โครงการประกวดแข่งขันนวัตกรรม 3R

สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010

โดย

ทีมมหิดลคนรักษ์น้ำ

นายชลธร กินแก้ว
นายวรวิทย์ หวังชื่นชม
นายกฤษณ์ชัย จันทร์คณา
นายธนัชชา โพธิยา
นางสาวรุ่งทิพย์ จันทร์หล้า

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน

จากบริษัท จัดการและพัฒนาทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก จำกัด(มหาชน)

628.179.2
สงป

KNOWLEDGE CENTRE (KLC)

013833

628.179 2

สนง

ส.ก. 2554

บทคัดย่อ

โครงงานสิ่งประดิษฐ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดน้ำที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้อุปโภคใหม่ภายในชุมชน โดยส่งเสริมการบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ และนำน้ำมาใช้ซ้ำในทางการเกษตรกรรม นอกจากนั้นยังให้ชุมชนได้เห็นถึงประโยชน์ของการทำ 3R ของน้ำอีกด้วย ทีมมหิดลคนรักษ์น้ำได้ทำการทดลองขั้นต้นเป็นการบำบัดน้ำด้วยสารสกัดชีวภาพ(EM) โดยแบ่งชุดการทดลองเป็นชุดเติม EM อัตราส่วน 1:10,000 พร้อมเติมอากาศในน้ำตัวอย่างและชุดควบคุมเป็นชุดที่ตั้งน้ำตัวอย่างไว้ปกติ แล้วทำการทดสอบหาค่า Biochemical oxygen demand(BOD) ทุก5 วันเป็นเวลา 15 วัน ผลการทดลองที่ได้คือเริ่มต้นน้ำตัวอย่างมีค่า BOD เท่ากับ 46.0 mg/l ชุดเติม EMพร้อมอากาศวัดค่า BOD ได้ 13.8 mg/l, 8.8 mg/l และ 5.1 mg/l ตามลำดับ ชุดควบคุมวัดค่า BOD ได้ 22.8 mg/l, 6.6 mg/l และ 5.8 mg/l ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าชุดเติม EM พร้อมอากาศสามารถลดค่า BOD ได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 13.8 mg/l ในระยะเวลาสั้นที่สุดเท่ากับ 5 วัน ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด BOD น้ำทิ้งไว้ไม่เกิน 20 mg/l จากนั้นทำการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยให้น้ำเสียเข้าระบบปริมาณ 70 ลิตรต่อวัน ซึ่งมาจากน้ำเสียที่คิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน(กรมควบคุมมลพิษ) เมื่อได้ทดสอบสิ่งประดิษฐ์ เริ่มจากเปิดน้ำเสียผ่านตะแกรงเข้าระบบเติม EM และอากาศพักไว้ 5 วัน แล้วผ่านระบบการกรอง 5 ชั้นได้แก่ อิฐ, ทราย, ถ่าน, ทราย และอิฐตามลำดับ น้ำก่อนผ่านการกรองมีค่าความขุ่นเป็น 11.3 NTU เมื่อผ่านการกรองแล้วเหลือ 4.4 NTU ซึ่งมีค่าผ่านมาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวงที่กำหนดค่าความขุ่นไว้ 5.0 NTU

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยอาศัยความกรุณาอย่างยิ่งของอาจารย์นรินทร์ บุณตานนท์ อาจารย์คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

คุณชุตินธร มูลทองน้อย เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ คลินิกสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำแนะนำเรื่องวัดประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์จากการวิเคราะห์ BOD

นายเมธี ชัยพีระพันธ์กุล สำหรับกล้องถ่ายวีดีโอ เพื่อนำเสนอข้อมูลนำเสนอผลงานสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 และสละเวลาถ่ายทำวีดีโอดังกล่าว

นายชัยวัฒน์ แพทย์กูล สำหรับยานพาหนะที่เพื่อความสะดวกในการเดินทาง

และสุดท้ายเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ทำสิ่งประดิษฐ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ ๑ บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญวัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	1
ข้อจำกัดในการศึกษา	1
บทที่ ๒ วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง Azide Modification	4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง Nephelometric	7
การสร้างสิ่งประดิษฐ์	8
บทที่ ๓ ผลการทดลอง	11
บทที่ ๔ สรุปผล	13
อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	13
ข้อเสนอแนะ	15
เอกสารอ้างอิง	16
ภาคผนวก	17

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ ๑ ค่า BOD ของชุดการทดลอง 11

ตารางที่ ๒ แสดงค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างก่อนกรองและหลังกรองด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010 12

ตารางที่ ๓ ช่วงของค่า BOD กับวิธีการเจือจางต่างๆของตัวอย่าง 20

ตารางที่ ๔ การคำนวณหาค่า BOD ที่ได้จากการทดลองซ้ำหลายครั้งของชุดควบคุมและชุด EM 22

ตารางที่ ๕ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม 25

ตารางที่ ๖ มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2536) 28

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ หน้า

รูปภาพที่ ๑ แผนภาพแสดงส่วนต่างๆ ของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 2

รูปภาพที่ ๒ ภาพแสดงชุดการทดลองวัดประสิทธิภาพการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ โดย (ก) คือชุดควบคุมที่ใช้เปรียบเทียบการทำงาน และ(ข) คือ ชุดทดลองที่เติม EM และเติมอากาศ 3

รูปภาพที่ ๓ ภาพจำลองสภาวะเติมอากาศให้กับชุดทดลอง EM 4

รูปภาพที่ ๔ การตวงน้ำกลั่นใส่ในโหลสีชาขนาด 500 มิลลิลิตร 5

รูปภาพที่ ๕ เตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 6

รูปภาพที่ ๖ แผนผังการจัดวางระบบของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 9

รูปภาพที่ ๗ แผนภาพแสดงชั้นต่างๆ ในท่อกรองของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 10

รูปภาพที่ ๘ กราฟเปรียบเทียบค่า BOD ของชุดควบคุมและชุดที่ใช้ EM ในระยะเวลาต่างๆ 11

รูปภาพที่ ๙ สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 14

รูปภาพที่ ๑๐ สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 มุมด้านข้างของถังกรอง EM และถังกรองพักน้ำ 14

รูปภาพที่ ๑๑ ค่า BOD ที่เกิดจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน 18

บทที่ ๑
บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ทีมมหิดลคนรักษ์น้ำได้เล็งเห็นความสำคัญของความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำในแหล่งชุมชนเมือง/ชนบทในปัจจุบันซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การใช้น้ำดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด เนื่องจากมีการปล่อยน้ำที่ใช้แล้วจำนวนมากจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำ โดยไม่ได้คำนึงถึงความสามารถในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ อันเป็นการสูญเสียทรัพยากรน้ำเป็นอย่างมาก

ดังนั้นทีมมหิดลคนรักษ์น้ำ จึงได้ประดิษฐ์ TR7-2010 ขึ้นมาเพื่อบำบัดน้ำที่ใช้แล้ว นำมาใช้อุปโภคใหม่ภายในชุมชน โดยเน้นกระบวนการทางชีวภาพ เป็นการจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ และเพื่อหมุนเวียนน้ำที่ใช้แล้วนำมาใช้ซ้ำในด้านการเพาะปลูก เป็นการลดต้นทุนทางการเกษตรกรรม ทำให้ชุมชนได้เห็นประโยชน์ของการจัดการน้ำได้อย่างแท้จริง และมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

วัตถุประสงค์

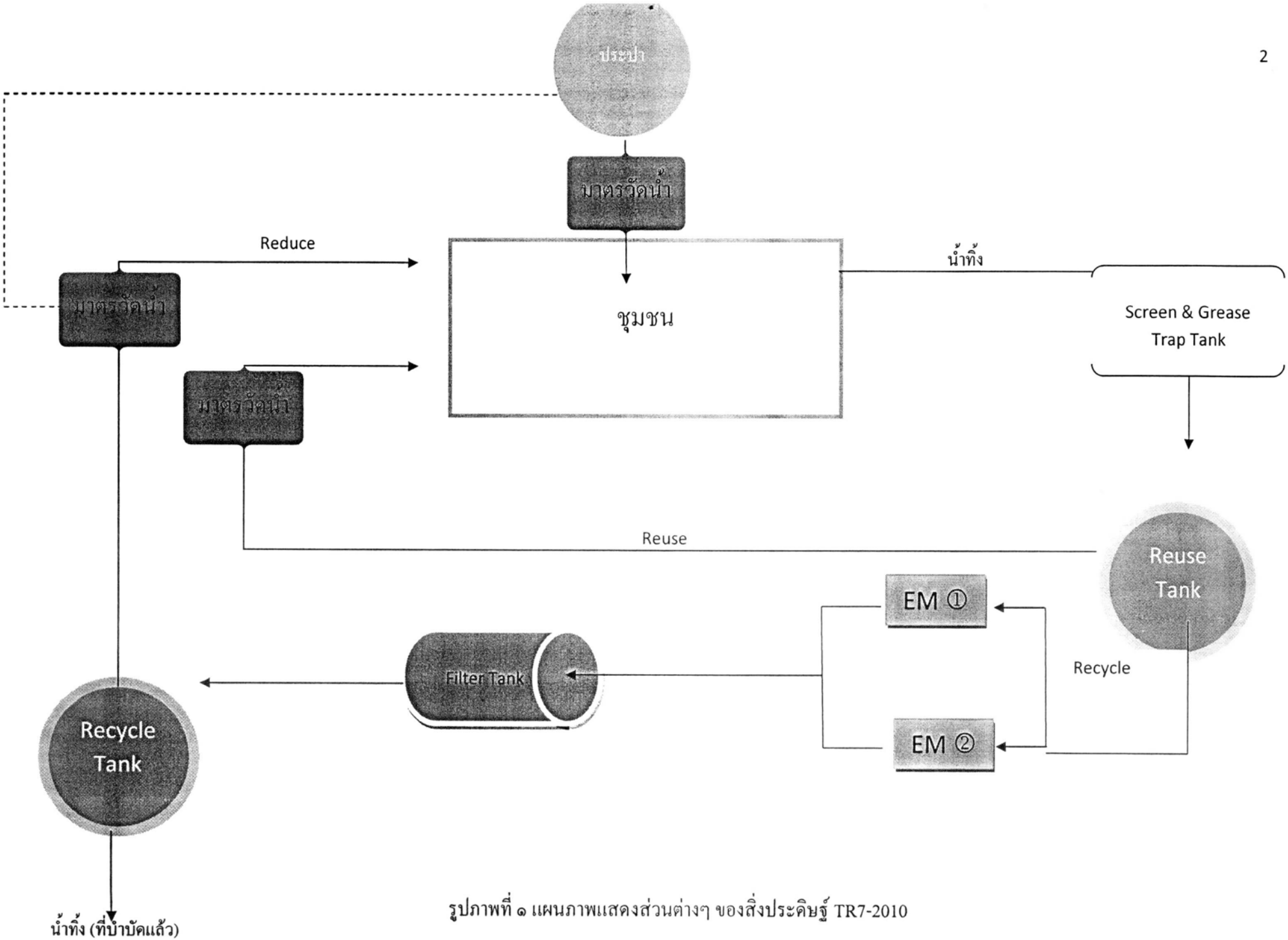
1. เพื่อบำบัดน้ำที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้เพื่ออุปโภคใหม่ภายในชุมชน
2. เพื่อส่งเสริมการบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ
3. เพื่อส่งเสริมให้นำน้ำที่ใช้แล้ว นำมาใช้ซ้ำในทางการเกษตรกรรม
4. เพื่อให้ชุมชนได้เห็นถึงประโยชน์ของการทำ 3R ของน้ำ

ขอบเขตของการศึกษา

1. น้ำตัวอย่างในการศึกษาเก็บจากแหล่งน้ำเสียของเขตชุมชน หมู่3 ร่มไทร
2. สารสกัดชีวภาพ (EM) ที่ใช้ในการศึกษาซื้อมาจากบริษัท อี เอ็ม คิวเซ จำกัด
3. การวัดค่า Biochemical oxygen demand (BOD) ในการศึกษานี้ใช้วิธีการไทเทรตซึ่งเป็นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดไว้
4. การเติมอากาศในระบบเติม EM ไม่ได้สนใจถึงระยะเวลาและปริมาณ

ข้อจำกัดในการศึกษา/ทดลอง

1. การวิเคราะห์หาค่า Biochemical oxygen demand (BOD) ในชุดการทดลองที่เติมสารสกัดชีวภาพ (EM) พร้อมอากาศ มีข้อสมมุติฐานเบื้องต้นว่าการเติมอากาศจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ EM และเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้
2. การควบคุมแสงของระบบเติมสารสกัดชีวภาพ (EM) มีปัญหาอยู่ว่าตอนใช้ทดลองกับใช้ในสิ่งประดิษฐ์ควบคุมปริมาณแสงได้ไม่เท่ากัน ทำให้ระบบเติม EM ในสิ่งประดิษฐ์เกิดสาหร่ายสีเขียว



รูปภาพที่ ๑ แผนภาพแสดงส่วนต่างๆ ของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010

บทที่ ๒
ขั้นตอนการทดลอง

การการบวนการขั้นตอนการ Recycle ของน้ำประกอบด้วย กระบวนการเติม EM (Effective Microorganism) ลงไปในน้ำเสียและกรบวนการกรองโดยการตรวจสอบความเป็นไปได้ของกระบวนการนี้ ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ EM โดยการตรวจวัดค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) หลังจาการเติม EM ด้วยวิธีการ Azide Modification สำหรับการตรวจสอบกระบวนการกรองทำการวัดค่าความขุ่นของน้ำก่อนและหลังกรองด้วยวิธี Nephelometric Method ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานนของ EM ได้มีการกำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้

กำหนดให้ขวดสีชา "C" เป็นชุดทดลองที่ทำการวัดเพื่อควบคุมผลการทดลอง โดยสภาพของขวดนั้นไม่ได้มีการเติม EM และอากาศลงไปแต่อย่างใด โดยทำการวัดค่า BOD ทั้งสิ้น 3 ครั้งทุกๆ 5 วันเช่นเดียวกันกับชุดทดลอง กำหนดเป็น C1, C2, และ C3 ซึ่งจะทำการวัดเรียงจากขวดที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับเพื่อเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการเติม EM และอากาศดังรูปภาพที่ ๒ (ก)

กำหนดให้ขวดสีชา "E" เป็นชุดทดลองที่ทำการเติม EM ลงไปในน้ำตัวอย่างเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำใส่ใน 0.1:1000 ร่วมกับการเติมอากาศจนถึงจุดอิ่มตัวในน้ำ โดยทำการวัดค่า BOD ในน้ำตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ครั้งทุกๆ 5 วัน กำหนดเป็น E1, E2, และ E3 ซึ่งจะทำการวัดเรียงจากขวดที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ EM และกระบวนการเติมอากาศให้กับน้ำดังรูปภาพที่ ๒ (ข)

(ก) (ข)

รูปภาพที่ ๒ ภาพแสดงชุดการทดลองวัดประสิทธิภาพการทำงานของสิ่งประดิษฐ์โดย (ก) คือชุดควบคุมที่ใช้เปรียบเทียบการทำงาน และ(ข) คือ ชุดทดลองที่เติม EM และเติมอากาศ

รูปภาพที่ ๓ ภาพจำลองสภาวะเติมอากาศให้กับชุดทดลอง EM

Azide Modification

<u>อุปกรณ์การทดลอง</u>

1. ขวด BOD ขนาด 300 ml จำนวน 88 ขวด
2. Conical flask (ขวดรูปชมพู่) ขนาด 500 ml จำนวน 8 ขวด/วัน
3. Volumetric flask ขนาด 200 ml จำนวน 8 ขวด/วัน
4. บิวเรต ขนาด 50 ml จำนวน 3 อัน
5. ชุดแท่นเหล็กไทเทรต จำนวน 3 ชุด
6. ปิเปต ขนาด 10 ml จำนวน 3 อัน
7. Beaker ขนาดมากกว่า 500 ml จำนวน 10 อัน
8. ช้อนตวง 2 คัน
9. Incubator (ตู้บ่ม)
10. pH meter 1 เครื่อง
11. เครื่องเติมอากาศ จำนวน 2 เครื่อง
12. Cylinder ขนาด 1000 ml จำนวน 1 อัน
13. กรวยแก้ว จำนวน 3 อัน
14. โหลใส่น้ำ ขนาด 8 L จำนวน 5 โหล
15. แท่งแก้ว จำนวน 5 แท่ง

