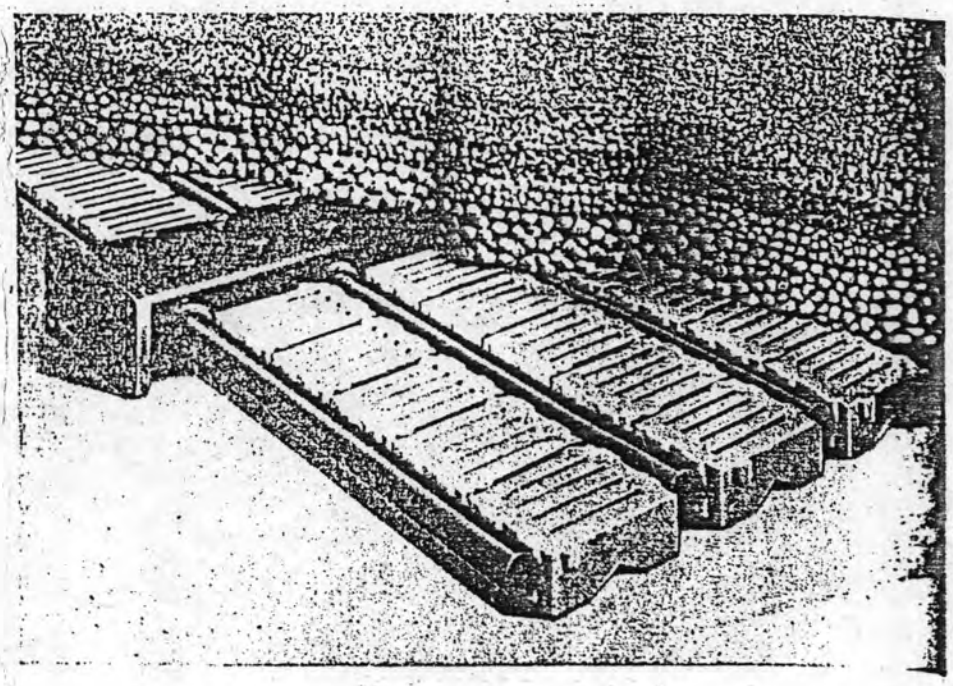
ลักษณะ เป็นแผ่นรูพรุนแข็ง ประดิษฐ์นำมาใช้ครั้งแรกปี 1923 ในระยะแรกมีปัญหาชำรุดแตกหักง่าย เม็ดกรวดเข้าไปอุดตันในรูพรุน ต่อมาในปี 1934 บริษัท Carborundum Co. ได้ปรับปรุงวัสดุที่ใช้เปลี่ยนเป็นทรายตอปิโดหลอมรวมกับอลูมิเนียมออกไซด์มีเซรามิคเป็นวัสดุประสานหลอมรวมกันในเตาที่อุณหภูมิ 2400 °ฟ มีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อน แผ่นพรุนมีขนาด 12 × 12 นิ้ว วางห่างกัน $\frac{1}{8}$ นิ้ว ประสานต่อกันด้วยซิเมนต์และยึดให้แน่นด้วยโบลท์ (Bolt)



ภาพที่ 4-3 การระบายน้ำกรองแล้วแบบแผ่นพรุน

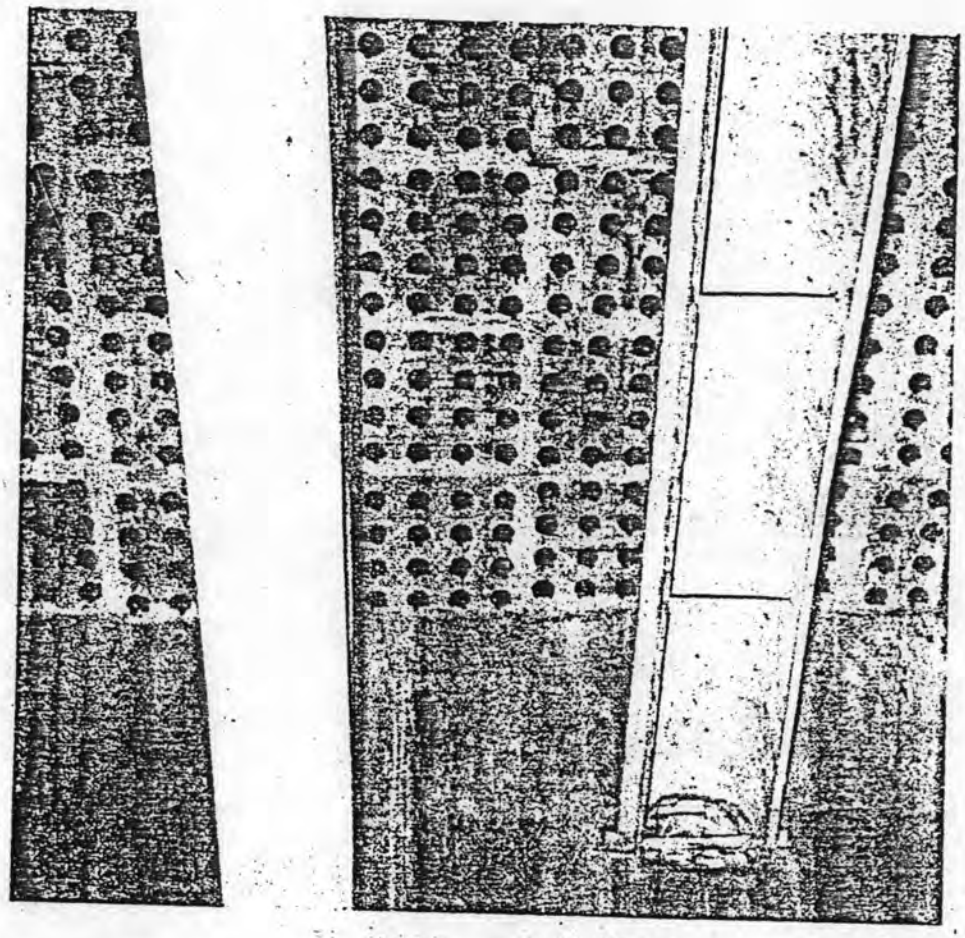
Wagner Bottom

ระบบระบายน้ำแบบนี้แบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นแรกทำหน้าที่กระจายน้ำประกอบด้วยเส้นท่อประธานและท่อแขนง ชั้นที่สองเป็นระบบกระจายน้ำประกอบด้วยกล่องแวกเนอร์ทำด้วยเหล็กหล่อขนาด $10\frac{3}{8} \times 9\frac{5}{8} \times 4\frac{1}{2}$ นิ้ว ด้านบนเจาะเป็นช่องยาว



ภาพที่ 4-4 การระบายน้ำกรองแล้วแบบแวคเนอร์

เนื่องจากตะกอนขนาดเล็ก ๆ ของฟลอค หรือตะกอนน้ำอ่อน (Softening - precipitate) สามารถเล็ดรอดลงไปถึงพื้นชั้นล่าง เข้าไปอุดตันในชั้นกรวดและรูออริฟิชของท่อแขนงได้ ประสิทธิภาพการกรองลดลง เป็นปัญหาที่แก้ไขปรับปรุงได้ยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทางที่จะแก้ปัญหานี้ได้ก็คือไม่ต้องใช้ชั้นกรวด Walker (1968) (8) จึงได้พัฒนาระบบระบายน้ำกรองแล้ว พื้นของเครื่องกรองเป็น Precast Concrete เจาะรูห่างกัน 6 นิ้ว สรวมเครื่องดักตะกอน (Strainer) ลงไป ที่นิยมใช้กันคือหัวกรอง (Nozzle) ลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง ทำจากพลาสติกด้านบนโป่งออกเป็นหัวกรองมีช่องรับน้ำอยู่รอบ ๆ ทำหน้าที่รับน้ำที่กรองแล้วกระจายน้ำล้างและป้องกันไม่ให้สารกรองรั่วเข้าไปได้



ภาพที่ 4-5 การระบายน้ำกรองแล้วแบบหัวกรอง

4.3 การอุดตันที่เครื่องกรอง (Filter Clogging)

การอุดตันมีสาเหตุจากวัสดุแปลกปลอมปนมากับน้ำนั้นตกค้างอยู่ในสารกรอง สารแขวนลอยที่ไหลปนมากับน้ำนี้ยิ่งมีมากแรงดูด (Cohesion) ระหว่างมวลสารยิ่งเพิ่มมากขึ้น การอุดตันทรีมากขึ้นน้ำผิวดินประกอบด้วยจุลินทรีย์จำนวนมาก ทั้ง Flora และ Founa มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของน้ำได้แก่ ค่าพีเอช, ความขุ่น, กลิ่น, ออกซิเจน ที่ละลายในน้ำ จุลินทรีย์จะเข้าไปอุดตันในสารกรอง ระบบระบายน้ำ

กรองแล้ว ทำให้ช่วงเวลาการกรองลดลง และยังสามารถเข้าไปเจริญเติบโตในถังเก็บน้ำใสเป็นอุปสรรคต่อระบบจ่ายน้ำ ปัญหานี้เคยเกิดขึ้นที่โรงงานผลิตน้ำประปา Delacarlia วอชิงตัน ดี.ซี. เดือนกรกฎาคม 1927 แมงกะพรุนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Craspedacusta sowerbii เข้าไปอาศัยอยู่ในเครื่องกรองทรายเร็วเต็มไปหมดทั้งพื้นที่การกรอง เป็นเวลาถึง 2 สัปดาห์ แล้วก็หายไปตรวจหาไม่พบทั้งในแหล่งน้ำและส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกรอง เป็นปัญหามืดมน ค้นไม่พบสาเหตุ อีก 7 ปี ต่อมา เดือนกันยายน 1934 ไดอะตอม เอพิเดมิค เรียกว่า Synedra ulna และ Synedra delicatissima เข้าไปอุดตันในเครื่องกรองทรายเร็วต้องล้างออกทุก ๆ 15 นาที ผลการวิเคราะห์น้ำดิบวัดไดอะตอมได้ 2000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และอีก 2 ปีถัดมาตรงกับวันที่ 15 กันยายน 1936 เครื่องกรองทรายเร็วทุกเครื่องอัตราการกรองลดลงจาก 4 ล้านแกลลอนต่อชั่วโมง เหลือ 1 ล้านแกลลอนต่อชั่วโมง ช่วงเวลาการกรองลดลงจาก 50 ชั่วโมง เหลือไม่เกิน 1 ชั่วโมง ตรวจวัดไดอะตอม Synedra Delicatissima ได้ 4800 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่โรงงานผลิตน้ำประปา Hagers town, Md อยู่เหนือขึ้นไปตามลำน้ำไปไกลแมกนั้น 60 ไมล์ ตรวจนับ Synedra ได้เพียง 20 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเท่านั้น ไดอะตอมเข้าไปอุดตันในระบบการกรองเป็นเวลา 20 วัน อีก 2 ปีถัดมาเป็นครั้งที่ 3 ตรงกับวันที่ 26 กรกฎาคม 1938 ไดอะตอมประเภท Synedra pulchella อยู่ใน Species Fragilaria รวมตัวกันเป็นขยุ้มคล้ายหวี เข้าไปอุดตันเครื่องกรอง อีกตรวจนับไดอะตอมในน้ำดิบได้ 1700 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ต้องควบคุมด้วย Copper sulfate

De Costa (1936) (9) ได้วิจัยการทำงานของเครื่องกรองที่โอ๊กแลนด์ แคลิฟอเนีย พบว่า ช่วงเวลาการกรองแปรผันตาม Plankton load เมื่อไดอะตอมเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ช่วงเวลาการกรองจะลดลง 5 ชั่วโมง

Haase (1946) (10) รายงานว่า แบคทีเรีย, แอลจีและฟังไจ เป็นสาเหตุของการกัดกร่อนหรือเร่งให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวหน้าและโครงสร้างของวัสดุ

มากยิ่งขึ้น จุลินทรีย์ที่ตายไปจะสลายตัวให้กำมะถันซึ่งจะรวมกับเหล็กเป็นเหล็กซัลไฟด์ มีฤทธิ์เป็นกรดจึงกัดกร่อนได้ดี ประกอบกับการเจริญเติบโตของฟังไจคลุมผิวหน้าวัสดุไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปสัมผัสได้จึงเร่งให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนได้รวดเร็ว และรุนแรงขึ้น Hopkin พบว่าน้ำที่มี Blue-green algae เจริญเติบโตได้ดีนั้น น้ำจะมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามี Protozoa เจริญเติบโตมากค่าพีเอชจะลดลง ต่อมา Lauter ได้วิจัยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเก็บน้ำใสที่มีฝาปิดกับไม่มีฝา ที่โรงงานผลิตน้ำประปารัฐวอชิงตัน ดี.ซี. ตรวจหาจุลินทรีย์ทุกสัปดาห์ พบว่าถังเก็บน้ำใสที่ไม่มีฝาปิดนั้นโดยเฉพาะประเภท Synedra เจริญเติบโตได้ดี ถึงแม้จะมีค่าคลอรีนเหลืออยู่ในน้ำมีค่าสูงมากก็ตาม ส่วนถังเก็บน้ำใสฝาปิดมิดชิด มีการเจริญเติบโตน้อยมากที่ Wilmington, Del. รายงานว่า Synedra สามารถดำรงค์ชีวิตอยู่ในถังเก็บน้ำใสที่มีค่าคลอรีนเหลืออยู่ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ แม้แต่ในน้ำที่มีดีดีทีเจือปนอยู่ เมื่อนำมาผ่านขบวนการผลิตน้ำประปาจนกระทั่งขั้นสุดท้ายและเก็บในถังเก็บน้ำใสเป็นเวลา 5 วัน ผลจากการวิเคราะห์ตรวจนับ Synedra ได้ 10,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร การใช้ Copper Sulfate ก็ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตได้และน้ำนั้นจะมีสีเพิ่มขึ้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไข่หรือตัวอ่อนจะไหลผ่านระบบการกรองออกไปที่ระบบจ่ายน้ำได้โดยเฉพาะโปรโตซัว, แอลจี, โรติเฟอร์และครัสตาซี นอกจากนี้ยังพบหนอนตัวกลมและหนองแดงที่ทรายกรองอีกด้วย ที่เครื่องกรองโรงงานผลิตน้ำประปา วอชิงตัน ตรวจพบหนอนตัวกลม 4 Species ได้แก่ Ironus ijnarus, Ironus longicaudatus, Monochus longicaudatus และ Tripula monohystera ส่วนที่โรงงานผลิตน้ำประปา Burnt Mills Plant ที่ Washington Suburban Sanitary - District พบหนอนแดง (Chironomus) ในน้ำดิบ, ทรายกรอง, ถังพักน้ำใส และในระบบจ่ายน้ำ การจ่ายคลอรีนหรือ Copper sulfate อัตราสูง ๆ ก็ไม่สามารถกำจัดได้

ปี 1947 เครื่องกรองทรายเร็วที่ Clarksburg, W.Va. ตั้งสำรองไว้เป็นเวลานาน โดยแช่น้ำไว้ในการกรองนั้น เมื่อนำมาใช้งานอัตราการ -

กรองจะลดลงจาก 700,000 แกลลอนต่อวัน เหลือหนึ่งแสนแกลลอนต่อวัน เพราะจุลินทรีย์เข้าไปอุดตันในสารกรอง (Filter bed) การจ่าย copper sulfate อัตราจ่ายสูง ๆ ก็ไม่ได้ผล

Baynton & Gay (1949) (11) แถลงว่าเครื่องกรองที่มีความชื้นมากถึงจะไม่มีแสงสว่าง จุลินทรีย์ก็เจริญเติบโตได้ ปัญหาการอุดตันที่ Clarksburg นี้ วิศวกรได้แก้ไขโดยระบายน้ำออกให้หมดและทำให้แห้งสนิทปราศจากความชื้น ตั้งทิ้งไว้หลายวัน จึงล้างออกด้วยระบบล้างย้อน เมื่อใช้กรองน้ำใหม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

ในปี 1951 แอลจีและจุลินทรีย์อื่น ๆ เข้าไปอุดตันในเครื่องกรองที่ Loured Md. ช่วงเวลาการกรองในฤดูหนาวลดลงเหลือ 15 ชั่วโมง ในฤดูร้อนลดลงเหลือ 7 ชั่วโมง

Baylis (1954) (12) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่เข้าไปอุดตันเครื่องกรองนั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับน้ำ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำจะอยู่ในสภาพแขวนลอย

Palmer (1958) (13) รายงานว่าเขื่อนเก็บกักน้ำที่สร้างเสร็จใหม่ ๆ ใช้เก็บกักน้ำได้ 1 - 3 ปีนั้น เป็นต้นเหตุหนึ่งที่ส่งเสริมให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตแพร่พันธ์ได้รวดเร็วดังเช่นที่ บัลติมอร์ ก่อนสร้างเขื่อนช่วงเวลาการกรองเฉลี่ย 49.8 ชั่วโมง สูงสุด 100 ชั่วโมง จำนวนแพลงตันวัดได้ 211 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อสร้างเขื่อนเสร็จกักน้ำได้ 1 ปี ปรากฏว่าตรวจนับแพลงตันได้ 4728 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ช่วงเวลาการกรองเฉลี่ย 25.5 ชั่วโมง ค่าสูงสุด 37 ชั่วโมง

Palmer (1962) (14) ได้กล่าวถึงบทบาทของแอลจีว่าทำให้ค่าพี เอช, ค่าความเป็นด่าง, สี, ความขุ่น และค่ากำมันตรังสีในน้ำเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งยังทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้น แอลจีมักเจริญเติบโตที่ผิวหน้าของสารกรอง เป็นเมือกเหนียวคล้ายวุ้นอุดอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง อัตราการกรองจึงลดลง

การป้องกันทำได้โดยเพิ่มออกซิเจนในน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง เพื่อให้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะมีออกซิเจน

Geldrich et al (1972) (15) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่ดำรงค์อยู่ในทรายกรองนั้นมากกับน้ำดิบและมูลนกที่ถ่ายลงมา ฉะนั้นมักจะพบว่ามีจุลินทรีย์จำนวนมากและหลายเผ่าพันธุ์เจริญเติบโตอยู่ในเครื่องกรองดังตาราง

ตารางที่ 4-1 จุลชีพที่ตรวจพบในสารกรอง

Micro organisms	Mean Density Per Gram Sand	
	Surface sand Deep	Sand(25-150cm)
Bacteria		
Coliforms	6300	110
Fecal coliforms	75	51
Bacterial plate count 37° C	770000	350000
Aerobic spores	430000	350000
Anaerobic spore	9400	5100
Protazoa		
Ciliater and flogellotes	4100	740
Amocba	7100	1900

ในเครื่องกรองหนึ่ง ๆ นั้น มีจุลินทรีย์อาศัยอยู่มากมายแต่เครื่องกรองก็สามารถกำจัดจุลินทรีย์ออกไปจากน้ำได้ 99% ส่วนที่หลงเหลือเล็ดรอดลงไปในชั้นทรายกรองได้ลึก ๆ ส่วนที่ตายทับถมอยู่ในสารกรองจึงเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่ดำรงค์ชีวิตอยู่ น้ำที่ไหลเข้าเครื่องกรองถึงแม้จะมีความขุ่นต่ำ ๆ เพียง 3.8 หน่วยความขุ่น แบคทีเรียก็สามารถอาศัยเกาะติดอยู่ได้และรอดพ้นจากการทำลายด้วยคลอรีน ถึงแม้ว่าจะมีคลอรีนเหลืออยู่ในน้ำ 0.1 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลาการสัมผัสนาน 30 นาทีก็ตาม

4.4 การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

สารเคมีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ในขบวนการผลิตน้ำประปา มีหลายชนิด เป็นสารประกอบของทองแดง, เงิน, ถ่านชาโคล และสารเคมีอื่น ๆ ที่สามารถทำให้น้ำใสบริสุทธิ์ได้ ในทัศนของนักวิชาการและวิศวกรแหล่งน้ำนั้นเชื่อว่าไม่มีสารเคมีใดใช้เป็น Germicide ได้ดีเท่าคลอรีน

La Nier (1) รายงานว่า คิดตั้งระบบจ่ายคลอรีนที่โรงงานผลิต - น้ำประปาหลุยส์วิลล์ (Louiswille,Ky.) ใช้ได้ 2 สัปดาห์ต้องหยุดจ่าย เพราะมีปัญหาความบกพร่องของระบบอุปกรณ์จ่ายคลอรีน ต่อมาปี 1899 Jewell ได้ปรับปรุงระบบจ่ายคลอรีนใหม่ เปลี่ยนมาใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์แทนกาซคลอรีน ทดลองจ่ายที่ Adrain มิชิแกน

ปี 1912 นำเอาคลอรีนเหลวมาใช้กับขบวนการผลิตน้ำประปาเป็นครั้งแรกที่ฟิลาเดลเฟีย, น้ำตกไนแองกาลา และวิลมิงตัน ต่อมาจึงติดตั้งอุปกรณ์ระบบการจ่ายคลอรีนขนาดใหญ่เป็นการถาวรที่เมืองฟิลาเดลเฟียในปีถัดมา เพื่อจุดประสงค์ทำลายเชื้อโรค ซึ่งในระยะนั้นได้ค้นพบสารเคมีอื่น ๆ ที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้บ้างแล้วหลายชนิด ได้แก่ ไอโซนและไอโอดีน แต่คลอรีนก็ยังคงมีคุณค่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ได้ดีกว่า เพราะราคาถูกนั่นเอง

Griffin (1934) รายงานว่าน้ำที่มีคลอรีนเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย มีเวลาให้จุลินทรีย์สัมผัสกับคลอรีนได้นานพอแล้วจะกำจัด E.Coli ได้ 99% เมื่อเปรียบเทียบกับคลอรามีนแล้ว ในช่วงเวลาสัมผัสที่เท่ากันต้องใช้คลอร่ามีน 2 เท่าจึงจะกำจัด E.Coli ได้เท่ากับคลอรีน นอกจากนี้ Griffin ยังพบว่าน้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่างนั้น ต้องจ่ายคลอรีนให้มีค่าคลอรีนเหลืออยู่ในน้ำสูงกว่าน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด จึงจะมีประสิทธิภาพกำจัด E.coli ได้เท่ากัน

Butterfield et al (1943) รายงานว่า (1) เวลาที่จุลินทรีย์สัมผัสกับ Bactericidal agent นั้น ยิ่งนานประสิทธิภาพการทำลายจะมีประสิทธิ -

มากยิ่งขึ้น (2) ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์แปรผันตรงกับอุณหภูมิ กล่าวคือ อุณหภูมิยิ่งสูงจะกำจัดจุลินทรีย์ได้มากยิ่งขึ้น (3) ค่าพีเอชแปรผันกับประสิทธิภาพการทำลาย ถ้าพีเอชสูงประสิทธิภาพการทำลายจะเลวลง

Feben et al (1951) (16) รวบรวมผลการทดลองหาค่าความต้องการคลอรีนในน้ำจากโรงกรองน้ำต่าง ๆ ทั่วสหรัฐอเมริกา ได้แก่ ไอโอดฮ, มิสซูรี่, โคโลราโดริเวอร์, ลองบีช และแคลิฟอเนีย พบว่าปริมาณความต้องการคลอรีนมีความสัมพันธ์เป็น เอกโพเนเชียลฟังชั่น (Exponential function) ของเวลาที่ใช้สัมผัสดังสมการ

$$D_t = D_1 \frac{D_1}{D_{0.5}}^{3.322 \log t}$$

D_t คลอรีนที่ใช้หมดไปในเวลา t ชั่วโมง

D_1 คลอรีนที่ใช้หมดไปในเวลา 1 ชั่วโมง

$D_{0.5}$ คลอรีนที่ใช้หมดไปในเวลา $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

t เวลาสัมผัส (Contact time) ชั่วโมง

Mark et al (1951) (17) เสนอวิธีการตรวจวัดหาความเข้มข้นของคลอรีนเหลือในน้ำ 2 วิธีได้แก่ Palin titration method และ Amperometric titration method

Dean (1951) (18) วิเคราะห์รายงานจากโรงงานผลิตน้ำประปาทั่วสหรัฐอเมริกา จำนวน 1601 แห่ง พบว่า 516 แห่งหรือ 30% รายงานว่าการจ่ายพรี คลอริเนชั่น ก่อนเข้าเครื่องกรองนั้นลดปริมาณแบคทีเรียในน้ำที่ล้างออกจากเครื่องกรองได้มาก ในขณะเดียวกัน Matheson (1953) (19) พบว่าจะควบคุมการเจริญเติบโตของแอลจีได้โดยกำจัดสารอาหารพร้อมทั้งแนะแนวทางไว้หลายวิธี กล่าวคือ การควบคุมทางกายภาพ ต้องควบคุมที่สิ่งแวดล้อม เช่น ลดความเข้มของแสงแล้วจึงควบคุมทางเคมีด้วยสาร Algicide กำจัดออกไป สำหรับแหล่งอาหารของจุลินทรีย์นั้นมีที่มาได้หลายทางด้วยกัน ได้แก่ (1) การระบายน้ำจากแหล่งเกษตรกรรมลงในแหล่งน้ำที่นำมาใช้เพื่อสาธารณูปโภค (2) การ -

ระบายน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน (3) การย่อยสลายของอินทรีย์สารที่ตายทับถมกันและจากการย่อยสลายของเกลือแร่ในท้องน้ำ

บ่อยครั้งที่สารเคมีซึ่งเติมลงไปเพื่อจุดประสงค์ช่วยให้ตกตะกอนได้ดีนั้นไม่สัมฤทธิ์ผล ตรงกันข้ามกลับไปช่วยเป็นแรงพยุงให้แอลจีรวมตัวเป็นร่างแหลอยขึ้นมาที่ผิวหน้า อนุภาคแขวนลอยและฟลอคไม่ตกตะกอนจะลอยไปกับน้ำเข้าไปในเครื่องกรอง Matheson กล่าวว่าในสภาวะเช่นนี้ การจ่ายพรี-คลอริเนชั่น จะช่วยเร่งการตกตะกอนได้ดีขึ้น เพราะคลอรีนจะทำลายโครงสร้างภายในเซลล์ให้แตกสลายไม่สามารถรวมตัวกันเป็นร่างแหได้ ดังเช่นที่วินซ์เซอร์ ออนตาริโอ มีปัญหาไดอะตอมอุดตันที่สารกรองช่วงเวลากรองสั้น แต่หลังจากจ่ายพรี-คลอริเนชั่นแล้ว ปัญหาที่เกิดขึ้นก็หมดไป

Palmer (1958) (13) เสนอวิธีการป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ ไว้ 4 วิธีดังนี้

(1) Soil stripping ได้มีผลดีกำจัดจุลินทรีย์ได้มากแต่ค่าใช้จ่ายลงทุนสูง ปริมาณแมงกานีสในน้ำเพิ่มมากขึ้น

(2) ออกแบบถังเก็บน้ำลึกมาก ๆ ท่อน้ำไหลเข้าอยู่ในระดับลึกพอ ที่จะป้องกันไม่ให้แพลงตันเจริญเติบโตสะสมตกตะกอนลงไปได้ สำหรับถังเก็บน้ำที่แคบและยาวนั้น ท่อน้ำไหลเข้าต้องมีระดับสูงเหนือท้องน้ำ

(3) บำบัดถังเก็บน้ำด้วย Copper sulfate ความเข้มข้นต่ำ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมปีละสองครั้ง จะควบคุมแอลจีได้ตลอดทั้งปี

(4) จ่ายคลอรีนลงในน้ำดิบ ป้องกันการสะสมของอินทรีย์สารไม่ให้ย่อยสลายเป็น Septic ได้ นานมากกว่าหนึ่งเดือน ในช่วงฤดูการทำความสะอาด

Heckman รายงานว่าถังเก็บน้ำใสแบบเปิดที่ Burnt Mills,Md มีหนอนแดงอาศัยดำรงค์ชีวิตอยู่ได้ แต่ถังเก็บน้ำใสที่ Hyattsvills เป็นแบบฝาปิดมิดชิดไม่พบหนอนแดงเลย นอกจากนี้ผลจากการวิจัยที่แม่น้ำไปโตแมคและแม่น้ำอื่น ๆ นั้น ถ้าสามารถควบคุมปริมาณไนเตรท, ฟอสเฟท และธาตุอาหารอื่น ๆ ที่ระบายลงในแหล่งน้ำจากการเกษตรและน้ำทิ้งจากโรงเรือน ชุมชนต่าง ๆ ได้แล้ว จะควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

ที่ Wilmington, Del., และวอชิงตัน ดี.ซี. ได้ทดลองใช้ Copper - sulfate เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ติดต่อกันเป็นเวลานานจะควบคุมไดอะตอม-ชินนีดราได้ดี แต่ไม่สามารถกำจัด Crustacea และ Fly lavae ได้ถึงแม้จะใช้ความเข้มข้นถึง 10 มิลลิดรัมต่อลิตรก็ตาม แต่ที่ดัมเบอร์แลนด์, ไฮแอทวิลล์ และลอเรล ใช้ Copper sulfate 0.35 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่านั้นก็พอเพียงสามารถควบคุมแอลจีได้

Palmer (1962) (1) รายงานว่าการเป่าอากาศเข้าไปในน้ำหรือวิธีการใด ๆ ก็ตามที่เพิ่มออกซิเจนลงในน้ำได้จะช่วยให้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะมีออกซิเจนป้องกันปัญหาการอุดตันได้

Ram & Malley (1984) (21) รายงานว่าสารประกอบในโตรเจน-คลอโรออกานิค เป็นผลิตผลจากการรวมตัวในปฏิกริยาของสารอินทรีย์ในโตรเจนกับคลอรีน ปฏิกริยาเกิดขึ้น เช่นเดียวกับใช้รีเอเจนท์วิเคราะห์หาค่า Free - Available Chlorine (FAC) การทดสอบหาค่า FAC จึงอาจจะผิดพลาดได้ การกำจัดจุลินทรีย์จะสิ้นเปลืองคลอรีนมากกว่าความเป็นจริง ดังนั้นในการวัดหาค่าการกำจัดแบคทีเรีย ใช้ FAC Residual 0.2 ($\pm$0.01) หรือ 0.05 ($\pm$ 0.01) มิลลิกรัมต่อกรัม ของคลอรีนอิสระในรูปคลอรีนช่วงเวลาการสัมผัสเพื่อทำลาย 15 และ 10 นาที ตามลำดับที่พีเอช 7 อุณหภูมิ 25° ซ ปรากฏว่าจำนวน E. coli ไม่ลดลง ถ้ามีสารละลายไนโตรเจน-อินทรีย์เจือปนอยู่ด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่มีไนโตรเจนอินทรีย์

4.5 <u>การรั่วของทรายเข้าไปอุดตันในระบบระบายน้ำกรองแล้ว</u>

เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับ Filter bed มานานพร้อม ๆ กับที่วิศวกรได้สร้างเครื่องกรองทรายเร็วขึ้นมาใช้งาน ค.ศ. 1926 - 1927 เครื่องกรองน้ำที่ Wenatchee Plant เกิดปัญหาขึ้นในขณะล้างย้อน เพราะทรายกรองไหลเข้าไปในถังเก็บน้ำใสกระจายเข้าไปอุดที่ประตูน้ำ (Gate valve) และอุปกรณ์ส่วนอื่น ๆ ภายในโรงงาน Peirce et al (1946) (22) รายงานว่าเครื่องกรองที่ล้างทำความสะอาดสารกรองไม่พอะพียงนั้นจะมีการสะสมของก้อนเลน (Mud ball) ขยายตัวใหญ่ขึ้นมีความหนาแน่นมากขึ้นจมลงสู่เบื้องล่าง เกิดสภาวะการอุดตันเป็นแห่ง ๆ มีรอยแตกระแหงที่ผิวหน้าสารกรองและบริเวณข้างผนังทรายกรองจะแยกตัวออกห่าง ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้เคยเกิดขึ้นมาแล้วกับเครื่องกรองทรายเร็วที่ Kenosha ถึงแม้จะล้างย้อนด้วยกระแสน้ำล้างมีความเร็วถึง 13.5 นิ้วต่อนาที หรือ 8.5 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต พร้อมทั้งเป่าอากาศเข้าไปช่วยให้เม็ดทรายขัดสีกันดีขึ้น ยังคงไม่สามารถทำให้สารกรองขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้นออกไปได้ และความเร็วของกระแสน้ำที่สูงมากเกินไปนี้ได้ยกชั้นกรวดขนาด $\frac{7}{8}$ นิ้วลอยขึ้นไปกองพูนเปิดโอกาสให้ทรายรั่วไหลลงไปอุดตันในเครื่องดักตะกอน หรือหัวกรอง (Strainer) เป็นปัญหารุนแรงต้องแก้ไขโดยตักทรายและกรวดออกยกเอาหัวกรอง (Strainer) มาทำความสะอาดล้างทรายกรองออก ตั้งแต่ปี 19.7-1928 ได้เกิดปัญหาเช่นนี้ขึ้นถึง 3 ครั้ง

Berkeley (1952) (23) รายงานการอุดตันที่ระบบระบายน้ำกรองแล้ว (Underdrain) เครื่องกรองทรายเร็วที่เลวิสตัน ไอดาโฮ เกิดจากตะกอนที่ลอยมากับน้ำไหลเข้าเครื่องกรองทะลุผ่านสารกรองลงไปอุดตันจับเป็นก้อนที่ Header ของระบบระบายน้ำกรองแล้ว ขณะเดียวกันได้มีการกัดกร่อนเกิดขึ้นพร้อมกันไปด้วย อุปกรณ์เส้นท่อประธานและท่อแขนงจึงชำรุด ผุกร่อน และแตก ฐานรองรับชั้นกรวดและทรายกรองขาดเสถียรภาพ วิศวกรได้พยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมุ่งพัฒนาระบบระบายน้ำกรองแล้วแบบใหม่ ๆ ขึ้นมาทดแทนแบบเก่า ๆ ที่ล้าสมัย

ปี 1953 เครื่องกรองที่ South Distric Filtration Plant ทรายรั่วลงไปอุดในระบบระบายน้ำกรองแล้วทั้ง ๆ ที่อายุการใช้งานยังไม่ถึง 10 ปี จากการตรวจดูสภาพภายในเครื่องกรองจำนวน 20 เครื่อง พบว่าเครื่องกรองจำนวน 18 เครื่องชำรุด มีทรายรั่วลงไปในระบบระบายน้ำกรองแล้ว แต่ละเครื่อง วัดปริมาตรที่ทรายรั่วได้ 3 - 4 ลูกบาศก์ฟุต รูที่ทรายรั่วไหลลงไปนั้นมีกรวดกองพูนสูงขึ้นประมาณ 12 นิ้ว ลักษณะคล้ายปล่องภูเขาไฟ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 6 - 12 นิ้ว การวิเคราะห์ในเวลาต่อมาพบว่ากรวดที่กองพูนนี้มีสาเหตุจากท่อแขนง (Lateral pipe) แตก, หัก รูออริฟิซที่เจาะไว้ด้านข้างมีลักษณะกัดกร่อนและถูกกัดเซาะขนาดของรูขยายใหญ่ขึ้น ทรายที่รั่วไหลลงไปในขณะกรองน้ำจึงขัดสีกันในขณะล้างย้อน ความเร็วของกระแสน้ำล้างย้อนพัดพาทรายที่รั่วลงไปนั้นไหลติดตามไปด้วย ดันกรวดลอยขึ้นปะปนในชั้นทรายแล้วกรองพูนเป็นปล่องภูเขาไฟในที่สุด นอกจากนี้กระแสหัวฉีดของเม็ดทรายมีความรุนแรงมากพอที่จะฉีดเข้าไปในชั้นทรายที่กำลังขยายตัวอยู่ ผุดขึ้นที่ผิวหน้าคล้ายทรายเดือด วิศวกรได้พยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจนกระทั่งในปี 1955 ได้เปลี่ยนชั้นกรวดใช้วัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์จากฝุ่น Flue gas ใน Boiler ที่มีความดันสูง วัสดุชนิดนี้มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีดำ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3 ด้วยความหวังของวิศวกร ว่าสารที่มีความถ่วงจำเพาะสูงเช่นนี้คงไม่ทำให้เกิดปัญหากองพูนเป็นปล่องไปได้อีก แต่ในปี 1957 ปัญหาได้เกิดซ้ำขึ้นอีก ทรายกองหลายลูกบาศก์ฟุตรั่วผ่านลงไปในขณะล้างย้อนลงไปเป็นหลุมอีลึก เมื่อตรวจสอบดูที่ระบบระบายน้ำกรองแล้ว ไม่พบว่ามีการแตกหักใด ๆ ทั้งสิ้น จึงสรุปว่าทรายที่รั่วไหลลงไปนี้เกิดจากแรงกระทำของกระแสน้ำล้าง ในลักษณะหัวฉีดที่รุนแรง ดันชั้นกรวดให้เคลื่อนไหวออกเป็นช่องปล่อยให้ทรายไหลลงไปได้

ทรายเดือดขณะล้างย้อนแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) ทรายเดือดในช่วงแรกของการล้างย้อน กระแสน้ำไหลย้อนเข้าเร็วเกินไป จึงยกชั้นทรายขึ้นสูงเหนือชั้นกรวดตรงช่องว่างนั้นมีทรายกับน้ำผสมกันอยู่ภายใต้สภาวะความดันสูง จึงผุดขึ้นที่หน้าชั้นทรายที่ขยายตัวอยู่นั้นมองดูคล้ายทรายเดือด (2) ทรายซึ่งรั่วลงไปในระบบระบายน้ำกรองแล้วในขณะกรองน้ำจะไหลย้อนขึ้นมาสู่เบื้องบนในขณะล้างย้อนด้วยความเร็วของกระแสน้ำมากพอที่จะปะทุขึ้นบริเวณผิวหน้าทรายกรอง ความเร็วของ

กระแสน้ำปนทรายนี้มีค่า 0.3 - 1.0 ฟุต ต่อวินาที บางแห่งอาจสูงมากกว่า 1.0 ฟุต ต่อวินาที (3) เกิดจากแรงดันของอากาศในการล้างย้อนด้วยอากาศที่อัดเข้าไปในระบบระบายน้ำกรองแล้ว

Baylis (1959) (24) ทำการทดลองเครื่องกรองทรายเร็วที่ใช้ทรายกรองหนา 24 นิ้ว พบว่าขณะล้างย้อนทรายเริ่มขยายตัวเมื่อค่าเฮดประมาณ 1.8 ฟุต กระแสความเร็ว Velocity Head (ไม่รวมความฝืด) มีค่า 10 ฟุตต่อวินาที ซึ่งมากพอที่จะทำลาย Filter bed ได้ การอุดตันที่หัวกรองนั้นทำให้พื้น (False - floor) พังทลายเสียหาย สาเหตุของการอุดตันนั้นมีหลายประการ ดังนี้

(1) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

(2) น้ำล้างมีความขุ่นสูง

(3) ระบบระบายน้ำกรองแล้วบางแห่งชำรุดอยู่ก่อนสารกรองจึงไหลลงไปได้ ในขณะกรอง และถูกพัดพามากับกระแสน้ำล้างย้อนเข้าไปอุดตันภายในหัวกรอง

ผลจากการอุดตันที่ระบบระบายน้ำกรองแล้วนี้ ส่งเสริมให้เกิด Water - Hammer พื้น False floor ชำรุดเสียหายลักษณะของ Water Hammer (25) ที่เกิดขึ้นมีดังนี้

(1) มีเสียงกระแทกดัง

(2) น้ำจะไหลระบายทันทีทันใด ด้วยกระแสความเร็วสูงในพื้นที่จำกัด

(3) ผนังพังทลาย

(4) อุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุดเสียหาย

ถ้าจะป้องกัน Filter bed ไม่ให้ชำรุดเสียหายนั้นระบบระบายน้ำกรองแล้วต้องมีสภาพสมบูรณ์ กระจายน้ำได้สม่ำเสมอทั่งทั้งพื้นที่การกรอง ไม่แตกหักไม่กัดกร่อน ชั้นทรายกรองและกรวดต้องสะอาด

Baylis et al (1971) (26) แถลงว่าเมื่อใดก็ตามที่ระบบระบายน้ำกรองแล้วชำรุด ทรายกรองจะรั่วไหลลงไปในถังเก็บน้ำใส จึงต้องตรวจดูสภาพของเครื่องกรองสม่ำเสมอ เป็นช่วงที่กำหนดแน่นอนและมีอุปกรณ์ดักจับทรายที่รั่วด้วย อุปกรณ์ที่ Baylis และเพื่อนออกแบบนั้นเป็นกระเปาะแก้วหนา ปริมาตร 500 - 1000 มิลลิลิตร ติดตั้งเข้าที่ด้านล่างท่อรับน้ำกรองแล้วไหลออกไปถังพักน้ำใส เม็ดทรายที่รั่วจะตกลงในกระเปาะแก้ว สามารถตรวจวัดได้ว่ามีทรายรั่วมากเท่าไรในช่วงเวลาการกรองแต่ละครั้ง เครื่องกรองที่ใช้งานมาหลายปี บางครั้งอาจมีทรายรั่วปนออกมาบ้างเล็กน้อยในช่วงเวลาสั้น ๆ แล้วหายไปถือว่าเป็นภาวะปกติวิสัย แต่ถ้ามีทรายรั่วไหลติดต่อกันเป็นเวลานานแล้ว จะต้องรีบเร่งตรวจระบบระบายน้ำกรองแล้ว และชั้นของสารกรองอย่างละเอียด

4.6 <u>การล้างและทำความสะอาดเครื่องกรอง</u>

การล้างและทำความสะอาดเครื่องกรองมีความสำคัญและจำเป็น เพราะถ้าล้างสารกรองไม่สะอาดแล้ว จะเกิดปัญหาการอุดตันขึ้น ขัดขวางการไหลของกระแสน้ำ Baylis(1952) กล่าวว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องกรองนั้นมีสาเหตุจากความล้มเหลวของระบบล้างทำความสะอาดกำจัดวัสดุที่กรองดักเอาไว้นี่เอง

ตั้งแต่ปี 1917 - 1931 ปัญหาของเครื่องกรองคือการล้างย้อน ดังเช่นที่ Kenosha วิศวกร บริษัท New York Continental Jewell Filtration - Company ได้ออกแบบเครื่องกรองที่มีมาตรฐานดีที่สุด สามารถกรองน้ำได้มีประสิทธิภาพสูงสุดในขณะนั้น ประสพการณ์ได้สอนให้วิศวกรรู้ว่าเครื่องกรองที่ออกแบบได้ดีที่สุดนั้นยังขาดตกบกพร่องอีกหลายประการ วัสดุที่กรองแยกออกจากน้ำจะสลายตัวรวมกับเม็ดทรายมากขึ้นทุกที ทุกครั้งที่ล้างทำความสะอาดช่วยส่งเสริมให้เกิดรอยแยกแตกระแหง (Crack) นำไปสู่ปัญหาการอุดตันเป็นหย่อม ๆ บางพื้นที่ ระบบการล้างทำความสะอาดสารกรองนั้นแบ่งเป็น 2 แบบ คือ ล้างที่ผิวหน้า (Surface wash) และล้างย้อน (Back Wash)

ก <u>การล้างที่ผิวหน้า</u> (Surface Wash)

จุดประสงค์เพื่อทำลายก้อนเลน (Mud ball) และการอุดตันเป็นหย่อม ๆ ประมาณปี 1932 ได้ติดตั้งระบบล้างผิวหน้าที่ Kenosha วิสคอนซิน เป็นครั้งแรก ประกอบด้วยท่อวางในแนวราบเหนือผิวหน้าทราย 2 นิ้ว แต่ไม่ประสบความสำเร็จ Baylis (1935) (4) ได้ออกแบบปรับปรุงระบบล้างผิวหน้าใหม่ ทดลองใช้ที่ชิคาโก อัดน้ำเข้าท่อด้วยแรงดัน 75 - 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ท่อวางห่างกัน 20 นิ้ว เจาะรูได $\frac{1}{8}$ นิ้ว ระยะห่างระหว่างรู 5 นิ้ว เจาะรูตรงข้ามกันในแนวราบ การล้างผิวหน้าทำพร้อมกับการล้างย้อนจะช่วยกำจัดก้อนเลน (Mud ball) ออกไปได้ดี อย่างอุปกรณ์ชำรุดเสียหายเร็ว หลังจากใช้งานได้ 1 ปี ตรวจพบว่ารูที่เจาะไว้ขยายใหญ่ขึ้น ความเร็วของกระแสน้ำฉีดลดลงสิ้นเปลืองน้ำมากขึ้น การขัดสีของเม็ดทรายไม่พอเพียง

ปัญหาเรื่องก้อนเลน (Mud ball) การอุดตันและรอยแยกเกิดซ้ำขึ้นมาอีก ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ในระยะแรก ๆ วิศวกรพากันคิดว่ามีสาเหตุจากทรายเข้าไปขัดสีกันภายในท่อรูจึงขยายใหญ่ขึ้นทางแก้คือใช้หัวทองเหลืองครอบเป็นออริฟิซที่รูขนาด $\frac{1}{8}$ นิ้วนั้นแขวนท่อไว้ให้บางส่วนจมลงในทรายจนกระทั่งรูที่เจาะไว้ต่ำกว่าผิวหน้าทราย อัดน้ำเข้าไปด้วยแรงดัน 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว คิดต่อกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับเวลาที่ใช้ล้าง 2 ปี ตรวจพบรอยแตกปริ 2 รู แต่ทุก ๆ รู จะเบลอขยายใหญ่ขึ้น จึงต้องตรวจวิเคราะห์หาสาเหตุกันใหม่ จึงพบว่าปัญหาเกิดจากการกัดกร่อนขณะกรองน้ำ สนิมจากการกัดกร่อนจะขัดสีกันในขณะล้างผิวหน้า เมื่อล้างเสร็จแล้วใช้เครื่องกรองทำงานนั้นจะเกิดการกัดกร่อน ซ้ำขึ้นอีกภายในท่อสลับกันเช่นนี้ ตลอดไป ท่อจึงผุ รูฉีดขยายใหญ่ขึ้น อัตราการไหลของน้ำล้างผิวหน้า 12 - 20 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต Herbert & Schmitt (1947) (27) รายงานผลการใช้อุปกรณ์ล้างผิวหน้าที่ Milwaukee รัฐวิสคอนซิน ตั้งแต่ปี 1939 ซึ่งติดตั้งพร้อม ๆ กับการก่อตั้งโรงงาน ว่าใน 4 ปีแรก ทรายกรองขนาด 45 - 50 มิลลิเมตร เข้าไปอุดตันในท่อของระบบล้างผิวหน้า ขนาดของท่อไต 8 นิ้ว เจาะรูขนาด $\frac{1}{8}$ นิ้ว ต้องถอดแยกเอาทรายออกทุก ๆ 2 - 3 เดือน รูมีขนาดใหญ่ขึ้น 25% ประสิทธิภาพการล้างลดลงเพราะแรงดันน้ำลดลง วิศวกรได้ปรับปรุงป้องกันปัญหาโดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ทองเหลืองชันเกลียวยึดติดกับท่อประสิทธิภาพการล้างจะดีกว่าเดิม อายุการใช้งานยาวนานขึ้น จากการค้นคว้าในเวลาต่อมาพบว่า จะต้องเจาะรูที่ท่อสำหรับใส่หัว Nozzle ทำมุม 180° ในแนวราบ

ฝ <u>การล้างย้อน</u> (Back wash)

Baylis (1935) (4) กล่าวว่าการล้างบ่อกรองควรให้ทรายกรองขยายตัว 50% และมีแรงกระทำจากภายนอกมาช่วยจึงจะล้างทรายให้สะอาด กำจัดก้อนเลน (Mud ball) ออกไปได้ แต่ในสมัยนั้น วิศวกรยังไม่รู้ว่าควรตั้งอัตราการไหลของน้ำล้างย้อนเท่าไรจึงจะได้สภาวะที่สมบูรณ์ เพราะในขณะล้างย้อนนั้น กระแสน้ำล้างไหลผ่านชั้นกรวดเข้าไปในชั้นทราย มีทิศทางการไหลคงที่แน่นอน เฉพาะตำแหน่งด้วยความเร็วสูงกว่าค่าเฉลี่ย 10 เท่า Baylis จึงสรุปกระแสน้ำล้างนี้ว่า

(1) ปัญหาจะเกิดขึ้นที่รอยต่อของทราย-กรวด

(2) ถ้าขนาดของสารกรองไม่เหมาะสมจะเกิดปัญหาในการล้างย้อน

(3) แรงฉีดของกระแสน้ำที่รอยต่อกรวด-ทรายนั้น กรวดจะเคลื่อนย้ายตัวออกไป ทรายจึงไหลเข้าไปแทนที่

(4) แรงฉีดของกระแสน้ำจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่ล้างย้อน ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

(5) ทรายกรองเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กรวดเคลื่อนไหวได้ $\frac{1}{3}$ เท่าของอัตราน้ำล้าง

Jenks (1936) (3) เน้นที่ลิ้นน้ำล้าง (Wash water valve) ว่าเป็นอุปกรณ์สำคัญในการควบคุมไฮดรอลิคให้ได้ค่าบวกในขณะล้างย้อน ขนาดของสารกรองเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลของน้ำล้างย้อน สารกรองที่มีขนาดใหญ่ ความถ่วงจำเพาะสูงนั้น อัตราการไหลของน้ำล้างย้อนต้องมีค่าสูงตามไปด้วย จึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก ความหนาของชั้นกรองก็เป็นพารามิเตอร์ค่าหนึ่งที่กำหนดโอกาสสัมผัสของสารแขวนลอยกับสารกรอง

ความถี่ในการล้างย้อนขึ้นอยู่กับธรรมชาติของน้ำที่กรอง โดยทั่วไปนั้นใช้ค่าความสูญเสียเฮดเป็นปัจจัยกำหนด เพราะค่าความสูญเสียเฮดแปรผันตรงกับอัตราการกรองและการอุดตัน ฉะนั้นเมื่อควบคุมให้อัตรากรองคงที่แล้วจะรู้ว่าสภาวะการอุดตันเป็นเช่นไร สารแขวนลอยจะสะสมอยู่ในชั้นกรองเพิ่มขึ้นตามกาลเวลา ช่องว่างระหว่างสารกรองลดน้อยลง มีความฝืดแตะต่อด้านการไหลของน้ำ เฮดต้องพอเพียงที่จะรักษาอัตราการกรองให้คงที่ได้ ในขณะกรองน้ำจะสังเกตุเห็นว่า ระดับน้ำในถังกรองเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อรักษาเฮดให้พอเพียง อย่างไรก็ตามเมื่อกรองน้ำถึงจุดหนึ่งแล้ว น้ำที่กรองได้เริ่มขุ่น จำเป็นต้องล้างเครื่องกรองเสมอ ปกติช่วงเวลาการกรองควรมีอายุ 48 ชั่วโมง ถ้าอายุกรองสั้นเกินไป ต้องล้างบ่อยเสียเวลา สิ้นเปลืองน้ำล้างถ้าอายุการกรองยาวนานเกินไปก็ไม่ดี เนื่องจากปฏิกริยาทางเคมีและชีวะ อาจเกิดขึ้นได้ในชั้นกรองหรือบนผิวกรอง มีผลเสียหายในภายหลังหลายประการ ได้แก่

(1) การตกผลึกของหินปูนในน้ำที่อิ่มตัวด้วยหินปูน หินปูนอาจเป็นตัวประสานให้เม็ดทรายกรองจับตัวเป็นก้อนใหญ่

(2) ในการกรองเหล็กออกจากน้ำ Fe^{+++} ในชั้นทรายกรองอาจสลายตัวเป็น Fe^{++} ได้ด้วยอำนาจของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในน้ำที่กรองแล้วจึงมีเหล็กติดออกไปด้วย

(3) การเจริญเติบโตของพืชน้ำ เช่น สาหร่าย เพราะล้างเครื่องกรองไม่สะอาดพอเพียง

Baylis (1954) (12) เสนอว่าควรจะล้างเครื่องกรองเมื่อ

(1) ค่าความสูญเสียเฮดถึง 8 ฟุต

(2) เครื่องกรองตั้งแต่ 10 เครื่องขึ้นไปมีช่วงเวลาการกรองสั้นค่าความสูญเสียเฮดถึง 8 ฟุต เร็วขึ้น

(3) เมื่อช่วงเวลาการกรองถึง 48 ชั่วโมง

(4) เมื่ออัตราการกรองเริ่มลดลง ในขณะที่ค่าสูญเสียเฮดคงที่หรือเพิ่มขึ้น

(5) ค่าความสูญเสียเฮด 6 - 7 ฟุต ในขณะที่อัตราการกรองต่ำ

Hudson (1958) (28) แถลงว่าถ้าวิศวกรออกแบบอุปกรณ์กลไกต่าง ๆ ในการล้างย้อนไม่เหมาะสม ทำให้เกิดสภาวะการกระจายน้ำล้างย้อนไม่สม่ำเสมอแล้วการกรองจะล้มเหลว ชั้นกรวดกองพูนเป็นหย่อม ๆ กรวดอาจถูกแรงยกจากน้ำล้างพัดย้อนพุ่งทะลุชั้นทรายขึ้นไป ระบบกรองน้ำอาจชำรุดเสียหาย ใช้งานไม่ได้

ในปี 1959 ทัศนคติของ Baylis เกี่ยวกับการขยายตัวของชั้นทราย ขณะล้างย้อนเปลี่ยนไปจากเดิมที่เคยเสนอไว้เมื่อปี 1935 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากประสพการณ์ทดลองของเขานั่นเอง Baylis ได้เสนอว่าควรให้ทรายขยายตัวเพียง 20 - 25% ก็พอเพียงแล้วไม่ต้องขยายตัวถึง 50% เพราะเมื่อทรายขยายตัว 20 - 25% เม็ดทรายสามารถขัดสีทำลายแรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคต่าง ๆ ที่จับยึดเกาะกันอยู่นั้นออกไปได้

Herbert (1959) (29) ได้จำแนกพื้นที่การล้างย้อนออกเป็น 3 เขต ได้แก่ (1) พื้นที่กระจายน้ำล้างย้อนนับจากพื้นล่างสุดไปยังระบบระบายน้ำกรองแล้ว ผ่านชั้นกรวดขนาดใหญ่ไปถึงใต้ชั้นกรวดขนาดเล็ก (2) พื้นที่ในการกรองได้แก่ ชั้นกรวดขนาดเล็กและชั้นทราย (3) พื้นที่ทำความสะอาดได้แก่ ชั้นทรายที่ขยายตัวได้ ไปจนถึงระดับที่ไหลย้อนออกทางรางรับน้ำล้าง

วิศวกรจะต้องออกแบบให้น้ำล้างย้อนมีอิสระเคลื่อนไหวในพื้นที่กระจายน้ำล้าง (Distribution area) ได้ทุกทิศทางน้ำจะปรับสมดุลย์ได้เองตามธรรมชาติของของไหล ฉะนั้นจึงนิยมใช้ระบบระบายน้ำกรองแล้วเป็นแผ่นที่ทนทานการกัดกร่อน เจาะรูโต 1 นิ้ว ห่างกัน 6 นิ้ว วัดจากจุดศูนย์กลางมี Baffle ครอบป้องกันไม่ให้กรวดไหลเข้าไปอุดรูได้ ระยะห่างระหว่างพื้นเครื่องกรองล่างสุดกับพื้นของระบบระบายน้ำกรองแล้วเท่ากับความสูงของฐานที่รองรับระบบระบายน้ำกรองแล้ว กระแสน้ำล้างมีค่าไม่เกิน 25 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต ความเร็วกระแสน้ำล้าง 2 ฟุตต่อวินาที ปัญหาที่เกิดขึ้นในการล้างย้อนนั้น คือการกัดเซาะ กัดกร่อนรูรับน้ำกรองแล้ว รูจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น พื้นผิวหน้าขรุขระไม่ราบเรียบ ในบางครั้งอาจเกิดปัญหาการอุดตันควบกันไปด้วย จึงไม่สามารถสูบน้ำเข้าไปล้างได้สะอาดทั่งพื้นที่การกรอง Herbert ชี้แจงต่อไปว่า การกระจายน้ำล้างที่ดีและเหมาะสมนั้น ไม่จำเป็นต้องออกแบบใช้ระบบท่อแขนง (Lateral system) เสมอไป แต่ควรออกแบบให้ระบบระบายน้ำกรองแล้วสามารถรองรับชั้นกรวดทรายได้พอเพียง มีความต้านทานต่ำ ผลจากการทดลอง กับเครื่องกรองที่ Rochester นิวยอร์คในปี 1958 บ่งชี้ให้เห็นว่า เมื่ออัตราการไหลของน้ำล้างย้อนสูงถึง 30 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต ชั้นกรวดยังคงมีเสถียรภาพ (Stable) แต่การเคลื่อนไหวของกรวดก้อนเล็ก ๆ นั้น เกิดจากการไหลของกระแสน้ำด้านข้างหรือจากท่อแขนง (Lateral flow) มีความเร็วเพิ่มขึ้น เมื่อไหลเข้าไปในพื้นที่ข้างเคียงบริเวณที่มีความต้านทานต่ำ กระแสความเร็วจะเพิ่มขึ้น แปรผันตามเวลาการล้างย้อน กรวดจึงไหลเข้าไปปะปนในชั้นทราย ซึ่งผลการตรวจสอบเครื่องกรองจำนวนมากในสหรัฐอเมริกา พบว่าถ้าไม่สามารถล้างสารกรองให้สะอาด กำจัดสารแปลกปลอมออกไปได้ไม่หมดแล้ว เครื่องกรองจะสูญเสียประสิทธิภาพการกรอง

เจือปนเข้ามานั่นเอง

ก) <u>การกำจัดทำความสะอาดเครื่องกรองด้วยสารเคมี</u>

เครื่องกรองที่ใช้งานเป็นเวลานานหลายปีนั้น มักประสบปัญหาสารประกอบของเหล็กแมงกานีส ตลอดจนออกไซด์ของอลูมิเนียมเคลือบที่ผิวเม็ดสารกรอง ทำให้สารกรองจับติดกันแน่นเป็นก้อนใหญ่ ประสิทธิภาพการกรองลดลง น้ำที่กรองแล้วมีความขุ่นสูง จึงจำเป็นต้องทำความสะอาดสารกรอง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งใช้กรดและด่าง

Peirce et al (1946) (22) ทำ Sterilization เครื่องกรองสารกรองและถังพักน้ำใสด้วยสารละลายไฮโปคลอไรท์เข้มข้น ควบคุมให้มีคลอรีนเหลือในน้ำมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ค่อยนำมาใช้งาน ประสพการณ์การทำ Sterilization เครื่องกรองน้ำที่เรซิน (Racin) แสดงให้เห็นว่าการใช้พรี-คลอริเนชั่น มีแนวโน้มลดปัญหาการเกิดก้อนเลน (Mud ball) ได้

สำหรับในกรณีกำจัดอนุภาคสารประกอบสารส้มและอินทรีย์สาร ออกจากเม็ดทรายนั้น Peirce และเพื่อน ๆ ได้ใช้ไซดาไฟ (Coustic soda) 2 ปอนด์ต่อพื้นที่ทราย 1 ตารางฟุตแช่ให้ท่วมเหนือชั้นทราย 12 นิ้ว กวนให้ทรายและสารละลายไซดาไฟคลุกเคล้าผสมกันดี จึงระบายสารละลายบางส่วนทิ้งให้มีระดับน้ำเหลืออยู่เหนือสารกรอง 1 นิ้ว ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จึงล้างออกด้วยระบบล้างย้อน

น้ำที่มีเหล็กมากเป็นต้นเหตุให้แบคทีเรียเหล็กเจริญเติบโตอุดตันในระบบเส้นท่อต่าง ๆ ลักษณะเป็นวุ้น ๆ เละ ๆ สีแดงเข้ม ถ้ามีมากจะเข้าไปอุดตันในระบบระบายน้ำกรองแล้ว

เหล็กอินทรีย์ในน้ำกำจัดออกได้ด้วยไฮโปคลอไรท์ และควบคุมพีเอชด้วยน้ำปูนขาว

แคลเซียมคาร์บอเนท กำจัดออกได้ด้วยกรด Muriatic acid หรือ Carbonic acid นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่า สารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สามารถกำจัดเหล็ก, แมงกานีสและสารส้มออกจากสารกรองได้ (30)

ในปัจจุบันนิยมให้สารละลายโซดาไฟเข้มข้น 10% แช่สารกรองได้ 6 - 12 ชั่วโมง แล้วล้างออกด้วยน้ำล้างย้อน จะกำจัดออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสได้ดี

Russell (1977) เสนอวิธีกำจัดเหล็กและแมงกานีสด้วยการจ่ายคลอรีนลงในน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง ควบคุมพีเอช ให้มีค่ามากกว่า 8.4 ใช้ถ่านแอนทราไซด์และทรายเป็นสารกรอง กำจัดเหล็กและแมงกานีสได้ดี ลดค่าใช้จ่ายสารเคมีลงได้ ในขณะเดียวกัน George & Chandhuri (1977) รายงานว่า ถ่านแอนทราไซด์ มีคุณสมบัติดีเด่นในการกำจัดเหล็กทั้งในรูปสารละลายและไม่ละลาย ช่วงเวลาการกรองยาวนานขึ้น

Wong (1984) (31) แถลงว่าน้ำที่มีเหล็กและแมงกานีสเจือปนจะเป็นปัญหาเมื่อนำไปผลิตน้ำประปา เพราะสารละลายเหล็กและแมงกานีสที่เป็นไดวาเลนท์ (Divalent) ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน กำจัดออกด้วยวิธีเติมออกซิเจนได้ยาก และจะเกิดปฏิกริยาในสภาวะไร้ออกซิเจนได้ดี ส่งเสริมให้ Clonothrix และ Crenothrix เจริญเติบโตได้ดีเข้าไปอุดตันในเส้นท่อ ระบบระบายน้ำกรองแล้ว น้ำจะมีสีและรส Russell จึงได้เสนอวิธีกำจัดเหล็กและแมงกานีสไว้ หลายวิธีดังนี้

(1) เติมอากาศ - การกรอง

(2) เติมคลอรีน - การกรอง

(3) เติมด่างทับทิมแล้วกรองด้วยทราย

(4) แลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า (Ion-exchange)

(5) เติมคลอรีนไดออกไซด์ - การกรอง

(6) ปรับค่าพีเอช