

รายการอ้างอิง

- (1) Halwagi, M. Pollution Prevention through Process Integration: Systematic Design Tools. San Diego, CA: Academic Press, 1997.
- (2) Hallale, N., and Fraser, D. M. Capital cost targets for mass exchange networks A special case: water minimisation. Chemical engineering science 53 (1997): 293-313.
- (3) Yang, Y. H., Lou, H. H, and Huang, Y. H. Synthesis of an optimal wastewater reuse network. Waste management 20 (1999): 311-319.
- (4) Hallale, N., and Fraser, D. M. Capital and total cost targets for mass exchange networks. Part 1: Simple capital cost models. Computers and Chemical Engineering 23 (2000): 1661-1679.
- (5) Hallale, N., and Fraser, D. M. Capital and total cost targets for mass exchange networks. Part 2: Detailed capital cost models. Computers and Chemical Engineering 23 (2000): 1681-1699.
- (6) Anthony Garrard, and Fraga, E. S. Mass exchange network synthesis using genetic algorithms. Computers and Chemical Engineering 22 (1997): 1837-1850.
- (7) Chen, C. L., and Hung, P. S. Simultaneous synthesis of mass exchange networks for waste minimization. Computers and Chemical Engineering 29 (2005): 1561-1576.
- (8) Al-Redhwan, S. A., Crittenden, and B. D., Lababidi, H. M. S. Wastewater minimization under uncertain operational condition. Computers and Chemical Engineering 29 (2004): 1009-1021.

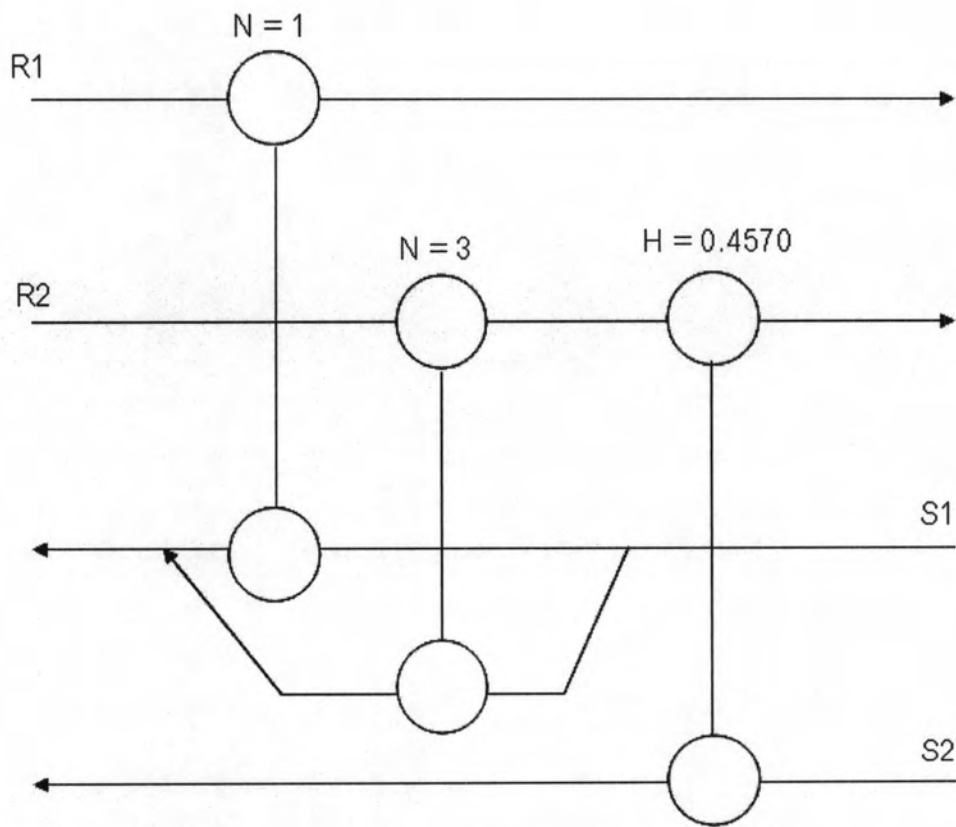
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่ไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน

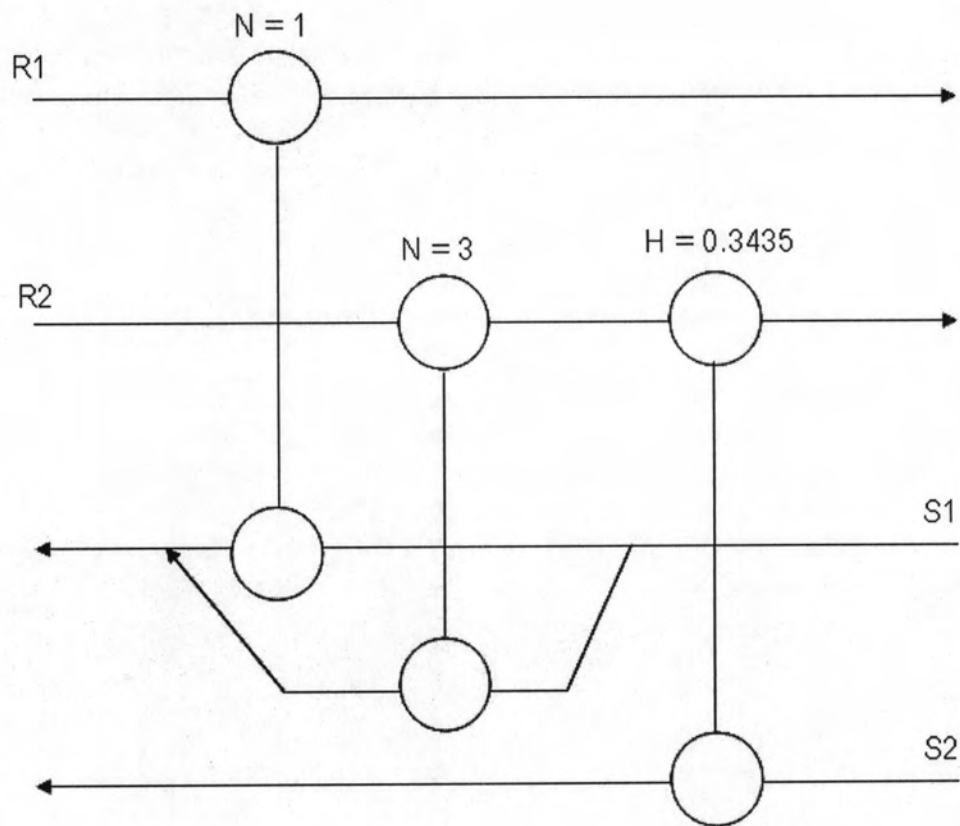
ก.1 กระบวนการนำกลับไอออนทองแดง (Copper recovery in an etching plant)

ก.1.1 รายงานแลกเปลี่ยนมวลที่เสนอโดย Chen et. Al (2005)



รูปที่ ก-1 รายงานแลกเปลี่ยนมวลที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของสถานะการดำเนินงานที่เสนอ โดย Chen et al (2005)

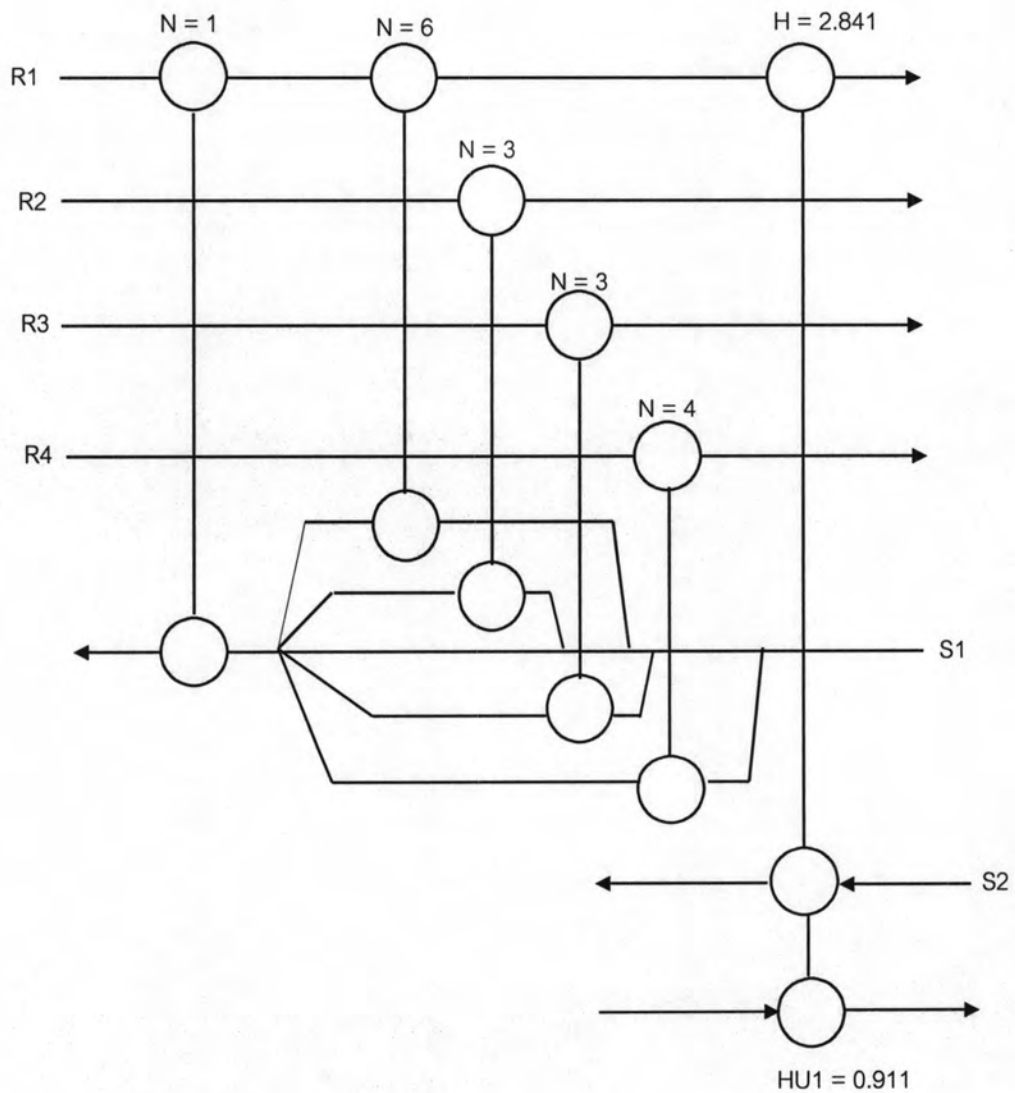
ก.1.2 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่อพติไมซ์ได้ในงานวิจัยนี้



รูปที่ ก-2 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานที่
คำนวณได้จากงานวิจัยนี้

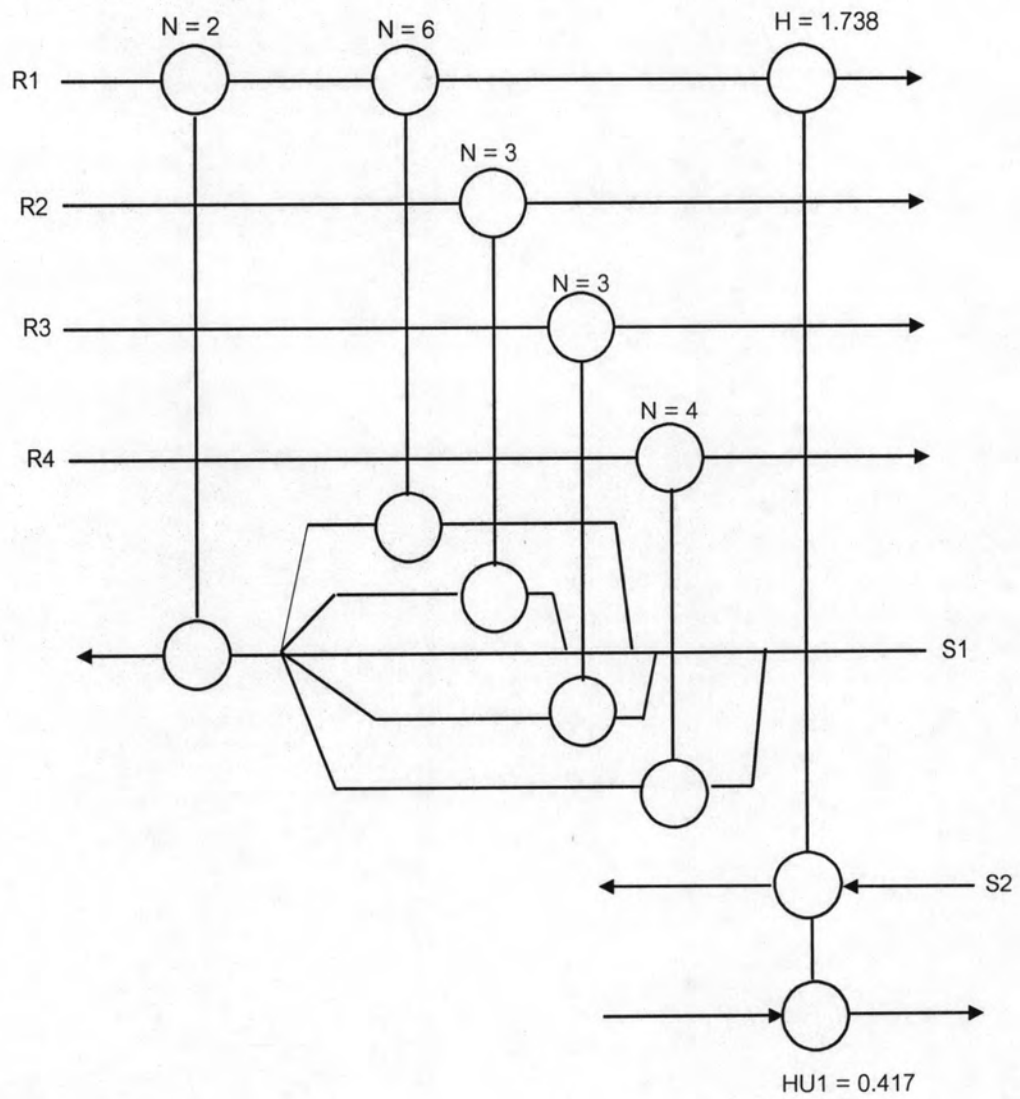
ก.2 การกำจัดและนำกลับฟีนอลจากน้ำเสียของกระบวนการเผาถ่านหิน
(Removal/recovery of phenols from aqueous waste streams of a coal conversion plant)

ก.2.1 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่เสนอโดย Chen et. al (2005)



รูปที่ ก-3 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานที่เสนอ
โดย Chen et al (2005)

ก.2.2 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่อพติไมซ์ได้ในงานวิจัยนี้



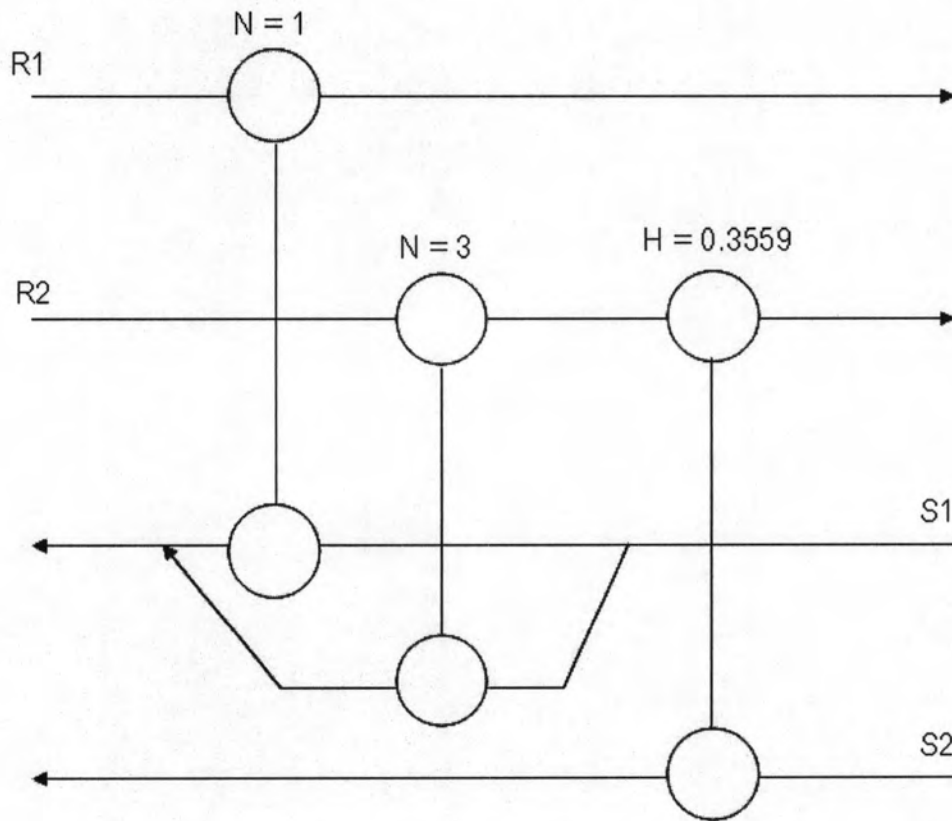
รูปที่ ก-4 ข่ายงานแลกเปลี่ยนมวลที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานที่คำนวณได้จากงานวิจัยนี้

ภาคผนวก ข

รายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่สังเคราะห์ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของ
สภาวะการดำเนินงาน

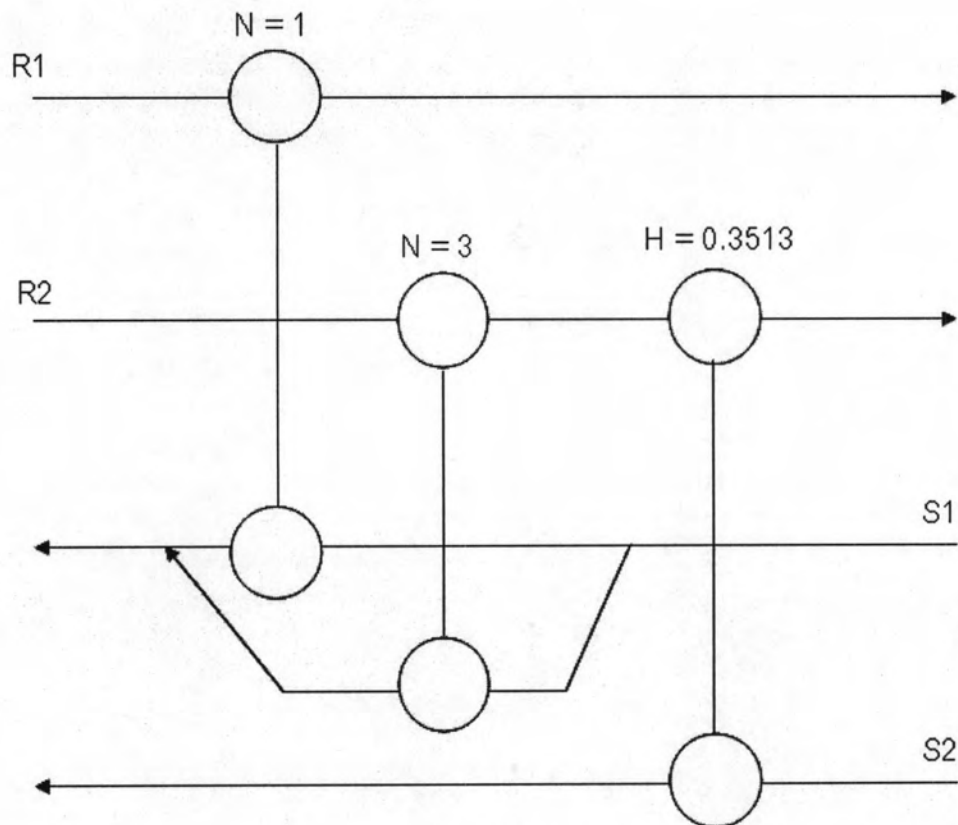
ข.1 กระบวนการนำกลับไอออนทองแดง (Copper recovery in an etching plant)

ข.1.1 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสายสารละลายแอมโมเนีย (0.13-0.26)



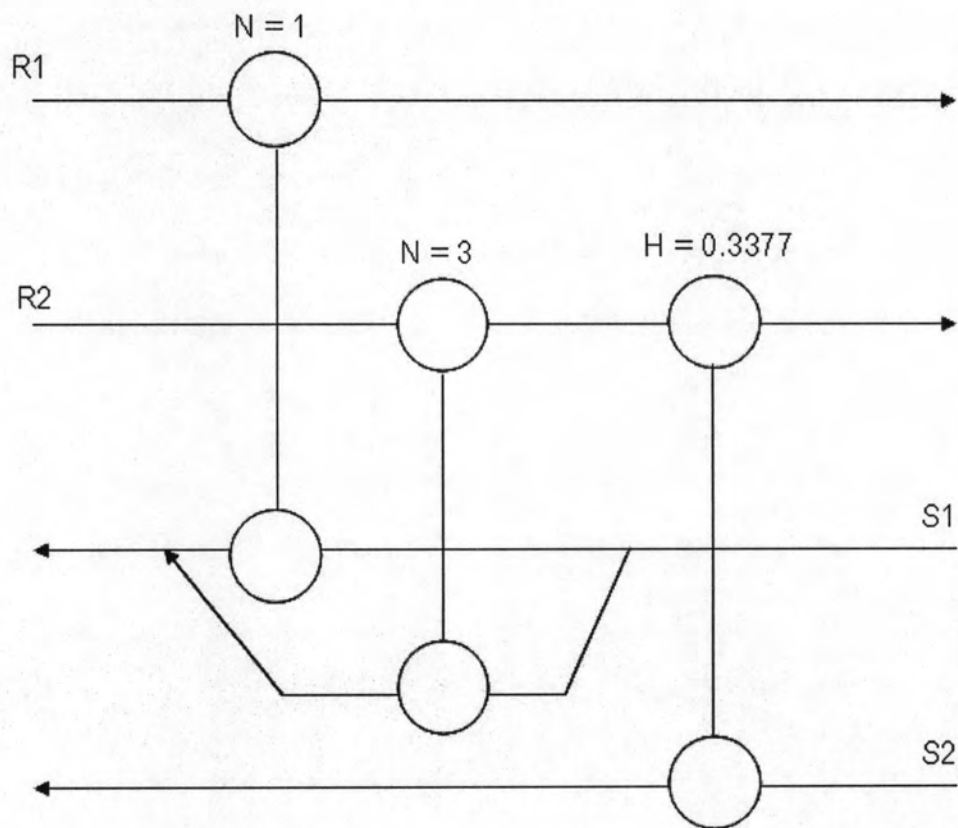
รูปที่ ข.1 รายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของ
สัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสายสารละลายแอมโมเนียเท่ากับ 0.13-0.26

ข.1.2 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสายน้ำล่าง (0.06-0.12)



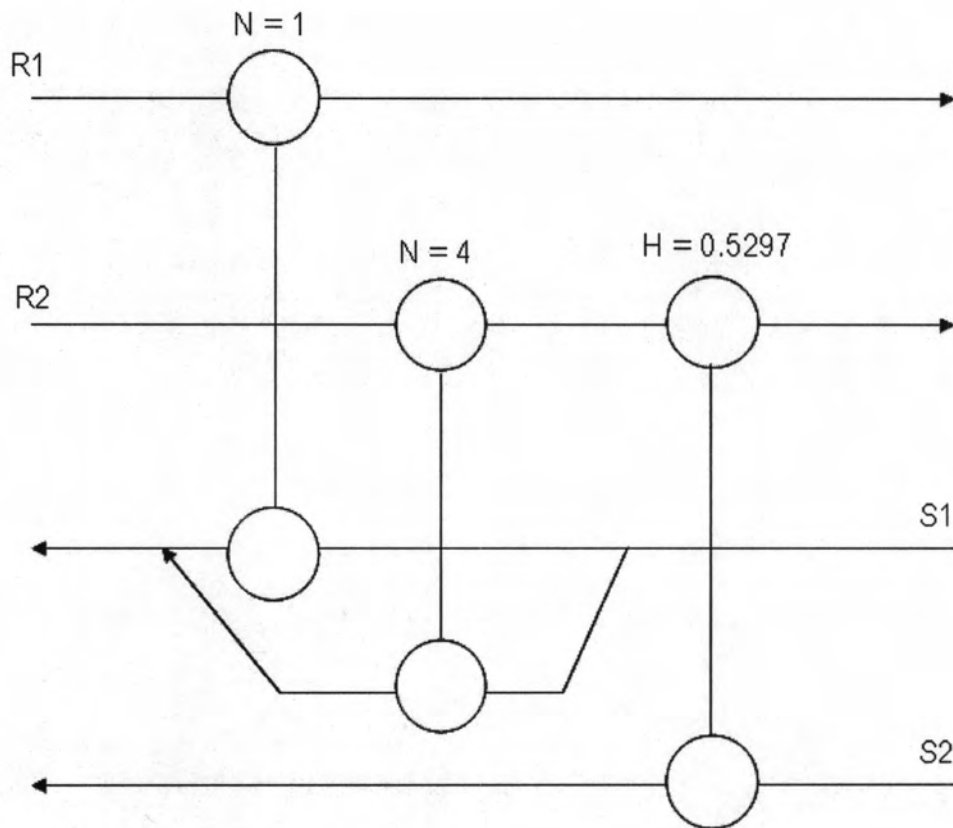
รูปที่ ข.2 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสายน้ำล่างเท่ากับ 0.06-0.12

ข.1.3 ความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายสารละลายแอมโมเนีย (0.25-0.50 kg/s)



รูปที่ ข.3 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายสารละลายแอมโมเนียเท่ากับ 0.25-0.50 kg/s

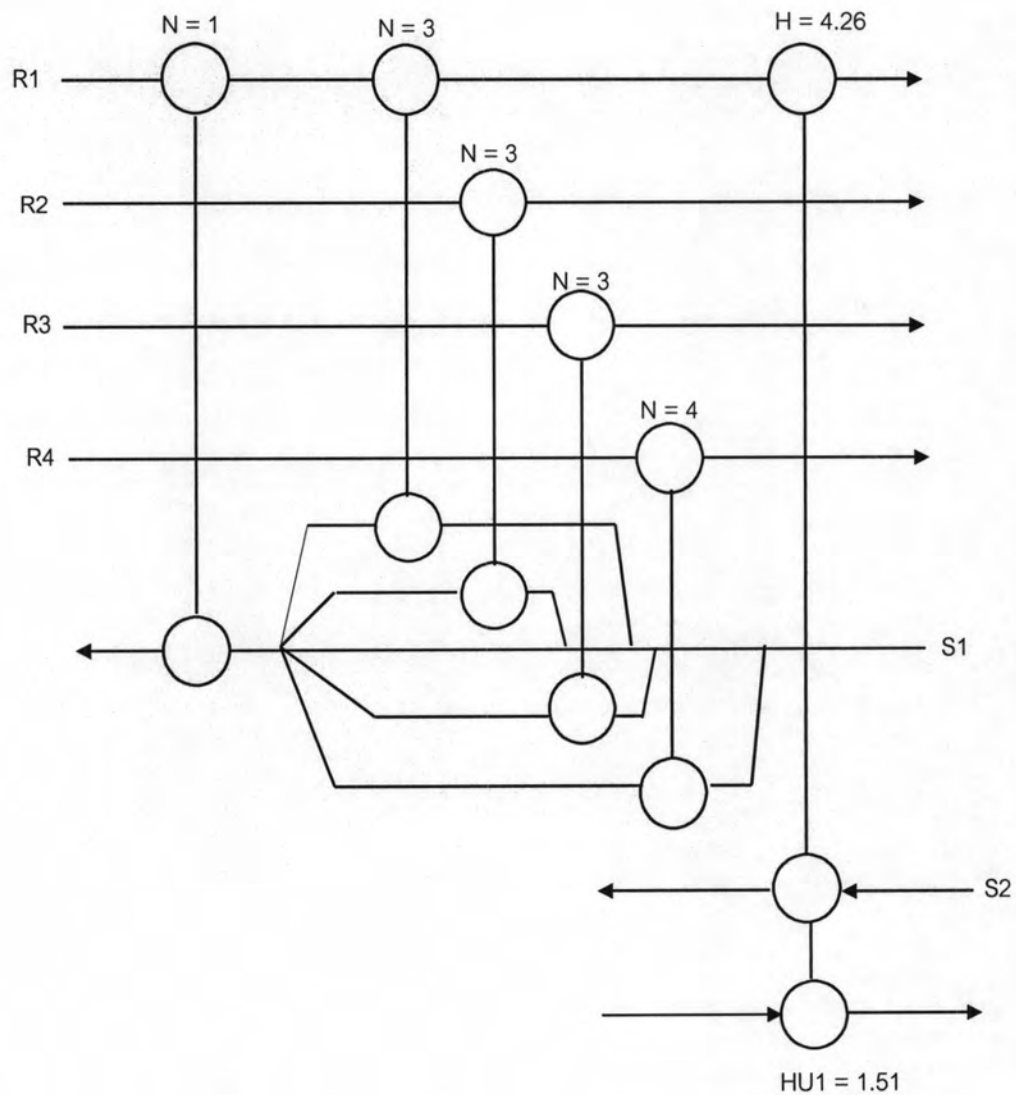
ข.1.3 ความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายน้ำล้าง (0.10-0.20 kg/s)



รูปที่ ข.4 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายน้ำล้างเท่ากับ 0.10-0.20 kg/s

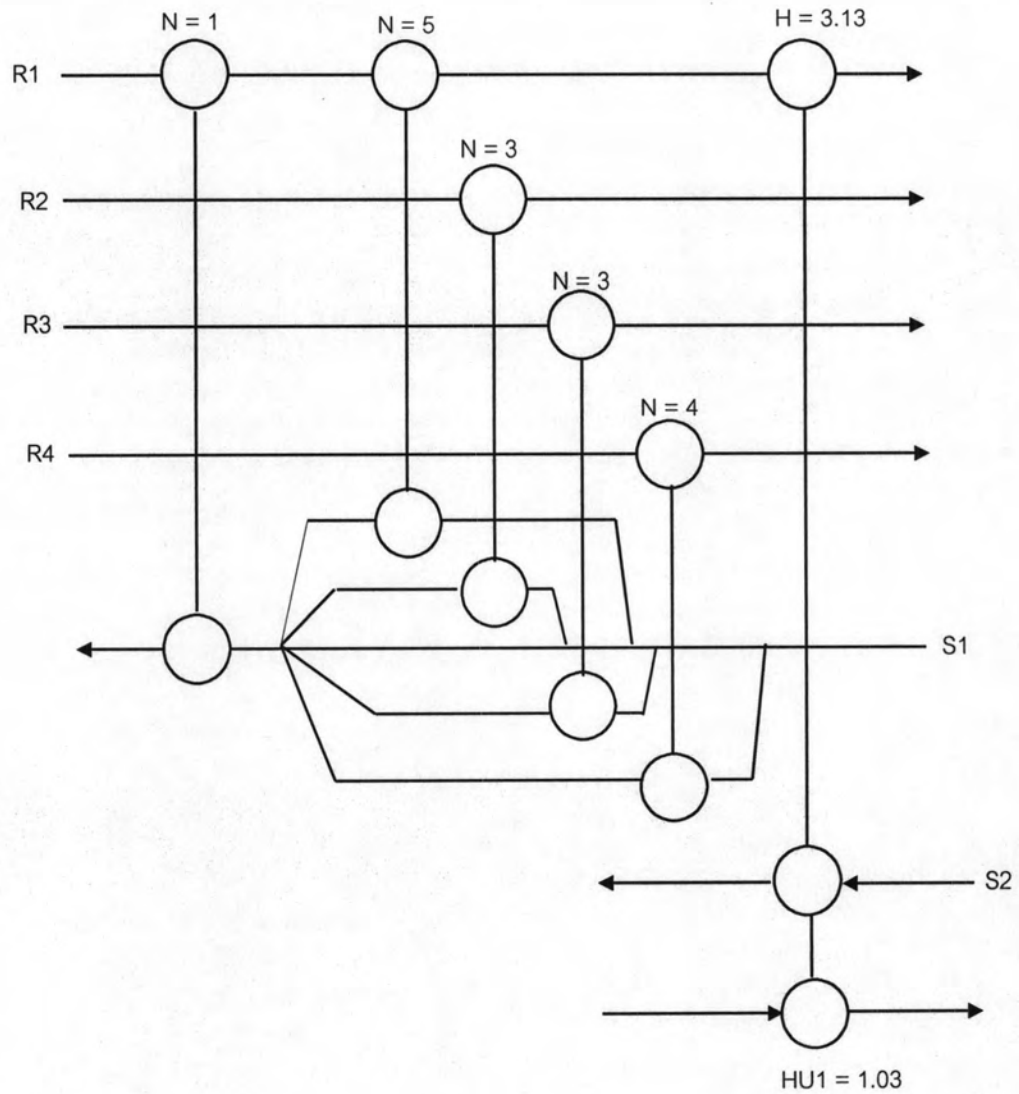
ข.2 กระบวนการนำกลับและกำจัดฟีนอลจากน้ำเสียของกระบวนการแปลงสภาพถ่านหิน
(Removal/recovery of phenols from aqueous waste streams of a coal conversion plant)

ข.2.1 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสาย R2 (0.08 – 0.14)



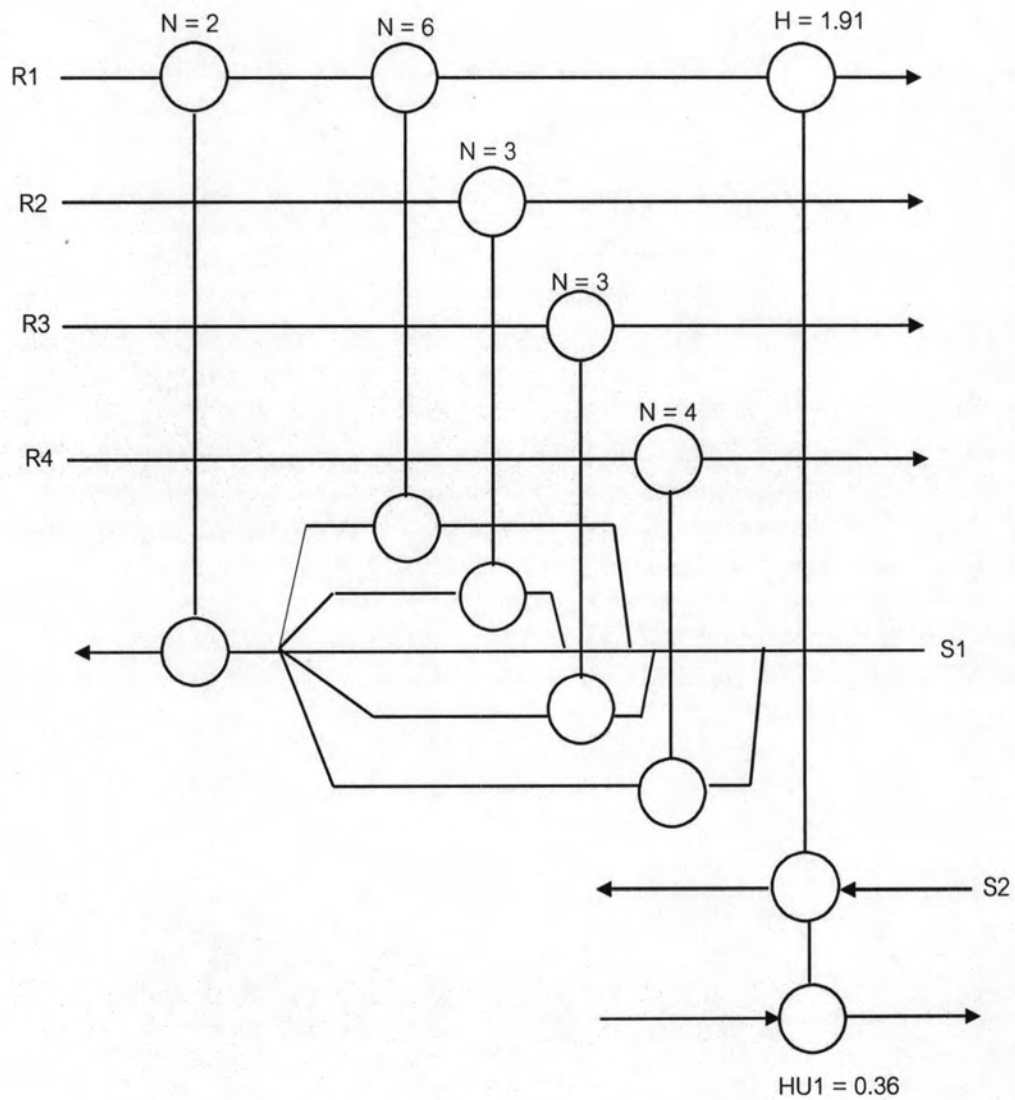
รูปที่ ข.5 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของ
สัดส่วนโดยมวลของฟีนอลที่ทางเข้าของสาย R2 เท่ากับ 0.08 - 0.14

ข.2.2 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสาย R3 (0.02 – 0.04)



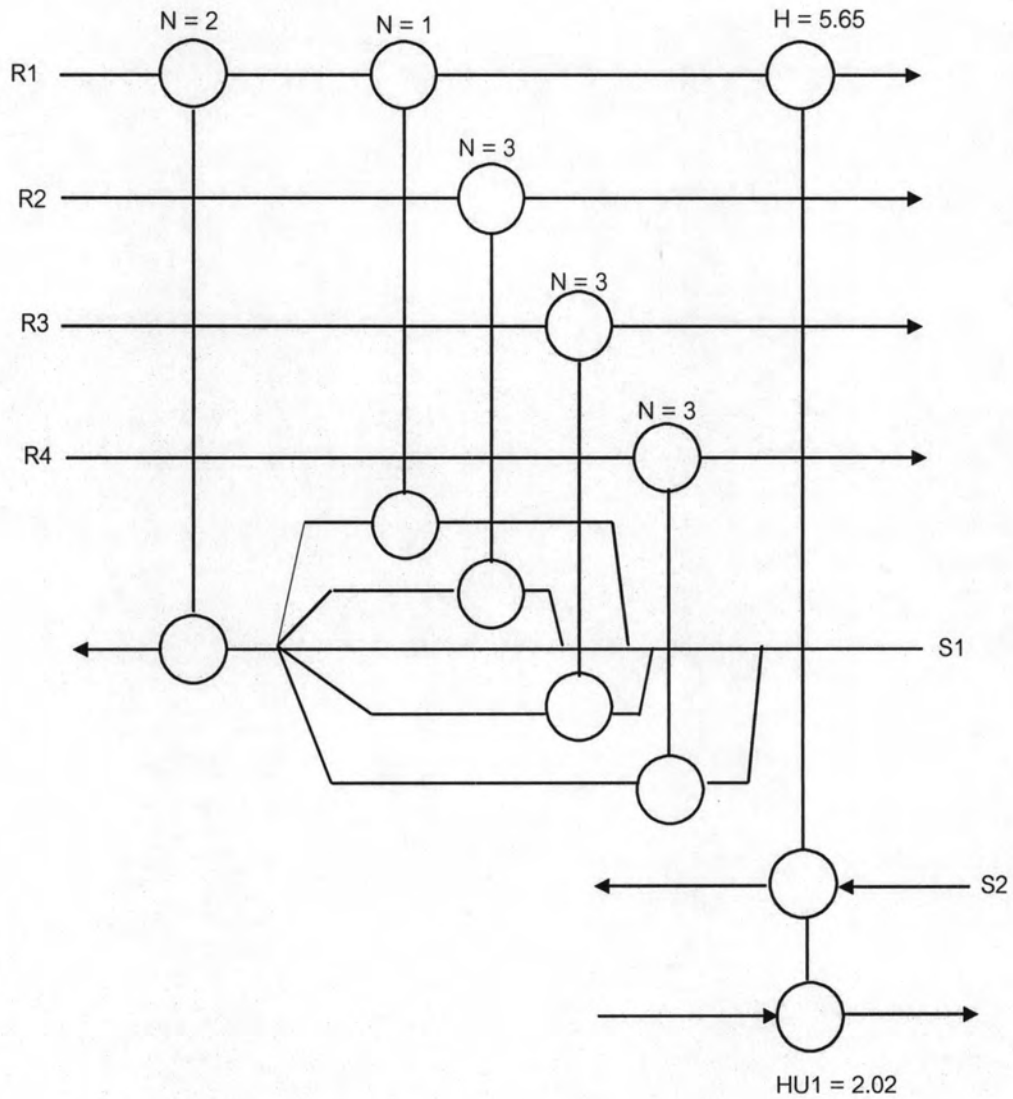
รูปที่ ข.6 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของสัดส่วนโดยมวลของฟีดที่ทางเข้าของสาย R3 เท่ากับ 0.02 - 0.04

ข.2.3 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสาย R4 (0.03 – 0.06)



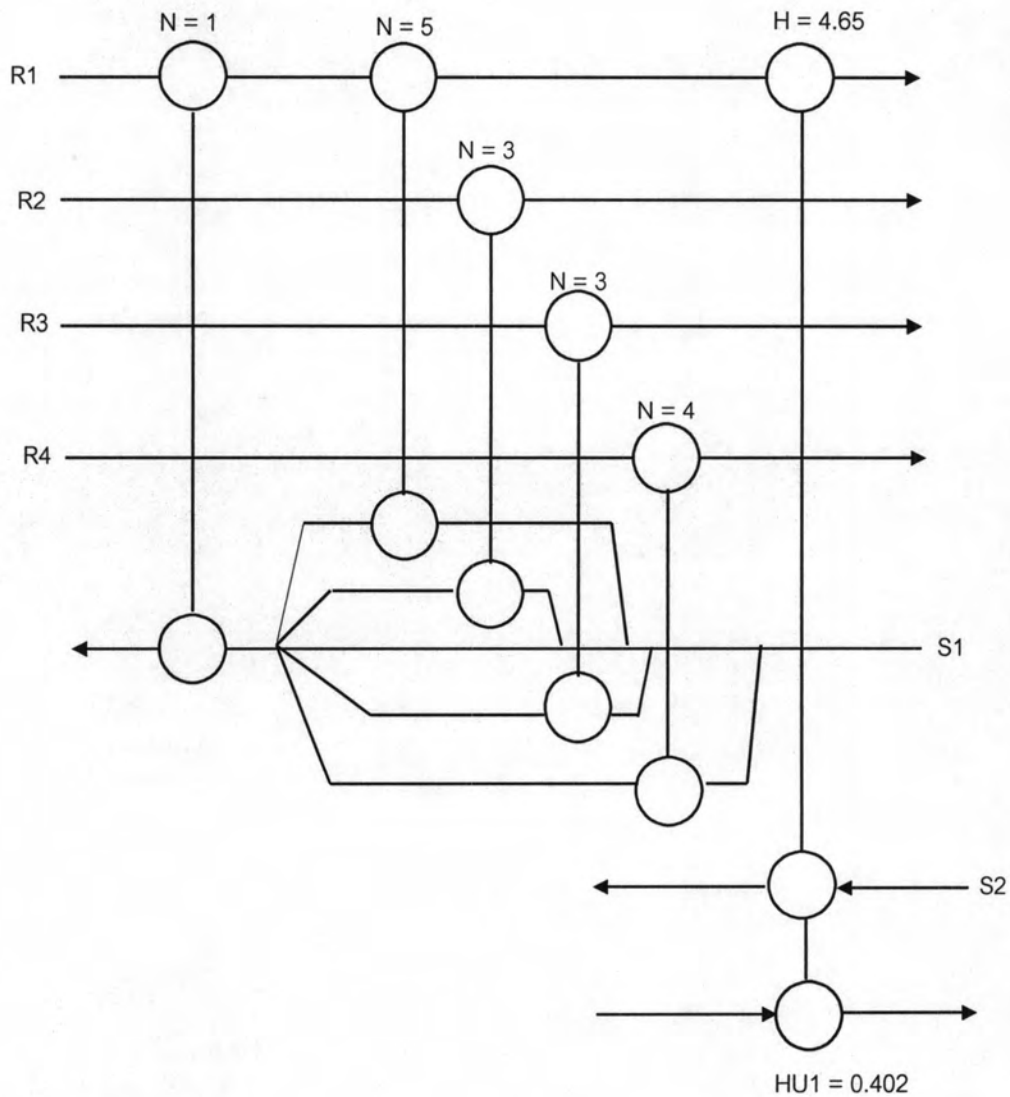
รูปที่ ข.7 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของสัดส่วนโดยมวลของฟีนอลที่ทางเข้าของสาย R4 เท่ากับ 0.02-0.04

ข.2.4 ความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R1 (3.36 – 4.40 kg/s)



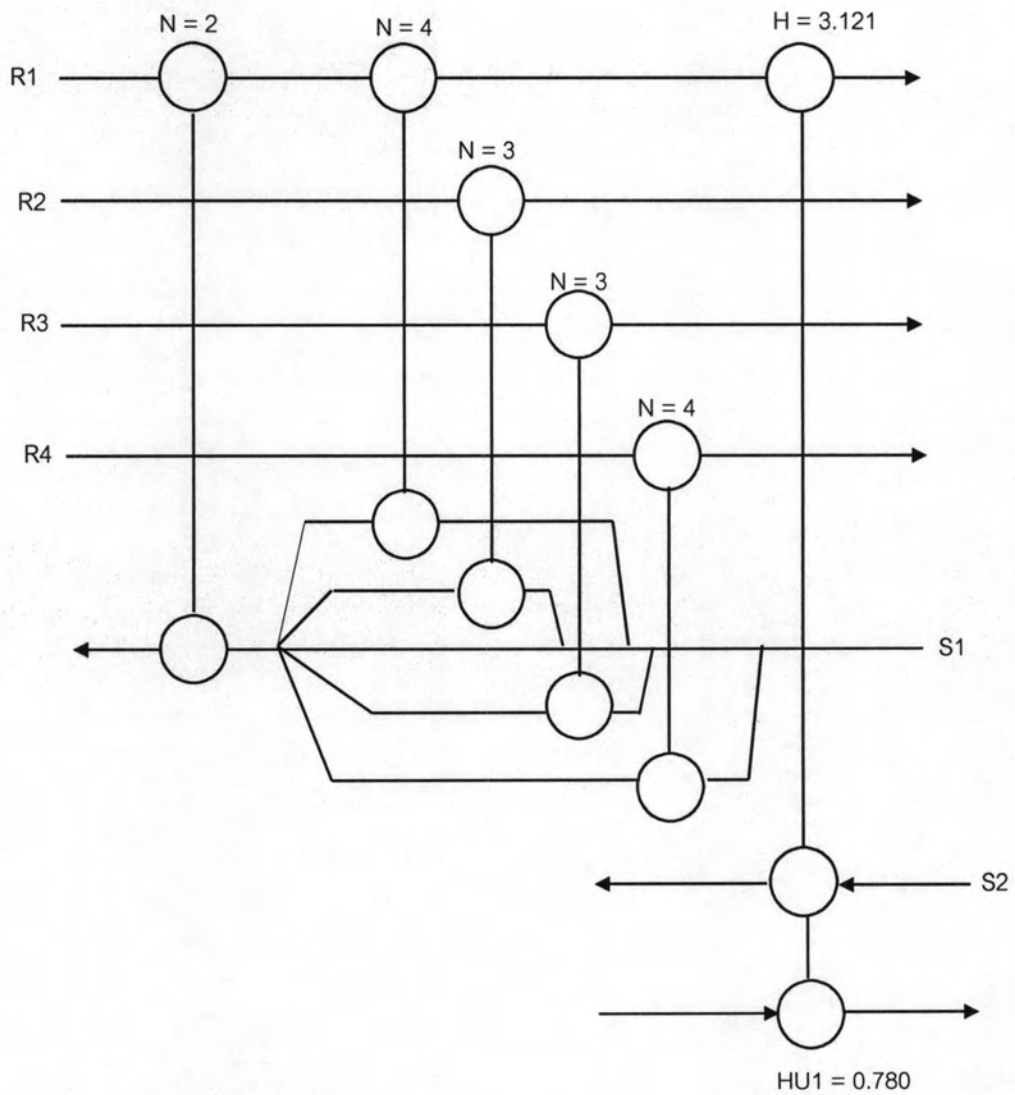
รูปที่ ข.8 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R1 เท่ากับ 3.36 – 4.40 kg/s

ข.2.5 ความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R2 (0.70 – 1.20 kg/s)



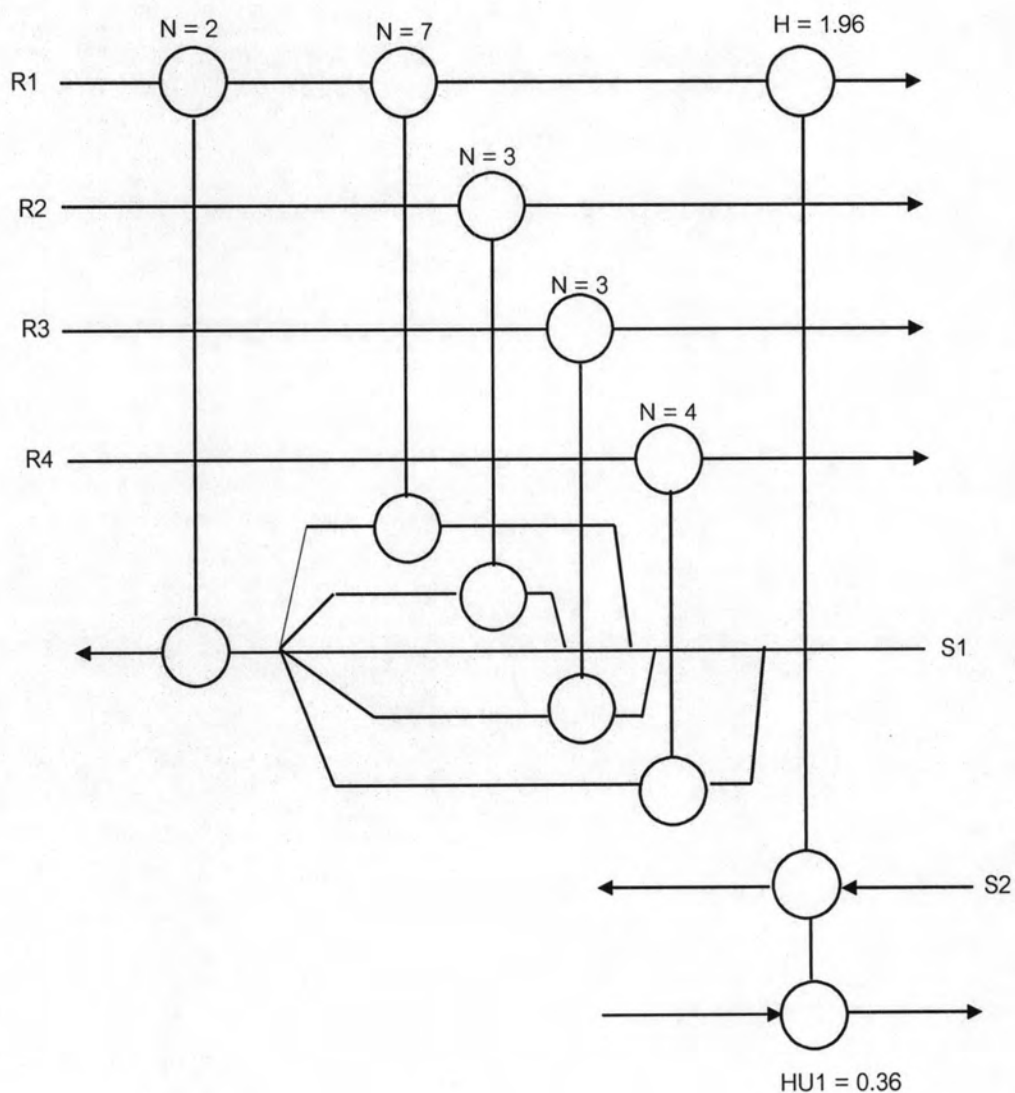
รูปที่ ข.9 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R2 เท่ากับ 0.70 - 0.12 kg/s

ข.2.6 ความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R3 (1.40 – 2.60 kg/s)



รูปที่ ข.10 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R3 เท่ากับ 1.40 – 2.60 kg/s

ข.2.8 ความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสาย R4 (0.20 – 0.40 kg/s)



รูปที่ ข.11 ข่ายงานการแลกเปลี่ยนมวลที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดที่สามารถรองรับความแปรปรวนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสาย R4 เท่ากับ 0.20 - 0.40 kg/s

ภาคผนวก ค

ผลการคำนวณจากโปรแกรมหาค่าตอบ (DE)

ค.1 กระบวนการนำกลับไอออนทองแดง (Copper recovery in an etching plant)

ค.1.1 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงาน

```
Best objective function : 51690.421004452480702
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.276623068384727
1, 0.022846171822750
2, 131.324029329315124
3, 0.134171902453320
4, 0.047421587583354
5, 0.219719778361140
6, 0.168892091861127
7, 0.127400396696908
8, 0.070964598550006
9, 0.195258034597883
10, 0.02000000000000003
11, 0.283404350693695
12, 0.211410846888214
13, 0.201522810988925
14, 0.291217016308631
15, 0.260268694198577
16, 0.200808167288237
17, 0.266317841668352
18, 0.225124596468723
```

รูปที่ ค.1 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน

ค 1.2 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงาน
 ค1.2.1 โครงสร้างที่เหมาะสมภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้า
 ของสายสารละลายแอมโมเนีย (0.13-0.26)

```
Best objective function : 61717.706194173741096
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.449983945479214
1, 0.028893786253768
2, 0.264887064972444
3, 0.024682776890519
```

รูปที่ ค.2 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.15

```
Best objective function : 62625.841222780254611
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.526164586784674
1, 0.023835080490609
2, 0.325416743697205
3, 0.024528903644021
```

รูปที่ ค.3 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.17

```
Best objective function : 73628.158168482477777
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.713659838895248
1, 0.023835207862774
2, 0.419876473418107
3, 0.024528927846006
```

รูปที่ ค.4 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.20

```
Best objective function : 80962.898413466129568
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.838656764200114
1, 0.023835102112060
2, 0.517117283957107
3, 0.024528907752312
```

รูปที่ ค.5 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.22

```

Best objective function : 88297.810807613946963
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.963653646505226
1, 0.023835229330958
2, 0.512787975491612
3, 0.024528931602740

```

รูปที่ ค.6 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.24

```

Best objective function : 95632.608408975123893
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 1.088650464216411
1, 0.023835208324860
2, 0.512225149422070
3, 0.024528927933807

```

รูปที่ ค.7 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.26

ค1.2.2 โครงสร้างที่เหมาะสมภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของสัดส่วนโดยมวลที่ทางเข้าของสายน้ำล่าง (0.06-0.12)

```

Best objective function : 53569.893819457560312
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.301370925841398
1, 0.023412552356033
2, 0.257959422922857
3, 0.024448619073170

```

รูปที่ ค.8 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.07

```

Best objective function : 55036.863396448883577
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.326370288650355
1, 0.023412561638712
2, 0.239130924877632
3, 0.024448620836972

```

รูปที่ ค.9 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.08

```

Best objective function : 56503.833089691695932
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.351369659480907
1, 0.023412570449146
2, 0.224068603331365
3, 0.024448622511042

```

รูปที่ ค.10 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.09

```

Best objective function : 57970.773529519276053
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.376369049538942
1, 0.023412538781789
2, 0.207504976782994
3, 0.024448616493928

```

รูปที่ ค.11 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.10

```

Best objective function : 59437.751931394872372
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.401368415143123
1, 0.023412559603410
2, 0.207516114403447
3, 0.024448620450244

```

รูปที่ ค.12 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.11

```

Best objective function : 60904.728550336083572
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.426367820779729
1, 0.023412577499406
2, 0.198818287504932
3, 0.024448617434714

```

รูปที่ ค.13 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.12

ค1.2.3 โครงสร้างที่เหมาะสมภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายสารละลายแอมโมเนีย (0.25-0.50 kg/s)

```

Best objective function : 52316.974816109701351
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.295704087105535
1, 0.022187454896269
2, 0.269174803073603
3, 0.024215408861464

```

รูปที่ ค.14 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.275 kg/s

```

Best objective function : 53415.114573208069487
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.314453955611007
1, 0.022184480901386
2, 0.312554069500289
3, 0.024215273216072

```

รูปที่ ค.15 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.30 kg/s

```

Best objective function : 54515.463420901127392
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.333203403961599
1, 0.022184655446139
2, 0.333203403961599
3, 0.024215306381321

```

รูปที่ ค.16 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.325 kg/s

```

Best objective function : 55615.648292121950362
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.351952959911090
1, 0.022184603473316
2, 0.351952959911090
3, 0.024215296505965

```

รูปที่ ค.17 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.35 kg/s

```

Best objective function : 56715.877188007201767
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.370702486972278
1, 0.022184612316294
2, 0.370702486972578
3, 0.024215298186219

```

รูปที่ ค.18 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.375 kg/s

```

Best objective function : 57816.005986768446746
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.389452079715643
1, 0.022184482884824
2, 0.389452131553725
3, 0.024215273592945

```

รูปที่ ค.19 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.40 kg/s

```

Best objective function : 62216.922007349763589
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.464450187673618
1, 0.022184518860461
2, 0.464450187673617
3, 0.024215280428676

```

รูปที่ ค.20 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.50 kg/s

ค1.2.4 โครงสร้างที่เหมาะสมภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่ทางเข้าของสายน้ำล่าง (0.10-0.20 kg/s)

```
Best objective function : 68935.471512491683825
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.289031364076179
1, 0.038864081131981
2, 0.492694676028969
3, 0.026153803379906
```

รูปที่ ค.21 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.12 kg/s

```
Best objective function : 68367.977014289965155
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.331077555160357
1, 0.034554324300329
2, 0.223905738703932
3, 0.024103541975191
```

รูปที่ ค.22 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.14 kg/s

```
Best objective function : 68367.977014289965155
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.331077555160357
1, 0.034554324300329
2, 0.223905738703932
3, 0.024103541975191
```

รูปที่ ค.23 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.16 kg/s

```
Best objective function : 76491.445386627689004
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 0.485262686816020
1, 0.033241948110019
2, 0.147367760225177
3, 0.02350902903668
```

รูปที่ ค.24 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.18 kg/s

```

Best objective function : 100876.947189010927104
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 0.692079488875035
1. 0.050637840883925
2. 0.103329284537487
3. 0.023299257378701

```

รูปที่ ค.25 ผลจากการคำนวณเมื่อความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.20 kg/s

ค.2 กระบวนการนำกลับและกำจัดฟีนอลจากน้ำเสียของกระบวนการแปลงสภาพถ่านหิน
(Removal/recovery of phenols from aqueous waste streams of a coal conversion plant)

ค.2.1 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสถานะการดำเนินงาน

```

Best objective function : 600026.963697745501158
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.594684877301368
1. 0.015224241786326
2. 4.4000000000000000
3. 1.435482506134700
4. 2.077346930775510
5. 0.000333704780056
6. 0.0018000000000000

```

รูปที่ ค.26 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอน

ค.2.2 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสถานะการดำเนินงาน

ค.2.2.1 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสถานะการดำเนินงานของอัตราไหล R1 เท่า 3.6 – 4.40 kg/s

```

Best objective function : 923968.752611989504658
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.644093459601239
1. 0.006822383575445
2. 3.263134202742298
3. 1.913991629107556
4. 2.178601170729264
5. 0.021977959759368
6. 0.001295517596295

```

รูปที่ ค.27 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 3.6 kg/s


```

Best objective function : 1029136.631699706194922
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
-----
variable
0, 9.831780185509704
1, 0.008447120005357
2, 1.840029064684041
3, 2.832017876046142
4, 2.832017872149872
5, 0.019726617973557
6, 0.001498021548537

```

รูปที่ ค.28 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 3.80 kg/s

```

Best objective function : 1142283.038036229554564
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
-----
variable
0, 10.000000000000000
1, 0.010071121407768
2, 1.668353102183562
3, 3.023322960504596
4, 3.023174467903985
5, 0.019652536634121
6, 0.001044188568724

```

รูปที่ ค.29 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 4.00 kg/s

```

Best objective function : 1521679.360626298701391
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
-----
variable
0, 9.999998420142724
1, 0.015369547728166
2, 1.531891750545690
3, 2.789644511922958
4, 2.973771630816411
5, 0.011833666667227
6, 0.000229192598919

```

รูปที่ ค.30 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 4.40 kg/s

ค.2.2.2 การหาค่าที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของอัตราการใช้ R2 0.7 – 1.2 kg/s

```
Best objective function : 747856.721808963571675
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 9.765104492529442
1, 0.021157053799065
2, 3.573790246404994
3, 2.363684954108916
4, 2.363684954108917
5, 0.010338163226868
6, 0.001270311965508
```

รูปที่ ค.31 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.70 kg/s

```
Best objective function : 906585.975605858024210
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 9.999999992325652
1, 0.035249237995737
2, 3.228654533890694
3, 3.082565660523276
4, 2.522758306109031
5, 0.014623561983182
6, 0.000847407946079
```

รูปที่ ค.32 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.90 kg/s

```
Best objective function : 1282773.653058686293662
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0, 9.969890708424145
1, 0.043617061404777
2, 1.772158809964331
3, 3.954207438022782
4, 2.637685442164963
5, 0.018169950165008
6, 0.000592846599551
```

รูปที่ ค.33 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.2 kg/s

ค.2.2.3 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของอัตราการไหล R3 เท่ากับ 1.4 – 2.6 kg/s

```
Best objective function : 718740.847641658852808
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.514731145435698
1. 0.012067949484302
2. 3.780701140204929
3. 2.251216894947730
4. 2.251216896441294
5. 0.012271038064791
6. 0.0020000000000000
```

รูปที่ ค.34 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.4 kg/s

```
Best objective function : 966636.405220206710510
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.945792569937954
1. 0.020051980487579
2. 2.088578054752311
3. 2.088543201488647
4. 4.131252268359766
5. 0.002413810737397
6. 0.000847681138810
```

รูปที่ ค.35 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 2.6 kg/s

ค.2.2.4 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของอัตราการไหล R4 เท่ากับ 0.20 – 0.40 kg/s

```
Best objective function : 707010.647513016243465
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.640652062459806
1. 0.015577528118753
2. 3.565232468296221
3. 2.032978513801252
4. 2.424867113482345
5. 0.009736471138247
6. 0.0020000000000000
```

รูปที่ ค.36 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.25 kg/s

ค.2.2.5 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของสัดส่วนโดยมวล R2 เท่ากับ 0.08 – 0.14 kg/s

```
Best objective function : 968175.446021014126018
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.9999999999999822
1. 0.022875648949253
2. 2.981487514032975
3. 2.835330648882829
4. 2.937650092038840
5. 0.016538654737664
6. 0.001036652316676
```

รูปที่ ค.37 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.11

ค.2.2.6 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของสัดส่วนโดยมวล R3 เท่ากับ 0.02 – 0.04 kg/s

```
Best objective function : 816690.056811497779563
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.944710879112447
1. 0.030464455006094
2. 3.236542200029035
3. 2.349851864189030
4. 3.157894772361223
5. 0.009075086869173
6. 0.001072971754536
```

รูปที่ ค.38 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.03

ค.2.2.7 การหาค่าที่ต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนของสภาวะการดำเนินงานของสัดส่วนโดยมวล R4 เท่ากับ 0.03 – 0.06 kg/s

```
Best objective function : 697763.264702475862578
g penalty : 0.0000000000000000
h penalty : 0.0000000000000000
----- variable -----
0. 9.584430152033466
1. 0.013771340954650
2. 3.951633189702700
3. 2.002363803873748
4. 2.337482694914224
5. 0.009579033555796
6. 0.0020000000000000
```

รูปที่ ค.39 ผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อไม่คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.03

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสมศักดิ์ คงดีเกิดวันที่ 14 พ.ค. พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดยโสธร เริ่มศึกษาในระดับประถมศึกษาที่ รร. วุฒิสักดิ์คุรุราษฎร์อุปถัมภ์ และ รร. วัดบุญยประดิษฐ์ ศึกษาในระดับมัธยมที่ รร. ราชวินิตบางแคปานขำ และจบการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ และจบปริญญาโทบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2551