เอกสารอ้างอิง

[1] Kaneko, M. and Okura, I., 2002, *Photocatalysis Science and Technology*, Kodansha Springer, pp. 72-80.

[2] Howe, R.F. and Gratzel, M. 1987, *EPR study of hydrated anatase under UV irradiation*, J. Phya. Chem., Vol. 91, No.14 , pp. 3906-3909.

[3] Nakaoka, Y. and Nosaka, Y., 1997, *ESR Investigation into the Effects of Heat Treatment and Crystal Structure on Radical Produced over Irradiated TiO_2 Powder*, J. Photochem. Photobiol.A, Chem., Vol.110, No. 3, pp. 299-307.

[4] สุดารัตน์ จิรภัทรสกุลม 2547, *การจัดทำฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์โดยใช้ไดเอทาโนลาไมน์ในวิธีโซล-เจล สำหรับการกำจัดโครเมียม (VI) ออกจากน้ำเสีย*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 8-10.

[5] Pudwat, S., *A study of Photocatalytic activities of TiO_2 Films produced by Smooth DC and Pulsed DC Reactive Magnetron Sputtering Method*s, Requirements for the degree of doctor of Philosophy.

[6] Fujishima, A., Hashimoto, K. and Watanabe, T., 1999, *TiO_2 Photocatalysis : Fundamental and Application*, Tokyo, pp. 158.

[7] Qourzal, S., Assabbane, A. and Ait-Ichou., Y., 2004, *"Synthesis of TiO2 via hydrolysis of Titatium tetra isopropoxide and its photocatalytic activity on a suspended mixture with activated carbon in the degradation of 2-naphthol"*, Journal of Photochemistry and Photobiology A:Chemistry, Vol. 163, pp. 317-321.

[8] Igor, N.M. and Kenneth J.K., 2004, *"Comparative study of TiO2 particles in powder form and as athin nanostructured film on quartz"*, Journal of Catalysis, Vol. 225, pp. 408-416.

[9] U. Diebold *"The surface science of titanium dioxide"*, Surface Science Report 48 (2003) 53-229.

[10] A. Fujishima, T.N. Rao and D.A.Tryk, *"Titanium dioxide photocatalysis"*, Journal of Photochemetry and Photobiology, 2000, 1-21.

[11] P.Zeman, S.Takabayashi, *"Nano-scale photocatalytic TiO_2 thin films prepared by magnetron sputtering"*, Thin Solid Films 433 (2003) 57-62

[12] M. Yamagishi, S.Kuriki, P.K. Song and Y. Shigesato, *"Thin films TiO_2 photocytalyst deposited by reactive magnetron sputtering"*, Thin Solid Films 442 (2003) 227-231.

[13] P.Zeman and S.Takabayashi, *"Effect of totol and oxygen patial pressures on structure of photocatalytic TiO_2 films sputtered on unheated substrate"*, Surface and Coatings Technology 002, 93-99

[14] S. Qourzal, A. Assabbane, and Y. Ait-Ichou., *"Synthesis of TiO_2 via hydrolysis of titatiumtetraisopropoxide and its photocatalytic activity on a suspended mixture with activated carbon in the degradation of 2-naphthol"*, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 163 (2004) 317-321.

[15] N.M. Igor and J.K. Kenneth, *"Comparative study of TiO_2 particles in powder form and as a thin nanostructured film on quartz"*, Journal of Catalysis, 225 (2004) 408-416.

[16] J. Yu, X. Zhao and Q. Zhao, *"Photocatalytic activity of nanometer TiO_2 thin films prepared by the sol–gel method"*, Materials Chemistry and Physics, 69 (2001) 25-29.

[17] D.J. Kim, S.H. Hahn, S.H. Oh and E.J. Kim, *"Influence of calcinations temperature on structural and optical properties of TiO_2 thin films prepared by sol–gel dip coating"*, Materials Letters, 57 (2002) 355-360.

[18] Jin-Ming Wu., and Tian-Wei Zhang, *"Photodegradation of rhodamine B in water assisted by titania films prepared through a novel procedure"*, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 162 (2004) 171–177.

[19] Jun-Ying Zhang, Ian W. Boyd, B.J. O'Sullivan, P.K. Hurley, P.V. Kelly, and J.-P. Senateur, *"Nanocrystalline TiO_2 films studied by optical, XRD and FTIR spectroscopy"*, Journal of Non-Crystalline Solids, 303 (2002) 134–138.

