บทที่ 3

การค้นคว้าเอกสาร

มลภาวะที่เกิดขึ้นจากมนุษย์มีสาเหตุมาจากโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ปล่อยมลสารลงสู่แม่น้ำ มลสารเหล่านี้เป็นสารประกอบอินทรีย์และเคมีต่าง ๆ ทั้งบางชนิดยังเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอีกด้วย โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากโรงงานทอผ้าและฟอกย้อมจะมีสีจากการย้อมปะปนออกมา สีบางชนิดเป็นสารพิษ มีโครงสร้างซับซ้อนมากมาย ไม่สามารถถูกกำจัดด้วยวิธีทางชีววิทยาซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า สีย้อมผ้าจึงก่อให้เกิดปัญหาทางด้านนิเวศน์วิทยาอย่างมาก วิธีการในการกำจัดพวกสารอินทรีย์มีหลายวิธีแต่การกำจัดสีที่ดีมีประสิทธิภาพและประหยัดนั้นมีอยู่น้อยมาก

ก่อนที่ Perkin (27) จะค้นพบวิธีการสังเคราะห์สีย้อมขึ้นมานั้น ในปี 1856 เราได้ใช้สีจากพืช ต่อมาได้มีการพัฒนาสีเพิ่มขึ้นรวมประสิทธิภาพในการย้อมสีโดยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลให้สีติดเนื้อผ้ามากขึ้น แต่ก็ทำให้การกำจัดสียากขึ้นตามไปด้วย เดิมส่วนใหญ่แล้วสีย้อมจะมีพิษน้อยจนไม่เกิดปัญหา แต่ในปัจจุบันได้มีการผลิตสีขึ้นจำนวนมากที่มีส่วนประกอบของสารพิษเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อน้ำทิ้งโดยตรง ในปี 1970 The American Dye Manufactures Institute (ADMI) ได้เริ่มศึกษาผลของสีย้อมต่อสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะปลาและสาหร่าย

Mckay (27) ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรมแห่งมหาวิทยาลัยควีนที่ไอร์แลนด์เหนือ กล่าวถึงวิธีการกำจัดสีของน้ำเสียไว้ว่า ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่ประหยัดและดีที่สุดในการกำจัดสีของน้ำเสีย น้ำเสียแต่ละชนิดจะมีปัญหาเฉพาะแห่งซึ่งจะสามารถแก้ไขได้โดยการพิจารณาถึงสภาพคุณสมบัติของน้ำเสียนั้น ๆ ควบคู่ไปด้วย เช่น สภาพท้องถิ่น, สีย้อมและสารเคมีที่ใช้, ปริมาณและส่วนประกอบน้ำเสีย เป็นต้น ในอดีตวิธีการกำจัดทางชีววิทยาได้ใช้อย่างกว้างขวางสำหรับโรงงานทอผ้า แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่มีขีดความสามารถพอสำหรับการกำจัดสีย้อม วิธีการในการกำจัดสีย้อมจะกระทำได้โดยใช้วิธีทางฟิสิกส์และเคมีช่วย วิธีการกำจัดสีมีหลายวิธีได้แก่ Adsorption, Ion-exchange และ chemical oxidation เช่น foam fractionation,

dynamic membrane hyperfiltration, Gamma radiation induced oxidation electrolytic treatment เป็นต้น

Ghosh, etal (3) กล่าวว่า การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าเกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์และสี โดยทั่ว ๆ ไป วิธีการกำจัดสีและสารอินทรีย์จะสามารถทำได้โดยการใช้ระบบทางชีววิทยาควบคู่กับระบบฟิสิกส์-เคมี แม้ว่าระบบกำจัดทางชีววิทยาจะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีแต่ไม่สามารถกำจัดสีได้เป็นที่น่าพอใจ กระบวนการดูดติดด้วยถ่าน (carbon adsorption) จะตามด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยวิธีเคมี (chemical coagulation) หรือไม่ก็ตามเป็นวิธีสามารถกำจัดสีจากน้ำเสียได้ การรวมยบวนการทางชีววิทยาและการดูดติดทางเคมี (chemical adsorption) สามารถกำจัดสารอินทรีย์และสียองน้ำเสียจากโรงงานท่อผ้าได้

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (1) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานทอผ้าและฟอกย้อมขนาดใหญ่ พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยาและระบบเติมสารเคมีอย่างใดอย่างหนึ่งหรือควบคู่กันไปด้วยกัน สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์และสารแขวนลอยได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่สีจากการย้อมผ้าชนิดต่าง ๆ นั้นยังคงเหลืออยู่ในน้ำทิ้ง ซึ่งจะเป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะต่อไป

Porter ศาสตราจารย์ทางเคมี และ Snider ผู้ช่วยทางเคมี แห่งมหาวิทยาลัยคลิมซัน (28) ได้กล่าวถึงระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาว่า สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของโรงงานทอผ้าเท่านั้นแต่ไม่สามารถกำจัดสารบางชนิดและสีออกไปได้ โดยได้ทดลองใช้ระบบชีววิทยากำจัดทีโรซีน (Kerosene) ซึ่งเป็นสารประกอบตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Solvent) ที่ใช้ในกรรมวิธีทอผ้า พบว่า ทีโรซีน ถูกกำจัดได้เพียง 1-5 % ในขณะที่ยบวนการทางฟิสิกส์ได้แก่ การระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation) สามารถกำจัดได้ถึง 90 % สำหรับสีย้อมได้ทดลองเฉพาะสี Disperse, Vat และ Reactive บางชนิดเท่านั้น สีดิสเพิร์ส (Disperse) และแวต (Vat) เป็นพวกพิกเมนท์ (pigment) ไม่ละลายน้ำความเข้มข้นของสีย้อมลดลงได้เอง ประมาณ 15% หลังจากทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 วัน สำหรับระบบชีววิทยานั้นไม่สามารถกำจัดสีทั้ง 3 ประเภทนี้ได้

Digiano, Natter (29) และ Frye, Digiano (30) พบว่า วิธีการดูดติดด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) โดยใช้ carbon Column ไม่สามารถกำจัดสี Disperse ได้ เนื่องจากการแขวนลอยของสี disperse เป็นตัวป้องกันการดูดติดของถ่าน วิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมีและ Ozonization ถูกนำมาใช้และให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันไป เนื่องจากการทำการตกตะกอนต้องควบคุมพีเอชและมีปัญหาเรื่องการกำจัดตะกอน (Sludge Disposal) ขณะที่ Ozonization สามารถกำจัดสีได้อย่างดี แต่ไม่สามารถลดซีโอดีลงได้

เนื่องจากความยุ่งยากและแตกต่างของสีย้อม วิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมีและ Ozonization ต้องมีระบบอื่นช่วยเพื่อกำจัดสารประกอบอื่น ๆ Porter (30) ได้ให้ข้อแนะนำว่า การใช้ขบวนการดูดติดด้วยถ่านควรตามด้วยระบบตกตะกอนด้วยสารเคมี สำหรับน้ำเสียที่มีสีพวก disperse ส่วน Shelley (30) แสดงให้เห็นว่า การกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า ควรใช้วิธีการตกตะกอนด้วยวิธีเคมีตามด้วยการดูดติดด้วยถ่าน (Carbon Adsorption)

Eckenfelder (31) กล่าวว่า เนื่องจากมีมาตรฐานกวดขันน้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ในสหรัฐมากขึ้น จึงได้มีการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาหาวิธีการที่ดี ประหยัด และให้ผลประโยชน์มากที่สุด สำหรับน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าและน้ำเสียจากบ้านเรือนได้มีการเติมผงถ่าน (Powdered Activated Carbon, PAC) 20 มก./ลบ.ดม. ลงในถังเติมอากาศของระบบบำบัดชีววิทยา ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มจาก 72 % เป็น 89 % และสามารถลดสีในน้ำทิ้งจาก 248 APHA เหลือ 179 APHA Adam (32) ค้นพบว่าการใช้วิธีการกำจัดขั้นที่สาม (tertiary treatment process) ได้แก่วิธีการดูดติดด้วยถ่านเพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำทิ้งจากระบบการกำจัดขั้นที่สองด้วยวิธีทางชีววิทยา (biological secondary treatment) โดยการใส่ผงถ่าน (PAC) ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์จะเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำทิ้ง ผงถ่านที่ใส่ในถังเติมอากาศจะถูกกำจัดในถังตกตะกอน โดยมีเวลากักพัก (detention time) ของผงถ่าน (PAC) = อายุของเลนตะกอน (Sludge Age) แม้ว่าการใส่ผงถ่านในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์จะสามารถลดบีโอดี, ซีโอดี ได้น้อยกว่าวิธีการกำจัดขั้นที่สาม (tertiary columnar adsorption) ก็ตาม แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

Robertaccio (33) ทดลองเติมผงถ่าน 4,000 มก./ลบ.ดม. ลงในถังเติมอากาศของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถลดซีโอดีได้เพิ่มขึ้นอีก 36 % เมื่อเทียบกับระบบฯ ที่ไม่มีการเติมผงถ่าน และถ้าผ่านน้ำทิ้งจากระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เข้าสู่ activated carbon column สามารถลดซีโอดีได้เพิ่มขึ้น 68 % แม้ว่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าก็ตาม แต่ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นมากตามลำดับด้วย

Adam (34) และ Robertaccio, etal (35) พบว่าวิธีการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์นั้น สามารถลดทั้งบีโอดี, ซีโอดี และทีโอซี ในน้ำเสียได้ นอกจากนั้นยังสามารถลดปริมาณสารแขวนลอยได้อีกด้วย

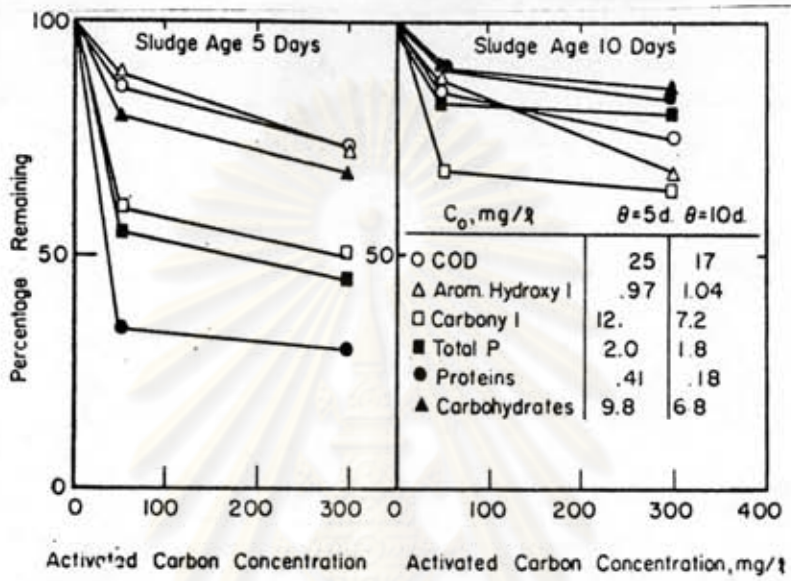
Kalinske (36) ค้นพบว่า เมื่อใส่ผงถ่าน 500 มก./ลบ.ดม. ลงในระบบฯ ความสามารถในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้น 45 % เมื่อเทียบกับระบบควบคุม ขณะที่ Adam (36) สังเกตพบว่าการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้น 13 % และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งลดลงอีก 20 % เมื่อใส่ผงถ่าน 200 มก./ลบ.ดม.

Dewalle, Chian, Small (37) ได้ทำการทดลองเติมผงถ่านปริมาณ 0, 50 และ 300 มก./ลบ.ดม. ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ที่ควบคุมอายุของเลนตะกอน 5 วัน และ 10 วันตามลำดับ ได้ผลดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุเลนตะกอนปริมาณผงถ่านและ SVI

อายุของเลนตะกอน (วัน)	ปริมาณผงถ่าน (มก./ลบ.ดม.)	Sludge Volume Index
5	0	41
5	50	39
5	300	33
10	0	37
10	50	37
10	300	35

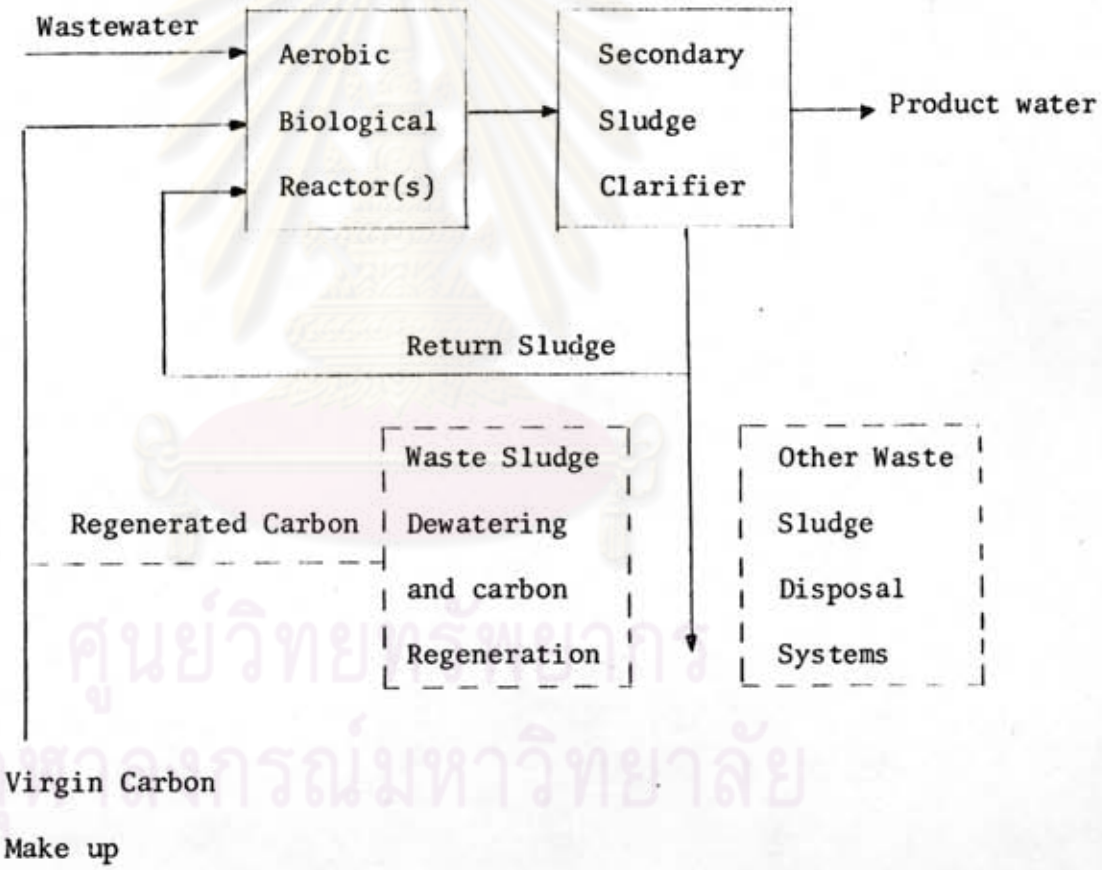
จากตารางที่ 3.1 เห็นได้ว่าเอส์วีไอ (SVI) มีค่าน้อยกว่า 100 ทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงการตกตะกอนที่ดีมาก และเมื่อใส่ผงถ่านเพิ่มขึ้นค่าเอส์วีไอ จะลดลงตามลำดับหรือการจมตัวของเลนซึ่งดีอยู่แล้วจะดีขึ้นไปอีก



รูปที่ 3.1 ผลการกำจัดสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในน้ำเสียด้วยระบบ PACT (37)

รูปที่ 3.1 แสดงผลการกำจัดสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในน้ำเสีย โดยเปรียบเทียบระหว่างอายุเลนตะกอน 5 วัน และ 10 วัน และการใช้ผงถ่าน 0, 50 และ 300 มก./ลบ.ดม. พบว่า น้ำทิ้งจากการควบคุมอายุเลนตะกอน 5 วัน มีปริมาณสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrates), สารประกอบคาร์บอนิล (Carbonyl), อะมิโนเอซิด (amino acids) และซีโอดีสูงกว่าการควบคุมอายุเลนตะกอน 10 วัน ยกเว้นสำหรับอะโรเมติคไฮดรอกซิลส์ (Aromatic hydroxyls) ที่จะมีปริมาณสูงกว่า ในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่ใส่ผงถ่านเป็นผลจากการดูดติดทางฟิสิกส์ (Physical adsorption) และการย่อยสลายทางชีววิทยา (biological degradation) ควบคู่กันไป สำหรับอายุตะกอนเลน 5 วัน สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายทางชีววิทยาเป็นส่วนใหญ่ขณะที่อายุเลนตะกอน 10 วัน สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายทั้งทางด้านชีววิทยาและการดูดติดทางฟิสิกส์ แต่ผลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ว่า การใส่ผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เป็นการทำให้น้ำทิ้งมีลักษณะดีขึ้น และอายุของเลนตะกอน 5 วัน และ 10 วัน ให้ประสิทธิภาพของน้ำทิ้งเท่ากันสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์

Flynn, Stadnix (9) วิค่วกรควบคุมการผลิตของ E.I. du Pont de Nemours & Co. Inc's Chamber Works Deepwater, นิวเจอร์ซี สหรัฐอเมริกาอันเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เกี่ยวกับ สีย้อมประเภท tetraethyl lead, organic intermediates, สารประกอบพวก elastomeric และพวก fluorocarbons ได้รายงานว่าน้ำเสียที่ออกจากโรงงานมีประมาณสูง ความเข้มข้นของมลสารปานกลาง เป็นกรดมีโลหะหนักอินทรีย์สารและสีย้อมมากมายได้ใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่าน (PACT) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ผังระบบบำบัดน้ำเสียของ Du Pont PACT

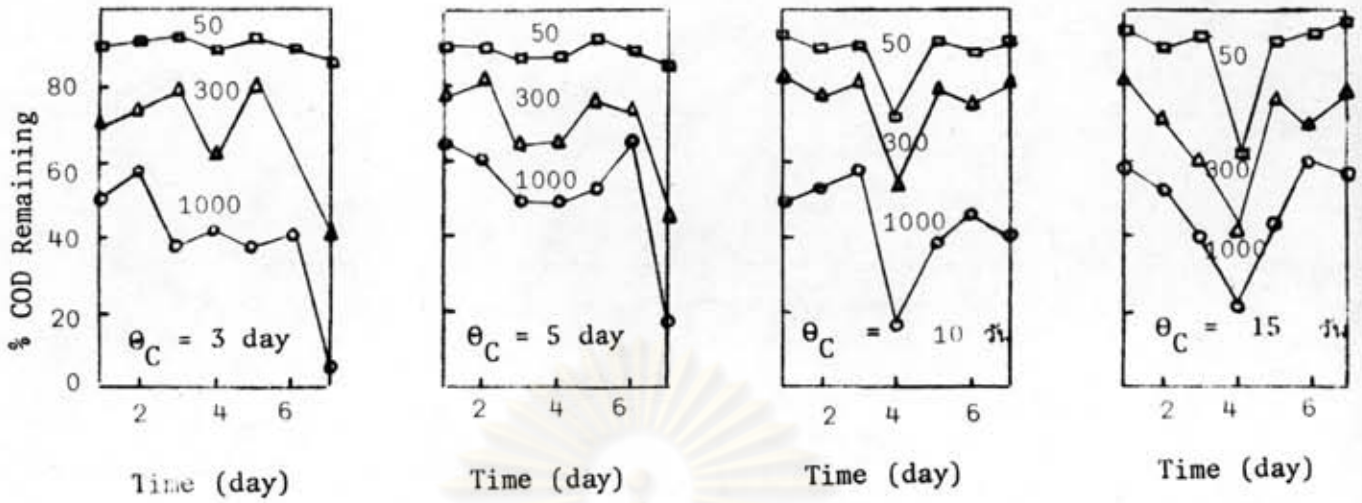
เมื่อมีการเติมผงถ่านลงไปในถังเติมอากาศ การดูดติดและการกำจัดสารอินทรีย์เกิดขึ้นพร้อมกัน ทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีคุณภาพเลนตะกอน (Sludge)ของถ่านและมวลชีวรวมตัวกันเป็นมวลเดียวและจมตัวลงได้ดีในถังตกตะกอน มีบางส่วนถูกสูบย้อนกลับไปถังปฏิกิริยา ตะกอนส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสมหรือมีการนำผงถ่านกลับไปใช้อีก (Regeneration) ด้วยกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง

Flynn (9,23,26) ยังได้ทำการศึกษาค้นพบอีกว่า ขบวนการ PACT นี้ ให้ผลประโยชน์หลายประการเมื่อเทียบกับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีคอลัมน์ถ่าน (carbon column) หรือไม่ก็ตาม คือ

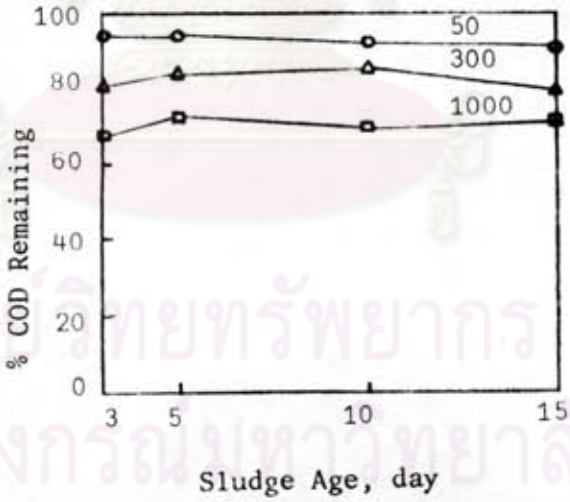
1. ป้องกันการวิบัติอันเนื่องมาจากสารพิษ (Toxic Upset)
2. ลดการเกิดฟอง
3. เพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน
4. ทำให้น้ำทิ้งมีลักษณะดีขึ้น
5. ลอดคล้องกับระบบกำจัดเดิมที่มีอยู่แล้ว
6. สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเมื่อเทียบกับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีคอลัมน์ของเม็ดถ่าน (granular carbon columns)

DeWalle และ Chian (38) ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงลักษณะน้ำทิ้งโดยการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ (PACT) พบว่านอกจากจะสามารถลดอินทรีย์สารในน้ำทิ้งได้มากขึ้นแล้วยังเกิดประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีกมากดังแสดงในตารางที่ 3.2

นอกจากนี้แล้วยังทำการทดลองเติมผงถ่านปริมาณ 0, 50, 300 และ 1,000 มก./ลบ.ดม. ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งควบคุมระบบด้วยอายุของตะกอนเลน 3, 5, 10 และ 15 วัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกับระบบควบคุมซึ่งเป็นระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ผงถ่านลงไป และอัตราการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงถ่านที่เติมลงในระบบ ดังแสดงผลการทดลองในรูปที่ 3.3 นอกจากนี้แล้วประสิทธิภาพการลดซีโอดีในน้ำทิ้งของระบบ PACT ยังเป็นอิสระ ไม่ขึ้นกับอายุของตะกอนเลนอีกด้วย ผลการทดลองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ผลการกำจัดซีโอดีในปริมาณผงถ่าน 50, 300, และ 1,000 มก./ลบ.ดม. เปรียบเทียบอายุเลนตะกอน 3, 5, 10 และ 15 วัน



รูปที่ 3.4 ผลการกำจัดซีโอดีเมื่อเทียบกับอายุของเลนตะกอนในปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

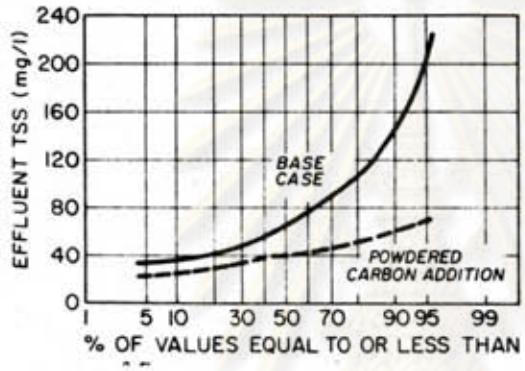
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ผลของการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ (PACT)

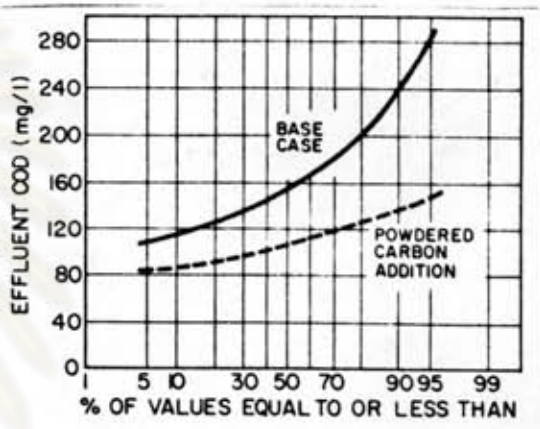
Beneficial Effect of PAC addition	Result of PAC addition
Removal of adsorbable organics	Removal of color and odor. Increased Stability against toxic organic shock loads, Reduction of foaming in aerator Lowered residual effluent toxicity to fish.
Removal of adsorbable biodegradable organics	Reduction of oxygen demand in receiving water
Removal of inorganics	Increased stability against heavy metal shock loads
Improved floc forming	Reduction in effluent suspended solids
Improved sludge settling	Increased capacity of secondary clarifiers
Improved sludge dewatering	Increased capacity of sludge dewatering unit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Gloyna ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยเท็กซัสและ Ford (39) กล่าวว่า การเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ (PACT) ได้มีการใช้มาหลายปีแล้ว ทั้งนี้เพื่อช่วยในการตกตะกอนและกำจัดสารอินทรีย์ ได้รายงานว่าการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ของน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันในปริมาณ 450 มก./ลบ.ดม. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีและสารแขวนลอยในน้ำทิ้งได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6

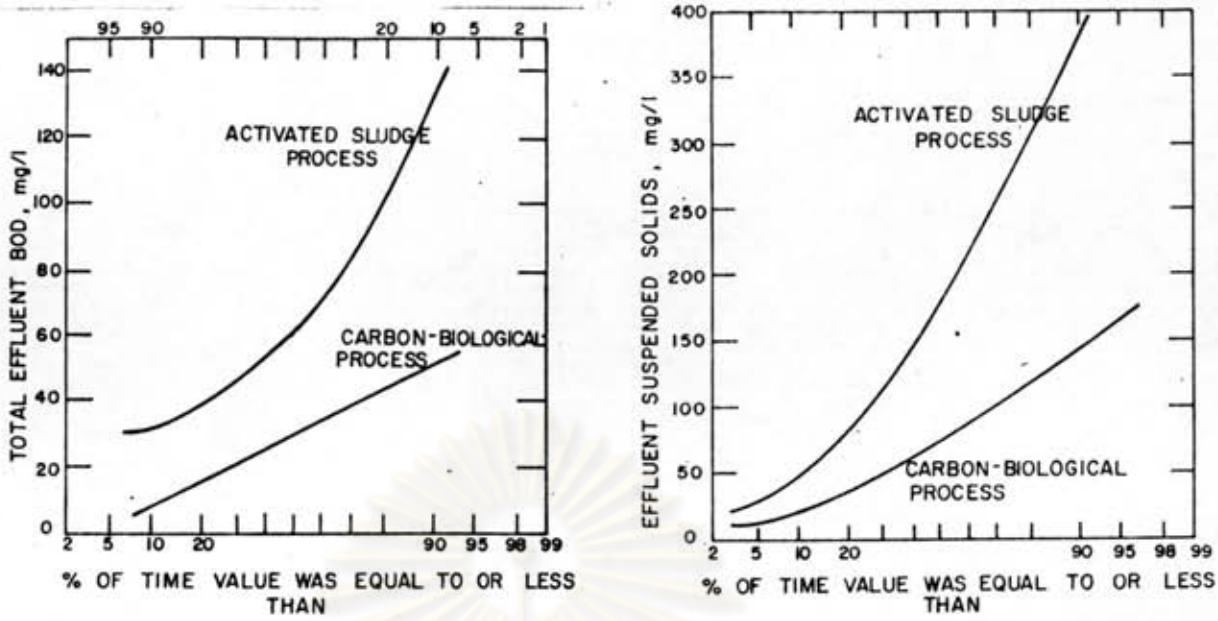


รูปที่ 3.5 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด PACT ของโรงกลั่นน้ำมัน



รูปที่ 3.6 ปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด PACT ของโรงกลั่นน้ำมัน

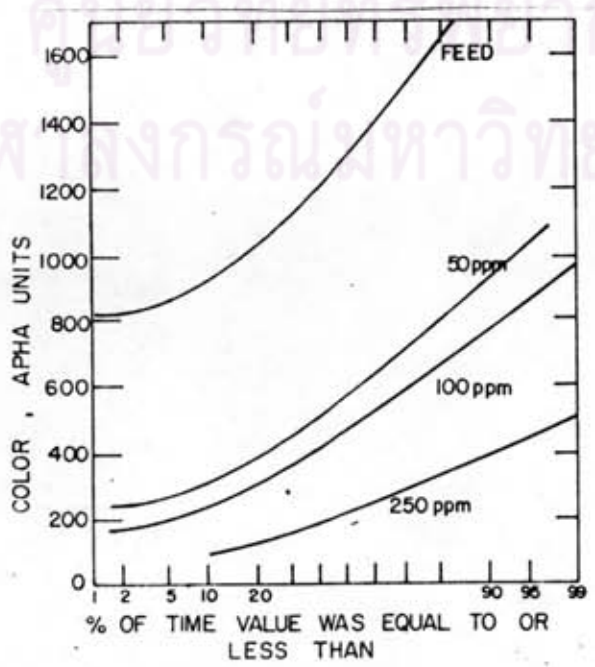
Foretsch และ Hutton (40) ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่ Waynesboro ในรัฐ Virginia ซึ่งเป็นโรงงานผลิตพวก "Orlon" acrylic fiber และ "Acele" cellulose acetate fiber พบว่าระบบ PACT ที่มีการเติมผงถ่าน 308 มก./ลบ.ดม. สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นทั้ง biodegradable และ nonbiodegradable เจือปนในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีสารแขวนลอยน้อยลง และให้ตะกอนที่มีความเข้มข้นมากกว่าระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ ผลการทดลองดังกล่าวดูได้จากรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การกำจัดสารอินทรีย์และสารแขวนลอยด้วยระบบ PACT และระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ

สำหรับการกำจัดพวกสีย้อมผ้า Robertaccio (35) พบว่าในการเติมผงถ่านปริมาณ 50, 100 และ 250 มก./ลบ.ดม. ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ สามารถลดสีลงจาก 1300 APHA units เหลือเพียง 560, 490 และ 210 APHA units ตามลำดับ ดูรูปที่ 3.8

จากนั้น DuPont ได้ทำการทดลองกับระบบบำบัดน้ำเสียขนาด 151,000 $ม^3$/วัน โดยการเติมผงถ่านปริมาณ 189 มก./ลบ.ดม. สามารถกำจัดสีได้ 76 % โดยสีในน้ำเสีย 2080 APHA Units และสีในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเหลือเพียง 490 APHA units



รูปที่ 3.8 ผลการกำจัดสีด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

ระบบ PACT สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดพวกสารพิษ โดย Ferguson (24) ได้รวบรวมข้อมูลการกำจัดพวก ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง และโครเมียม พบว่าระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถกำจัดสารพิษเหล่านี้ได้เพียง 20 - 30 % แต่เมื่อเติมผงถ่านลงไปประสิทธิภาพการกำจัดสารพิษเพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า นอกจากนั้นแล้วสารพิษ 2,4, 5-trichlorophenol สามารถถูกกำจัดให้หมดเมื่อเติมผงถ่านลง 150 มก.ลบ.ดม. ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์

กรณีที่น้ำเสียมีสารพิษอันมีผลต่อระบบบำบัดทางชีววิทยา เช่น โครเมียมและโคบอลท์ Robetaccio (35) ได้ทำการทดลองพบว่าโครเมียม และโคบอลท์มีผลต่อการกำจัดบีโอดีด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์มากกว่าระบบ PACT ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.3

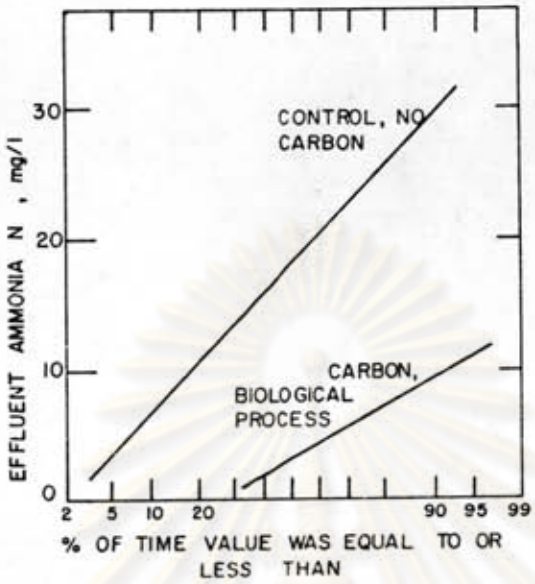
ตารางที่ 3.3 ผลของโครเมียมและโคบอลท์ ต่อการกำจัดบีโอดีด้วยระบบการเติมผงถ่านในระบบชีววิทยากับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ

Metal Added (Dosage)	BOD Reduction–Percent	
	Carbon-Biological [a]	Activated Sludge [a]
None	86	77
Cr^{+6} (2 ppm)	79	68
Co (1.5 ppm)	83	67

[a] 2.5-hr aeration time.

Adam (41) ได้ทำการทดลองระบบบำบัดฯ ที่รับน้ำเสียปริมาณเฉลี่ยระหว่าง 2840 $ม^3$/วัน ถึง 6810 $ม^3$/วัน และปริมาณสูงสุดถึง 7570 $ม^3$/วัน มีบีโอดีระหว่าง 90-350 มก./ลบ.ดม. เฉลี่ย 150 มก./ลบ.ดม. ได้เติมผงถ่านปริมาณ 20-25 มก./ลบ.ดม. พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี เพิ่มขึ้นจาก 70 % เป็น 90 % จึงกล่าวสรุปได้ว่าระบบ PACT สามารถปรับปรุงความสามารถในการรับปริมาณน้ำเสียของระบบบำบัดเดิมให้มากขึ้นได้ (Improved Hydraulic Capacity of Existing Plants)

Black และ Andrews (42) ทำการศึกษาทดลองพบว่าระบบ PACT สามารถทำให้เกิดขบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ได้อีกด้วยกล่าวคือ สามารถเปลี่ยนพวกสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้กลายเป็นแอมโมเนีย และสารประกอบไนเตรทในที่สุด รูปที่ 3.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยาปกติ กับระบบ PACT จะเห็นได้ว่าระบบ PACT นั้นสามารถลดแอมโมเนียได้มากกว่าระบบที่ไม่มีการเติมผงถ่าน



รูปที่ 3.9 ผลการกำจัดแอมโมเนียด้วยระบบ PACT

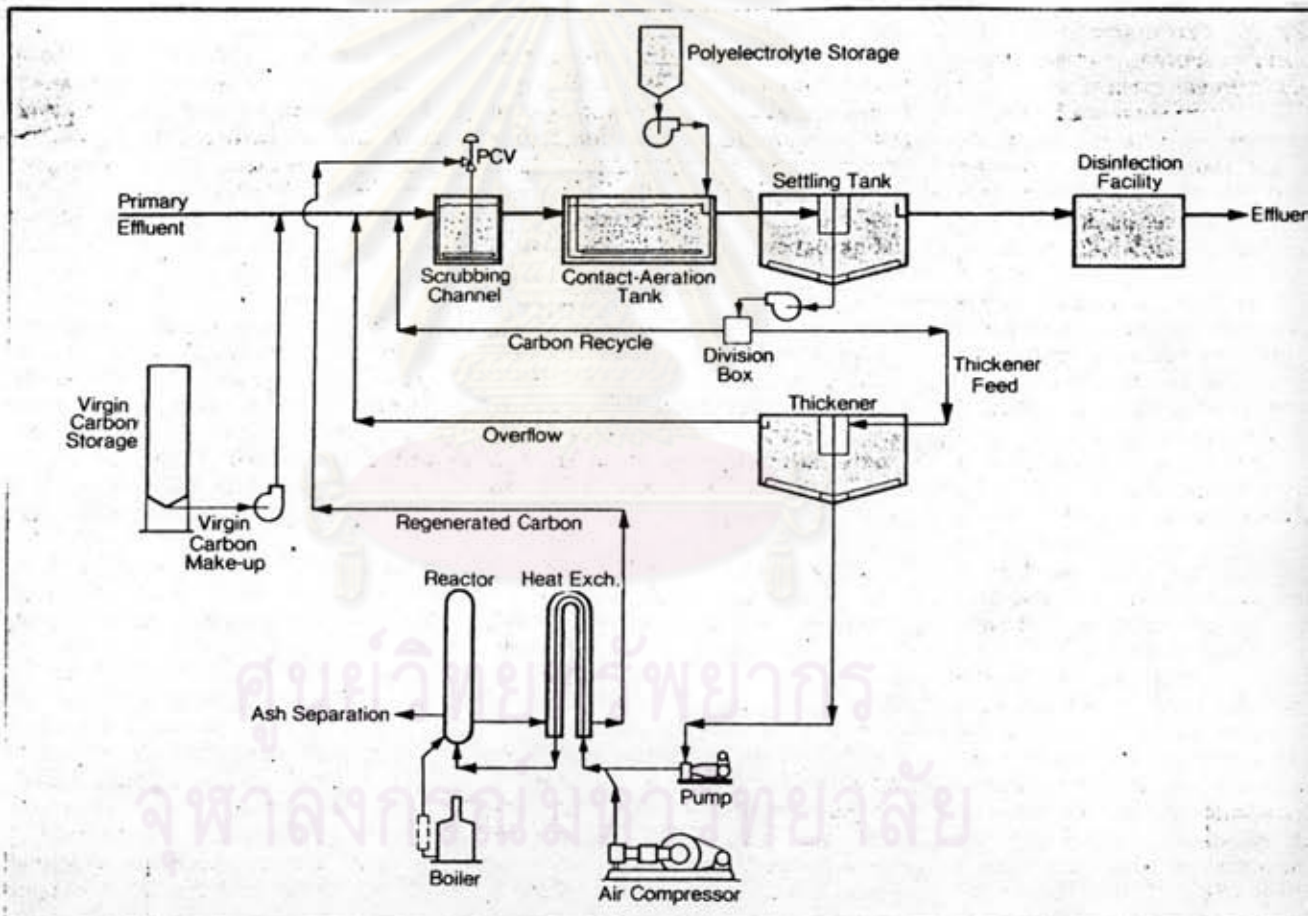
น้ำเสียที่มาจากโรงงานทอผ้าและย้อมสีนั้นประกอบด้วยสารบางชนิดเช่น ส่บู่ หรือสารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้เติมลงในระบบการย้อมสี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีนั้น ทำให้น้ำเสียเกิดฟองขึ้นจำนวนมากซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดน้อยลง ตลอดจนต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดฟองเหล่านี้ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ปัญหาการเกิดฟองในถังเติมอากาศโดยการเติมผงถ่านลงไป ซึ่งสามารถลดการเกิดฟองและยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์การกำจัดฟองได้อีกด้วย

สำหรับการจมตัวของเลนตะกอน ระบบ PACT ทำให้ตะกอนมีความสามารถในการจมตัวดีขึ้นเลนตะกอนมีความหนาแน่นมากขึ้น ตลอดจนค่าเอส์วีไอ (SVI, Sludge Volume Index) ลดลง จากการทดลองพบว่าปริมาณผงถ่านที่เพิ่มขึ้นในถังเติมอากาศ จะทำให้สารแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบลดลง (9)

นอกจากนั้นแล้ว Du. Pont-Chamber ได้ใช้ระบบ PACT ช่วยแก้ปัญหาเรื่องสีในน้ำทิ้งและทำให้น้ำทิ้งมีลักษณะดีขึ้น แต่ในการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและความประหยัด สำหรับระบบ PACT นั้นปริมาณผงถ่านที่ใช้และความสามารถในการนำผงถ่านกลับมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายที่จะต้องนำมาเปรียบเทียบกับระบบการกำจัดอื่นๆ ด้วย

Meidl (43) ผู้จัดการฝ่ายผลิตของ Zimpro. Inc. กล่าวว่า ได้มีการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งมานานแล้ว สามารถแก้ไขปัญหาการจมตัวของตะกอน, กลิ่น, สี การทำให้ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว และช่วยในการลดสารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้เป็นต้น

Dupont เป็นผู้นำวิธีการ PACT มาใช้สำเร็จในปี 1977 โดยใช้วิธี wet air regeneration ของ Zimpro Inc. ซึ่งเป็นวิธีการนำผงถ่านกลับไปใช้ได้อีก ดังแสดงระบบในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ระบบการฟื้นฟูคุณภาพของถ่าน

ในวิธีการ wet air regeneration ตะกอนอินทรีย์จะถูกเผาไหม้กลายเป็นเถ้า ซึ่งสามารถแยกออกไปทิ้งได้ ส่วนถ่านจะยังคงอยู่บริเวณผิวจะถูกขัดสี และนำกลับไปใช้เติมในถังเติมอากาศใหม่ได้

กลุ่มวิจัยของซิมโปร (Zimpro research) สรุปว่ามลสารและสีในน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าไม่สามารถจะถูกย่อยสลายด้วยวิธีการทางชีววิทยา หรือการดูดติดเพียงอย่างเดียว ต้องอาศัยวิธีการทั้งสองควบคู่กันไป

ราคาค่าใช้จ่ายสำหรับระบบ PACT นี้ขึ้นตรงกับกรรมวิธีการนำผงถ่านกลับไปใช้อีก (Regeneration) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.4 แสดงค่าใช้จ่ายของระบบ PACT ที่มีกรรมวิธีนำผงถ่านกลับไปใช้ในระบบด้วยวิธี wet air Regeneration เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ แล้ว

ตารางที่ 3.4 ราคาค่าใช้จ่ายประจำปี 82 (ดอลล่าร์/1000 แกลลอน)

Treatment system			
Design flow, mgd	5	25	50
PACT & Wet Air Regeneration			
(17 cents/lb PAC)	0.50	0.28	0.24
(33 cents/lb PAC)	0.52	0.30	0.26
Activated Sludge	0.49	0.29	0.24
Granular Carbon*			
at 1,500 lb/mg	0.73	0.46	0.40
at 750 lb/mg	0.66	0.40	0.35
Effluent Filtration	0.07	0.034	0.024

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย