

ภาคผนวก ก

รายละเอียดและข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียของ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ก.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ.2525 และเปิดใช้งาน ในปลายปี พ.ศ.2526 ใช้งบประมาณ 39 ล้านบาท แบ่งเป็นส่วนของการบำบัดน้ำเสีย 24 ล้านบาท และเป็นค่าโรงบำบัดน้ำเสีย 15 ล้านบาท โดยมีบริษัท เซาท์อีสต์เอเชียเทคโนโลยี จำกัด (SEATEC) เป็นผู้ออกแบบและควบคุมการก่อสร้าง ระบบที่รับน้ำเสียได้ออกแบบเป็นระบบท่อแยก คือ รับเฉพาะ น้ำเสียเท่านั้น ไม่ได้รวมน้ำฝนเข้าไปด้วย ท่อระบายน้ำเสียมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15-0.60 เมตร โดยรับน้ำเสียที่ออกจากบ่อเกรอะและน้ำทิ้งทั่วไปจากบ้านพัก สำนักงาน อาคารเรียนของคณะต่างๆ ในมหาวิทยาลัยทั้ง 2 พื้นที่ คือ บริเวณเชิงดอยและบริเวณสวนดอก (ซึ่งรวมกับน้ำเสียจากโรงพยาบาล มหาราชนครเชียงใหม่) มีพื้นที่รับน้ำเสียทั้งหมด 2.94 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 7.4% ของพื้นที่ ในเขตเทศบาล (เขตเทศบาลมีพื้นที่ 40 ตารางกิโลเมตร) มีน้ำเสียปัจจุบัน ประมาณ 2.2 ล้าน ม.³ / ปี (6,100 ม.³ / วัน) หรือประมาณ 15% ของน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาล โดยมีปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้น ประมาณปีละ 10%

ในการก่อสร้างระบบระบายน้ำเสียนั้น ได้จัดทำอย่างถูกหลักวิชาการ โดยท่อจะมีความลาดเอียงและมีความเร็วของน้ำในท่อสูงพอที่จะพัดพาตะกอนต่างๆ ให้ไหลไปได้ ดังนั้นท่อจะมีระดับลึกลงตามระยะทาง จึงจำเป็นต้องมีสถานีสูบน้ำเพื่อยกระดับน้ำเสียให้สูงขึ้นก่อนปล่อยให้ท่อ ลาดเอียงลงไปใหม่ โดยในบริเวณฝั่งเชิงดอยมีสถานีสูบน้ำเสีย 4 แห่ง สถานีสูบน้ำที่ 3 จะสูบน้ำ เสียข้ามคลองชลประทานและปล่อยให้ไหลลงไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในแผนผังรูป น้ำทิ้ง ที่ผ่านการบำบัดแล้วจะระบายสู่คูน้ำข้างระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยลดความเน่าเสียของน้ำในคลอง สาธารณะของเทศบาล

น้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่จัดเป็นน้ำเสียชุมชนประเภทรวม โดยมาจากหอพักนัก ศึกษา บ้านพักข้าราชการ อาคารเรียน สำนักงาน โรงอาหาร และโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ โดยมีประชากรอยู่ 2 กลุ่ม ที่ทำให้เกิดน้ำเสีย คือ ผู้ที่พักอาศัยและไม่ได้พักอาศัย ในเขตมหาวิทยาลัย เชียงใหม่

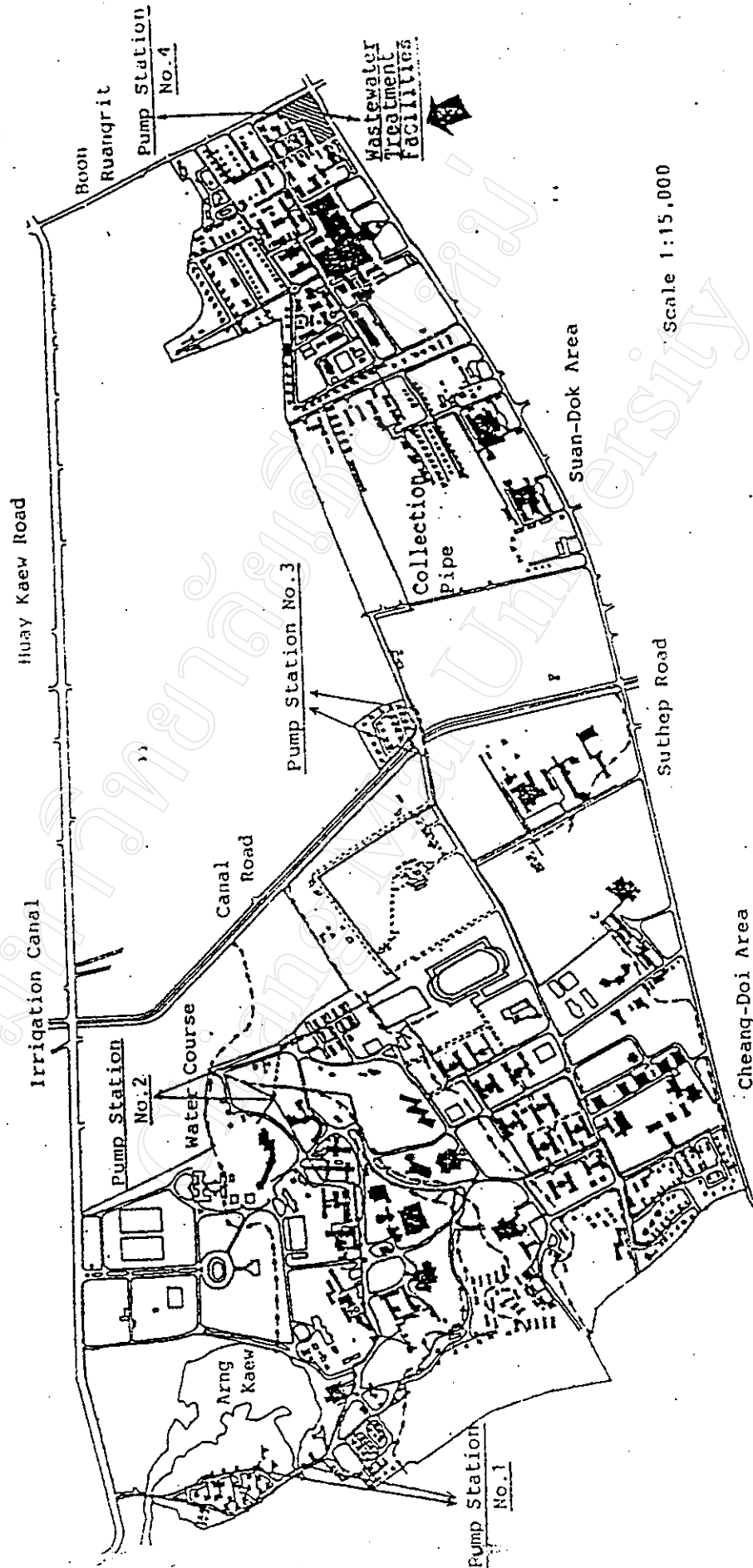
ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้กระบวนการบำบัดแบบเลี้ยงตะกอน ออกแบบสำหรับปริมาณน้ำเสียสูงสุด 8,400 ม.³ / วัน ดังแสดงในแผนผัง

น้ำเสียของมหาวิทยาลัยจะไหลตามท่อระบายน้ำเสีย โดยมีปั๊มสูบน้ำเสีย ส่งเป็นระยะๆ รวม 4 จุด จนมาถึงสถานีสูบน้ำของระบบบำบัดหรือบ่อพักน้ำเสีย (Wastewater Storage Tank) มีขนาดกว้าง 11.0 เมตร x ยาว 11.0 เมตร x ลึก 3.0 เมตร และมีเวลาเก็บกักน้ำเสียที่อัตราไหลสูงสุด (Peak Flow) ประมาณ 1 ชั่วโมง ในถังพักน้ำเสียจะมีเครื่องเติมอากาศแบบจุ่ม ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 2 ชุด (ใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเครื่องกวน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ

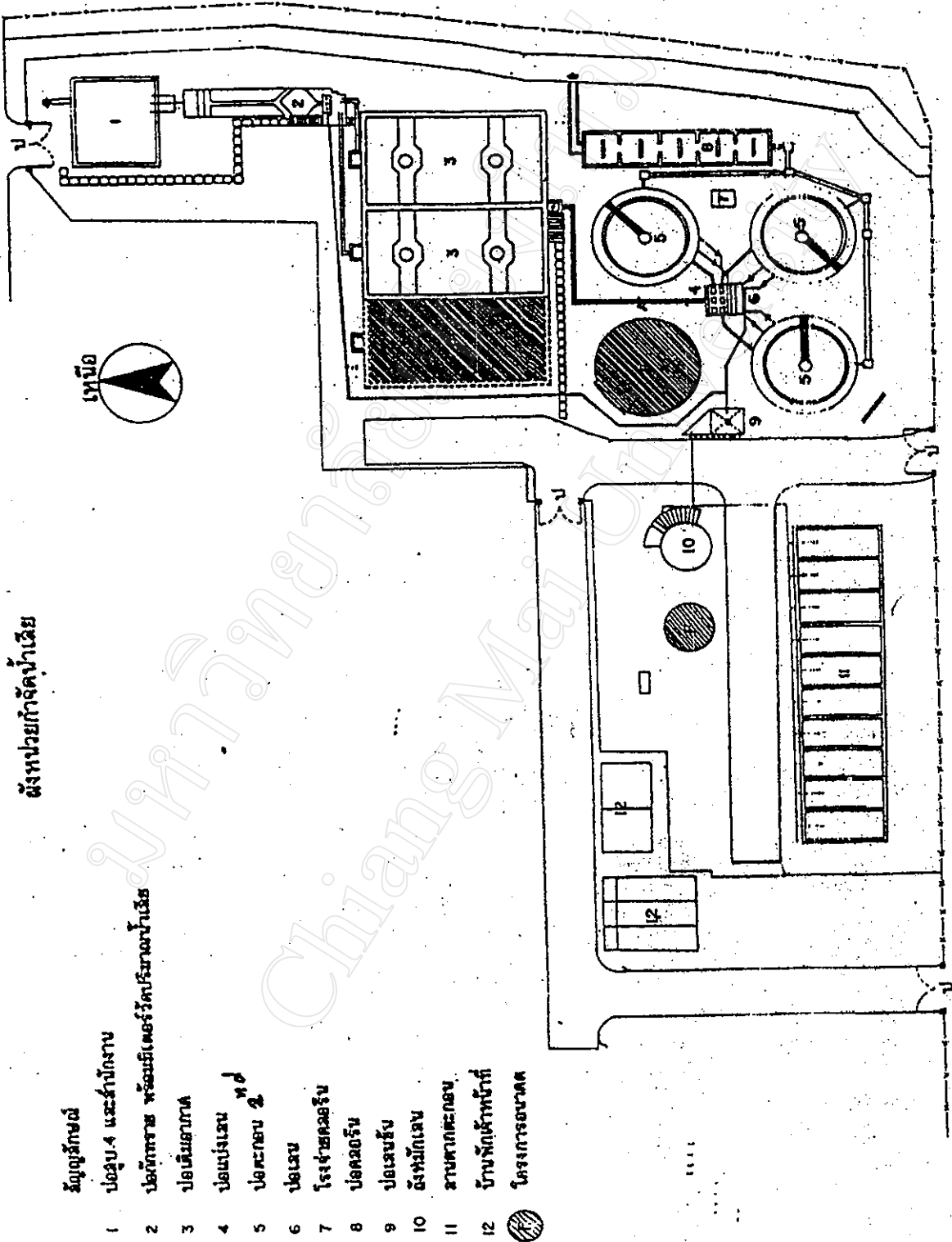
ตกตะกอนของขยะที่ติดมากับน้ำเสียและเติมอากาศขั้นต้น (Preaeration) เพื่อป้องกันการเน่าเหม็นของน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสีย จากนั้นจะถูกสูบเข้าสู่ถังคัดทราย (Grit Chamber) โดยปั๊มหอยโข่ง ขนาด 15 แรงม้า จำนวน 4 ชุด (ใช้งาน 2 ชุด สำรอง 2 ชุด) ลักษณะของถังคัดทรายจะเป็นรางน้ำ แลบนและยาว ขนาดกว้าง 2.00 เมตร x ยาว 8.00 เมตร x ลึก 1.1 เมตร จำนวน 2 ราง ซึ่งจะทำให้ น้ำเสียไหลที่ความเร็วประมาณ 0.3 เมตร / วินาที น้ำเสียที่ไหลช้าจะมีผลทำให้กรวด ทราย เมล็ดพืช ที่ไหลมากับน้ำเสียเกิดการตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำเสีย ขณะเดียวกันกับที่น้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนประเภท Conventional (Conventional Activated Sludge) ซึ่งประกอบด้วย ถังเติมอากาศ (Aeration) ขนาดกว้าง 11.0 เมตร x ยาว 22.0 เมตร x ลึก 4.00 เมตร จำนวน 2 ถัง โดยมีเครื่องเติมอากาศแบบจุ่ม (Submersible Aerator) ขนาด 25 แรงม้า จำนวน 2 ชุด / ถัง น้ำเสียมีเวลาเก็บกักในถังเติมอากาศเฉลี่ยประมาณ 6 – 8 ชั่วโมง จากนั้นน้ำเสียที่ผ่านการเติมอากาศแล้วจะไหลไปยังถังแยก (Flow Distribution Box) ซึ่งจะกระจายน้ำที่ผ่านการเติมอากาศไปเข้าสู่ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 เมตร x ลึก 3.0 เมตร จำนวน 3 ถัง โดยมีเวลาเก็บกักในถังตกตะกอน ประมาณ 3 – 5 ชั่วโมง น้ำใสที่ล้นออกจากถัง ตกตะกอนจะไหลลงสู่ถังฆ่าเชื้อโรค (Chlorine Contact Tank) ขนาดกว้าง 4.0 เมตร x ยาว 23.0 เมตร x ลึก 2.0 เมตร ในถังฆ่าเชื้อโรค จะเติมคลอรีนแก๊สลงไปก่อนปล่อยทิ้ง โดยมีเวลาสัมผัส (Contact Time) ประมาณ 30 นาที

ตะกอนก้นถังตกตะกอนทั้ง 3 ถัง จะไหลมารวมกันที่ถังพัก (Sludge Distribution Box) โดยจะถูกปั๊มหอยโข่ง ขนาด 20 แรงม้า จำนวน 2 ชุด (ใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด) สูบหมุนเวียน (Return Sludge) ไปยังถังเติมอากาศใหม่

ตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่มีมากเกินไปในระบบบำบัดต้องกำจัดทิ้ง โดยการปล่อยเข้าสู่ถังพักตะกอน (Sludge Thickener) ซึ่งจะทำหน้าที่ให้ตะกอนตกอีกครั้งให้เข้มข้นเพื่อลด ปริมาตรลง ตะกอนเข้มข้นนี้จะถูกปั๊มหอยโข่ง ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 2 ชุด (ใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด) สูบเข้าถังหมักตะกอน (Sludge Digester) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 เมตร x สูง 8.0 เมตร ตะกอนส่วนนี้จะถูกระบายลงสู่ลานตากตะกอน (Sludge Drying Bed) ซึ่งมีขนาดกว้าง 3.8 เมตร x ยาว 10.0 เมตร x สูง 1.4 เมตร จำนวน 10 ลาน โดยระบายตะกอนลงตาก วันละ 1 – 2 ลาน ตะกอนแห้ง ที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ย แต่กรณีฤดูฝนลานตากตะกอนแห้งช้า จะใช้เป็นเครื่องรีดตะกอนแทน ลานตาก สำหรับก๊าซชีวภาพที่ได้จากถังหมักตะกอน จะถูกนำไปใช้ตามบ้านพักเจ้าหน้าที่ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย



รูป ก.1 แผนผังระบบระบายน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 ที่มา: โรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

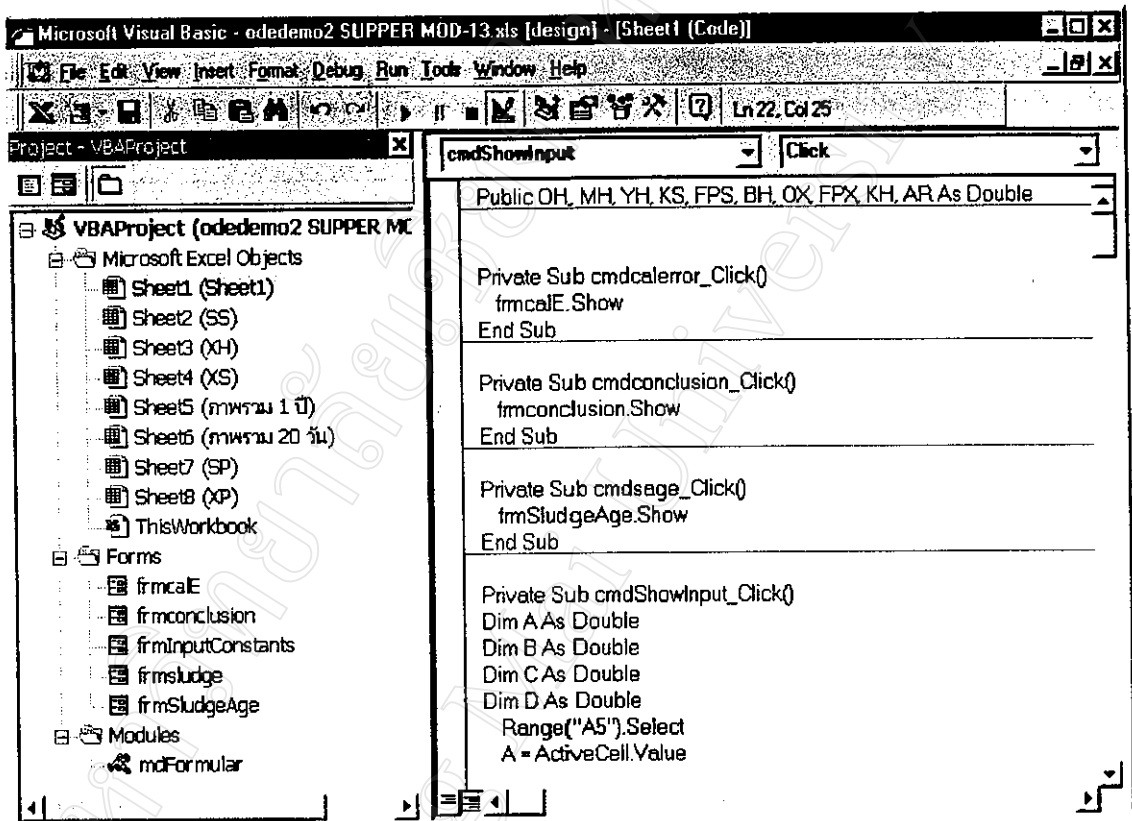


รูป ก.2 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่มา : โรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของโปรแกรม

ข.1 รายละเอียดของโปรแกรมคำนวณ



รูป ข.1 แสดงส่วนของแผ่นงานที่หนึ่ง ส่วนของโปรแกรมหลัก

```
Public OH, MH, YH, KS, FPS, BH, OX, FPX, KH, AR As Double
```

```
Private Sub cmdcalerror_Click()
```

```
    frmcalE.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdconclusion_Click()
```

```
    frmconclusion.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdstage_Click()
```

```
    frmSludgeAge.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdShowInput_Click()
```

```
Dim A As Double
```

```
Dim B As Double
```

```
Dim C As Double
```

```
Dim D As Double
```

```
Range("A5").Select
```

```
A = ActiveCell.Value
```

```
B = 1936 / A
```

```
frmInputConstants.txttoh.Text = Format(B, "0.00")
```

```
Range("A7").Select
```

```
C = ActiveCell.Value
```

```
D = (1 / (0.66 * C))
```

```
frmInputConstants.txttox.Text = Format(D, "0.00")
```

```
frmInputConstants.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdsludge_Click()
```

```
frmsludge.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
'Runge-kutta degree 4 and 5
```

```
Dim alpha(1 To 5) As Double
```

```
Dim beta(1 To 6, 1 To 6) As Double
```

```
Dim gamma(1 To 6, 1 To 2) As Double
```

```
Dim y0(1 To 5) As Double
```

```
Dim Y(1 To 5) As Double
```

```
Dim yout(1 To 5) As Double
```

```
Dim T, t0, tfinal As Double
```

```
Dim I, J, k, L, m, n As Integer
```

```
Dim taumax, deltamax As Double
```

Dim rate(1 To 5, 1 To 6) As Double

Dim ystep(1 To 5) As Double

Dim delta(1 To 5) As Double

Dim tau(1 To 5) As Double

Dim OH As Double

Dim MH As Double

Dim YH As Double

Dim BH As Double

Dim KH As Double

Dim KS As Double

Dim FPS As Double

Dim FPX As Double

Dim OX As Double

Const tol = 0.000001

'Read problem conditions

Range("B3").Select

t0 = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

y0(1) = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

y0(2) = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

y0(3) = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

y0(4) = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

y0(5) = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, 1).Select

tfinal = ActiveCell.Value

ActiveCell.Offset(0, -6).Select

ActiveCell.Offset(1, 0).Select

'assign kinetic parameters

mdFormular.ReturnValue

'OH = Val(frmInputConstants.txtoh.Text) '0.2

'YH = Val(frmInputConstants.txtYH.Text) '0.7

'KS = Val(frmInputConstants.txtKS.Text) '20

'FPS = Val(frmInputConstants.txtfps.Text) '0.1

'KH = Val(frmInputConstants.txtKH.Text) '5

'BH = Val(frmInputConstants.txtbh.Text) '0.62

'OX = Val(frmInputConstants.txtox.Text) '5

'FPX = Val(frmInputConstants.txtfpx.Text) '0.08

'MH = Val(frmInputConstants.txtmh.Text) '4.8

'AR = Val(frmInputConstants.txtar.Text) '0.05

'Fehlberg coefficients

alpha(1) = 1 / 4

alpha(2) = 3 / 8

alpha(3) = 12 / 13

alpha(4) = 1

alpha(5) = 1 / 2

beta(1, 1) = 1 / 4

beta(2, 1) = 0

beta(3, 1) = 0

beta(4, 1) = 0

beta(5, 1) = 0

beta(6, 1) = 0

beta(1, 2) = 3 / 32

beta(2, 2) = 9 / 32

beta(3, 2) = 0

beta(4, 2) = 0

$$\text{beta}(5, 2) = 0$$

$$\text{beta}(6, 2) = 0$$

$$\text{beta}(1, 3) = 1932 / 2197$$

$$\text{beta}(2, 3) = -7200 / 2197$$

$$\text{beta}(3, 3) = 7296 / 2197$$

$$\text{beta}(4, 3) = 0$$

$$\text{beta}(5, 3) = 0$$

$$\text{beta}(6, 3) = 0$$

$$\text{beta}(1, 4) = 8341 / 4104$$

$$\text{beta}(2, 4) = -32832 / 4104$$

$$\text{beta}(3, 4) = 29440 / 4104$$

$$\text{beta}(4, 4) = -845 / 4104$$

$$\text{beta}(5, 4) = 0$$

$$\text{beta}(6, 4) = 0$$

$$\text{beta}(1, 5) = -6080 / 20520$$

$$\text{beta}(2, 5) = 41040 / 20520$$

$$\text{beta}(3, 5) = -28352 / 20520$$

$$\text{beta}(4, 5) = 9295 / 20520$$

$$\text{beta}(5, 5) = -5643 / 20520$$

$$\text{beta}(6, 5) = 0$$

$$\text{beta}(1, 6) = 0$$

$$\text{beta}(2, 6) = 0$$

$$\text{beta}(3, 6) = 0$$

$$\text{beta}(4, 6) = 0$$

$$\text{beta}(5, 6) = 0$$

$$\text{beta}(6, 6) = 0$$

$$\text{gamma}(1, 1) = 902880 / 7618050$$

$$\text{gamma}(2, 1) = 0$$

$$\text{gamma}(3, 1) = 3953664 / 7618050$$

$$\text{gamma}(4, 1) = 3855735 / 7618050$$

$$\text{gamma}(5, 1) = -1371249 / 7618050$$

```

gamma(6, 1) = 277020 / 7618050
gamma(1, 2) = -2090 / 752400
gamma(2, 2) = 0
gamma(3, 2) = 22528 / 752400
gamma(4, 2) = 21970 / 752400
gamma(5, 2) = -15048 / 752400
gamma(6, 2) = -27360 / 752400
pow = 1 / 5
' assign initial values
T = t0
hmax = (tfinal - T) / 365
H = hmax / 150
Y(1) = y0(1)
Y(2) = y0(2)
Y(3) = y0(3)
Y(4) = y0(4)
Y(5) = y0(5)
k = 1
tout = T
yout(1) = Y(1)
yout(2) = Y(2)
yout(3) = Y(3)
yout(4) = Y(4)
yout(5) = Y(5)
'start integration
Do Until T = tfinal
  For I = 1 To 6
    rate(1, I) = SS(y0(1), Sheet1.OH, Y(1), Sheet1.MH, Sheet1.YH, Y(2), Sheet1.KS,
      Sheet1.FPS, Sheet1.KH, Y(3))
    rate(2, I) = XH(Sheet1.BH, Y(2), Sheet1.OX, Sheet1.MH, Y(1), Sheet1.KS)
    rate(3, I) = XS(y0(3), Sheet1.OH, Y(3), Sheet1.OX, Sheet1.FPX, Sheet1.BH, Y(2),

```

```

Sheet1.KH)

rate(4, I) = XP(Sheet1.FPX, Sheet1.BH, Y(2), Y(4), Sheet1.OX)
rate(5, I) = SP(Sheet1.AR, Sheet1.MH, Y(1), Sheet1.KS, Y(2), Y(5), Sheet1.OH,
Sheet1.FPS, Sheet1.KH, Y(3))

' watch the rate
'ActiveCell.FormulaR1C1 = k
'ActiveCell.Offset(0, 1).Select
'ActiveCell.FormulaR1C1 = rate(1, i)
'ActiveCell.Offset(0, 1).Select
'ActiveCell.FormulaR1C1 = rate(2, i)
'ActiveCell.Offset(0, 1).Select
'ActiveCell.FormulaR1C1 = rate(3, i)
'ActiveCell.Offset(0, 1).Select
'ActiveCell.FormulaR1C1 = rate(4, i)
'ActiveCell.Offset(0, 1).Select
'ActiveCell.FormulaR1C1 = rate(5, i)
'ActiveCell.Offset(0, -5).Select
'ActiveCell.Offset(1, 0).Select
'calculate step size for integration
ystep(1) = 0
ystep(2) = 0
ystep(3) = 0
ystep(4) = 0
ystep(5) = 0

For J = 1 To I
    ystep(1) = ystep(1) + rate(1, J) * beta(J, I)
    ystep(2) = ystep(2) + rate(2, J) * beta(J, I)
    ystep(3) = ystep(3) + rate(3, J) * beta(J, I)
    ystep(4) = ystep(4) + rate(4, J) * beta(J, I)
    ystep(5) = ystep(5) + rate(5, J) * beta(J, I)
Next J

```

$Y(1) = Y(1) + H * ystep(1)$

$Y(2) = Y(2) + H * ystep(2)$

$Y(3) = Y(3) + H * ystep(3)$

$Y(4) = Y(4) + H * ystep(4)$

$Y(5) = Y(5) + H * ystep(5)$

Next I

If $T + H > t_{final}$ Then $H = t_{final} - T$

$T = T + H$

$ystep(1) = 0$

$ystep(2) = 0$

$ystep(3) = 0$

$ystep(4) = 0$

$ystep(5) = 0$

For $L = 1$ To 6

$ystep(1) = ystep(1) + rate(1, L) * gamma(L, 1)$

$ystep(2) = ystep(2) + rate(2, L) * gamma(L, 1)$

$ystep(3) = ystep(3) + rate(3, L) * gamma(L, 1)$

$ystep(4) = ystep(4) + rate(4, L) * gamma(L, 1)$

$ystep(5) = ystep(5) + rate(5, L) * gamma(L, 1)$

Next L

$Y(1) = yout(1) + H * ystep(1)$

$Y(2) = yout(2) + H * ystep(2)$

$Y(3) = yout(3) + H * ystep(3)$

$Y(4) = yout(4) + H * ystep(4)$

$Y(5) = yout(5) + H * ystep(5)$

$yout(1) = Y(1)$

$yout(2) = Y(2)$

$yout(3) = Y(3)$

$yout(4) = Y(4)$

$yout(5) = Y(5)$

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = T
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = yout(1)
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = yout(2)
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = yout(3)
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = yout(4)
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = yout(5)
ActiveCell.Offset(0, -5).Select
ActiveCell.Offset(1, 0).Select

k = k + 1
Loop
Range("A1").Select
End Sub

Private Sub Worksheet_Activate()
    lstConstants.Clear
    lstConstants.AddItem "Detention Time (oh) = " & frmInputConstants.txtoh.Text
    lstConstants.AddItem "Sludge Age (ox) = " & frmInputConstants.txttox.Text
    lstConstants.AddItem "Kh = " & frmInputConstants.txtKH.Text
    lstConstants.AddItem "bh = " & frmInputConstants.txtbh.Text
    lstConstants.AddItem "mh = " & frmInputConstants.txtmh.Text
    lstConstants.AddItem "Yh = " & frmInputConstants.txtYH.Text
    lstConstants.AddItem "Ks = " & frmInputConstants.txtKS.Text
    lstConstants.AddItem "ar = " & frmInputConstants.txtar.Text
    lstConstants.AddItem "fps = " & frmInputConstants.txtfps.Text
    lstConstants.AddItem "fpx = " & frmInputConstants.txtfpx.Text

```

```

lblOH.Caption = frmInputConstants.txtoh.Text
lblOX.Caption = frmInputConstants.txtox.Text
End Sub

```

· โปรแกรมย่อยส่วนของแบบจำลอง

Option Explicit

Sub ReturnValue()

```

Sheet1.AR = Val(frmInputConstants.txtar.Text)
Sheet1.BH = Val(frmInputConstants.txtbh.Text)
Sheet1.OH = Val(frmInputConstants.txtoh.Text)
Sheet1.OX = Val(frmInputConstants.txtox.Text)
Sheet1.FPS = Val(frmInputConstants.txtfps.Text)
Sheet1.FPX = Val(frmInputConstants.txtfpX.Text)
Sheet1.MH = Val(frmInputConstants.txtmh.Text)
Sheet1.KH = Val(frmInputConstants.txtKH.Text)
Sheet1.KS = Val(frmInputConstants.txtKS.Text)
Sheet1.YH = Val(frmInputConstants.txtYH.Text)

```

End Sub

Function SS (y01 As Double, OH_1 As Double, y1 As Double, MH_1 As Double, YH_1 As Double, y2 As Double, KS_1 As Double, FPS_1 As Double, KH_1 As Double, y3 As Double) As Double

$$SS = ((y01 / OH_1) - (y1 / OH_1)) - ((MH_1 / YH_1) * y2 * (y1 / (KS_1 + y1))) + ((1 - FPS_1) * KH_1 * y3)$$

End Function

Function XH (BH_1 As Double, y2 As Double, OX_1 As Double, MH_1 As Double, y1 As Double, KS_1 As Double) As Double

$$XH = -(BH_1 * y2) - (y2 / OX_1) + (MH_1 * (y1 / (KS_1 + y1)) * y2)$$

End Function

Function XS (y03 As Double, OH_1 As Double, y3 As Double, OX_1 As Double, FPX_1 As Double, BH_1 As Double, y2 As Double, KH_1 As Double) As Double

$$XS = ((y03 / OH_1) - (y3 / OX_1)) + ((1 - FPX_1) * BH_1 * y2) - (KH_1 * y3)$$

End Function

Function XP (FPX_1 As Double, BH_1 As Double, y2 As Double, y4 As Double, OX_1 As Double) As Double

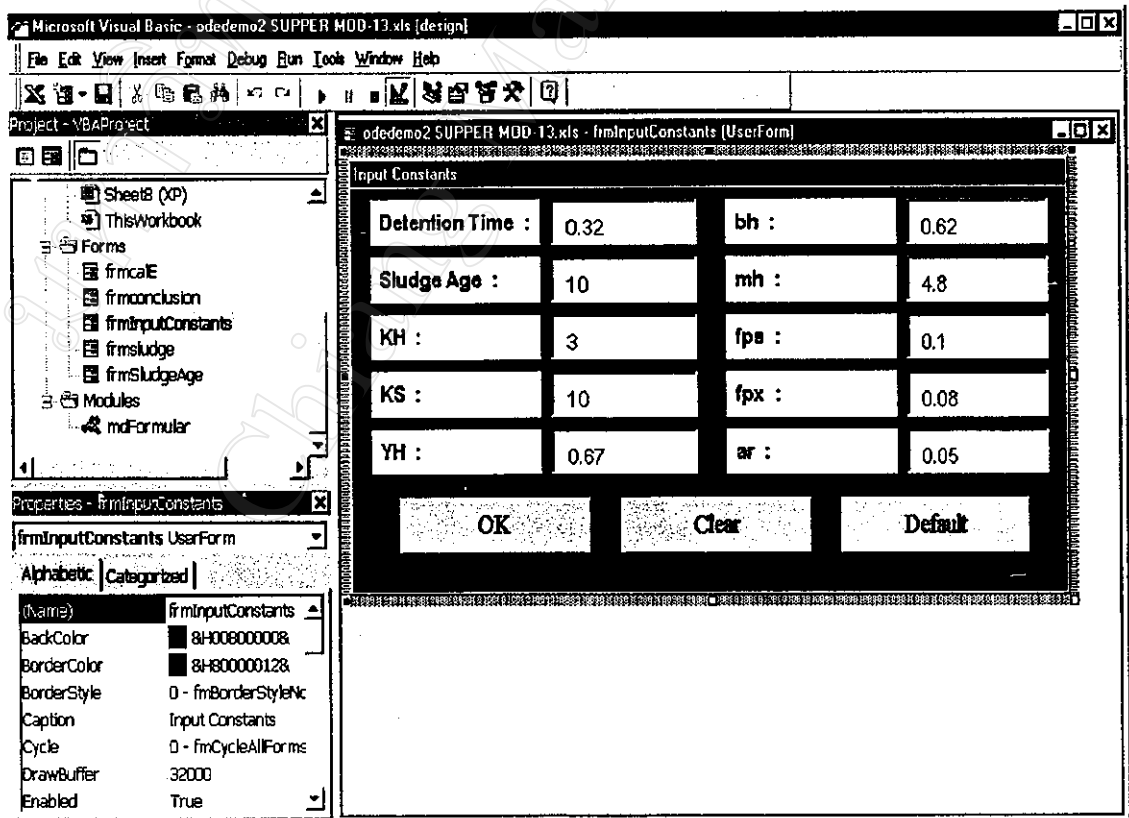
$$XP = (FPX_1 * BH_1 * y2) - (y4 / OX_1)$$

End Function

Function SP (AR_1 As Double, MH_1 As Double, y1 As Double, KS_1 As Double, y2 As Double, y5 As Double, OH_1 As Double, FPS_1 As Double, KH_1 As Double, y3 As Double) As Double

$$SP = (AR_1 * MH_1 * (y1 / (KS_1 + y1)) * y2) - (y5 / OH_1) + (FPS_1 * KH_1 * y3)$$

End Function



รูป ข.2 โปรแกรมเสริมในส่วนของการนำเสนองานและรับค่าคงที่

โปรแกรมคำนวณค่าส่งในรูปแบบรับค่าคงที่

Private Sub cmdClear_Click()

txtoh.Text = ""

txtox.Text = ""

txtYH.Text = ""

txtKH.Text = ""

txtbh.Text = ""

txtmh.Text = ""

txtfps.Text = ""

txtKS.Text = ""

txtfpx.Text = ""

txtar.Text = ""

End Sub

Private Sub cmdDefault_Click()

txtoh.Text = "0.32"

txtox.Text = "5"

txtYH.Text = "0.67"

txtKH.Text = "3"

txtbh.Text = "0.62"

txtmh.Text = "4.8"

txtfps.Text = "0.1"

txtKS.Text = "10"

txtfpx.Text = "0.08"

txtar.Text = "0.05"

End Sub

Private Sub cmdOK_Click()

mdFormular.ReturnValue

Sheet1.lstConstants.Clear

Sheet1.lstConstants.AddItem "Detention Time (oh) = " & frmInputConstants.txtoh.Text

```

Sheet1.lstConstants.AddItem "Sludge Age (ox) = " & frmInputConstants.txtox.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "Kh = " & frmInputConstants.txtKH.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "bh = " & frmInputConstants.txtbh.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "mh = " & frmInputConstants.txtmh.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "Yh = " & frmInputConstants.txtYH.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "Ks = " & frmInputConstants.txtKS.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "ar = " & frmInputConstants.txtar.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "fps = " & frmInputConstants.txtfps.Text
Sheet1.lstConstants.AddItem "fpx = " & frmInputConstants.txtfpx.Text
Sheet1.lblOH.Caption = frmInputConstants.txtoh.Text
Sheet1.lblOX.Caption = frmInputConstants.txtox.Text
Sheet1.CommandButton1 = True
frmInputConstants.Hide
End Sub

Private Sub txtar_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        cmdOK.SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub txtbh_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        txtmh.SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub txtfps_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then

```

```

    KeyAscii = 0
    txtfpx.SetFocus
End If
End Sub

```

```

Private Sub txtfpx_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        txtar.SetFocus
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txtKH_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        txtKS.SetFocus
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txtKS_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        txtYH.SetFocus
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txtmh_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        txtfps.SetFocus
    End If

```

End Sub

Private Sub txtoh_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

 If KeyAscii = 13 Then

 KeyAscii = 0

 txtotx.SetFocus

 End If

End Sub

Private Sub txtotx_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

 If KeyAscii = 13 Then

 KeyAscii = 0

 txtKH.SetFocus

 End If

End Sub

Private Sub txtYH_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

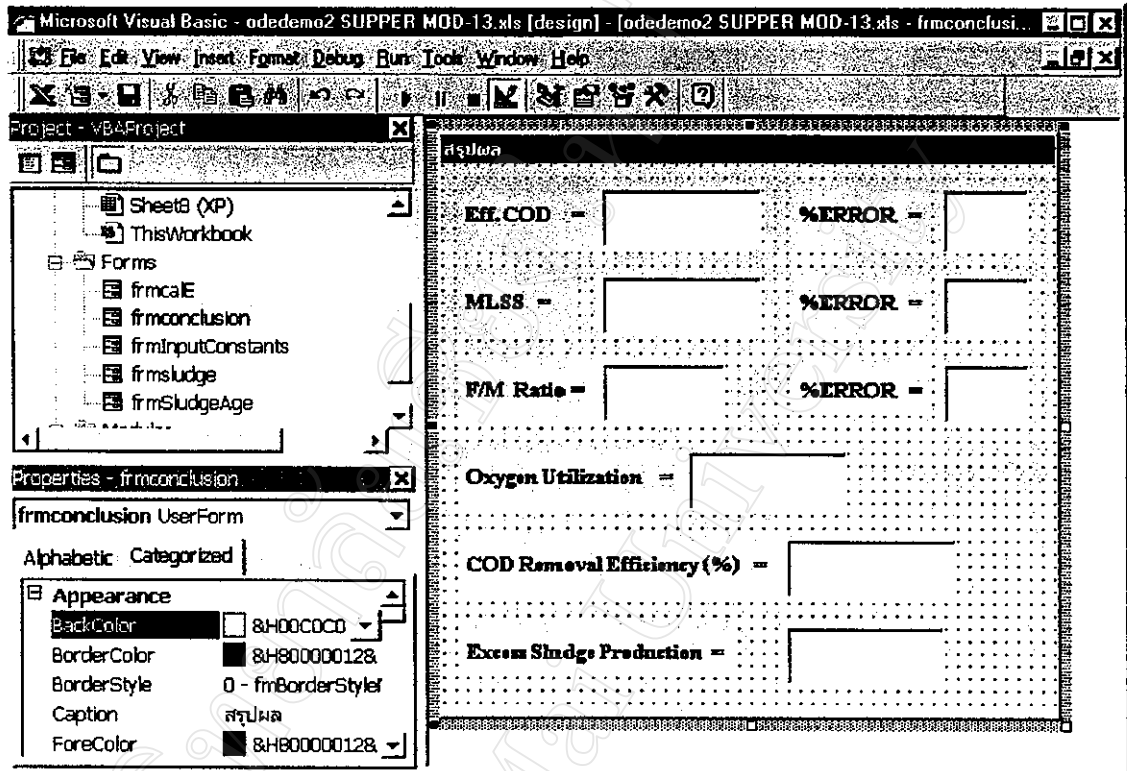
 If KeyAscii = 13 Then

 KeyAscii = 0

 txtbh.SetFocus

 End If

End Sub



รูป ข.3 โปรแกรมเสริมในส่วนของรูปแบบการนำเสนอผลเฉลยและสรุปผลจากการคำนวณ

โปรแกรมในส่วนของรูปแบบสรุปผล

Option Explicit

Private Sub UserForm_Activate()

Dim A As Double

Dim B As Double

Dim C As Double

Dim D As Double

Dim E As Double

Dim F As Double

Dim G As Double

Dim H As Double

Dim I As Double

Dim J As Double

Dim P As Double

Dim k As Double

Dim L As Double

Dim m As Double

Dim n As Double

Dim o As Double

Dim Q As Double

Dim OU As Double

Dim s As Double

Dim R As Double

Dim T As Double

Dim U As Double

Dim V As Double

Dim W As Double

Dim X As Double

Dim Y As Double

Dim Z As Double

'Input data

Sheet1.OH = Val(Sheet1.lblOH.Caption)

Sheet1.OX = Val(Sheet1.lblOX.Caption)

Range("C10000").Select

A = ActiveCell.Value

Range("E10000").Select

B = ActiveCell.Value

Range("A3").Select

C = ActiveCell.Value

D = Sheet1.OH / Sheet1.OX

Range("A7").Select

U = ActiveCell.Value
Range("D10000").Select

F = ActiveCell.Value
Range("F10000").Select

G = ActiveCell.Value
Range("A5").Select

Q = ActiveCell.Value
Range("C3").Select

n = ActiveCell.Value
Range("E3").Select

o = ActiveCell.Value
Range("A9").Select

R = ActiveCell.Value
Range("A11").Select

W = ActiveCell.Value
Range("A13").Select

Y = ActiveCell.Value
Range("A15").Select

Z = ActiveCell.Value

'CALCULATION

$$E = A + (D * B) + (Y * C / 100)$$

txteffcod.Text = Format(E, "0.00")

$$H = (F + B + G + (C * Z / D)) / 0.7$$

txtMLSS.Text = Format(H, "0.00")

$$I = (Q * C) / (\text{Val}(\text{txtMLSS.Text}) * 1936)$$

txtFM.Text = Format(I, "0.000")

$$J = ((C - \text{Val}(\text{txteffcod.Text})) * 100) / C$$

txtcodremove.Text = Int(J)

$$P = ((Q * (n + o - E) * 0.66 * (1 + (0.11 * 0.24 * \text{Sheet1.OX}))) + (Q * 0.102 * m * C)) / 800$$

```

txtesp.Text = Format(P, "0.00")
OU = (Q * (n + o - E) * (1 - (0.6 * (1 + (0.15 * 0.2 * Sheet1.OX)))))) / 1000
txtOU.Text = Format(OU, "0.00")
T = Abs((R - H) / R) * 100
txtEM.Text = Format(T, "0.00")
V = Abs((U - I) / U) * 100
txtEF.Text = Format(V, "0.00")
X = (E - W) * 100 / C
txtEC.Text = Format(X, "0.00")
End Sub

```

ภาคผนวก ค

การหาผลเฉลยของแบบจำลองในสถานะที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ค.1 การหาผลเฉลยของแบบจำลองในสถานะที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแอคติเวทเตดสแต็คจ์ ที่อยู่บนพื้นฐานของแนวความคิด Death-Regeneration ในส่วนของการกำจัดคาร์บอนและสมมติให้อยู่ในสถานะที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถสรุปออกได้ดังต่อไปนี้

$$\hat{\mu}_H \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H - b'_H X_H - \frac{1}{\theta_x} X_H = 0 \quad (\text{ค.1})$$

$$\frac{S_{SI}}{\theta_h} - \frac{S_s}{\theta_h} - \frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H + (1 - f_{PS}) K_h X_s = 0 \quad (\text{ค.2})$$

$$\frac{X_{SI}}{\theta_h} - \frac{X_s}{\theta_x} + (1 - f_{PX}) b'_H X_H - K_h X_s = 0 \quad (\text{ค.3})$$

$$f_{PX} b'_H X_H - \frac{X_p}{\theta_x} = 0 \quad (\text{ค.4})$$

$$\alpha_R \hat{\mu}_H \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H + f_{PS} K_h X_s - \frac{S_p}{\theta_h} = 0 \quad (\text{ค.5})$$

จากสมการ ค.1 นำค่า X_H หาค่าตลอด

$$\hat{\mu}_H \frac{S_s}{K_s + S_s} - b'_H - \frac{1}{\theta_x} = 0 \quad (\text{ค.6})$$

จัดรูปใหม่จะได้

$$S_s = \frac{K_s (1 + b'_H \theta_x)}{\hat{\mu}_H \theta_x - (1 + b'_H \theta_x)} \quad (\text{ค.7})$$

พิจารณาสมการ ค.2 และ ค.3 นำ θ_h คูณตลอด

$$-\frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H \theta_h + (1 - f_{PS}) K_h X_s \theta_h = S_s - S_{SI} \quad (\text{ค.8})$$

$$(1 - f_{PS}) b'_H X_H \theta_h - K_h X_s \theta_h - \frac{X_s \theta_h}{\theta_x} = -X_{SI} \quad (\text{ค.9})$$

จากสมการ ค.8 จัดรูปเป็น

$$X_h \theta_h (1 - f_{PS}) b'_H - X_S \theta_h \left[K_h + \frac{1}{\theta_h} \right] = -X_{SI} \quad (\text{ค.10})$$

$$X_H \theta_h = \left[\frac{X_S \theta_h \left(K_h + \frac{1}{\theta_h} \right) - X_{SI}}{b'_H (1 - f_{PS})} \right] \quad (\text{ค.11})$$

นำสมการ ค.11 แทนในสมการ ค.8

$$\frac{-\frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_S}{K_S + S_S} X_S \theta_h \left(K_h + \frac{1}{\theta_h} \right) + \frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_S}{K_S + S_S} X_{SI}}{b'_H (1 - f_{PS})} + (1 - f_{PS}) K_h X_S \theta_h = S_S - S_{SI} \quad (\text{ค.12})$$

จัดรูปเป็น

$$X_S \theta_h = \frac{(S_S - S_{SI}) b'_H (1 - f_{PS}) - \frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_S}{K_S + S_S} X_{SI}}{(1 - f_{PS})^2 K_h b'_H - \frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S_S}{K_S + S_S} \left(K_h + \frac{1}{\theta_h} \right)} \quad (\text{ค.13})$$

นำค่าคงที่ต่างๆ ที่ตั้งไว้ แทนเข้าไปในสมการ ค.2 - ค.5 โดยค่าคงที่และสภาวะสมมติอ้างอิงมาจาก *Modelling of Activated Sludge Systems*. (Orhon and Artan, 1994.) แทนค่าในสมการ ค.13 จะได้ค่า $X_S \theta_h$ และ นำค่าที่ได้แทนในสมการ ค.11 จะได้ค่า $X_H \theta_h$ จากนั้นนำค่า $X_H \theta_h$ แทนในสมการ ค.4 และ ค.5 ก็จะได้ค่า $X_P \theta_h$ และ S_P ตามลำดับ

$\hat{\mu}_H$	=	3 day ⁻¹	Y_H	=	0.67
K_S	=	20 mg / l COD	b'_H	=	0.62 day ⁻¹
K_n	=	50 day ⁻¹	f_{EX}	=	0.08
α_R	=	0.05	f_{PS}	=	0.1

ภาคผนวก ง

รูกเก-กุตตา อดดับที่สี่และห้า

3.1 Runge – Kutta Method

ทฤษฎีนี้พื้นฐานมาจาก Euler Method และ Heun's Method ซึ่งใช้ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ที่มีลักษณะ คือ $y(x+h) = y(x) + hf + \frac{h^2}{2}f' + \frac{h^3}{6}f'' + \dots$ สามารถใช้กำลังตั้งแต่กำลังสามขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้ h จนถึงกำลังสี่ จะถูกเรียกว่า Forth Order ดังที่แสดง Runge – Kutta Method

Algorithm Runge-Kutta(f, x_0, y_0, h, N) อัลกอริทึมนี้ คำนวณผลลัพธ์ของสมการเชิงอนุพันธ์ $y' = f(x, y)$ เริ่มที่ $y(x_0) = y_0$ โดยแกน x แบ่งเป็นระยะเท่าๆ กัน (h) เริ่มจาก x_0 จนถึง x_N ดังนี้ $(x_0, x_1) = x_0 + h, x_1 = x_0 + 2h, \dots, x_N = x_0 + Nh$ ฟังก์ชันในปัญหานี้จะต้องมีผลลัพธ์เพียงคำตอบเดียวในช่วง (x_0, x_N)

INPUT : ค่าเริ่มต้น x_0, y_0 , step size h , จำนวนของ step N

OUTPUT : ค่าโดยประมาณ $y(n+1)$ ของผลลัพธ์ $y(x_{n+1})$

$$x_{n+1} = x_0 + (n+1)h, \text{ เมื่อ } n = 0, 1, \dots, N-1$$

For $n = 0, 1, \dots, N-1$ do;

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$k_2 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_3)$$

$$x_{n+1} = x_n + h$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

OUTPUT x_{n+1}, y_{n+1}

End

Stop

End RUNGE – KUTTA

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสมพล สุขพร้อม

วัน เดือน ปี เกิด 8 มีนาคม 2519

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาดอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
ปีการศึกษา 2535
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2539