[20] Dani Gustaman Syarif, Atsumi Miyashita, Tetsuya Yamaki, Taishi Sumita, Yeongsoo Choi, and Hisayoshi Itoh, *"Preparation of anatase and rutile thin films by controlling oxygen partial pressure"*, Applied Surface Science, 193 (2002) 287–292.

[21] Hiroshi Iriea, Hisashi Morib, and Kazuhito Hashimoto, *"Interfacial structure dependence of layered TiO_2/WO_3 thin films on the photoinduced hydrophilic property"*, Vacuum, (2004), 625–629.

[22]Andrew Mills, Anne Lepre, Nicholas Elliott, Sharan Bhopal, Ivan P. Parkin, and S.A. O'Neill, *"Characterisation of the photocatalyst Pilkington Activ™: a reference film*

photocatalyst?", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 160 (2003), 213–224.

[23] Lianchao Sun, and Ping Hou, *"Spectroscopic ellipsometry study on deposited titanium dioxide films"*, Thin Solid Films, 455-456 (2004), 525-529

[24] Seon-Hwa Kim, Yong-Lak Choi, Yo-Seung Song, Deuk Yong Lee and Se-Jong Lee, *"Influence of sputtering parameters on microstructure and morphology of TiO_2 thin films"* Materials Letters, 57 (2002), 343-348.

[25] T.M.R. Viseu, B. Almeida, M. Stchakovsky, B. Drevillon, M.I.C. Ferreira, and J.B. Sousa, *"Optical characterization of anatase and the polycrystalline thin film"*, Thin Solid films, Vol. 401 (2001) 216-224.

[26] P. Babelon, A.S. Dequiedt, H. Mostefa-Sba, S. Bourgeois, P. Sibillot, and M. Sacilotti, *"SEM and XPS studies of titanium dioxide thin films grown by MOCVD"*, Thin Solid Films, 322 (1998) 63–67.

[27]L. Miao, P. Jin, K. Kaneko, A. Terai,N. Nabatova-Gabain, and S. Tanemura, *"Preparation and characterization of polycrystalline anatase and rutile TiO_2 thin films by rf magnetron sputtering"*, Applied Surface Science, 212–213 (2003) 255–263.

[28]Y. Choia, S. Yamamotoa, T. Umebayashib, and M. Yoshikawa, *"Fabrication and characterization of anatase TiO_2 thin film on glass substrate grown by pulsed laser deposition"*, Solid State Ionics (2004).

[29] Arturo I. Martinez, Dwight R. Acosta, and Alcides A. Lopez, *"Effect of deposition methods on the properties of photocatalytic TiO_2 thin films prepared by spray pyrolysis and magnetron sputtering"*, J. Phys.: Condens. Matter, 16 (2004), 2335-2344.

[30] B. Karunagaran, R.T. Rajendra Kumar, V. Senthil Kumar, D. Mangalaraj, Sa. K. Narayandass, and G. Mohan Rao, *"Structural characterization of DC magnetron- sputtered TiO_2 thin films using XRD and Raman scattering studies"*, Materials Science in Semiconductor Processing, 6 (2003), 547–550.

[31] S.K. Zheng, G. Xiang, T.M. Wanga, F. Pan, C. Wang, and W.C. Hao," *Photocatalytic activity studies of TiO_2 thin films prepared by r.f. magnetron reactive sputtering"*, Vacuum, 72 (2004) 79–84.

[32] A.C. Rodrigues, M. Boroski, N.S. Shimada, J.C. Garcia, J. Nozaki and N. Hioka, *"Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by congulation-flucculation followed by heterogeneous photocatalysis"*, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 194 (2008) 1-10.

[33] P. A. Pekakis, N. P. Xekoukoulotakis and D. Mantzavinos, *"Treatment of textile dyehouse wastewater by TiO_2 photocatalysis"*, WATER RESEARCH, 40 (2006) 1276–1286.

[34] W. S. Kuo and P.H. Ho, *"Solar photocatalytic decolorization of dyes in solution with TiO_2"*, Dyes and Pigments, 71 (2006) 212-217.

[35] U.Cernigoj, U. L.Stanger and P.Trebse, *"Evaluation of a novel Carberry type photoreactor for the Degradation of organic pollutants in water"*, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 188 (2007) 169-176.

[36] ฉลาด บรรเทา และ ชูสิทธิ์ ศรีสุทธิกมล.(2548).*การบำบัดน้ำเสียโรงงานกระดาษด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์*. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[37] A. Houas, H. Lachheb, M. Ksibi, E. Elaloui, C. Guillard, J. M. Herrmann. *"Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water"*, 31 (2000), pp 145-157.

[38] T. Zhang, T. Oyama, A. Aoshima, H. Hidaka, J. Zhao, N. Serpone. *"Photooxidative N-demethylation of methylene blue inaqueous TiO_2 dispersions under UV irradiation"*, 140 (2001), pp.163-172.

[39] M. Huang, C. Xu, Z. Wu, Y. Huang, J. Lin and J. Wu. *"Photocatalytic discolorization of methyl orange solution by Pt modified TiO_2 loaded on natural zeolite"*, Days and Pigments, 77 (2008) pp. 327 – 334.

[40] Sreemany, M., Sen, S. "*A simple spectrophotometric method for determination of the optical constants and band gap energy of multiple layer TiO_2 thin films*". 2004. Vol. 83. pp. 169-177

[41] D.Tiboon, K. Hathaisamait and S.Pudwat *"Effect of Thermal Treatment on Structural Changes of TiO_2 Powder Prepared by Sol-Gel Process"* The 6th Annual Conference of The Thai Physics Society, Siam Physics Congress SPC2011, Mach 23-26, 2011, Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya,Thailand.

[42] S. Pudwat, D. Tiboon, I. Chueasanthia, K. Hathaisamit ,"*Structural Changes and Photocatalytic Activity of TiO_2 Powder under Thermal Treatment from Different Titanium*

Isopropoxide:Isopropanol Ratio", 3rd International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference Rose, Garden Riverside Nakhon Pathom Thailand, 2-5 February 2012.

[43] พลวัฒน์ จำปาเรือง, ตรัยวุฒิ บัวคลี่ และ สายัณห์ ผุดวัฒน์, *"การสังเคราะห์ฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคโซล-เจลโดยการจุ่มเคลือบบนเหล็กไร้สนิม"*, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 36 (วทท 36), ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค กรุงเทพฯ, 26-28 ตุลาคม 2553.

[44] Rauf, M.A.; Meetani, M.A.; Hisaindee, S., *"An overview on the photocatalytic degradation of azo dyes in the presence of TiO"2 doped with selective transition metals"*, Desalination, 276 (2011) 1-3, pp 13-27.

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ผ.ก1 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	
ประเภทแหล่งน้ำ	**การใช้ประโยชน์**
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ที่มา (กรมควบคุมมลพิษ,2535)

ตารางที่ ผ.ก2 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	
พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5 -9.0
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) *	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) **	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

ที่มา (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

หมายเหตุ:* กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ให้ใช้ค่าบีโอดี ของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filtrate BOD) การกรองตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) ที่ใช้ในกระบวนการกรองเพื่อหาค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด

** กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนให้เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Westewater ฉบับล่าสุด ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกันกำหนดไว้ หรือตามวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา ทั้งนี้ให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมกับลักษณะและสภาพของตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ ผ.ก3 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1.สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°C	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
3.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-ก.ย.	5-ก.ย.	5-ก.ย.	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter)ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
4.ออกซิเจนละลาย (DO)[2/]	มก./ล.	P20	ธ	6	4	2	-	Azide Modification
5.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2	4	-	Azide Modificationที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
6.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	5,000	20,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	1,000	4,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
8.ไนเตรต (NO_3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5			-	Cadmium Reduction

9.แอมโมเนีย (NH3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5	-	Distillation Nesslerization
10.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ	0.005	-	Distillation,4-Amino antipyrene
11.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
12.นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ	0.1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
13.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
14.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
15.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ	0.005* 0.05**	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
16.โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ	0.05	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002	-	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
19.สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ	0.005	-	Pyridine-Barbituric Acid
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ	0.1	-	Gas-Chromatography
-ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)				1		
-ค่ารังสีเบตา(Beta)						

22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.		ธ	0.05	-	Gas-Chromatography
23.ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	1	-	Gas-Chromatography
24.บีเอชซีชนิดแอลฟ่า (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.02	-	Gas-Chromatography
25.ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1	-	Gas-Chromatography
26.อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1	-	Gas-Chromatography
27.เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.2	-	Gas-Chromatography
28.เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	-	Gas-Chromatography

ที่มา (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

หมายเหตุ:1/กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

2/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

C องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด