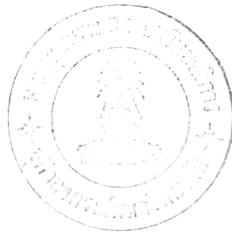


อิทธิพลร่วมของตะกั่วกับสังกะสีที่มีต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยง  
ตะกอนแขวนลอยผลลุ่มสมบูรณ์



นาย สุรพงษ์ วัฒนะศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974 - 562 - 844 - 1

008855

i 10047403

THE COMBINED EFFECTS OF LEAD AND ZINC ON THE COMPLETELY  
MIXED ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Mr. Suraphong Wattanachira

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

ISBN 974 - 562 - 844 - 1



Thesis Title      The Combined Effects of Lead and Zinc on the Completely Mixed Activated Sludge Process.  
By                      Mr. Suraphong Wattanachira  
Department        Sanitary Engineering  
Thesis Advisor    Asst. Prof. Dr. Suthirak Sujarittanonta

---

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

.....*S. Bunnag*.....Dean of Graduate School  
(Assoc. Prof. Dr. Supradit Bunnag)

Thesis Committee

.....*Sawasdi Dharmikarak*.....Member  
(Assoc. Prof. Sawasdi Dharmikarak)

.....*Paipan Phornprapha*.....Member  
(Asst. Prof. Paipan Phornprapha)

.....*MUNJIN TUNTOOLAVEST*.....Member  
(Assoc. Prof. Dr. Munsin Tuntoolavest)

.....*Suthirak Sujarittanonta*.....Member  
(Asst. Prof. Dr. Suthirak Sujarittanonta)



หัวข้อวิทยานิพนธ์      อธิทผลร่วมของตะกั่วกับสังกะสีที่มีต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยง  
ตะกอนแขวนลอยผลลุ่มสมบูรณ์  
ชื่อ                              นาย สุรพงษ์ วัฒนะศิริระ  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ผู้ช่วยคณบดี ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์  
ภาควิชา                              วิศวกรรมสุขาภิบาล  
ปีการศึกษา                      2526

#### บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลร่วมของตะกั่วกับสังกะสีที่มีต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยผลลุ่มสมบูรณ์ ได้กระทำในห้องปฏิบัติการจากแบบจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทกวนลุ่มสมบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนกลับ ในการทดลองใช้ระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์เป็นตัวควบคุมระบบและใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของ COD ทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วร่วมกับสังกะสีดังนี้ คือ ตะกั่ว 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับสังกะสี 1.74 มิลลิกรัมต่อลิตร, ตะกั่ว 5.34 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับสังกะสี 1.54 มิลลิกรัมต่อลิตรและตะกั่ว 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับสังกะสี 6.57 มิลลิกรัมต่อลิตร

การศึกษาได้เปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ไม่เติมตะกั่วกับสังกะสี ผลการศึกษา พบว่าอิทธิพลร่วมของตะกั่วกับสังกะสีมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ลดลงเล็กน้อย สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิ์การสลายตัวของจุลินทรีย์ลดลง อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีค่าต่ำ และไม่มีผลต่ออัตราการเกิดไนตริฟิเคชันเมื่อระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีค่าสูง และพบว่าเกิดผลในทางหักล้างกัน (antagonistic) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วหรือสังกะสีขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและสังกะสีของระบบสูงกว่า 54 เปอร์เซ็นต์และ 66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Thesis Title        The Combined Effects of Lead and Zinc on the Completely Mixed Activated Sludge Process.  
Name                Mr. Suraphong Wattanachira  
Thesis Advisor     Assistant Professor Suthirak Sujarittanonta, Ph.D.  
Department        Sanitary Engineering  
Academic Year     1983

#### ABSTRACT

A bench-scale laboratory study was conducted to determine the combined effects of lead and zinc on the activated sludge process using the continuous flow completely mixed reactors with internal cell recycle. Total system mean cell residence time was used as the operation control parameter. A synthetic wastewater of approximate 500 mg/l chemical oxygen demand (COD) was utilized throughout this study. Data from the operation of reactors dosed with 1.24 mg/l lead and 1.74 mg/l zinc, 5.34 mg/l lead and 1.54 mg/l zinc, and 1.30 mg/l lead and 6.57 mg/l zinc, respectively, were compared to data obtained from a control reactor which undosed with lead and zinc.

The results show that the soluble COD removal efficiency is slightly decreased. However, the difference in soluble COD removal efficiency is not significant. Decreasing of the biokinetic coefficients, maximum microorganism cell yield coefficient ( $Y_{max}$ ) and maintenance energy coefficient ( $k_d$ ), are obtained. The degree of nitrification is higher at low mean cell residence time whereas there is no effect on nitrification at high mean cell residence time. The antagonistic effects are observed while increasing the concentration of

lead or zinc. Lead and zinc removal efficiencies are obtained more than 54 percent and 66 percent, respectively.



## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to greatly express his appreciation to his advisor, Asst. Prof. Dr. Suthirak Sujarittanonta, for his guidance, valuable suggestions and encouragement throughout the duration of this study.

He is also grateful to Assoc. Prof. Sawasdi Dharmikarak, Asst. Prof. Paipan Phornprapha and Assoc. Prof. Dr. Munsin Tuntoolavest for their advice and for serving on the members of the thesis committee.

He wishes to thank the following persons for their help in this study.

Mr. Boonjong Jarusdumrongnit for providing some portion of control reactor data, friendship and his immeasurable help.

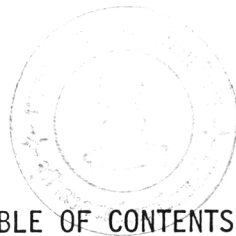
Mr. Ruengchai Jearkpaphorn for providing friendship, and sharing the frustrations encountered during the laboratory analyses.

Mr. Dheerapon Gangaketu for performing the lead and zinc analyses.

Miss Roongnapa Wisaruetapa for helping the elaboration of language used in this thesis.

The author's parents and Miss Ladawan Wissanuwannitnun for their love, patience and encouragement.

The Institute of Environmental Research, Chulalongkorn University, for financial support on this research.



## TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
Abstract in Thai.....	iv
Abstract in English.....	v
Acknowledgements.....	vii
Table of Contents.....	viii
List of Tables.....	xi
List of Figures.....	xiv

### CHAPTER

I. INTRODUCTION.....	1
Purpose of study.....	2
Scope of study.....	3
II. LITERATURE REVIEW.....	4
LEAD.....	4
Physical Properties of Lead.....	4
Chemical Properties of Lead.....	8
Uses of Lead.....	10
ZINC.....	10
Physical Properties of Zinc.....	10
Chemical Properties of Zinc.....	11
Uses of Zinc.....	13
LEAD AND ZINC IN WASTEWATER.....	13
THE EFFECTS OF HEAVY METALS ON THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS.....	17
III. THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS.....	26
Process Fundamental.....	26



<u>CHAPTER</u>	<u>Page</u>
Microorganisms.....	27
Process Description.....	29
Microbial Growth Kinetics.....	31
Kinetics of the Activated Sludge Process....	32
Nitrification in Activated Sludge Process...	36
IV. EXPERIMENTAL PROCEDURES.....	38
Laboratory Apparatus.....	38
Feed Solution.....	42
Initial Start Up.....	44
System Operation.....	44
Sampling Procedure.....	45
Analytical Techniques.....	48
V. RESULTS.....	50
Control, receiving no lead and zinc concentration.....	50
Lead concentration of 1.24 mg/l and Zinc concentration of 1.74 mg/l.....	54
Lead concentration of 5.34 mg/l and Zinc concentration of 1.54 mg/l.....	58
Lead concentration of 1.30 mg/l and Zinc concentration of 6.57 mg/l.....	62
VI. DISCUSSION.....	67
COD Removal Efficiency.....	67
Biokinetic Coefficients.....	69

<u>CHAPTER</u>	<u>Page</u>
Total Reactor Microorganism Concentration...	72
Specific Utilization Rate.....	75
Observed Yield.....	75
Sludge Production.....	78
Nitrification.....	78
Synergistic and Antagonistic Effects.....	83
Lead and Zinc Distribution.....	85
VII. CONCLUSIONS.....	92
VIII. RECOMMENDATIONS FOR FURTHER STUDY.....	94
REFERENCES.....	95
APPENDIX.....	99
VITA.....	116

## LIST OF TABLES

<u>Table</u>	<u>Page</u>
1 Heavy Metals Found in Major Industries.....	5
2 Physical Properties of Lead.....	6
3 Physical Properties of Zinc.....	12
4 Reported Lead Levels in Industrial Wastewaters.....	15
5 Concentrations of Zinc in Process Wastewater.....	16
6 Threshold Concentrations of Heavy Metal Inhibitory to the Activated Sludge Process.....	21
7 Lead Removal Efficiencies in Activated Sludge Process	23
8 Zinc Removal Efficiencies in Activated Sludge Process	24
9 The Proposed Experimental Conditions.....	39
10 Composition of Feed Solution.....	43
11 Parameters Monitored Daily.....	46
12 The Summary of Experimental Conditions.....	51
13 Summary of Steady State Data for Control Reactor, COD = 495 mg/l.....	52
14 Summary of Steady State Data; $Pb^{++} = 1.24$ mg/l and $Zn^{++} = 1.74$ mg/l, COD = 497 mg/l.....	56
15 Summary of Steady State Data; $Pb^{++} = 5.34$ mg/l and $Zn^{++} = 1.54$ mg/l, COD = 447 mg/l.....	59
16 Summary of Steady State Data; $Pb^{++} = 1.30$ mg/l and $Zn^{++} = 6.57$ mg/l, COD = 474 mg/l.....	63
17 Biokinetic Coefficients and Linear Equations.....	71
18 Lead Removal Efficiency.....	89
19 Lead Distribution in Laden Reactors.....	90
20 Zinc Distribution in Laden Reactors.....	91

<u>Table</u>	<u>Page</u>
A1 Raw Data for Control Reactor, COD = 477 mg/l, $\theta_c = 4.9$ days.....	100
A2 Raw Data for Control Reactor, COD = 484 mg/l, $\theta_c = 6.1$ days.....	101
A3 Raw Data for Control Reactor, COD = 495 mg/l, $\theta_c = 8.0$ days.....	102
A4 Raw Data for Control Reactor, COD = 523 mg/l, $\theta_c = 11.7$ days.....	103
A5 Raw Data for $Pb^{++} = 1.08$ mg/l and $Zn^{++} = 1.74$ mg/l, COD = 485 mg/l, $\theta_c = 4.3$ days.....	104
A6 Raw Data for $Pb^{++} = 1.33$ mg/l and $Zn^{++} = 1.78$ mg/l, COD = 508 mg/l, $\theta_c = 9.0$ days.....	105
A7 Raw Data for $Pb^{++} = 1.40$ mg/l and $Zn^{++} = 1.79$ mg/l, COD = 527 mg/l, $\theta_c = 12.4$ days.....	106
A8 Raw Data for $Pb^{++} = 1.15$ mg/l and $Zn^{++} = 1.64$ mg/l, COD = 468 mg/l, $\theta_c = 13.5$ days.....	107
A9 Raw Data for $Pb^{++} = 5.36$ mg/l and $Zn^{++} = 1.47$ mg/l, COD = 436 mg/l, $\theta_c = 5.7$ days.....	108
A10 Raw Data for $Pb^{++} = 5.15$ mg/l and $Zn^{++} = 1.36$ mg/l, COD = 445 mg/l, $\theta_c = 8.9$ days.....	109
A11 Raw Data for $Pb^{++} = 5.32$ mg/l and $Zn^{++} = 1.62$ mg/l, COD = 445 mg/l, $\theta_c = 11.7$ days.....	110
A12 Raw Data for $Pb^{++} = 5.52$ mg/l and $Zn^{++} = 1.69$ mg/l, COD = 460 mg/l, $\theta_c = 15.8$ days.....	111
A13 Raw Data for $Pb^{++} = 1.13$ mg/l and $Zn^{++} = 6.33$ mg/l, COD = 447 mg/l, $\theta_c = 5.6$ days.....	112

<u>Table</u>	<u>Page</u>
A14 Raw Data for $Pb^{++} = 1.30$ mg/l and $Zn^{++} = 6.73$ mg/l, COD = 465 mg/l, $\theta_c = 8.3$ days.....	113
A15 Raw Data for $Pb^{++} = 1.48$ mg/l and $Zn^{++} = 6.87$ mg/l, COD = 510 mg/l, $\theta_c = 12.1$ days.....	114
A16 Raw Data for $Pb^{++} = 1.30$ mg/l and $Zn^{++} = 6.36$ mg/l, COD = 472 mg/l, $\theta_c = 16.3$ days.....	115

## LIST OF FIGURES

<u>Figure</u>	<u>Page</u>
1 Theoretical Solubility Diagram for Lead Hydroxy as a Function of Solution pH.....	9
2 Theoretical Solubility Diagram for Zinc Hydroxy as a Function of Solution pH.....	14
3 Schematic Diagram of Completely Mixed Activated Sludge Process with Cellular Recycle.....	30
4 Experimental Activated Sludge Unit with Internal Cell Recycle.....	40
5 Schematic Diagram of the Experimental Apparatus.....	41
6 Soluble COD Removal Efficiency as a Function of Mean Cell Residence Time.....	68
7 Specific Growth Rate versus Specific Utilization Rate	70
8 Mixed Liquor Volatile Suspended Solids as a Function of Mean Cell Residence Time.....	73
9 Mixed Liquor Suspended Solids as a Function of Mean Cell Residence Time.....	74
10 Specific Utilization Rate as a Function of Mean Cell Residence Time.....	76
11 Observed Yield as a Function of Mean Cell Residence Time.....	77
12 Sludge Production as a Function of Mean Cell Residence Time.....	79
13 Net Change of $\text{NH}_3\text{-N}$ Concentration as a Function of Mean Cell Residence Time.....	80

<u>Figure</u>		<u>Page</u>
14	Effluent NO <sub>3</sub> -N Concentration as a Function of Mean Cell Residence Time.....	81
15	Net Change of Alkalinity as a Function of Mean Cell Residence Time.....	82
16	Net Change of Org-N Concentration as a Function of Mean Cell Residence Time.....	84
17	Lead and Zinc Concentration in Reactor solids as a Function of Mean Cell Residence Time.....	86
18	Zinc Removal Efficiency as a Function of Mean Cell Residence Time.....	87