

### ภาคผนวกที่ 3

*รายการคำนวณของ บริษัท เอ็น.เอส.คอนซัลแทนท์ จำกัด*

# 1. การประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมของโครงการ โดยบริษัทที่ปรึกษา

## 1) ระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 1 (รับน้ำเสียจากอาคาร และห้องพักมูลฝอยรวม)

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในอาคารที่เข้าระบบบำบัดฯ อัตรา 50.891 ลูกบาศก์เมตร/วัน แยกเป็น

- น้ำเสียจากโถส้วม (21.90% ของน้ำเสียทั้งหมดในอาคาร)	11.14	ลบ.ม./วัน
- น้ำเสียจากครัว (12.50% ของน้ำเสียจากทั้งหมดในอาคาร)	6.36	ลบ.ม./วัน
- น้ำเสียจากการอาบน้ำ/ซักล้าง (65.60% ของน้ำเสียจากทั้งหมดในอาคาร)	33.39	ลบ.ม./วัน
(สัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำเสียอ้างอิงจาก สุรินทร์ เศรษฐมนิต.วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร การออกแบบติดตั้งและการบำรุงรักษา.ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล, กรุงเทพฯ, 2529)		
- น้ำเสียจากห้องพักมูลฝอยรวม	0.011	ลบ.ม./วัน

## หน่วยการบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย

### (1) ถังดักไขมัน (Grease Trap Chamber) รับน้ำเสียจากครัว

- ปริมาตรเก็บกักของถังดักไขมัน	4.51	ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำเสียจากห้องครัว จำนวน 106 ห้อง	6.36	ลบ.ม./วัน
- ระยะเวลาเก็บกัก	17.01	ชั่วโมง
ค่า BOD 540 มิลลิกรัม/ลิตร (บุญส่ง ไช้เกษ. การบำบัดและกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยด้วยระบบ- ติดกับที่. ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, 2537.)		
- ประสิทธิภาพลดค่า BODของถังดักไขมัน	20.00	%
- ค่า BOD น้ำเสียที่ผ่านถังดักไขมัน	432	มก./ล.

### (2) ส่วนแยกกากตะกอน รับน้ำเสียจากโถส้วม อาบ/ซักล้าง ครัวที่ผ่านถังดักไขมันแล้ว และห้องพักมูลฝอยรวม

- ปริมาตรเก็บกักของถังแยกกากตะกอน	22.54	ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำเสียจากส้วม	11.14	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 700 มิลลิกรัม/ลิตร (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล, รายงานต่อสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)		
- ปริมาณน้ำเสียจากการอาบน้ำ/ซักล้าง	33.39	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 250 มิลลิกรัม/ลิตร (แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ฉบับปรับปรุง 2548 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)		
- ปริมาณน้ำเสียจากครัว (ผ่านถังดักไขมันแล้ว)	6.36	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 432 มิลลิกรัม/ลิตร		
- ปริมาณน้ำเสียจากห้องพักมูลฝอยรวม	0.011	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร (อ้างอิงจาก ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2539 โดยนำข้อมูลฝอย จากพื้นที่ฝังกลบทั่วไป มีค่า BOD 2,000 – 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร แต่เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นเพียงน้ำเสียจากการล้าง ห้องพักขยะรวมเท่านั้นจึงเลือกใช้ค่ากลางที่ BOD 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร)		

- ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด	50.891	ลบ.ม./วัน
- ระยะเวลาเก็บกัก	10.63	ชั่วโมง
- ค่า BOD mixed น้ำเสียที่เข้าถัง	= $[(11.14 \times 700) + (33.39 \times 250) + (6.36 \times 432) + (0.011 \times 16,000)] / 50.891$	
	374.76	มก./ล.

เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บกัก < 24 ชม. จึงให้ประสิทธิภาพการลด BOD 30%

- ค่า BOD ที่ออกจากส่วนแยกกากตะกอน	$(1 - 0.3) \times 374.76$	mg/L
	262.33	mg/L

### (3) ส่วนกรองเติมอากาศ (Fixed Film Aeration Chamber)

F/M Ratio	=	$\frac{Q \times \text{BOD in}}{V \text{ ถังเติมอากาศ} \times \text{MLVSS}}$	
Q	=	50.891	m <sup>3</sup> /d
BOD in	=	262.33	mg/L.
V ถังเติมอากาศ	=	17.64	m <sup>3</sup>
MLSS	=	2,977	mg/L.
MLVSS	=	2,382	mg/L. (0.8xMLSS)
ประสิทธิภาพการบำบัด	=	90	%
BODout	=	26.23	mg/L.
volume of media	=	9.79	m <sup>3</sup>
ดังนั้น F/M Ratio	=	$\frac{50.891 \times 262.33}{17.64 \times 2,382}$	
	=	0.32	day <sup>-1</sup>
BOD Loading	=	$\frac{Q \times \text{BOD in}}{1000}$	
	=	13.35	kg.BOD/d
Organic Loading	=	$\frac{\text{BOD Loading}}{\text{volume of media}}$	
	=	1.36	kg.BOD/m <sup>3</sup> media-d
BOD Removal Loading	=	$\frac{(\text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{out}}) \times Q_{\text{in}}}{1000}$	
	=	12.02	kg.BOD/d

Volumetric Loading	=	BOD Removal Loading
		volume of media
	=	1.23 kg.BOD/m <sup>3</sup> media-d
คำนวณหาความหนาตะกอนที่เกาะ Media		
มวลจุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศ	=	MLSS x V ถังเดิมอากาศ
		1,000
	=	52.514 kg.
ความถ่วงจำเพาะของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง		1.02
ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง	=	1.02 x 1000
	=	1020.0 kg./m <sup>3</sup>
ปริมาตรของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเดิมอากาศ	=	มวลจุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศ
		ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง
	=	0.051484588 m <sup>3</sup>
พื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมด	=	1,860.00 m <sup>2</sup>
คำนวณหาความหนาตะกอนที่เกาะ Media	=	ปริมาตรของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเดิมอากาศ
		พื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมด
	=	0.00002768 m
	=	27.68 micron
คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักของส่วนกรองเดิมอากาศ		
DT	=	V/Q
V	=	ปริมาตรถังตกตะกอน
	=	17.64 m <sup>3</sup>
Q	=	อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ
	=	50.891 m <sup>3</sup> /day
DT	=	8.32 ชม.
คำนวณหาความต้องการออกซิเจน(Oxygen Required)		
Oxygen Required	=	2 x BOD Removal Loading
	=	24.03 kg.O <sub>2</sub> /day
อากาศมีปริมาณออกซิเจน	=	23.2% Oxygenโดยน้ำหนัก
น้ำหนักของอากาศ	=	1.201 kg./m <sup>3</sup>
ดังนั้น Oxygen Require	=	24.03 / (0.232 x 1.201)
	=	86.25 m <sup>3</sup> /day
	=	3.594 m <sup>3</sup> /hr
	=	0.060 m <sup>3</sup> /min

เลือกใช้เครื่องเติมอากาศ จำนวน 2 ชุด ให้ปริมาตรอากาศ

$$= 1.08 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ชุด}$$

$$2 \text{ ชุด} = 2.16 \text{ m}^3/\text{min}$$

คิดประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนลงในน้ำของเครื่องเติมอากาศแบบจมน้ำ 0.5-1.2 (ค่ากำหนดการออกแบบระบบบำบัด

น้ำเสียสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2540) ในที่นี้เลือกใช้ค่าต่ำสุด 0.5

$$\text{ดังนั้น เครื่องเติมอากาศสามารถให้ออกซิเจนได้จริง} = 1.08 \text{ m}^3/\text{min}$$

ดังนั้น เครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งไว้จึงสามารถให้ออกซิเจน(อากาศ)ได้เพียงพอกับความต้องการของระบบฯ เพียงพอ

#### (4) ส่วนตกตะกอน

##### (4.1) คำนวณหาอัตราการไหลน้ำล้นถัง (Surface Overflow Rate:OFR)

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผิวของถังตกตะกอน} &= 2.50 \text{ m}^2 \\ \text{OFR} &= Q/A \\ &= (50.891 \text{ m}^3/\text{day})/2.50 \text{ m}^2 \\ &= 20.36 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day} \text{ ไม่เกิน } 24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day} \dots \text{OK.} \end{aligned}$$

##### (4.2) คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

$$\begin{aligned} DT &= V/Q \\ V &= \text{ปริมาตรถังตกตะกอน} \\ &= 6.29 \text{ m}^3 \\ Q &= \text{อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ} \\ &= 50.891 \text{ m}^3/\text{day} \\ DT &= 2.97 \text{ ชม.} > 2 \text{ ชม.} \dots \text{OK.} \end{aligned}$$

##### (4.3) คำนวณหาปริมาณตะกอนเวียนกลับไปยังส่วนกรองเติมอากาศ

$$\begin{aligned} X_r &= 8,000.00 \text{ mg./l.} \\ \text{MLVSS} &= 2,382.00 \text{ mg./l.} \\ X(Q+Q_r) &= X_r Q_r \\ Q_r &= XQ/(X_r - X) \\ &= (2,382 \times 50.891)/(8,000 - 2,382) \\ &= 21.58 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

รายการคำนวณระยะเวลาการสูบน้ำจากส่วนแยกกากตะกอนไปกำจัด

ส่วนแยกกากและตกตะกอนจะรองรับทั้งตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนขั้นต้น (S1) และรับตะกอนส่วนเกินจากส่วนตกตะกอนขั้นที่สอง (Px) โดยกำหนดให้มีการเก็บตะกอนไม่เกิน 1/3 ของถังแยกกากและตกตะกอน

$$\text{ระยะเวลาการสูบน้ำ} = \frac{\text{ปริมาตรของส่วนแยกกากและตกตะกอนขั้นต้น/3}}{S1 + Px}$$

= ตะกอนจากส่วนแยกกากและตกตะกอนขั้นต้น (S1) ,ลบม./วัน

$$S1 = (P/S \times 10^{-3})/365$$

$$P = \text{จำนวนคนที่ใช้} \quad 318 \quad \text{คน}$$

$$S = \text{อัตราการสะสมกากตะกอนและฝ้า}$$

$$= 25 \quad \text{ลิตร/คน/ปี}$$

$$f = \text{ค่า Factor ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ}$$

$$= 1$$

$$S1 = (318 \times 25 \times 10^{-3})/365 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$= 0.0218 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$Px = 0.149 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{ดังนั้น ระยะเวลาสูบน้ำ} = (22.54/3)/0.0218+0.149 \quad \text{วัน}$$

$$= 44 \quad \text{วัน}$$

ดังนั้น กำหนดให้มีระยะเวลาสูบน้ำจากส่วนแยกกากและตกตะกอนทุกๆ 1 เดือน

= ตะกอนส่วนเกินจากส่วนตกตะกอนขั้นที่สอง (Px)

$$BOD_{in} = 262.33 \quad \text{mg./l.}$$

$$Q_{in} = 50.891 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{Media Volume} = 9.79 \quad \text{m}^3$$

$$\text{BOD Loading} = 13.35 \quad \text{kg.BOD/d}$$

$$\text{ปริมาณตะกอน} = 13.35/9.79$$

$$= 1.36 \quad \text{kg.BOD/m}^3\text{-d}$$

BOD Loading(Kg.BOD/M <sup>3</sup> -d)	น้ำหนักระบาย(kg.ตะกอน/kg.BODที่ถูกกำจัด)
1.0	0.18
1.5	0.31
2.0	0.35
2.5	0.42
3.0	0.58
3.6	0.70

น้ำหนักระกอนที่เกิดขึ้น	=	0.31	kg.ตะกอน/kg.BODที่ถูกกำจัด
BOD Removal Loading	=	12.02	kg.BOD/day
ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น	=	$0.31 \times 12.02$	Kg.ตะกอน/day
	=	3.72	Kg.ตะกอน/day
ความเข้มข้นตะกอน	=	2.50%	
	=	25	kg./m <sup>3</sup>
Px	=	$3.72 / 25$	m <sup>3</sup> / d
	=	0.149	m <sup>3</sup> / d
		(สูบกลับไปกำจัดที่ส่วนแยกกากตะกอน)	

2) ระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 2 (รับน้ำเสียจากอาคาร ห้องสำนักงาน และห้องออกกำลังกาย)

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในอาคารที่เข้าระบบบำบัดฯ อัตรา 64.56 ลูกบาศก์เมตร/วัน แยกเป็น

- น้ำเสียจากโถส้วม (21.90% ของน้ำเสียทั้งหมดในอาคาร)	14.14	ลบ.ม./วัน
- น้ำเสียจากครัว (12.50% ของน้ำเสียทั้งหมดในอาคาร)	8.07	ลบ.ม./วัน
- น้ำเสียจากการอาบน้ำ/ซักล้าง (65.60% ของน้ำเสียทั้งหมดในอาคาร)	42.35	ลบ.ม./วัน

(สัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำเสียอ้างอิงจาก สุรินทร์ เศรษฐมานิต.วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร การออกแบบติดตั้งและการบำรุงรักษา.ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล, กรุงเทพฯ, 2529)

หน่วยการบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย

(1) ถังดักไขมัน (Grease Trap Chamber) รับน้ำเสียจากครัว

- ปริมาตรเก็บกักของถังดักไขมัน	4.51	ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำเสียจากห้องครัว	8.07	ลบ.ม./วัน
- ระยะเวลาเก็บกัก	13.41	ชั่วโมง
ค่า BOD 540 มิลลิกรัม/ลิตร (บุญส่ง ไข่เกษ. การบำบัดและกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยด้วยระบบ- ติดกับที่. ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, 2537.)		
- ประสิทธิภาพลดค่า BODของถังดักไขมัน	20.00	%
- ค่า BOD น้ำเสียที่ผ่านถังดักไขมัน	432	มก./ล.

(2) ส่วนแยกกากตะกอน รับน้ำเสียจากโถส้วม อาบน้ำ/ซักล้าง ครัวที่ผ่านถังดักไขมันแล้ว และห้องพักรวม

- ปริมาตรเก็บกักของถังแยกกากตะกอน	26.28	ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำเสียจากส้วม	14.14	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 700 มิลลิกรัม/ลิตร (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ,รายงานต่อสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2530)		
- ปริมาณน้ำเสียจากการอาบน้ำ/ซักล้าง	42.35	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 250 มิลลิกรัม/ลิตร (แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ฉบับปรับปรุง 2548 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)		
- ปริมาณน้ำเสียจากครัว (ผ่านถังดักไขมันแล้ว)	8.07	ลบ.ม./วัน
ค่า BOD 432 มิลลิกรัม/ลิตร		
- ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด	64.560	ลบ.ม./วัน
- ระยะเวลาเก็บกัก	9.77	ชั่วโมง
- ค่า BOD mixed น้ำเสียที่เข้าถัง	$= [(14.14 \times 700) + (42.35 \times 250) + (8.07 \times 432)] / 64.56$	
	371.31	มก./ล.



เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บกัก < 24 ชม. จึงให้ประสิทธิภาพการลด BOD 30%

- ค่า BOD ที่ออกจากส่วนแยกกากตะกอน	$(1 - 0.3) \times 371.31$	mg/L
	259.92	mg/L

(3) ส่วนกรองเติมอากาศ (Fixed Film Aeration Chamber)

F/M Ratio	=	$\frac{Q \times \text{BOD in}}{V \text{ ถังเติมอากาศ} \times \text{MLVSS}}$	
			$\text{m}^3/\text{d}$
Q	=	64.56	$\text{m}^3/\text{d}$
BOD in	=	259.92	mg/L
V ถังเติมอากาศ	=	20.60	$\text{m}^3$
MLSS	=	2,973	mg/L
MLVSS	=	2,378	mg/L (0.8xMLSS)
ประสิทธิภาพการบำบัด	=	90	%
BODout	=	25.99	mg/L
volume of media	=	11.42	$\text{m}^3$
F/M Ratio	=	$\frac{64.56 \times 259.92}{20.60 \times 2,378}$	
ดังนั้น			
	=	0.34	$\text{day}^{-1}$
BOD Loading	=	$\frac{Q \times \text{BOD in}}{1000}$	
			kg.BOD/d
	=	16.78	
Organic Loading	=	$\frac{\text{BOD Loading}}{\text{volume of media}}$	
			kg.BOD/ $\text{m}^3$ media-d
	=	1.47	
BOD Removal Loading	=	$\frac{(\text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{out}}) \times Q_{\text{in}}}{1000}$	
			kg.BOD/d
	=	15.10	
Volumetric Loading	=	$\frac{\text{BOD Removal Loading}}{\text{volume of media}}$	
			kg.BOD/ $\text{m}^3$ media-d
	=	1.32	

คำนวณหาความหนาตะกอนที่เกาะ Media

มวลจุลชีพในถังเติมอากาศ	=	$\frac{\text{MLSS} \times V \text{ ถังเติมอากาศ}}{1,000}$
	=	61.244 kg.
ความถ่วงจำเพาะของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง		1.02
ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง	=	$1.02 \times 1000$
	=	1020.0 kg./m <sup>3</sup>
ปริมาตรของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศ	=	$\frac{\text{มวลจุลชีพในถังเติมอากาศ}}{\text{ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่เกาะตัวกลาง}}$
	=	0.060042941 m <sup>3</sup>
พื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมด	=	2,170.00 m <sup>2</sup>
คำนวณหาความหนาตะกอนที่เกาะ Media	=	$\frac{\text{ปริมาตรของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศ}}{\text{พื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมด}}$
	=	0.00002767 m
	=	27.67 micron

คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักของส่วนกรองเติมอากาศ

DT	=	V/Q
V	=	ปริมาตรถังตกตะกอน
	=	20.60 m <sup>3</sup>
Q	=	อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ
	=	64.56 m <sup>3</sup> /day
DT	=	7.66 ชม.

คำนวณหาความต้องการออกซิเจน(Oxygen Required)

Oxygen Required	=	2 x BOD Removal Loading
	=	30.20 kg.O <sub>2</sub> /day
อากาศที่มีปริมาณออกซิเจน	=	23.2% Oxygenโดยน้ำหนัก
น้ำหนักของอากาศ	=	1.201 kg./m <sup>3</sup>
ดังนั้น Oxygen Require	=	$30.20 / (0.232 \times 1.201)$
	=	108.40 m <sup>3</sup> /day
	=	4.517 m <sup>3</sup> /hr
	=	0.075 m <sup>3</sup> /min

เลือกใช้เครื่องเติมอากาศ จำนวน 2 ชุด ให้ปริมาตรอากาศ

$$\begin{aligned} &= 1.09 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ชุด} \\ 2 \text{ ชุด} &= 2.18 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

คิดประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนลงในน้ำของเครื่องเติมอากาศแบบจมน้ำ 0.5-1.2 (ค่ากำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2540) ในที่นี้เลือกใช้ค่าต่ำสุด 0.5

$$\text{ดังนั้น เครื่องเติมอากาศสามารถให้ออกซิเจนได้จริง} = 1.09 \text{ m}^3/\text{min}$$

ดังนั้น เครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งไว้จึงสามารถให้ออกซิเจน(อากาศ)ได้เพียงพอับความต้องการของระบบฯ เพียงพอ

#### (4) ส่วนตกตะกอน

(4.1) คำนวณหาอัตราการไหลน้ำล้นถัง (Surface Overflow Rate:OFR)

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผิวของถังตกตะกอน} &= 2.92 \text{ m}^2 \\ \text{OFR} &= Q/A \\ &= (64.56 \text{ m}^3/\text{day})/2.92 \text{ m}^2 \\ &= 22.11 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day} \text{ ไม่เกิน } 24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day}.....\text{OK.} \end{aligned}$$

(4.2) คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

$$\begin{aligned} \text{DT} &= V/Q \\ V &= \text{ปริมาตรถังตกตะกอน} \\ &= 7.49 \text{ m}^3 \\ Q &= \text{อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ} \\ &= 64.56 \text{ m}^3/\text{day} \\ \text{DT} &= 2.78 \text{ ชม.} > 2 \text{ ชม}....\text{OK.} \end{aligned}$$

(4.3) คำนวณหาปริมาณตะกอนเวียนกลับไปยังส่วนกรองเติมอากาศ

$$\begin{aligned} X_r &= 8,000.00 \text{ mg./L.} \\ \text{MLVSS} &= 2,378.40 \text{ mg./L.} \\ X(Q+Q_r) &= X_r Q_r \\ Q_r &= XQ/(X_r - X) \\ &= (2,378.40 \times 64.56)/(8,000 - 2,378.40) \\ &= 27.31 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

รายการคำนวณระยะเวลาการสูบน้ำจากส่วนแยกภาคก่อนไปกำจัด

ส่วนแยกภาคและตกตะกอนจะรองรับทั้งตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนขั้นต้น (S1) และรับตะกอนส่วนเกินจากส่วนตกตะกอน  
 ขั้นที่สอง (Px) ระยะเวลาการสูบน้ำตะกอน = 
$$\frac{\text{ปริมาตรของส่วนแยกภาคและตกตะกอนขั้นต้น/3}}{S1 + Px}$$

= ตะกอนจากส่วนแยกภาคและตกตะกอนขั้นต้น (S1) ,ลบม./วัน

$$S1 = (PfS \times 10^{-3}) / 365$$

$$P = \text{จำนวนคนที่ใช้} \quad 404 \quad \text{คน}$$

$$S = \text{อัตราการสะสมภาคตะกอนและผ้า} \\ = 25 \quad \text{ลิตร/คน/ปี}$$

$$f = \text{ค่า Factor ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ} \\ = 1$$

$$S1 = (404 \times 25 \times 10^{-3}) / 365 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$= 0.0277 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$Px = 0.187 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{ดังนั้น ระยะเวลาสูบน้ำตะกอน} = (26.28/3) / (0.0277 + 0.187) \quad \text{วัน}$$

$$= 40.81 \quad \text{วัน}$$

ดังนั้น กำหนดให้มีระยะเวลาสูบน้ำตะกอนจากส่วนแยกภาคและตกตะกอนทุกๆ 1 เดือน

= ตะกอนส่วนเกินจากส่วนตกตะกอนขั้นที่สอง (Px)

$$BOD_m = 259.92 \quad \text{mg./l.}$$

$$Q_m = 64.56 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{Media Volume} = 11.42 \quad \text{m}^3$$

$$\text{BOD Loading} = 16.78 \quad \text{kg.BOD/d}$$

$$\text{ปริมาณตะกอน} = 16.78 / 11.42$$

$$= 1.47 \quad \text{kg.BOD/m}^3\text{-d}$$

BOD Loading(Kg.BOD/M <sup>3</sup> -d)	น้ำหนักระกอน(kg.ตะกอน/kg.BODที่ถูกกำจัด)
1.0	0.18
1.5	0.31
2.0	0.35
2.5	0.42
3.0	0.58
3.6	0.70

น้ำหนักระกอนที่เกิดขึ้น	=	0.31	kg.ตะกอน/kg.BODที่ถูกกำจัด
BOD Removal Loading	=	15.10	kg.BOD/day
ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น	=	$0.31 \times 15.10$	Kg.ตะกอน/day
	=	4.68	Kg.ตะกอน/day
ความเข้มข้นตะกอน	=	2.50%	
	=	25	kg./m <sup>3</sup>
Px	=	$4.68 / 25$	m <sup>3</sup> / d
	=	0.187	m <sup>3</sup> / d
(สูบกลับไปกำจัดที่ส่วนแยกกากตะกอน)			

## 2. รายการคำนวณปริมาณน้ำสำรองเพื่อการดับเพลิง

### คำนวณปริมาณน้ำสำรองเพื่อการดับเพลิง

ความต้องการน้ำสำรองดับเพลิง สำหรับห้องเย็น 1 ห้องแรก คิดอัตรา 30 ลิตร/วินาที และ  
ทุกห้องเย็น 1 ห้องเย็นที่เพิ่มขึ้นในอาคารหลังเดียวกัน คิด 15 ลิตร/วินาที

อาคารโครงการจัดให้มีห้องเย็น จำนวน	2	ห้องเย็น
ความต้องการน้ำสำรองดับเพลิง	45	ลิตร/วินาที
	2,700	ลิตร/นาที
ต้องสำรองน้ำดับเพลิงไม่น้อยกว่า 30 นาที	(2,700×10)	ลบ.ม.
	1,000	
ดังนั้น ต้องมีปริมาณน้ำสำรองเพื่อการดับเพลิงไม่น้อยกว่า	27	ลบ.ม./10 นาที

### แหล่งน้ำสำรองเพื่อการดับเพลิง

แหล่งน้ำจากถังเก็บน้ำบนดาดฟ้า ปริมาตร	118.46	เมตร
---------------------------------------	--------	------

### ความสามารถในการดับเพลิงของน้ำสำรองที่จัดไว้

ปริมาตรน้ำสำรองที่จัดไว้	27	ลบ.ม.
	(27/27)*10	นาที
ความสามารถในการสำรองน้ำดับเพลิง	10	นาที

### 3. การคำนวณอัตราการระบายน้ำและปริมาณน้ำฝนที่ต้องหนองสำหรับโครงการ

บริษัทที่ปรึกษา ได้คำนวณการระบายน้ำเพื่อหาปริมาณน้ำส่วนเกินที่ต้องหนองน้ำ ในการคำนวณได้ประยุกต์โปรแกรมการคำนวณขนาดพื้นที่ชะลอน้ำ ซึ่งจัดทำโดยสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2541 เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร ซึ่งโปรแกรมคำนวณดังกล่าว ใช้การคำนวณโดยวิธี Rational Method และเอกสารอบรมเชิงปฏิบัติ แนวทางการประเมินและตรวจสอบรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การบำบัดน้ำเสียและการระบายน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

จากสูตร	$Q$	$= 0.278 \times CIA \times 10^{-6}$
โดยที่	$Q$	$=$ อัตราการไหลของน้ำฝน (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
	$C$	$=$ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำฝน
	$A$	$=$ พื้นที่โครงการ (3,256 ตารางเมตร)
	$I$	$=$ อัตราความเข้มฝน
	$t_c$	$=$ ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำผิวดิน (นาที)

คำนวณหา  $I_5$  เท่ากับ

$$I_5 = 7840 / (t_c + 30)^{1.03}$$

มีรายละเอียดของโครงการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการระบายน้ำ ดังนี้

ในที่นี้เลือกใช้  $C_{\text{ก่อน}}$  = 0.3 (เป็นค่าสูงสุดสำหรับช่วงก่อนพัฒนาโครงการ โดยเลือกใช้ค่าเขตร้าง) เนื่องจากสภาพพื้นที่โครงการในปัจจุบันกลายเป็นพื้นที่รกร้างรอการใช้ประโยชน์ โดยมีรั้วคอนกรีตล้อมรอบแนวเขตที่ดินทุกด้าน (ตารางที่ ผ3-1)

$C_{\text{หลัง}}$  = 0.7 (เป็นค่าสูงสุดสำหรับช่วงเปิดดำเนินการ โดยเลือกใช้ค่าพื้นที่อพาร์ทเมนต์) เนื่องจากเมื่อโครงการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว พื้นที่โครงการจะเปลี่ยนจากเขตรกร้างรอการใช้ประโยชน์เป็นอาคารชุดพักอาศัยสูง 8 ชั้น 1 อาคาร (ตารางที่ ผ3-1)

ตารางที่ ผ 3-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่รับน้ำฝนในลักษณะต่าง

เขตการใช้ของพื้นที่	สัมประสิทธิ์ ของการไหลนอง (C)	ลักษณะพื้นที่ผิว	สัมประสิทธิ์ ของการไหลนอง (C)
เขตธุรกิจ		ยางมะตอยหรือคอนกรีต	0.70 - 0.95
ใจกลาง	0.70 - 0.95	อิฐหรือตัวหนอนปูพื้น	0.70 - 0.85
รอบ ๆ บริเวณ	0.50 - 0.70	หลังคา	0.75 - 0.95
เขตพื้นที่พักอาศัย		สนาม (แบบดินทราย)	
ครอบครัวเดี่ยว	0.30 - 0.50	เรียบมีความลาด 2%	0.05 - 0.1
หลายครอบครัวแยกกัน	0.40 - 0.60	ความลาด 2-7%	0.1 - 0.15
หลายครอบครัวติดกัน	0.60 - 0.75	ชันความลาด 7% ขึ้นไป	
ชานเมือง	0.25 - 0.40	สนาม (แบบดินแน่น)	
อพาร์ทเมนต์	0.50 - 0.70	เรียบมีความลาด 2%	0.13 - 0.17
เขตอุตสาหกรรม	0.0333	ความลาด 2-7%	0.18 - 0.22
ขนาดเบา	0.50 - 0.80	ชันความลาด 7% ขึ้นไป	0.25 - 0.35
ขนาดหนัก	0.60 - 0.90	แหล่งน้ำ (ผิวดิน)	1.00
เขตสวนสาธารณะ	0.10 - 0.25		
เขตสนามเด็กเล่น	0.20 - 0.35		
เขตชุมชนทางสถานีรถไฟ	0.20 - 0.35		
เขตรกร้าง	0.10 - 0.30		

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย  
ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย, 2538.



## 1) ก่อนพัฒนาโครงการ

(1) อัตราการไหลของน้ำผิวดินก่อนพัฒนาโครงการ จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} Q &= 0.278 \times CIA \times 10^{-6} \\ &= 0.278 \times 0.3 \times 144 \times 3,256 \times 10^{-6} \\ &= 0.04 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

ค่า  $I_5$  เท่ากับ

$$\begin{aligned} I_5 &= [7,840 / (18.5+30)]^{1.03} \\ &= 144 \quad \text{มิลลิเมตร/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

(2) คำนวณหาค่าระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ ( $t_c$ )

โดยนำข้อมูลลักษณะของพื้นที่โครงการนำไปหาใน Nomograph สำหรับการหาเวลา รวมตัวของน้ำผิวดินก่อนไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ

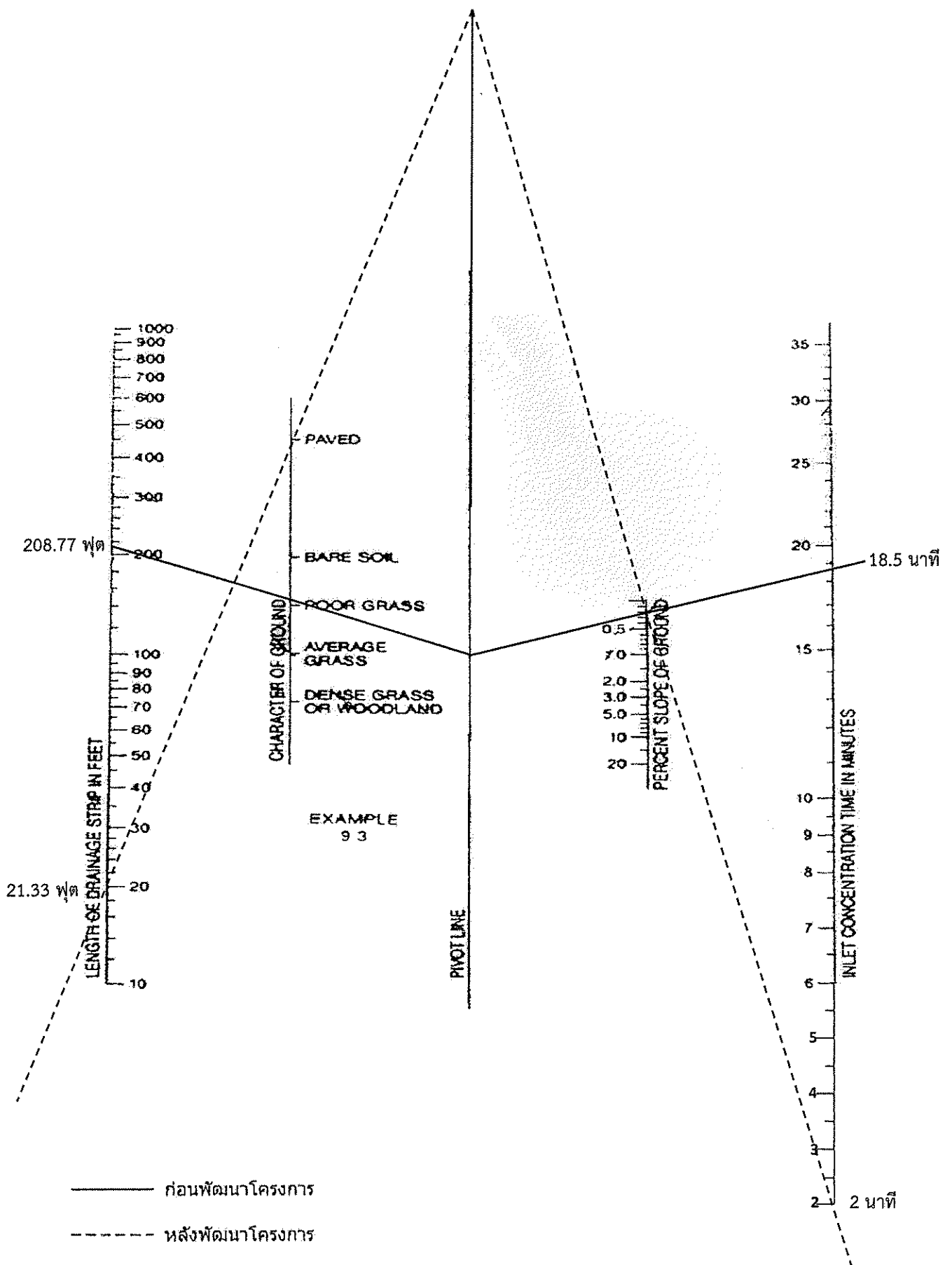
- พิจารณาลักษณะของพื้นที่โครงการเดิมเป็นพื้นที่รกร้างปกคลุมด้วยหญ้า (Poor Grass)
- ความลาดชันของพื้นที่ปัจจุบันเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ จึงให้ความลาดชัน  $1:500 = 0.2\%$
- ระยะทางที่น้ำไหลจากจุดเริ่มต้นถึงจุดระบายน้ำ, ฟุต คือ ความยาวของพื้นที่โครงการ

ประมาณ 63.63 เมตร หรือ 208.77 ฟุต (1 เมตร = 3.281 ฟุต)

นำค่าต่างๆ ไปหาใน Nomograph จะได้ค่า  $t_c$  ประมาณ 18.5 นาที

(3) ปริมาณน้ำผิวดินช่วงก่อนพัฒนาโครงการ

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_c \\ Q &= \text{ปริมาณน้ำผิวดิน, ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \\ &= 0.04 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \\ t_c &= \text{ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ} \\ &= 18.5 \text{ นาที} \\ \text{แทนค่า } V &= 0.04 \times 18.5 \times 60 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ &= 44.4 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$



ภาพที่ 3 โมนิกราฟสำหรับการหาเวลาไหลลงบนพื้นผิวก่อนเข้าท่อ

## 2) ช่วงหลังพัฒนาโครงการ

(1) อัตราการไหลของน้ำผิวดินหลังพัฒนาโครงการ จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} Q &= 0.278 \times CIA \times 10^{-6} \\ &= 0.278 \times 0.7 \times 220.8 \times 3,256 \times 10^{-6} \\ &= 0.140 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

ค่า  $I_5$  เท่ากับ

$$\begin{aligned} I_5 &= [7,840 / (2+30)]^{1.03} \\ &= 220.81 \text{ มิลลิเมตร/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

(2) คำนวณหาค่าระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ ( $t_c$ )

เวลาการรวมตัวของน้ำ  $t_c$  = เวลาที่น้ำไหลบนพื้นที่ระบายน้ำ + เวลาที่น้ำไหลในท่อระบายน้ำ

คำนวณหาเวลาที่น้ำไหลบนพื้นที่ระบายน้ำ

- ลักษณะของพื้นที่โครงการส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยคอนกรีต (Paved)
- ความลาดชันของพื้นที่ ออกแบบให้มีความลาดชัน 1:200 = 0.5%
- ระยะทางที่น้ำไหลจากจุดเริ่มต้นถึงจุดระบายน้ำ, ฟุต คือ ความยาวของพื้นที่โครงการ

ประมาณ 6.5 เมตร หรือ 21.33 ฟุต (1 เมตร = 3.281 ฟุต)

นำค่าต่างๆ ไปหาใน Nomograph จะได้ค่า  $t_c$  ประมาณ 2 นาที

เวลาที่น้ำไหลในท่อระบายน้ำ คำนวณจาก

$$= \frac{\text{ความยาวของท่อระบายน้ำจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่โครงการ}}{\text{ความเร็วของน้ำในท่อระบายน้ำช่วงหลังพัฒนาโครงการ}}$$

ในที่นี้ความยาวของท่อระบายน้ำจากจุดที่ไกลที่สุดของโครงการ  $\approx 66.88$  เมตร

ความเร็วของน้ำในท่อระบายน้ำช่วงหลังพัฒนาโครงการ = 0.60 เมตร/วินาที

ดังนั้น  $t_c$  หลังพัฒนาโครงการ =  $66.88 / 0.60$

= 111.47 วินาที

= 1.86 นาที

$\approx 2$  นาที

เมื่อนำค่าเวลาการรวมตัวของน้ำผิวดินบนพื้นที่ระบายน้ำและเวลาที่น้ำไหลในท่อระบายน้ำของโครงการ =  $2+2 = 4$  นาที

(3) ปริมาณน้ำผิวดินช่วงหลังพัฒนาโครงการ

$$V = Q \times t_c$$

$Q$  = ปริมาณน้ำผิวดิน, ลูกบาศก์เมตร/วินาที

= 0.140 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

$t_c$  = ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ

= 4 นาที

แทนค่า  $V$  =  $0.140 \times 4 \times 60$  ลูกบาศก์เมตร

= 33.6 ลูกบาศก์เมตร

$\approx 34$  ลูกบาศก์เมตร

#### (4) การควบคุมอัตราการระบายน้ำ

จากรายการคำนวณของผู้ออกแบบจะใช้เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่ม จำนวน 2 ชุด ให้ทำงานปกติ และสำรองน้ำ โดยใช้วิธีควบคุมด้วยระบบลูกลอย ดังนั้นอัตราการระบายน้ำออกของโครงการเท่ากับ 0.015 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เพื่อให้อัตราการระบายน้ำเกินช่วงก่อนพัฒนาโครงการ ( 0.04 ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณน้ำที่ถูกระบายโดยเครื่องสูบน้ำ} &= \text{อัตราควบคุม} \times \text{ระยะเวลารวมน้ำของน้ำ} \\ &= 0.015 \times 4 \times 60 \\ &= 3.6 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{จะมีปริมาณน้ำที่ต้องหน่วงสำหรับโครงการ} &= 34-3.6 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร} \\ &= 30.4 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

ดังนั้น จะมีปริมาณน้ำส่วนเกินที่ต้องหน่วงสำหรับโครงการ ประมาณ 30.4 ลูกบาศก์เมตร

ซึ่งผู้ออกแบบได้ออกแบบการหน่วงน้ำโดยใช้บ่อหน่วงน้ำขนาด 32.38 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเพียงพอกับปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่โครงการจะต้องหน่วงไว้ที่ 30.4 ลูกบาศก์เมตร

#### 5. การคำนวณความสามารถในการรองรับน้ำของท่อระบายน้ำในพื้นที่โครงการ

เพื่อลดการใช้พลังงานโครงการจะใช้วิธีการหน่วงน้ำในเส้นท่อระบายน้ำ สามารถคำนวณความสามารถในการรองรับน้ำของท่อระบายน้ำทั้งหมดในโครงการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร} \quad V &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\ \text{เมื่อ} \quad V &= \text{ปริมาตรเก็บกัก ; ลบ.ม.} \\ D &= \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ; ม.} \\ H &= \text{ความยาวท่อ ; ม.}\end{aligned}$$

ในพื้นที่โครงการมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ 0.6 เมตร ความยาวของท่อระบายน้ำ 224 เมตร คำนวณความสามารถในการรับน้ำดังนี้

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad V &= [\pi (0.6^2) \times 224] / 4 \\ &= 63.32 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

ดังนั้น ท่อระบายน้ำทั้งหมดในพื้นที่โครงการสามารถรองรับน้ำได้ทั้งหมด 63.32 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเพียงพอกับปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่โครงการจะต้องหน่วงไว้ที่ 30.4 ลูกบาศก์เมตร

#### 6. ความสามารถในการรับน้ำของท่อระบายน้ำสาธารณะบริเวณถนนด้านหน้าโครงการ

การคำนวณหาความสามารถในการรองรับน้ำของท่อระบายน้ำสาธารณะด้านหน้าโครงการซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร โดยใช้สมการ Manning's Formula และสมการของ Prandti-Colbrook ดังรายการคำนวณต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร} \quad Q &= \frac{(0.312) D^{8/3} S^{1/2}}{N} \\ Q &= \text{อัตราการไหลเต็มท่อ (Q}_{full}\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \text{สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวท่อ (Coefficient of roughness)} \\
 &\quad \text{ใช้ } 0.013 \\
 D &= \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m), } 0.8 \\
 S &= \text{Slope of energy grade line} \\
 &\quad \text{(ท่อสาธารณะมีความลาดเอียง } 0.003) \\
 Q_{full} &= (0.312/0.013) \times (0.8)^{8/3} \times (0.003)^{1/2} \\
 &= 0.7250 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

หาความลึกของน้ำไหล (d) เมื่ออัตราการระบายน้ำออกจากโครงการ (q) กำหนดให้ระบายน้ำออกด้วยอัตราไม่เกิน 0.015 ลบ.ม./วินาที (อัตราการระบายน้ำในช่วงก่อนพัฒนาโครงการ)

$$\begin{aligned}
 q/Q_{full} &= d/D \\
 0.015 / 0.725 &= 0.0207
 \end{aligned}$$

$$\text{เมื่อได้ } q/Q_{full} = 0.0207 \text{ นำค่าไปเปรียบเทียบกับ } d/D$$

$$\begin{aligned}
 \text{หา } d/D \text{ จากตารางที่ ผ 3-2 จะได้ } d/D &= 0.095 \quad \text{ม.} \\
 d &= 0.095 \times 0.80 \text{ ม.} \\
 &= 0.08 \text{ ม.}
 \end{aligned}$$

