การตรวจเอกสาร

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติจะมีน้ำ ดิน พืช จุลินทรีย์ และบรรยากาศมาเกี่ยวพันกันคือมาช่วยในการปรับสภาพน้ำเสียให้เป็นน้ำที่มีสารปนเปื้อนน้อยลง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรต่าง ๆ มาทำการบำบัดน้ำเสีย วิธีนี้อาศัยกลไกธรรมชาติมาบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก

1. ความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของดินและน้ำ โดยการบำบัดน้ำเสียวิธีนี้สามารถกำจัดหรือแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนได้แก่

1.1 ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียสามารถแยกออกได้โดยอาศัยการตกตะกอน การกรองผ่านชั้นดิน หรือการกรองผ่านรากพืชต่าง ๆ

1.2 สารอินทรีย์ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้โดยอาศัยกระบวนการชีวภาพแบบใช้อากาศ คือพวกจุลชีพที่เกาะตามผิวเม็ดดินต่าง ๆ จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

1.3 ไนโตรเจน ไนโตรเจนในน้ำเสียมักอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจน และสารแอมโมเนียไนโตรเจน วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียได้ โดยจะออกมาในรูปของอากาศ คือก๊าซไนโตรเจน (N_2) และแอมโมเนีย (NH_3) ในรูปของพืชต่าง ๆ คือถูกต้นไม้และพืชอื่น ๆ นำสารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรตมาใช้ประโยชน์

1.4 ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในน้ำเสียมักจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส ในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีทางธรรมชาติ จะสามารถกำจัดได้โดยหลักการดูดซับ แต่อาจมี

ปัญหาการอิ่มตัวของปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณชั้นดินบางบริเวณได้ หรือถ้าใช้พืชน้ำก็สามารถเกิดการอิ่มตัวได้เช่นเดียวกัน

1.5 ธาตุอื่น ๆ ธาตุต่าง ๆ ในที่นี้บางตัวอาจเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชต่าง ๆ แต่ธาตุบางตัวจะมีพิษเมื่อมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อพืชและจุลชีพต่าง ๆ เช่น โครเมียม แคดเมียม ปรอท เป็นต้น เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยวิธีทางธรรมชาติแล้ว ธาตุต่าง ๆ จะถูกจับตัวไว้โดยการดูดซับ การตกผลึก และการแลกเปลี่ยนประจุ โดยทั่วไปจะต้องมีค่า pH ของน้ำเสียมากกว่า 7 จึงจะได้ประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง แต่ถ้า pH ของน้ำเสียต่ำกว่า 7 จะเกิดปัญหากับธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะตัวที่มีพิษละลายปนกับน้ำออกมาจากระบบได้

1.6 จุลินทรีย์ ในการกำจัดพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติค่อนข้างได้ผลดี เพราะอาศัยทั้งการดัก การดูดซับ การตกตะกอน ยิ่งในบริเวณที่พืชขึ้นมากก็จะช่วยดักเอาไว้ได้อีกทาง ทำให้การกำจัดจุลชีพต่าง ๆ วิธีนี้ค่อนข้างได้ผลดี แต่ยังไม่เพียงพอเมื่อต้องการกำจัดจุลชีพต่าง ๆ ให้หมดสิ้น ซึ่งบางแห่งอาจต้องใช้สารเคมี เช่น คลอรีนช่วยในการกำจัด

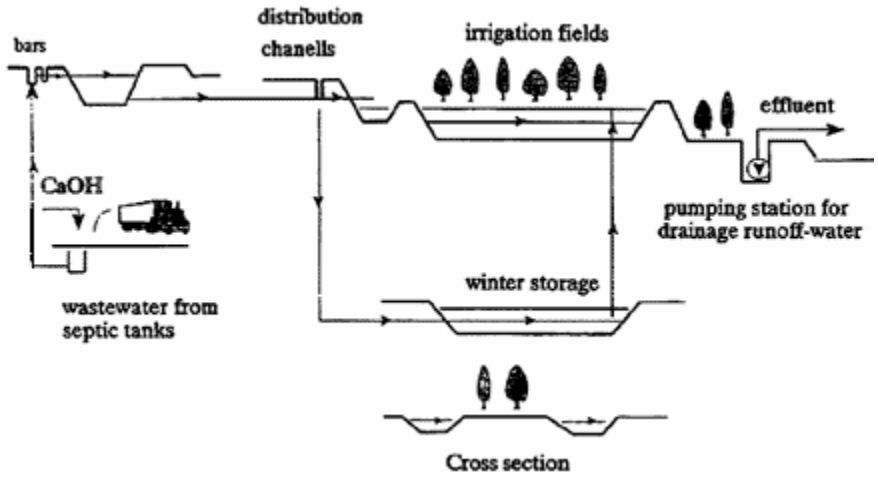
2. <u>วิธีบำบัดโดยกระจายบนดิน (Land Treatment System)</u>

การบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินของพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้กิจกรรมใด ๆ เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดแต่ต้องการพื้นที่มาก ดังแสดงในภาพที่ 1 ถ้าน้ำเสียมีธาตุอาหารและมีสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ก็จะยิ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการเลือกการบำบัดด้วยวิธีกระจายบนดิน เสมือนการใส่ปุ๋ยให้กับดินเพื่อเป็นการเกษตรกรรมต่อไป

วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินที่มีใช้กันอยู่ มี 3 วิธีด้วยกันคือระบบอัตราไหลช้า (Slow-Rate System) ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration Systens) ระบบไหลนอง (Overland-Flow Systems)

ระบบอัตราไหลช้า (Slow-Rate System) วิธีนี้เป็นการปล่อยน้ำให้ซึมลงดินและการปล่อยให้เกิดการคายน้ำออกจากระบบ โดยจะมีพืชต่าง ๆ อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ โดยทั่วไปก่อนที่จะนำน้ำเสียมาทำการบำบัดด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงบริเวณที่จะทำการบำบัดว่าอยู่ไกลจากชุมชนมากน้อยเพียงใด ลักษณะของน้ำเสีย ความสามารถของพื้นที่ ๆ จะรองรับน้ำเสียได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ บางแห่งจำเป็นต้องมีการผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นแรกก่อน และอาจต้องมีการผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดเกือบสมบูรณ์แบบ เช่น มีระบบบำบัดขั้นต้น ขั้นที่สอง หรือมีระบบบำบัดขั้นสูง ๆ ต่อไป



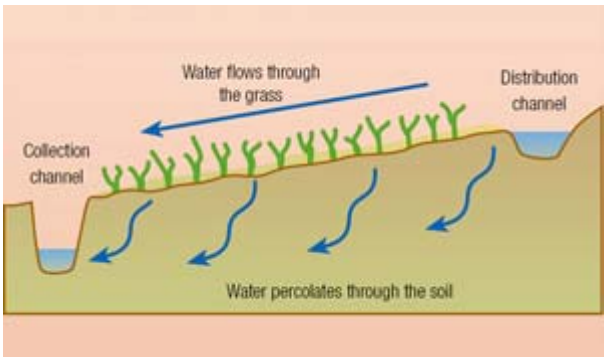
ภาพที่ 1 วิธีบำบัดโดยกระจายบนดิน (Land Treatment System)

ที่มา : http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/techpublications/TechPub-8b/land.asp

3. ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าเป็นตัวบำบัด (grass filtration)

ระบบแปลงหญ้ากรองน้ำเสียเป็นแนวคิดที่ประยุกต์มาจากระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศออสเตรเลียที่ใช้พืชเป็นตัวกรองน้ำเสีย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีอย่างง่าย ประหยัด มีขั้นตอนไม่ยุ่งยากซับซ้อน อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัด โดยการปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านไปตามแปลงหญ้าที่มีความลาดเอียงที่มีการปลูกพืชหรือหญ้าดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งน้ำเสียจะไหลผ่านผิวดินและพืชจนกระทั่งไหลผ่านจากแปลง ในระหว่างที่น้ำเสียไหลผ่านแปลงจะเกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติ ซึ่งน้ำเสียจะได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยขณะที่น้ำไหลเคลื่อนที่ไปตามระยะทางและความลาดชันของแปลงหญ้าที่ปลูกไว้นั้น จะเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำที่เคลื่อนที่เป็นการบำบัดน้ำเวียนในแนวราบ ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในแปลงหญ้าจะช่วยเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นสารอินทรีย์ที่พืชและสิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถนำไปใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตและมวลชีวภาพได้ โดยกระบวนการทางชีวเคมีใน

สภาพใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ดินยังเป็นเสมือนฟองน้ำยักษ์ในการช่วยดูดซับสารพิษหรือสิ่งเจือปนในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยบำบัดในแนวดิ่งอีกด้วย



ภาพที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าเป็นตัวบำบัด

ที่มา: http://www.unep.org/GEO/yearbook/yb2003/070.htm

3.1 โครงสร้างและลักษณะการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหญ้ากรอง

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหญ้ากรองน้ำเสีย เป็นการบำบัดน้ำเสียของระบบพื้นที่ลุ่มชื้นแฉะมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการปลูกพืชหรือหญ้าโดยโครงสร้างของพื้นที่แปลงบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้นนั้นจะสร้างเลียนแบบธรรมชาติ ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบหญ้ากรองน้ำเสียนี้ จะทำการปล่อยน้ำเสียไหลเข้าแปลงทดลอง น้ำเสียจะเลื่อนไหลไปในแนวระดับของพื้นที่แปลงที่มีความลาดเอียงนอกจากนี้น้ำเสียจะเลื่อนไหลในแนวดิ่ง โดยผ่านรากหญ้าและชั้นดิน ซึมลงสู่ชั้นดินและไหลไปตามชั้นดิน ในขั้นตอนนี้น้ำเสียจะได้รับการบำบัดทั้งในแนวราบและในแนวดิ่ง ทั้งการเพิ่มออกซิเจนจากพืชและบรรยากาศ และกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ ที่อาศัยตัวกลางคือจุลินทรีย์ ดิน และหญ้า โดยรากหญ้าและดินจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกรองน้ำเสีย รากหญ้ายังทำหน้าที่ดูดซึมสารปนเปื้อนในน้ำเสีย และเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เป็นตัวบำบัดน้ำเสียอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการนำหลักการระบบนิเวศดินนามาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลักการที่ให้พื้นที่แปลงมีน้ำขังสลับกับการระบายน้ำออกจากแปลงให้แห้งซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีววิทยา ทำให้มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์แต่ละประเภท การถ่ายทอดอิเล็กตรอนของสารต่าง ๆ ในดิน รวมทั้งการดูดซึมธาตุอาหารและโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ในหญ้า

3.2 กลไกการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหญ้ากรอง

กลไกการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหญ้ากรองน้ำเสียจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับกลไกการปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบนิเวศพื้นที่ลุ่มชื้นแฉะตามธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการกรองตามธรรมชาติ การตกตะกอน และกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เพื่อลดสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำเสีย William และ Patrick (1994) ได้กล่าวว่าในระบบพื้นที่ลุ่มแฉะจะมีความสมดุลของมวลภายในระบบ โดยจะมีการสะสม การเปลี่ยนรูป การหมุนเวียนธาตุอาหารและสารอาหารต่าง ๆ อย่างสมดุล และความสมดุลของพื้นที่ลุ่มแฉะนั้น เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน การแลกเปลี่ยนไอออน การดูดซับ การตกตะกอน การกรอง การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน การดูดซึมธาตุอาหาร เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปหรือบำบัดสารพิษหรือสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำเสียให้ลดลง

ดังได้กล่าวแล้วว่าพืชเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลักการของระบบนิเวศพื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ โดยพืชจะทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียร่วมกับจุลินทรีย์และดิน ดังนั้นในระบบหญ้ากรองน้ำเสียจึงใช้หญ้าเป็นตัวบำบัด ซึ่งจะมีระบบรากเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญในการขจัดแร่ธาตุอาหารและสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยระบบรากพืชหรือหญ้าจะดูดซึมธาตุอาหารและสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในรูปอิออน เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงให้เป็นสารอินทรีย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ระบบรากยังทำหน้าที่เกาะของจุลินทรีย์บางชนิดที่ช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นดิน เช่นการกำจัดไนโตรเจน นอกจากนี้ระบบรากยังช่วยในการขนถ่ายก๊าซออกซิเจนส่วนยอดไปยังราก และเคลื่อนย้ายก๊าซออกซิเจนจากรากไปยังยอดพืช ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดให้ดียิ่งขึ้น

จะเห็นได้ว่าพืชมีโครงสร้างและหน้าที่ที่เหมาะสมและมีความสามารถในการนำมาใช้เป็นตัวกลไกหนึ่งที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย และมีบทบาทที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้ประโยชน์จากพืชในการบำบัดน้ำเสียก็มีข้อจำกัดซึ่งต้องเลือกชนิดของพืชให้มีความเหมาะสม เพราะพืชแต่ละชนิดมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน โดยสามารถสรุปคุณสมบัติของพืชที่เหมาะสมในการนำมาบำบัดน้ำเสียดังนี้

- มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง

- มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้

- มีความทนทานต่อโรคและแมลงได้ดี

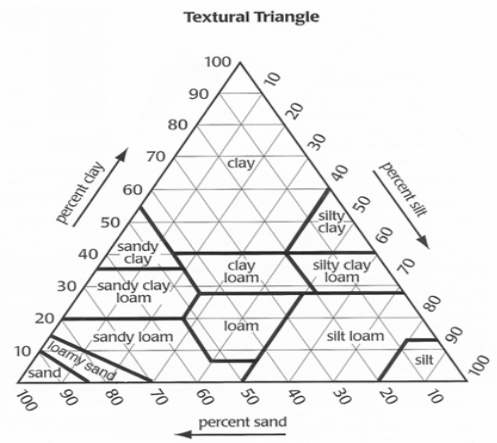
- ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารมลพิษได้กว้าง

- สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ในท้องถิ่นนั้น

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ดิน

1. คุณสมบัติของดิน

ความละเอียดของเนื้อดินและโครงสร้างของดินมีความสำคัญมากทางชลศาสตร์ของดิน ในแง่ของความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ ในการแบ่งชนิดของดินนิยมแบ่งตามความละเอียดของเนื้อดิน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น ดินเหนียว (Clay) ดินตะกอน (Silt) และดินทราย (Sand) การจำแนกประเภทของดินทำได้โดยการหาสัดส่วนเป็นร้อยละโดยน้ำหนักขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับรูปสามเหลี่ยมจำแนกประเภทเนื้อดิน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สามเหลี่ยมจำแนกประเภทของเนื้อดิน

ที่มา: http://ic.ucsc.edu/~wxcheng/envs16/lecture3/ttexture_triangle.jpg

2. <u>การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศ</u>

ดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความสามารถในการระบายน้ำและอากาศไม่ดีแต่สามารถเก็บกักน้ำเอาไว้ได้มาก ตรงกันข้ามกับดินที่มีเนื้อหยาบที่ระบายน้ำและอากาศได้ดี แต่อุ้มน้ำได้น้อย ความสามารถในการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศรวมเรียกว่า ความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดและความต่อเนื่องของช่องว่างระหว่างดิน

ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ (Water Permeability, K) หมายถึงอัตราความเร็วในการไหลเนื่องจากหน่วยความลาด ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความชื้น หากดินมีความชื้นสูงน้ำจะสามารถไหลผ่านได้รวดเร็ว แต่ถ้าดินมีความชื้นต่ำ น้ำจะไหลเข้าไปได้ช้า ดินเนื้อหยาบจะความสามารถในการซึมผ่านสูงกว่าดินเนื้อละเอียด ค่าความสามารถในการซึมผ่านของดินชนิดต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่1

<u>ตารางที่ 1</u> ความสามารถของการซึมผ่าน (Permeability) ของดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	ค่าความสามารถในการซึมผ่าน (มม./วินาที)	คุณสมบัติการระบายน้ำ
กรวด	มากกว่า 10	ดี
ทราย	$10\text{-}10^{-2}$	ดี
ทรายละเอียด	$10^{-2}\text{-}10^{-4}$	ปานกลาง
ทรายหยาบ	$10^{-4}\text{-}10^{-6}$	เลว
ดินเหนียว	น้อยกว่า 10^{-6}	ซึมผ่านยาก

ที่มา : มณเฑียร (2538)

3. <u>ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน</u>

การบอกถึงสภาพการเป็นกรดและด่างของดินนิยมบอกด้วยค่า pH ซึ่งในปัจจุบันสามารถแบ่งสภาพกรดในดินเป็น 2 ชนิด ได้แก่ สภาพกรดจริง (Active Acidity) หมายถึงไฮโดรเจนอิออน

ที่ถูกปล่อยออกมาอยู่ในรูปของสารละลายดิน และสภาพกรดแฝง (Potential Acidity) หมายถึง ไฮโดรเจนอิออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งดูดซับอยู่ที่ผิวดิน และอาจจะออกมาสู่สารละลายดินได้ด้วยปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่านั้น

4. <u>การแทรกซึมน้ำ (Infiltration)</u>

การแทรกซึมน้ำ (Infiltration) หมายถึง การที่น้ำจากนอกดินไหลผ่านขอบเขตระหว่างดินจากภายนอกเข้าไปในมวลดิน ซึ่งเกิดทั้งแนวดิ่ง และแนวนอน ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการแทรกซึมน้ำของดินประกอบด้วย ลักษณะสมบัติของดิน ซึ่งดินเนื้อหยาบที่มีโพรงใหญ่จะมีอัตราการซึมสูงกว่าดินเนื้อละเอียดที่มีช่องว่างเล็ก และระดับความชื้นของดิน โดยดินที่แห้งจะมีอัตราการซึมสูงในตอนแรกที่เริ่มสัมผัสน้ำ เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการซึมจะลดลงเนื่องจากเนื้อดินเหนียวถูกดูดซับเอาไว้และขยายตัวออกทำให้ช่องว่างระหว่างดินเล็กลง

Jarrett และ Fritton (1978) กล่าวว่า อัตราการแทรกซึมน้ำขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของประจุที่มีอยู่ในน้ำเสียในคอลัมน์ดิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลทำให้อัตราการซึมลดลงได้แก่ การอุดตันในช่องว่างในดินของสารแขวนลอยในน้ำเสีย เม็ดดินที่มีเนื้อละเอียด จุลินทรีย์หรือพืชที่มีการเจริญเติบโตขึ้น ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ การบวมน้ำของเม็ดดินและโพรงอากาศที่ค้างอยู่ในดิน

5. <u>การเก็บกักน้ำของดิน (Water Storage in Soil)</u>

ดินที่สามารถเก็บกักน้ำเอาไว้ได้นั้นเพราะดินมีแรงดึงดูดยึดกระทำต่อน้ำ ทั้งนี้สามารถแบ่งตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ 3 ประเภท คือ แรงดูดซับ (Adsorption Force) แรงดึงน้ำของช่อง (Capillary Force) แรงดึงออสโมติก (Osmotic Force)

แรงดูดซับ (Adsorption Force) หมายถึงแรงดูดที่ยึดอนุภาคดินกระทำต่อโมเลกุลน้ำ ทั้งนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งหมายถึงเนื้อที่ผิวทั้งหมดของอนุภาคต่อหน่วยมวลของดิน ดังนั้นดินเนื้อละเอียดที่มีเนื้อที่ผิวจำเพาะมากจึงสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก

แรงดึงน้ำของช่อง (Capillary Force) หมายถึง แรงที่ต่อต้านการระบายน้ำลงสู่ส่วนล่างของหน้าตัดดิน ซึ่งจะเกิดในช่องว่างขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร

แรงดึงออสโมติก (Osmotic Force) หมายถึง แรงดึงที่เกิดขึ้นเมื่อมีสารละลายชนิดหนึ่งมาสัมผัสกับสารละลายอีกชนิดหนึ่งที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แรงดึงออสโมซิสจะชักนำให้โมเลกุลของน้ำจากสารละลายที่เจือจางกว่าแพร่เข้าไปยังสารละลายที่เข้มข้นกว่า

6. <u>การกรองผ่านชั้นดิน</u>

การกรองผ่านชั้นดินเป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำมาไว้บนอนุภาคดินหรือมาไว้ที่ช่องว่างอนุภาคของดิน กลไกที่เกี่ยวข้องคือกลไกการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาอนุภาคดิน (Transport Mechanism) และกลไกการตกตะกอนและติดค้าง (Interception) ซึ่งสารแขวนลอยสามารถเคลื่อนที่เข้าหาอนุภาคดินได้ 2 วิธี ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของสารที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน เป็นการเคลื่อนที่ระดับโมเลกุลที่เกิดจากการแพร่กระจายแบบบราวเนียน อีกวิธีได้แก่ การเคลื่อนที่ตามเส้นทางการไหลของน้ำ กล่าวคือ สารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอนจะเบียดเข้าหาอนุภาคดินขณะที่วิ่งผ่านอนุภาคดิน ส่วนสารที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนในทิศทางที่เคลื่อนที่เข้าหาอนุภาคดิน (มั่นสิน, 2542)

7. <u>จุลินทรีย์ในดิน</u>

ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในดินแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและปริมาณของสารอาหาร ความชื้นในดิน การระบายอากาศ อุณหภูมิ pH สภาวะบางอย่าง เช่น เกิดน้ำท่วม หรือการปรับปรุงดิน เช่นการเติมปุ๋ย ปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในดินประกอบด้วย

7.1 ความชื้นในดิน เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรพลาสซึม น้ำจึงควรมีอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ระดับน้ำหรือความชื้นที่พบมากที่สุด อยู่ในช่วง 50-70% WHC (water holding capacity) ของดิน

7.2 การระบายอากาศ น้ำและอากาศในดินต่างอาศัยช่องว่างในดิน ถ้าน้ำมีมากจะมีอากาศน้อย ดังนั้นอากาศอาจเป็นตัวกำหนดชนิดของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในดินได้

7.3 อุณหภูมิในดิน อุณหภูมินับเป็นตัวกำหนดความรุนแรง ปริมาณและชนิดของกระบวนการชีวภาพเป็นสำคัญ จุลินทรีย์แต่ละชนิดต่างก็มีอุณหภูมิพอเหมาะด้วยกันทั้งสิ้น แบคทีเรียอาจแบ่งได้ตามอุณหภูมิดังนี้

- Mesophiles เจริญเติบโตได้ดีในช่วง 15-45 องศาเซลเซียส
- Psychrophiles เจริญเติบโตได้ดีในช่วงต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส
- Theromophiles เจริญเติบโตได้ดีในช่วง 45-65 องศาเซลเซียส

7.4 อินทรียวัตถุ จำนวนประชากรของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับอินทรียวัตถุในดิน หรือสารอินทรีย์คาร์บอนที่ใส่ลงไปในดิน

7.5 สภาพกรดและด่าง ดินที่มีความเป็นกรดหรือด่างมาก จะมีจำนวนประชากรแบคทีเรียน้อยกว่าสภาพดินที่เป็นกลาง โดยทั่วไปแล้วยิ่งสภาพไฮโดรเจนอิออนในดินมากขึ้นเท่าใด จำนวนแบคทีเรียจะลดลงไปเช่นกัน

7.6 ธาตุอาหารในดิน นอกจากอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเป็นธาตุอาหารของแบคทีเรียแล้ว การเพิ่มธาตุอาหารอื่นลงไปในดินก็มีบทบาทต่อจำนวนแบคทีเรียเช่นกัน ตัวอย่างเช่นการเติมปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีธาตุไนโตรเจนอยู่น้อยจะช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรีย แต่ในบางโอกาสการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการออกซิเดชันเนื่องจากแอมโมเนียได้กรดไนตริกโดยการกระทำของจุลินทรีย์บางชนิด

ลักษณะบางประการของพืชที่ใช้ในการทดลอง

1. ต้นยูคาลิปตัส

ต้นยูคาลิปตัสมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eucalyptus camaldulensis Dehnh.* เป็นต้นไม้ยืนต้นขนาดกลาง-ใหญ่ สูง 24-30 เมตร และอาจสูงได้ถึง 50 เมตร ความโตเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบ เป็นพันธ์ไม้โตเร็ว ถ้าปลูกในประเทศไทยจะมีรูปทรงสูงเพรียว ลำต้นตรงมีกิ่งก้านน้อย

ยูคาลิปตัสเป็นไม้ต่างประเทศมีมากกว่า 700 ชนิด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปออสเตรเลียเป็นส่วนใหญ่ ประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ มาทดลองปลูกประมาณปี พ.ศ. 2493 แต่ได้มีการทดลองกันจริงๆ เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2507 ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัสสามารถเจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงนิยมปลูกกันมากอย่างแพร่หลาย

ยูคาลิปตัสสามารเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพของดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่ในที่ริมน้ำที่ราบน้ำท่วมบางระยะในรอบปี แม้แต่ดินที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มม.ต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง

รูปทรงของต้นยูคาลิปตัสจะเป็นทรงกรวยสูงถ้าปลูกในประเทศไทย ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวเรียงเวียงสลับ ใบเป็นรูปหอกหรือขอบขนานแกมหอก ก้านใบยาว ใบสีเขียวอ่อนทั้ง 2 ด้าน บางครั้งมีสีเทา ใบบาง ดอกของต้นยูคาลิปตัสมีขนาดเล็ก ออกตามง่ามใบไม้ใกล้กิ่ง เป็นช่อขนาดเล็ก มีสีขาว ออกดอกตลอดปี ลักษณะผลเป็นแบบแข็งแห้งแล้วแตกอ้า มีขนาดเล็ก ภายในมีเมล็ดขนาดเล็กมาก

ภาพที่ 4 สวนป่ายูคาลิปตัส

ที่มา : http://www.forest.go.th/private/index.htm

2. <u>หญ้าโคสครอส (Coastcross grass)</u>

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sporobolus virginicus* เป็นหญ้าที่อยู่ในกลุ่มหญ้าแพรก พบทั่วไปทั้งในเขตร้อน กึ่งร้อน และเขตหนาวอบอุ่นของโลก เติบโตได้ดีในดินหลายชนิดตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว ชอบดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและหน้าดินลึก ทนต่อดินที่เป็นกรด ด่าง และมีความเค็มได้ และตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี มีทั้งไหลและลำต้นใต้ดิน ลำต้นเรียวเล็กตั้งตรงสูงประมาณ 60 ซม. ใบมีขนและแบนยาว 3-12 ซม. กว้าง 2-4 ซม. ช่อดอกประกอบด้วยแขนงแบบ racemes แต่ละแขนงยาวประมาณ 1.5-8 ซม.

การนำไปใช้ประโยชน์ พบว่านำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากเป็นหญ้าที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีความทนทานต่อการแทะเล็มและการเหยียบย่ำของสัตว์ สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย พบว่าสามารถทำได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพน้ำเสีย

<u>ภาพที่ 5</u> หญ้าโคสครอส (Coastcross grass)

ที่มา www.csdl.taru.edu/FLORA/taesgrass/4739500c.jpg

กระบวนการผลิตและลักษณะสมบัติน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ

1. วัตถุดิบ

พืชทุกชนิดประกอบด้วยเส้นใย ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก แต่ไม่ได้หมายความว่าพืชทุกชนิดจะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษได้ พืชที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบได้ต้องมีเส้นใยแข็งแรง นอกจากคำนึงถึงคุณสมบัติของเส้นใยแล้วยังต้องมีความเป็นไปได้ทางธุรกิจ คือ หาง่าย ราคาไม่แพง การเก็บและการขนส่งไม่ยุ่งยาก

พืชที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ไม้ยืนต้น (Wood) หมายถึงพืชที่เป็นต้นไม้มีลำต้นแข็งแรง อายุยืน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 ไม้เนื้ออ่อน (Softwood) เป็นไม้ที่ขึ้นในที่สูง อากาศเย็น โตช้า ใบมีลักษณะแคบเรียวยาว เส้นใยในไม้เนื้ออ่อนเรียกว่าเยื่อใยยาว มีลักษณะหยาบ ความแข็งแรงสูง พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ สน (Pine)

1.2 ไม้เนื้อแข็ง (Hardwood) เป็นไม้ที่ขึ้นในบริเวณเขตร้อน โตเร็ว ใบมีลักษณะกว้าง เส้นใยในไม้เนื้อแข็งเรียกว่าเส้นใยสั้น มีลักษณะเล็ก ละเอียด ความแข็งแรงต่ำ ไม้ในกลุ่มนี้ได้แก่ ยูคาร์ลิปตัส (Eucalyptus) เบิร์ช (Birch) แอสแพน (Aspen) กระถินเทพา (Acacia)

2. ไม้ล้มลุก (Nonwood) ได้แก่ พืชอื่น ๆ นอกเหนือจากไม้ยืนต้น ที่เส้นใยมีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษได้ ได้แก่ ปอ ไผ่ ฝ้าย หรือส่วนที่เหลือจากเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย เป็นต้น ข้อเสียของเส้นใยจากไม้ล้มลุกคือมีคุณสมบัติไม่แน่นอน

นอกจากไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักแล้วยังมีการใช้น้ำ สารเคมี และน้ำมันเตาในการผลิตอีกด้วย

2. <u>กระบวนการผลิต</u>

โดยทั่วไปขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ จะมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การจัดเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)

จุดประสงค์ของการจัดเตรียมวัตถุดิบคือ เพื่อทำการแยกและกำจัดสิ่งปะปนที่ไม่ต้องการออกและแปรรูปให้มีขนาดที่เหมาะสม เช่น วัตถุดิบประเภทไม้จะถูกปอกเปลือกออก จากนั้นจะถูกล้างด้วยน้ำก่อนนำเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ และคัดแยกขนาดชิ้นไม้เพื่อกำจัดเสี้ยนไม้และฝุ่นไม้ออกไป

2. การแยกเส้นใย (Pulp Disintegration)

วิธีการแยกเส้นใยมีอยู่ด้วยกัน 3 กลุ่มคือ กระบวนการกล, กระบวนการกึ่งเคมี และกระบวนการเคมี โดยกลุ่มแรกวัตถุดิบจะเข้าเครื่องบดเพื่อกระจายเส้นใยออกจากกัน ซึ่งอาจใช้สารเคมีและความร้อนเข้าช่วย ส่วนสองกลุ่มหลังวัตถุดิบจะเข้าสู่หม้อต้มเยื่อเพื่อทำการแยกเส้นใย ซึ่งวิธีการแต่ละกลุ่มจะให้คุณสมบัติของเยื่อกระดาษแตกต่างกัน

3. การคัดขนาด (Screening)

เส้นใยที่ถูกแยกแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดขนาดของเยื่อ เพื่อแยกเยื่อออกจากสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ต้องการ เช่น ตาไม้, ชิ้นไม้สับที่ผ่านการต้มเยื่อยังไม่สมบูรณ์ และเส้นใยที่ยังไม่สมบูรณ์

4. การล้างเยื่อ (Washing)

หากแยกเส้นใยโดยใช้กระบวนการกึ่งเคมี กระบวนการเคมี เมื่อผ่านขั้นตอนการคัดขนาดเยื่อแล้ว จะต้องผ่านขั้นตอนการล้างเยื่อ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของเยื่อกึ่งเคมี จุดประสงค์ในการล้างเยื่อคือ ต้องการล้างของเหลวดำซึ่งประกอบด้วยสารเคมี ลิกนิน และส่วนประกอบอื่น ๆ ของเส้นใยออกจากเยื่อ

5. การสกัดลิกนินด้วยออกซิเจน (O_2 Delignification)

ในการผลิตเยื่อเคมีโดยใช้ยูคาร์ลิปตัส และไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบ จะถูกสกัดลิกนินออกจากเยื่อโดยการใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับลิกนินช่วยให้ลิกนินหลุดออกเพิ่มมากขึ้น หลังจากลิกนิน บางส่วนได้หลุดไปแล้วในขั้นตอนการล้างเยื่อ และการฟอกเยื่อขั้นตอนแรกก่อนเข้าสู่การฟอกเยื่อขาว

6. การฟอกเยื่อ (Bleaching)

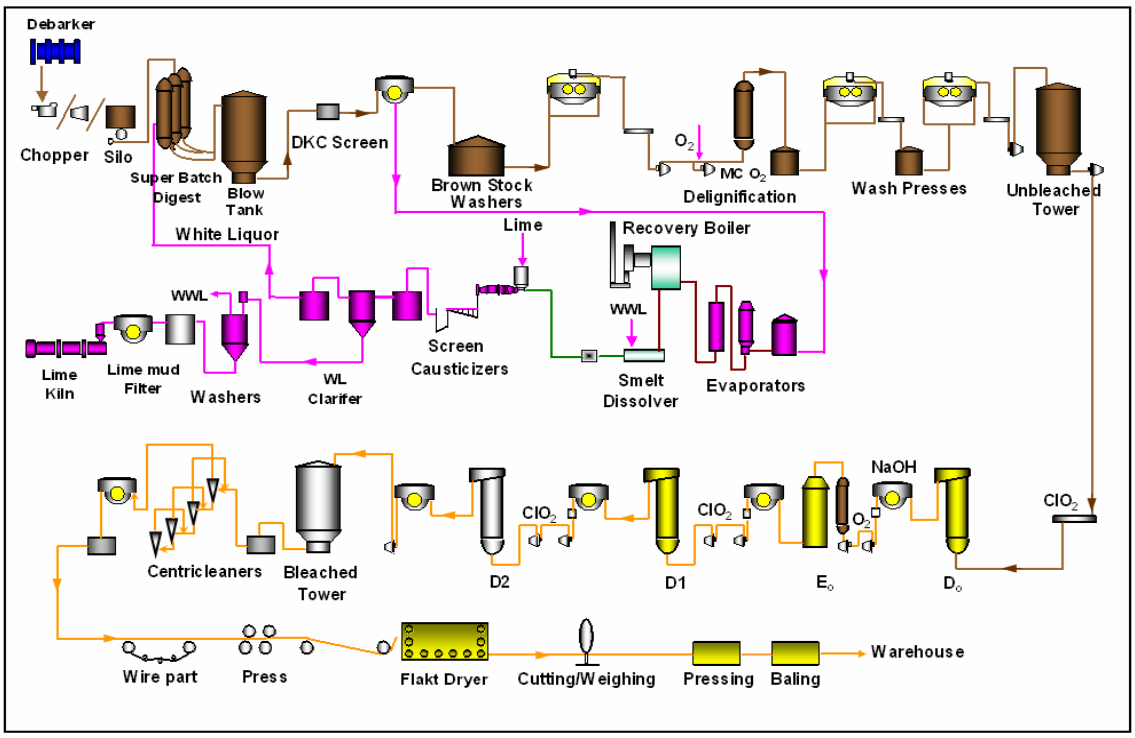
คุณสมบัติของกระดาษบางชนิดเช่น กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษทิชชู และกระดาษสา ฯลฯ ต้องมีขั้นตอนการฟอกเยื่อซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพเยื่อในด้านความสว่าง หากต้องการความขาวของเยื่อกระดาษมาก ๆ การฟอกเยื่อมีหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษที่มีความขาวตามต้องการ

7. หน่วยทำความสะอาดเยื่อหลังการฟอก (Bleached Stock Screening)

สำหรับขั้นตอนนี้เยื่อกระดาษจะถูกทำความสะอาดขั้นสุดท้าย เพื่อแยกสิ่งสกปรกที่อาจปะปนไปกับผลิตภัณฑ์หลังเยื่อกระดาษเข้าสู่ขั้นตอนการเดินแผ่น

8. ขั้นตอนการเดินแผ่นและการอบแห้ง (Sheet Forming and Drying)

เยื่อกระดาษหลังผ่านการฟอกเยื่อและทำความสะอาดขั้นสุดท้ายแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการเดินแผ่นขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และผ่านการอบแห้งก่อนส่งลูกค้าต่อไป



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549)

3. น้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ

ลักษณะน้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ แตกต่างกันไปตามประเภทของกระบวนการผลิต รวมถึงสารเคมีที่ใช้ โดยเฉพาะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อเคมี จะมีอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อบีโอดีสูง เนื่องจากมีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตมาก ในน้ำเสียจึงมีสารเคมีอยู่ปริมาณมากเช่นกัน ซึ่งอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อบีโอดีที่สูงนี้ บ่งบอกว่าน้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อกระดาษบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ยาก นอกจากนี้สารลิกนินก็เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้น้ำเสียบำบัดได้ยากด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไร้อากาศ เนื่องจากลิกนินเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ อีกทั้งลิกนินเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสีในน้ำเสีย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญอีกข้อหนึ่งของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกต้องเพียงพอ

4. <u>การบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ</u>

น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษมีค่าความสกปรกสูง ดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำเสียจึงมีหลายขั้นตอนจึงได้น้ำที่มีค่าความสกปรกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่หน่วยงานราชการกำหนด กระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การบำบัดขั้นต้น และการบำบัดขั้นปฐมภูมิ

การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นและขั้นปฐมภูมิมีขั้นตอนดังนี้ คือ

- น้ำเสียจะถูกปรับสภาพให้เป็นกลางก่อนที่จะผ่านตะแกรงกรอง
- น้ำเสียเข้าสู่ตะแกรงกรอง
- น้ำเสียเข้าสู่ถังตกตะกอนขั้นต้น

4.2 การบำบัดขั้นทุติยภูมิ

หลังจากที่น้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้น และระบบบำบัดปฐมภูมิแล้ว น้ำเสียที่รวมกันแล้วจะไหลจากถังตกตะกอนขั้นแรกไปยังถังเติมอากาศ เพื่อบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพด้วยระบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีหน่วยบำบัดต่าง ๆ ดังนี้

- บ่อปรับอัตราการไหลของน้ำเสีย
- หอหล่อเย็น
- ระบบเติมสารอาหาร เพื่อเติมสารละลายยูเรีย และไดแอมโมเนียมฟอสเฟตในบ่อเติมอากาศ
- บ่อเติมอากาศ
- ถังตกตะกอนขั้นที่ 2

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก่อนที่จะไหลไปยังบ่อพักน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อไป กากตะกอนที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกส่งกลับไปยังบ่อเติมอากาศ และส่วนที่เกินความต้องการก็จะส่งไปยังระบบรีดน้ำจากกากตะกอน กากตะกอนที่รีดน้ำออกแล้วจะถูกส่งไปยังพื้นที่ฝังกลบ

5. <u>สีในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ</u>

สีในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษส่วนใหญ่เกิดจากลิกนินและอนุพันธ์ของลิกนิน และโพลีเมอร์ของแทนนิน ซึ่งลิกนินเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ และเป็นสารในองค์ประกอบหลักของพืชทุกชนิด โดยลิกนินพบมากในผนังเซลล์ชั้นที่สองของพืช หน้าที่ทางกายภาพของสารประกอบลิกนินเป็นสารสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของเนื้อไม้ โครงสร้างโมเลกุลของลิกนินมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของลิกนินในพืชนานาชนิด

6. <u>ผลกระทบของสีและลิกนินในน้ำเสียที่มีต่อสิ่งแวดล้อม</u>

น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้พืชเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ มีปริมาณลิกนินในน้ำเสียสูง หากไม่ได้มีการบำบัดอย่างเหมาะสม และปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำดังนี้

6.1 สีในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษเกิดจากสารประกอบลิกนินเป็นส่วนใหญ่ หากปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรงในปริมาณมาก นอกจากจะทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าใช้แล้ว ยังบดบังการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ในน้ำ ทำให้สาหร่ายหรือแพลงตอนพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งอาจเกิดปัญหาขาดแคลนออกซิเจนในน้ำ เป็นเหตุให้แหล่งน้ำเกิดปัญหาเน่าเสีย

6.2 คุณสมบัติทางเคมีของสารประกอบลิกนินบางประเภท จะถูกปล่อยจากกระบวนการต้มเยื่อ ล้างเยื่อ ฟอกเยื่อ และส่วนการนำสารเคมีกลับคืน ซึ่งสารเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทำให้กระดูกปลานิลเสียรูปร่าง มีแผลในตับ ไต ม้านและทางเดินอาหารของปลานิล รวมทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของปลาเทราท์สีรุ้งและทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของพืชและสัตว์น้ำอีกด้วย

<u>สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง</u>

William and Patrick (1994) พบว่าระบบที่ลุ่มแฉะจะมีความสมดุลของมวลภายในระบบโดยจะมีการสะสม เปลี่ยนรูป และหมุนเวียนธาตุอาหารต่าง ๆ อย่างสมดุล ดังนั้นระบบหญ้ากรองน้ำเสียจึงมีสมดุลมวลสาร ซึ่งจะสามารถบำบัดสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำเสียให้ลดลงได้

Gendebien *et al*. (1992) ศึกษาความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในดินที่พืชส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดี พบว่าพืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในดินประมาณ 5-10%

พัฒนี (2536) อธิบายว่าในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้พืชน้ำ ลักษณะของพืชที่นำมาใช้โดยเฉพาะรากของพืชจะทำหน้าที่เสมือนที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียสามารถนำออกซิเจนที่ส่งผ่านลงมาทางรากพืชบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำได้

สุชาดาและคณะ (2537) ได้ทำการศึกษาทดลองคัดเลือกพันธ์พืชที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหญ้ากรอง พบว่า พืชจำพวกกกกลม กกสามเหลี่ยม แห้วกระดาน และธูปฤาษี มีความเป็นไปได้สูงในการนำมาใช้เป็นพืชทดลองเพราะมีการเจริญเติบโตดีมาก และยังพบว่า หญ้าแฝกพันธุ์ดินโดนีเซีย หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา หญ้าโคสครอส หญ้าคาลล่า และหญ้าสมุท มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสีย

ธนัญชัย (2545) ศึกษาการใช้หญ้าอาหารสัตว์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรอง 3 ชนิดคือ หญ้าสตาร์, หญ้าคาร์ล่า และหญ้าโคสครอสพบว่า แปลงหญ้าทั้ง 3 ชนิดและแปลงดินเปล่าสามารถบำบัด BOD ได้เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 67.9-79.2 และพบว่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอย ไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีแปลงหญ้ากรองไม่ว่าจะใช้วิธีการบำบัดในแนวดิ่งหรือแนวระดับก็ตาม

วรินธร (2549) ศึกษาการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ดินที่มีการปลูกพืชต่างชนิดกัน ได้แก่ หญ้าแฝกศรีลังกา หญ้าชันกาศและหญ้าโคสครอสพบว่า พืชทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ด้วยอัตราภาระทางชลศาสตร์ 1 ซม./วัน ดีที่สุด รองลงมาคือการบำบัดด้วยอัตราภาระทางชลศาสตร์ 2.8 ซม./วัน และพบว่าการรดน้ำชะมูลฝอยด้วยอัตราภาระทางชลศาสตร์ 5.6 ซม./วัน ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ต่ำที่สุด

ภาร์สุระ (2545) ศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำใต้ผิวดินในแปลงทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรอง พบว่าในการบำบัดน้ำเสียธาตุอาหารและโลหะหนักบางส่วน โดยเฉพาะไนโตรเจน โปแตสเซียม ตะกั่ว และปรอท ที่เจือปนมากับน้ำเสียจะถูกดูดซับไว้ในดิน และเป็นส่วนน้อยที่ถูกพืชดูดนำไปใช้สร้างความเจริญเติบโตและสะสมไว้ในลำต้น

อังษณา (2540) ศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนภายหลังการ บำบัดโดยใช้ดินนาในสภาพน้ำขังสลับแห้ง พบว่า การบำบัดบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสียโดยใช้ดินร่วมกับพืชจะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าใช้ดินเพียงอย่างเดียว

วรากร (2543) ศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินเพื่อการบำบัดขั้นที่สาม สำหรับน้ำชะมูลฝอย พบว่าในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชชนิดเดียวกันประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจะแปรผกผันกับอัตราภาระทางชลศาสตร์

อรทัยและจิรายุ (2543) ศึกษาผลของอายุพืชต่อประสิทธิภาพการกำจัดธาตุอาหารจากน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและปลูกธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 94.7 ทั้งนี้เนื่องจากธูปฤาษีสามารถนำออกซิเจนจากอากาศมาที่รากพืชได้ทำให้สภาวะตัวกลางที่อยู่รอบ ๆ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดได้ดี และจากการศึกษาอายุพืชต่อประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันทั้งในระยะเติบโตและโตเต็มที่

วิชชา (2545) ศึกษาการแยกลิกนินออกจากน้ำดำในกระบวนการทำเยื่อกระดาษจากยูคาร์ลิปตัส โดยทำการวิเคราะห์ค่า COD ของน้ำดำหลังจากปรับ pH เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 และแยกลิกนินออกด้วยวิธี Dicromate Reflux Method พบว่าปริมาณลิกนินในน้ำลดลงมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี โดยจากการทดลองพบว่าค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงเมื่อ pH ลดลงเช่นเดียวกับปริมาณลิกนินที่เหลืออยู่ในน้ำดำลดลงเมื่อ pH ลดลง

อนุสรณ์ (2546) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยกระบวนการดูดติดผิวด้วยดิน โดยใช้ดินในการทดลอง 3 ชุดได้แก่ ชุดดินสตึก ชุดดินลพบุรี และชุดดินราชบุรี พบว่าชุดดินสตึกมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวสีจริงและซีโอดีในน้ำเสียสูงที่สุด ส่วนชุดดินลพลุรีมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวลิกนินในน้ำเสียได้สูงที่สุด และพบว่าชุดดินทั้ง 3 มีประสิทธิภาพในการกำจัด ลิกนิน สี และซีโอดีสูงที่สุดในวันแรกของการทดลอง