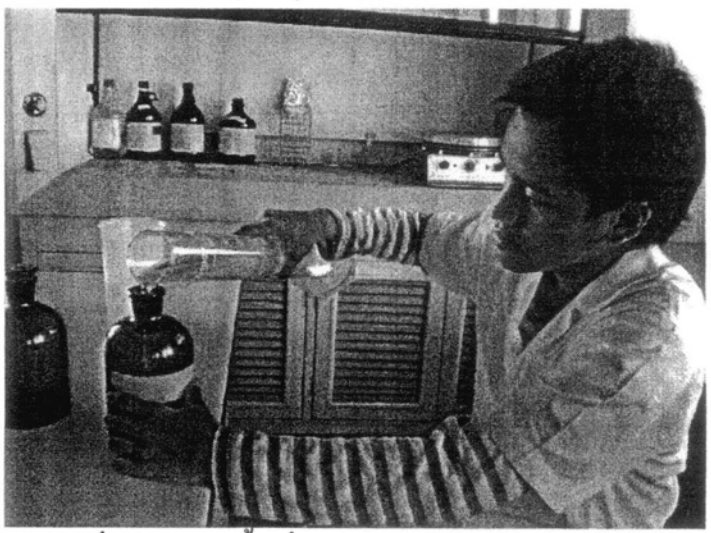
<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ KH_2PO_4, K_2HPO_4, Na_2HPO_4, NH_4Cl
2. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)
3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)
4. สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$)
5. น้ำกลั่น
6. สารละลาย $MnSO_4$
7. สารละลาย Alkali Iodide Azide (AIA)
8. สารละลาย Conc. H_2SO_4
9. น้ำแป้ง
10. สารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.025 N
11. สารละลาย H_2SO_4 และ สารละลาย NaOH 1 N
12. บัฟเฟอร์ pH 4, pH 7 และ pH 10

<u>วิธีทำการทดลอง</u>

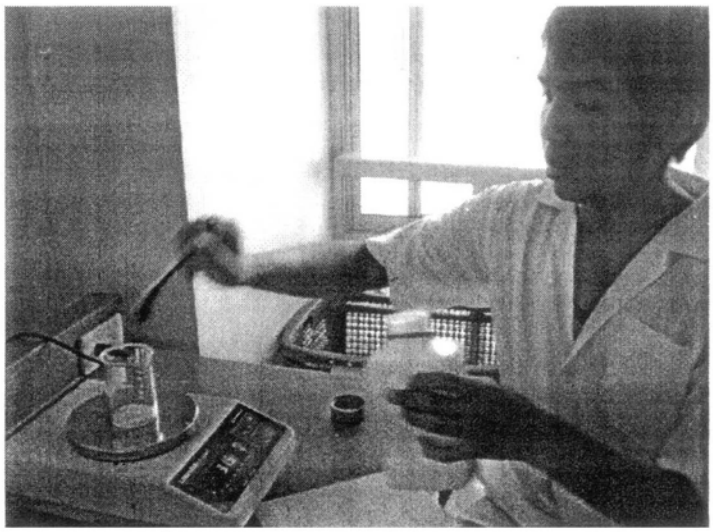
การทำน้ำที่ใช้สำหรับเจือจาง

1. ตวงน้ำกลั่นลงในโหลที่เตรียมไว้ ปรับอุณหภูมิของน้ำให้เท่ากับ 20 ± 1°C



รูปภาพที่ ๔ การตวงน้ำกลั่นใส่ในโหลสีชาขนาด 500 มิลลิลิตร

2. เติมอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ อย่างน้อย 1 ชั่วโมง
3. ใส่สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)



รูปภาพที่ ๕ เตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$) ลงในโหลน้ำกลั่นอย่างละ
5. 8 ml (สารละลายแต่ละชนิด 1 ml ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร)
6. การเจือจางน้ำตัวอย่าง
7. เลือก%dilution จากตารางช่วงของค่า BOD กับวิธีการเจือจาง (เลือก%dilution 2 ช่วง)
8. ตวงน้ำตัวอย่างให้มากกว่าที่เราต้องการ dilute เล็กน้อย แล้ววัดค่า pHของน้ำตัวอย่าง
9. ถ้า pH ของน้ำตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.8-7.2 ให้นำมาทำการทดลองต่อ
10. ถ้า pH ของน้ำตัวอย่างไม่ได้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ให้ปรับ pH โดยการเติม 1N H_2SO_4 หรือ 1N NaOH ก่อน
11. ตวงน้ำตัวอย่างตาม %dilution ที่เลือกไว้ แล้วใส่ในCylinder ขนาด 1000 ml จากนั้นจึงปรับปริมาตรน้ำใน Cylinderให้เป็น 1000 ml ด้วยน้ำสำหรับเจือจาง

การหาค่า DO_0 และ DO_5

1. นำน้ำตัวอย่างที่ทำการdilute แล้วใส่ขวด BOD 3 ขวด โดย 2 ขวดแรกนำไปบ่มที่ตู้ incubator ที่
2. อุณหภูมิ 20 ± 1°C เป็นเวลา 5 วัน อีกขวดนำมาทำการไทเทรตเพื่อหาปริมาณออกซิเจนในวันแรก (DO_0) โดยวิธี Azide Modification
3. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 2 ml
4. เติม Alkali Iodide Azide 2 ml
5. เติมสารละลาย Conc. H_2SO_4 2 ml
6. เมื่อเติมสารจนครบนำขวดBOD มาเทน้ำลงใน Volumetric Flask ขนาด 200 ml โดยใช้กรวยแก้วในการเทน้ำจากขวด BOD ลงสู่ Volumetric Flask
7. เทน้ำจาก Volumetric Flask ลงใน Conical Flask ขนาด 500 ml จากนั้นนำมาทำการไทเทรตโดยมีตัว titrant เป็นสารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.025 N จนสารละลายกลายเป็นสีเหลืองอ่อน

8. เติมน้ำแป้ง 1 dropper สารละลายจะกลายเป็นสีน้ำเงินแล้วไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี จดปริมาตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ โดยปริมาตรที่ได้ออกมานั้นคือค่า DO_0
9. เมื่อครบ 5 วัน นำน้ำตัวอย่างในตู้ incubator มาทำการหาค่า DO_5 โดยการไทเทรตเช่นเดียวกับการหาค่า DO_0 ด้วยวิธี Azide Modification

การวิเคราะห์ความขุ่นโดยวิธีเนฟิโลเมตริก

เครื่องมือ : แนฟฟีโลมิเตอร์ (Naphelometer)

น้ำตัวอย่าง : น้ำจากเขตชุมชนหมู่ 3 ร่มไทร ก่อนการกรอง และหลังการกรอง (ด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010) โดยแบ่งเป็น 3 ชุดทดลอง

สารเคมี : สารละลายมาตรฐานความขุ่น 0.1 , 20 , 100 และ 800 NTU

วิธีการทดลอง :

1. ทำการเปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม Power
2. ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานโดยกดปุ่ม CAL เครื่องจะแสดงค่าความเข้มข้นที่จะต้องใส่
3. เปิด ฝาเครื่องวัดความขุ่น นำค่าความขุ่นมาตรฐานที่เครื่องแสดงค่าไว้ใส่ลงไปในเครื่องวัดความขุ่น โดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่แสดงไว้ในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดปุ่ม Read เครื่องจะทำการอ่านค่า 1 นาที เมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้น บนหน้าจอจะกระพริบค่าความขุ่นมาตรฐานต่อไปที่จะทำการ calibration เครื่องจะอ่านค่าตั้งแต่ 0.1, 20, 100และ800 ตามลำดับ
4. หลังจากที่ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานเสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม CAL เครื่องจะขึ้นค่าศูนย์
5. ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในขวดวัดความขุ่น ซึ่งต้องให้น้ำอยู่ในระดับขีดที่แสดงบนขวดวัดความขุ่น เช็ดขวดให้แห้งเพื่อไม่ให้มีการปนเปื้อนต่างๆ ด้วยผ้ากำมะหยี่ที่เตรียมไว้
6. ใส่ขวดวัดความขุ่นลงไปในเครื่องโดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่ แสดงในเครื่องใส่ลงในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดคำว่า Read เครื่องจะทำการอ่านค่าและเมื่อค่าความขุ่นบนหน้าจอหยุดนิ่งบันทึกผล ทำการอ่าน 2-3 ครั้ง เพื่อความแม่นยำ

ขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์

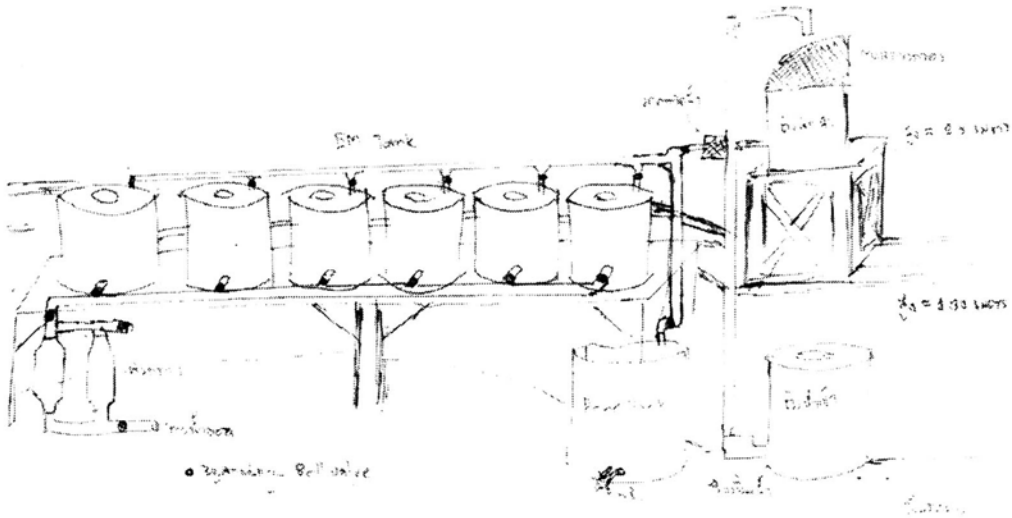
ในการก่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 นั้นต้องมีการวางแผนหลังจากการได้ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของ EM ในสภาวะเติมอากาศจนถึงจุดอิ่มตัวของน้ำแล้วโดยทำการสร้างสิ่งประดิษฐ์ได้ดังต่อไปนี้

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

1. ท่อ pvc ขนาด ½ นิ้ว 20 เมตร
2. ball valve 18 ตัว
3. ถังน้ำประปา ขนาด120 ลิตร 6 ถัง
4. ถังน้ำประปา ขนาด 200 ลิตร 2ถัง
5. ข้องอ ½ นิ้ว 10 ตัว
6. ข้อต่อตรง ½ นิ้ว 4 ตัว
7. เครื่องปั๊มน้ำ
8. มาตรวัดน้ำ
9. กาวทาท่อน้ำ
10. เทปพันท่อน้ำ
11. เลื่อย
12. กระดาษทราย
13. ตะแกรงพลาสติก
14. ท่อ 1 นิ้ว 1 เมตร
15. ข้อเปลี่ยน ½ เป็น 1 นิ้ว
16. ก็อกน้ำ 2 ตัว
17. ไม้
18. ตัวกรอง ประกอบด้วย ถ่าน ทราย และ กรวด

ขั้นตอนการทำ

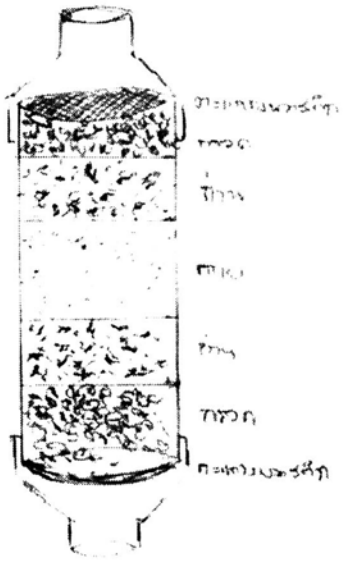
1. วาดแผนผังการจัดวางของสิ่งประดิษฐ์ตามแผนผังที่ได้ออกแบบไว้ในรูปภาพที่ ๑ สิ่งประดิษฐ์ ดังรูปภาพที่ ๖



รูปภาพที่ ๖ แผนผังการจัดวางระบบของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010

2. วางอุปกรณ์ต่างๆ ตามตำแหน่งผังที่วางไว้
3. เริ่ม วางถังน้ำประปา ขนาด 200 ลิตร 1ถัง เอาไว้ชั้นล่างสุดกำหนดให้เป็นตัวแทนของน้ำเสียจากชุมชน ต่อเครื่องปั๊มน้ำเข้ากับถังนี้เพื่อสูบน้ำไปยังถังกรองมีตะแกรงและถังพักน้ำ
4. ต่อชั้นไม้ยกระดับให้สูงจากพื้นล่างประมาณ 2.50 เมตร เพื่อวางถังตะแกรงและถังพักน้ำ
5. ต่อมาตรวัดน้ำเพื่อตรวจสอบและแสดงให้เห็นถึงการตระหนักการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า เป็นส่วนประกอบที่ช่วยในการ Reduce การใช้น้ำของชุมชน
6. วางถังน้ำประปาขนาด 120 ลิตรจำนวน 6 ถัง เพื่อเป็นถังสำหรับการทำงานของ EM หรือ Effective Microorganism เอาไว้บนโต๊ะ ความสูงประมาณ 1.30 เมตร เว้นระยะห่างให้พอดี ซึ่ง 5 ถังนั้นมาจากการจำนวนเวลาที่ EM ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีที่สุด ส่วนอีก 1 ถังกำหนดให้สำรองไว้เผื่อปริมาณน้ำเสียต่อวันที่มีมากเกินกว่าปกติ
7. วางท่อน้ำ PVC ขนาด ½ นิ้ว ตามส่วนต่างๆ เพื่อให้น้ำสามารถไหล ภายในระบบของสิ่งประดิษฐ์ได้
8. ทากาวตามส่วนต่างๆของท่อน้ำและรอยต่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำออกจากระบบ
9. ต่อตัวกรองหลังจากน้ำผ่านการบำบัดโดยใช้ EM แล้ว โดยลักษณะของชั้นตัวกรองมีความสูงทั้งหมด 30 เซนติเมตร ประกอบไปด้วย กรวด ถ่าน และทรายดังแสดงให้เห็นรูปภาพที่ ๗

ศูนย์ความรู้ (สคร.)
KNOWLEDGE CENTRE (KLC)



รูปภาพที่ ๗ แผนภาพแสดงชั้นต่างๆ ในท่อกรองของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010

10. ต่อท่อ PVC เพื่อลำเลียงน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วและพร้อมสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่

บทที่ ๓

ผลการทดลอง

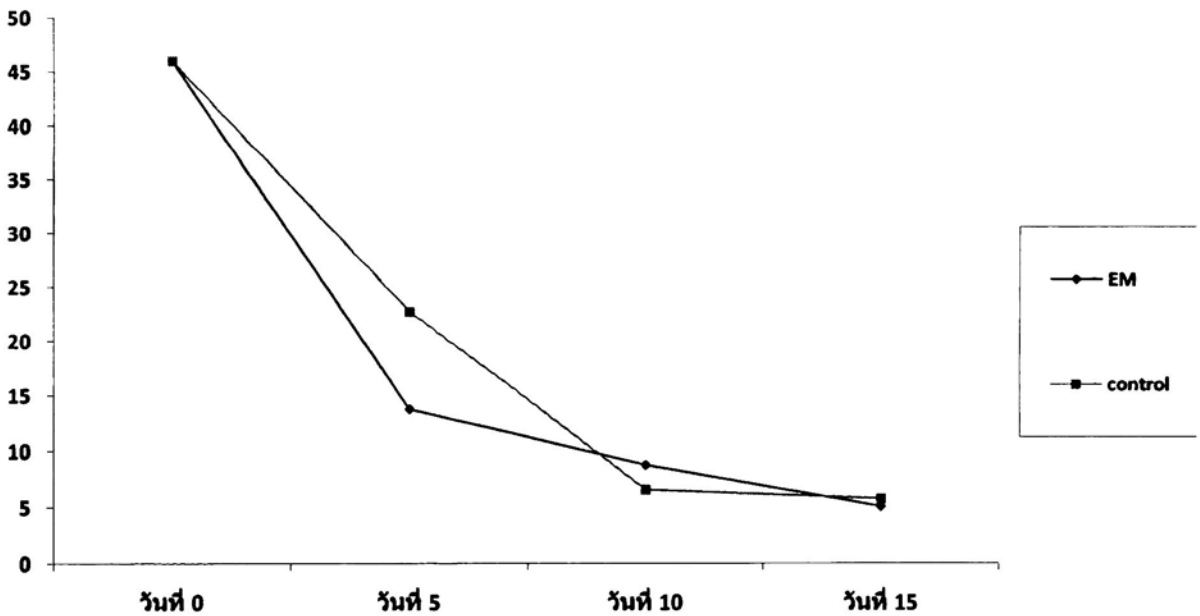
เนื่องจากในการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 ได้ใช้ค่า BOD และค่าความพารามิเตอร์ที่ชี้วัดคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัด

ตารางที่ ๑ ค่า BOD ของชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	BOD (mg/l)
ชุดควบคุม	46.0
C1	22.8
E1	13.8
C2	6.6
E2	8.8
C3	5.8
E3	5.1

หมายเหตุ

1. การวิเคราะห์ค่า BOD ใช้หลักการ Azide Modification
2. การวิเคราะห์ค่า BOD จะวิเคราะห์ทุก 5 วัน เพื่อดูแนวโน้มการลดลงของค่า BOD



รูปภาพที่ ๘ กราฟเปรียบเทียบค่า BOD ของชุดควบคุมและชุดที่ใช้ EM ในระยะเวลาต่างๆ

วิเคราะห์การทดลอง

จากการทดลองจะพบว่า การใช้ Effective microorganism (EM) ในปริมาณ ร่วมกับการเติมอากาศ สามารถลดค่า BOD ได้มากกว่าชุดควบคุมภายในระยะเวลา 5 วันและผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้นจะพบว่าประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ใกล้เคียงกัน น่าจะมากจาก ในน้ำเสียอาจจะมีจุลินทรีย์ประเภทเดียวกับ effective microorganism ที่ใช้ในการทดลองนี้ ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ effective microorganism ในการลดค่า BOD (retention time) เท่ากับ 5 วัน

ตารางที่ ๒ แสดงค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างก่อนกรองและหลังกรองด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010

การทดลองครั้งที่	ค่าความขุ่น (NTU)	
	ก่อนการกรอง	หลังการกรอง
1	11.6	4.2
2	11.4	4.9
3	10.9	4.1
เฉลี่ย	11.3	4.4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 4.4 NTU ซึ่งผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการระปานครหลวงที่กำหนดค่าความขุ่นเท่ากับ 5 NTU แสดงว่าระบบกรองของสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010 มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นให้มีสภาพน่าใช้มากยิ่งขึ้น

บทที่ ๔
วิจารณ์ผลการทดลอง

อภิปรายผลการทดลอง

ในการประกวดแข่งขันนวัตกรรม 3R ครั้งนี้ทางทีมมหิดลคนรักษ์น้ำได้ประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 เพื่อนำหลัก 3R คือ Reduce, Reuse, และRecycle มาใช้กับชุมชน ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้น้ำประปาสูงขึ้น ส่งผลให้มีการปล่อยน้ำเสียสู่แหล่งน้ำสาธารณะมากขึ้นเช่นกัน โดยการทำสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อลดการใช้น้ำประปาของแหล่งชุมชนให้มีปริมาณน้อยลง และขณะเดียวกันก็นำน้ำเสียจากแหล่งชุมชนมาบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้นเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมบางประเภท

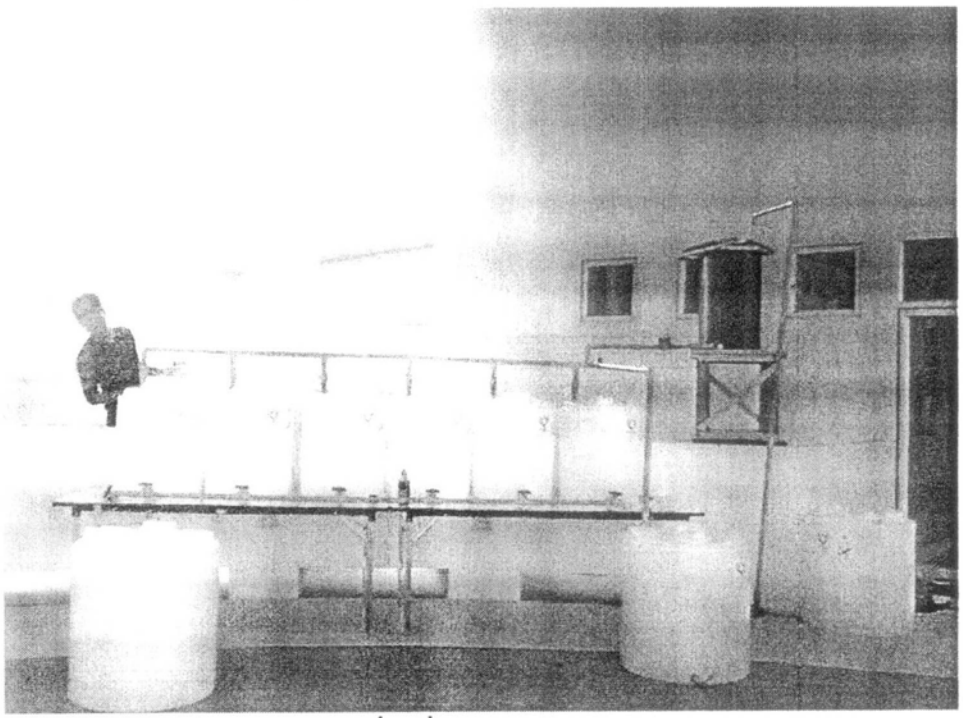
ในการทดลองครั้งนี้ สมมติแหล่งชุมชนให้มีประชากร 100 คน โดยประชากรแต่ละคนมีอัตราการใช้น้ำประปา 200 ลิตร/คน/วัน และจะผลิตน้ำเสียประมาณร้อยละ 70 ของอัตราการใช้น้ำประปา ดังนั้นจะมีน้ำเสียทั้งชุมชนวันละ 14,000 ลิตร ซึ่งทางทีมได้ใช้สเกล 1 : 2,000 เพื่อจำลองสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 ให้มีความเหมาะสมต่อการทดลอง โดยสิ่งประดิษฐ์ TR7 -2010 จะมีประสิทธิภาพในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับการทดลองครั้งนี้ปริมาณ 70ลิตร/วัน และทางทีมได้สมมติต่ออีกว่าน้ำเสียที่ผ่านเข้าระบบครั้งนี้คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นใน Septic tank ของแต่ละครัวเรือนมาแล้ว

สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 มีหลักการทำงานคล้ายกับระบบบำเสียชุมชน แต่สิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวได้นำแนวคิด 3R เข้ามาผสมผสานในหลายๆขั้นตอนการดำเนินงาน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นแรก คือ Reduce หรือ การลดปริมาณการใช้น้ำ ทางทีมได้อาศัยการติดตั้งมาตรวัดน้ำประกอบอยู่กับสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยเครื่อง TR7-2010 โดยมีหลักการที่ว่าถ้ามีน้ำที่ผ่านการบำบัดมากก็น่าจะทำให้ปริมาณการใช้น้ำประปาลดลง โดยนำน้ำที่ผ่านการบำบัดไปใช้ชดเชยในกิจกรรมบางประเภท และนอกจากนี้ทางทีมยังเล็งเห็นต่อไปว่า การ Reduce จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ถ้ามีการประชาสัมพันธ์กับชุมชน ถึงการรณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัด โดยอาจจะผ่านสื่อของชุมชน หรือสื่ออื่นๆที่สามารถเข้าถึงคนในชุมชนได้ การ Reuse คือการนำน้ำเสียที่มาใช้โดยไม่ผ่านกระบวนการที่ซับซ้อน มาใช้ในกิจกรรมบางประเภทที่ไม่ส่งผลต่อสุขภาพ เช่น การเกษตรกรรมเป็นต้น โดยทางทีมได้ติดตั้ง Reuse tank ต่อเข้ากับสิ่งประดิษฐ์เพื่อรองรับกิจกรรมข้างต้น สำหรับหลักการ Recycle คือ การนำน้ำเสียมาผ่านกระบวนการบำบัดเพื่อลดความสกปรกลง ก่อนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ โดยส่วนใหญ่แหล่งน้ำเสียชุมชนจะมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์อยู่มาก ทางกลุ่มจึงได้ นำค่า BOD มาเป็นตัวชี้วัดในการบำบัดด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 และนอกจากนี้ได้นำค่าความขุ่นมาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการบำบัดอีกประการหนึ่ง เนื่องจากความขุ่นจะเป็นตัวที่บ่งบอกสภาพความน่าใช้ของน้ำได้ การ Recycle ของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 ได้ใช้การบำบัดทางชีวภาพเป็นหลัก โดยอาศัยการทำงานของ effective microorganism ซึ่งสามารถลดค่า BOD ในน้ำเสียชุมชนได้ โดยใช้ปริมาณ effective microorganism 0.1 ml : น้ำเสีย 1 ลิตร พบว่า จากการทดลอง สามารถลดค่า BOD จาก 46.0 mg/l เป็น 13.8 mg/l ได้ในระยะเวลา 5 วัน(Retention time) ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด BOD น้ำทิ้งไม่เกิน 20 mg/l และเมื่อน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย effective

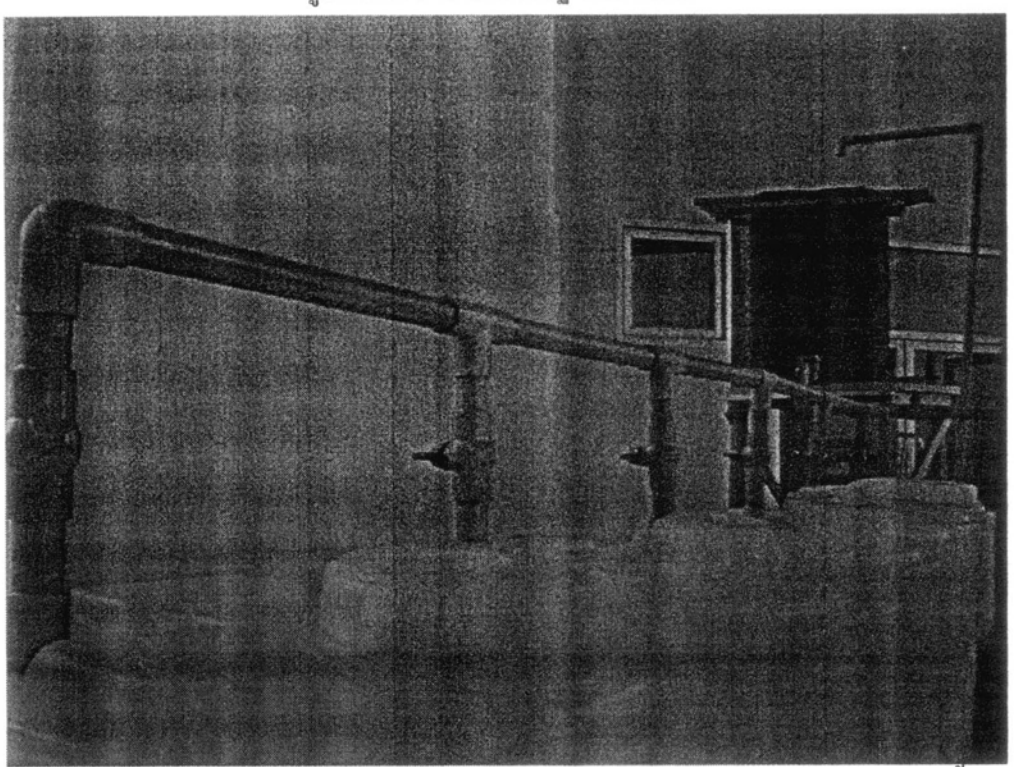
microorganism ซึ่งใช้ระยะเวลา 5 วันแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการกรองต่อไป เพื่อเป็นการลดค่าความขุ่นและสารแขวนลอยในน้ำ

สำหรับขั้นตอนการกรอง ทางทีมได้นำวัสดุธรรมชาติที่สามารถหาได้ง่ายมาใช้เป็นตัวกรอง คือ ถ่านกัมมันต์ ทราย และอิฐ พบว่าสามรถกำจัดความขุ่น จาก 11.3 NTU เป็น 4.4 NTU ได้ และทำให้ลักษณะทางกายภาพจากการสังเกตด้วยตามีความใสขึ้น และน้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะเข้าสู่ recycle tank ต่อไป เพื่อใช้ในกิจกรรมการอุปโภคสำหรับประชากรในหมู่บ้าน เช่น การซักล้าง การเกษตรกรรม เป็นต้น

โดยรูปแบบการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 มีลักษณะตามแผนภาพด้านล่าง



รูปภาพที่ ๙ สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010



รูปภาพที่ ๑๐ สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 มุมด้านข้างของถังกรอง EM และถังกรองพักน้ำ

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 มีข้อดีอยู่หลายประการสำหรับการจัดการน้ำของชุมชน คือ

1. สามารถลดการใช้น้ำประปาของชุมชนได้ เนื่องจากมีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ทดแทน ตามหลักการ Reduce
2. สามารถกำจัดความสกปรกของน้ำเสีย ในรูป ของ BOD ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง และสามารถลดค่าความขุ่นของน้ำเสียให้มีลักษณะน่าใช้มากยิ่งขึ้น ตามหลักของการ Reuse และ Recycle
3. บุคคลในชุมชนสามารถมีส่วนร่วมกับการบำบัดน้ำเสียด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7 -2010 ได้ เช่น ในขั้นตอนการเติม effective microorganism การเปิดปิดวาล์วน้ำเสียที่ต้องปฏิบัติทุกวัน เป็นต้น
4. เสริมสร้างความสัมพันธ์อันดีภายในชุมชน โดย การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาใช้ในกิจกรรมร่วมกันของชุมชน เช่น การรดน้ำต้นไม้ในสวนสาธารณะ การทำความสะอาดสถานที่ภายในชุมชน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010 ยังมีข้อบกพร่องอีกหลายประการ ซึ่งผู้ที่สนใจศึกษาสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ดังต่อไปนี้

1. น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010 แล้วยังคงมีสีอยู่ ดังนั้น ควรมีการติดตั้งระบบที่สามารถกำจัดระบบสีลงไปในสิ่งประดิษฐ์ด้วย

2. เนื่องจากผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการระบบบำบัดน้ำเสีย คือ กากตะกอน ดังนั้น ควรมีการเพิ่มส่วนประกอบที่สามารถกำจัดกากตะกอนลงไปด้วย

3.ควรมีการติดตั้งกลไกบางอย่างลง เช่น การควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในสิ่งประดิษฐ์ TR7 – 2010 เพื่อให้สิ่งประดิษฐ์สามารถทำงานด้วยระบบอัตโนมัติได้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห . เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์ . พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพ : 2525 .

กรมควบคุมมลพิษ . มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง . (ออนไลน์) . เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html .(วันที่เข้าถึง 3 พฤษภาคม 2553)

การประปานครหลวง . มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง. (ออนไลน์) . เข้าถึงได้จาก : http://www.mwa.co.th/ewt/mwa_inter/download/prd01/wqa/who2006.pdf (วันที่เข้าถึง 3 พฤษภาคม 2553)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ . การวิเคราะห์ความขุ่นโดยวิธีเนฟีโลเมตริก . (ออนไลน์) . เข้าถึงได้จาก : http://www.science.cmru.ac.th/envi/waterquality/chapter1_t5.html (วันที่เข้าถึง 10 กรกฎาคม 2553)

ภาคผนวก

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

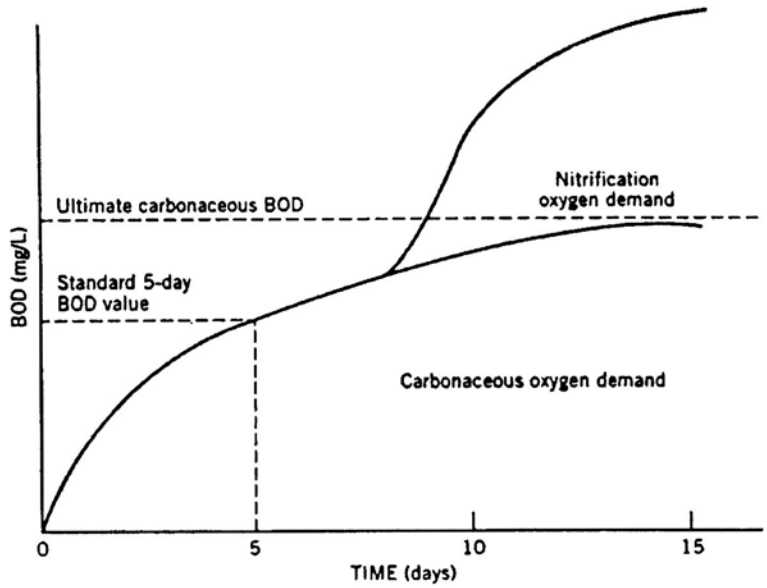
เนื่องจากในการตรวจสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 ครั้งนี้ ใช้ BOD เป็นพารามิเตอร์ในการชี้วัด ดังนั้นในส่วนนี้ จึง ได้นำรายละเอียดเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญของค่า BOD และวิธีการวิเคราะห์มาแสดงดังนี้

BOD (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน สภาวะมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณ BOD คือ 20°C และเวลา 5 วัน (BOD_5) ค่า BOD จะบ่งบอกถึงลักษณะของน้ำเสียว่ามีสารอินทรีย์มากน้อยเพียงใด และทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดในรูปของการกำจัด BOD (BOD removal) นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการทำ stream survey เพื่อทราบถึงความสกปรกของแม่น้ำลำคลองต่างๆ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำแสดงได้ดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการออกซิไดซ์สารประกอบคาร์บอน ดังสมการที่1

$$\text{Organic C} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + SO_4^{2-} + NO_3^- \quad \text{.....(1)}$$

ส่วนขั้นที่สองเป็นการออกซิไดซ์ NH_3 ไปเป็น NO_2^- และ NO_3^- ตามลำดับ โดยพวก nitrifying bacteria ซึ่งเป็น autotrophic bacteria แบคทีเรียพวกนี้มีการแบ่งตัวที่ 20°C น้อยมาก ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียพวกนี้ใช้ในช่วงเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่า BOD จึงน้อยมากด้วยหลังจาก 10 วันไปแล้ว แบคทีเรียเหล่านี้จึงจะมีจำนวนมากพอที่จะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NH_3 เพื่อเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- ในที่สุด



รูปภาพที่ ๑๑ ค่า BOD ที่เกิดจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

การวิเคราะห์ค่า BOD ที่นิยมกันทั่วไปเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปทั้งหมดในเวลา 5 วันโดยแบคทีเรียในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์นี้จะเป็นสารอินทรีย์จำพวกคาร์บอน ไม่ใช่สารประกอบอินทรีย์อื่นๆหรือสารอนินทรีย์ใดๆ ในการวิเคราะห์ BOD นั้น ตัวอย่างน้ำทิ้งจะต้องมีแบคทีเรียที่แข็งแรงและมีปริมาณมากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีในน้ำทิ้งนั้นๆได้ ถ้ามีน้อยหรือไม่มีเลย ต้องหาแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งนั้นๆได้มาใส่ มิฉะนั้นผลของการวิเคราะห์จะผิดพลาดหรือหา BOD ไม่ได้เลย การวิเคราะห์ทำได้โดยหาปริมาณออกซิเจนที่เริ่มต้น (DO_0) แล้วแช่น้ำตัวอย่างไว้ที่ 20°C เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาตรวจหาปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ (DO_5) ผลต่างที่ได้คือปริมาณ BOD เนื่องจากปริมาณออกซิเจนอิ่มตัว(saturated oxygen concentration)ในน้ำมีปริมาณต่ำ ตัวอย่างเช่น ที่ 20°C มีปริมาณ 9 มก./ล. และยิ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นถ้ามีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูง จะต้องทำการเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนวิเคราะห์ปริมาณ BOD ผลการทดลองที่ยอมรับได้จะต้องมีปริมาณ DO_5 ไม่ต่ำกว่า 1 มก./ล. และผลต่าง DO_0 และ DO_5 ไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. การหาค่า BOD ของน้ำแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 Direct method

ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกน้อยคือ มีค่า BOD_5 ไม่เกิน 7 มก./ล. ส่วนใหญ่เป็นน้ำจาก แม่น้ำ วิธีนี้ไม่ต้องทำให้ตัวอย่างเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ใช้ตัวอย่างน้ำมาหาค่า BOD โดยตรงเลย

วิธีที่ 2 Dilution method

ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกมากเช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม น้ำเหล่านี้จะมีค่า BOD_5 เกิน 7 มก./ล. ดังนั้นถ้าไม่ทำให้เจือจางลงปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างจะไม่พอที่จะใช้ย่อยสารอินทรีย์ในน้ำ ค่า DO_5จะเป็นศูนย์ การเจือจางอาจใช้แบบ %mixture หรือ direct pipetting (ตารางที่ 1) ลงสู่ขวด BOD โดยตรงเลยก็ได้ การเลือกใช้ dilution เท่าใดสำหรับน้ำทิ้งนั้นๆ เราควรจะทราบค่า BOD โดยประมาณก่อน ซึ่งส่วนมากจะประมาณจากค่า COD (คือประมาณ 60 % ของ COD) แล้วพิจารณาค่า dilution ที่จะใช้ตามตารางที่ 1 ตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำทิ้งมีค่า COD 1000 มก./ล. ค่า BOD โดยประมาณจะเท่ากับ 600 มก./ล. จากตารางควรเลือกใช้ 1.0 % mixture แล้วจึงเลือก % ตัวอย่าง เจือจางที่สูงกว่าและต่ำกว่าที่อยู่ติดกันอีก 2 อัน เพื่อให้ครอบคลุมค่า BOD ที่ต้องการทราบ

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องแก้วต่างๆเหมือนที่ใช้วิเคราะห์ DO
2. incubator ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $20 \pm 1^{\circ}C$

ตารางที่ ๓ ช่วงของค่า BOD กับวิธีการเจือจางต่างๆของตัวอย่าง

Using Percent mixtures		By direct pipetting into BOD bottles	
%mixture	Range of BOD	ml	Range of BOD
0.01	20,000-70,000	0.02	30,000-105,000
0.02	10,000-35,000	0.05	12,000-42,000
0.05	4,000-14,000	0.10	6,000-21,000
0.1	2,000-7,000	0.20	3,000-10,500
0.2	1,000-3,500	0.50	1,200- 4,200
0.5	400-1,400	1.0	600-2,100
1.0	200-700	2.0	300-1,050
2.0	100-350	5.0	120-420
5.0	40-140	10.0	60-210
10.0	20-70	20.0	30-105
20.0	10-35	50.0	12-42
50.0	2-14	100	6-21
100	0-7	300	0-5

[From : Chemistry for Sanitary Engineering, Sawyer and McCarty, p. 424]

<u>รีเอเจนต์</u>

1. สารละลาย Phosphate buffer : ละลาย KH_2PO_4 8.5 กรัม, K_2HPO_4 21.75 กรัม , $Na_2HPO_4 .7H_2O$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล. แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมี pH ประมาณ 7.2
2. สารละลาย $MgSO_4$: ละลาย $MgSO_4 . 7H_2O$ 22.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร
3. สารละลาย $CaCl_2$: ละลาย anhydrous $CaCl_2$ 27.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร
4. สารละลาย $FeCl_3$: ละลาย $FeCl_3 . 6H_2O$ 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

5. รีเอเจนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ DO

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง 1 M.
2. แช่น้ำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิประมาณ 20°C
3. พ่นอากาศลงในน้ำตัวอย่างให้มีออกซิเจนอิ่มตัว
4. รินน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD จนเต็ม 3 ขวดต่อ 1 ตัวอย่างน้ำ ปิดจุกให้แน่น คอยดูให้มีน้ำหล่ออยู่ที่ปากขวดตลอดระยะเวลา 5 วันที่แช่อยู่ในตู้ incubator
5. นำ 1 ขวดมาวิเคราะห์ปริมาณ DO_0 โดยวิธี Azide Modification อีก 2 ขวดแช่ไว้ใน incubator อุณหภูมิ $20 \pm 1^{\circ}C$
6. เมื่อครบกำหนด 5 วัน นำตัวอย่างที่เหลือมาวิเคราะห์หาปริมาณ BOD

การคำนวณหาค่า BOD ที่ใช้ในการทดลองนี้

ตารางที่ ๔ การคำนวณหาค่า BOD ที่ได้จากการทดลองซ้ำหลายครั้งของชุดควบคุมและชุด EM

ชุดการทดลอง	Percent mixture ที่เลือกใช้	ค่า DO (mg/l)			
		DO0	DO5		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ชุดควบคุม	5	4.5	2.0	2.4	2.2
C1	20	7.1	2.6	2.5	2.5
E1	20	7.8	5.0	5.1	5.1
C2	50	8.2	5.1	4.7	4.9
E2	50	7.4	2.9	3.1	3.0
C3	50	5.3	2.2	2.6	2.4
E3	50	7.5	4.8	5.1	5.0

สูตร การคำนวณ

จากสูตร mg/l BOD = $\frac{(DOo - DO5) \times 100}{\%\ dilution}$

BOD_5 ชุดควบคุม , mg/l = (4.5 – 2.2) / 5 x 100 = 46.0

BOD_5 C1, mg/l = (7.1 – 2.5) / 20 x 100 = 22.8

BOD_5 E1 , mg/l = (7.8 – 5.1) / 20 x 100 = 13.8

BOD_5 C2 , mg/l = (8.2 – 4.9) / 50 x 100 = 6.6

BOD_5 E2 , mg/l = (7.4 – 3.0) / 50 x 100 = 8.8

BOD_5 C3 , mg/l = (5.3 – 2.4) / 50 x 100 = 5.8

BOD_5 E3 , mg/l = (7.5 – 5.1) / 50 x 100 = 5.1

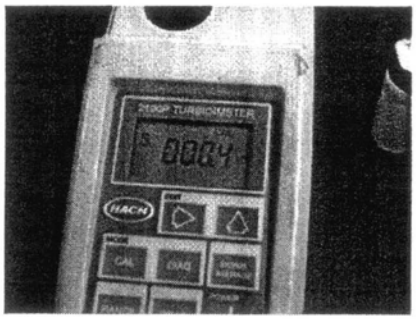
การวิเคราะห์ความขุ่นโดยวิธีเนฟิโลเมตริก

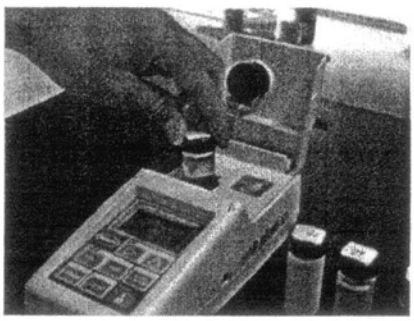
เนื่องจากในการตรวจสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ TR7-2010 ครั้งนี้ ใช้ค่าความขุ่น เป็นพารามิเตอร์ในการชี้วัด ดังนั้นในส่วนนี้ จึง ได้นำรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์มาแสดงดังนี้

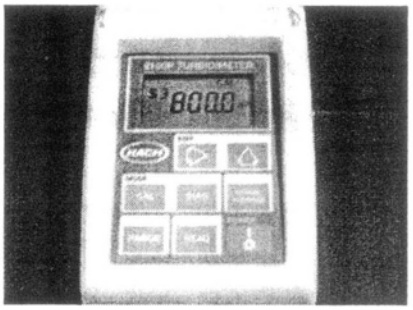
ขั้นตอนที่ 1 ทำการเปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม Power

ขั้นตอนที่ 2 ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานโดยกดปุ่ม CAL เครื่องจะแสดงค่าความเข้มข้นที่จะต้องใส่

ขั้นตอนที่ 3 เปิด ฝาเครื่องวัดความขุ่น นำค่าความขุ่นมาตรฐานที่เครื่องแสดงค่าไว้ใส่ลงไปในเครื่องวัดความขุ่น โดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่แสดงไว้ในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดปุ่ม Read เครื่องจะทำการอ่านค่า 1 นาที เมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้น บนหน้าจอจะกระพริบค่าความขุ่นมาตรฐานต่อไปที่จะทำการ calibration เครื่องจะอ่านค่าตั้งแต่ 0.1, 20, 100และ800 ตามลำดับ







ขั้นตอนที่ 4 หลังจากที่ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานเสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม CAL เครื่องจะขึ้นค่าศูนย์

ขั้นตอนที่ 5 ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในขวดวัดความขุ่น ซึ่งต้องให้น้ำอยู่ในระดับขีดที่แสดงบนขวดวัดความขุ่น เช็ดขวดให้แห้งเพื่อไม่ให้มีการปนเปื้อนต่างๆ ด้วยผ้ากำมะหยี่ที่เตรียมไว้

ขั้นตอนที่ 6 ใส่ขวดวัดความขุ่นลงไปในเครื่องโดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่ แสดงในเครื่องใส่ลงในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดคำว่า Read เครื่องจะทำการอ่านค่าและเมื่อค่าความขุ่นบนหน้าจอหยุดนิ่ง บันทึกผล ทำการอ่าน 2-3 ครั้ง เพื่อความแม่นยำ

ตารางที่ ๕ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก.ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105oC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอร์มาลดีไฮด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry

(Formaldehyde)		
10.สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct
2. โครเมียมชนิด	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	

เฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)		Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	
6. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
12. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Techique

ที่มา : ประกาศกระ ทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและ นิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ตารางที่๖ มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง

(ตามข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2536)

พารามิเตอร์	หน่วย (units)	ค่าแนะนำ(Guideline value)
1. คุณสมบัติทางแบคทีเรีย (Bacteriological quality)		
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total coliform bacteria)	พบ-ไม่พบ / 100 ml	ไม่พบ / 100ml
แบคทีเรียชนิด อีโคไล (E.coil)	พบ-ไม่พบ / 100 ml	ไม่พบ / 100ml
2. คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ (Physical and Chemical quality)		
สี ปรากฏ (Apperance colour)	True colour unit	15
ความขุ่น (Turbity)	NTU	5
รส และ กลิ่น (Taste and odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ
สารหนู (Arsenic)	mg/l	0.01
แคดเมี่ยม (Cadmium)	mg/l	0.003
โครเมี่ยม (Chromium)	mg/l	0.05
ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/l	0.07
ตะกั่ว (Lead)	mg/l	0.01
ปรอท (Mercury)	mg/l	0.001
เซเลเนี่ยม (Selenium)	mg/l	0.01
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/l	1.5

คลอไรด์ (Chloride)	mg/l	250
ทองแดง (Copper)	mg/l	1
เหล็ก (Iron)	mg/l	0.3
แมงกานีส (Manganese)	mg/l	0.1
อลูมิเนี่ยม (Aluminium)	mg/l	0.1
โซเดียม (Sodium)	mg/l	200
ซัลเฟต (Sulfate)	mg/l	250
สังกะสี (Zinc)	mg/l	3
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide)	mg/l	0.05
ปริมาณมวลสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/l	1,000
ไนเตรทในรูปไนเตรท (Nitrate as NO_3-)	mg/l	50
ไนไตรท์ในรูปไนไตรท์ (Nitrate as NO_2-)	mg/l	3
คลอรีนอิสระคงเหลือ (Free residual chlorine)	mg/l	> 0.2
เบนซิน (Benzine)	µg/l	10
คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	µg/l	2
ไดโครโรมีเทน (Dichloromethane)	µg/l	20
หนึ่ง , สอง-ไดโครโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	µg/l	30
เบนโซไพรีน (Benzo [a] pyrene)	µg/l	0.7
ไมโครซิสติน-แอลอาร์ (Microcystin-LR)	µg/l	1
3. สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)		

อัลดรินและดิลดริน (Aldrin / Dieldrin)	µg/l	0.03
คลอเดน (Chlordane)	µg/l	0.2
ดีดีที (DDT)	µg/l	2
สอง , สี่ – ดี (2 , 4 – D)	µg/l	30
เฮปตาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor and Heptachlor epoxide)	µg/l	0.03
เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene)	µg/l	1
ลินแดน (Lindane)	µg/l	2
เมททอกซิคลอ (Methoxychlor)	µg/l	20
เพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	µg/l	9
4 . ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes) sum of the ratio	-	1
คลอโรฟอร์ม (Chloroform , $CHCl_3$)	µg/l	200
โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodicchloromethane , $CHBrCl_2$)	µg/l	60
ไดโบรโมไดคลอโรมีเทน (Dibromodicchloromethane , $CHBr_2Cl$)	µg/l	100
โบรโมฟอร์ม (Bromoform , $CHBr_3$)	µg/l	100
5 . กัมมันตภาพรังสี (Radioactive)		
ความแรงรวมรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	Bq/l	0.1
ความแรงรวมรังสีเบต้า (Gross beta activity)	Bq/l	1

หมายเหตุ : การประปานครหลวงพิจารณาวิเคราะห์รายการที่มีผลต่อสุขภาพและความน่าดื่มน่าใช้

628.179.2
สงป
BT18832
สิ่งประดิษฐ์ TR7-2010

BT 18834
BTC 18635

ศูนย์ความรู้ (ศคร.)
BT18832
ศูนย์ความรู้ (ศคร.)
BTC18835