อัตราการระบายน้ำออกจากโครงการลงท่อระบายน้ำสาธารณะขนาด  $\varnothing$  0.8 เมตร ด้วยอัตราที่ไม่เกิน 0.015 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จะทำให้ระดับน้ำในท่อระบายน้ำสาธารณะเพิ่มขึ้น 0.08 เมตร (8 เซนติเมตร) จากการสำรวจระดับน้ำในท่อระบายน้ำสาธารณะด้านหน้าโครงการเมื่อเดือนสิงหาคม 2555 พบว่า ท่อระบายน้ำสาธารณะด้านหน้าโครงการมีน้ำอยู่ภายในท่อประมาณ 0.15 เมตรจากท้องท่อ เมื่อระบายน้ำออกจากโครงการจะทำให้ระดับน้ำในท่อระบายน้ำสาธารณะเป็น 0.23 เมตร จากระดับท้องท่อ

ดังนั้น ท่อระบายน้ำสาธารณะจึงสามารถรองรับน้ำที่ระบายออกจากโครงการในอัตรา 0.015 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ได้อย่างเพียงพอ

ตารางที่ ผ 3-2 ตารางออกแบบท่อกลมแบบน้ำไหลไม่เต็มท่อ

$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$
0.001	0.023	0.17	0.0152	0.210	0.309	0.80	0.1751	0.805	0.701	1.08	0.2964
2	0.032	0.21	0.0210	0.220	0.316	0.81	0.1784	0.810	0.705	1.08	0.2969
3	0.036	0.24	0.0249	0.230	0.324	0.82	0.1820	0.815	0.709	1.08	0.2974
4	0.044	0.26	0.0287	0.240	0.331	0.83	0.1851	0.820	0.713	1.08	0.2979
5	0.049	0.28	0.0319	0.250	0.339	0.84	0.1887	0.825	0.717	1.08	0.2984
6	0.051	0.29	0.0345	0.260	0.346	0.85	0.1981	0.830	0.721	1.08	0.2989
7	0.057	0.30	0.0370	0.270	0.353	0.86	0.1946	0.835	0.725	1.08	0.2993
8	0.061	0.32	0.0395	0.280	0.360	0.86	0.1978	0.840	0.729	1.07	0.2997
9	0.065	0.33	0.0420	0.290	0.367	0.87	0.2007	0.845	0.734	1.07	0.3002
0.010	0.068	0.34	0.0438	0.300	0.374	0.88	0.2037	0.850	0.738	1.07	0.3006
11	0.071	0.36	0.0458	0.310	0.381	0.89	0.2066	0.855	0.742	1.07	0.3010
12	0.074	0.36	0.0476	0.320	0.387	0.89	0.2090	0.860	0.747	1.07	0.3014
13	0.077	0.36	0.0495	0.330	0.394	0.90	0.2118	0.865	0.751	1.07	0.3018
14	0.080	0.37	0.0513	0.340	0.401	0.90	0.2146	0.870	0.756	1.07	0.3022
15	0.083	0.38	0.0532	0.350	0.407	0.92	0.2170	0.875	0.761	1.07	0.3025
16	0.086	0.39	0.0550	0.360	0.414	0.92	0.2197	0.880	0.766	1.07	0.3028
17	0.088	0.39	0.0562	0.370	0.420	0.93	0.2220	0.885	0.770	1.07	0.3031
18	0.091	0.40	0.0581	0.380	0.426	0.93	0.2243	0.890	0.775	1.07	0.3033
19	0.093	0.41	0.0593	0.390	0.433	0.94	0.2269	0.895	0.781	1.07	0.3036
0.020	0.095	0.41	0.0608	0.400	0.438	0.95	0.2291	0.900	0.786	1.07	0.3038
22	0.100	0.42	0.0635	0.410	0.445	0.95	0.2313	0.905	0.791	1.07	0.3040
24	0.104	0.43	0.0660	0.420	0.451	0.96	0.2334	0.910	0.797	1.07	0.3041
26	0.108	0.45	0.0683	0.430	0.458	0.96	0.2359	0.915	0.803	1.06	0.3042
28	0.112	0.45	0.0707	0.440	0.464	0.97	0.2380	0.920	0.808	1.06	0.3043
30	0.115	0.46	0.0731	0.450	0.470	0.97	0.2401	0.925	0.814	1.06	0.3043
32	0.120	0.47	0.0755	0.460	0.476	0.98	0.2420	0.930	0.821	1.06	0.3043
34	0.123	0.48	0.0772	0.470	0.482	0.99	0.2441	0.935	0.827	1.06	0.3042
36	0.127	0.49	0.0786	0.480	0.488	0.99	0.2461	0.940	0.834	1.06	0.3040
38	0.130	0.50	0.0813	0.490	0.494	1.00	0.2481	0.945	0.841	1.05	0.3032
0.040	0.134	0.50	0.0837	0.500	0.500	1.00	0.2500	0.950	0.849	1.05	0.3033
45	0.141	0.52	0.0877	0.510	0.506	1.00	0.2519	0.955	0.856	1.05	0.3029
50	0.149	0.54	0.0923	0.520	0.512	1.01	0.2538	0.960	0.865	1.04	0.3022
55	0.156	0.56	0.0963	0.530	0.519	1.01	0.2559	0.965	0.874	1.04	0.3014
60	0.163	0.57	0.1002	0.540	0.525	1.02	0.2577	0.970	0.883	1.04	0.3004
65	0.170	0.58	0.1042	0.550	0.531	1.02	0.2595	0.975	0.894	1.03	0.2989
70	0.176	0.59	0.1075	0.560	0.537	1.02	0.2612	0.980	0.905	1.03	0.2972
75	0.182	0.60	0.1108	0.570	0.543	1.03	0.2629	0.985	0.919	1.02	0.2946
80	0.188	0.61	0.1141	0.580	0.550	1.03	0.2649	0.990	0.935	1.02	0.2908
85	0.194	0.62	0.1174	0.590	0.556	1.03	0.2665	0.995	0.956	1.01	0.2844
0.090	0.200	0.63	0.1206	0.600	0.562	1.03	0.2681	1.000	1.000	1.00	0.2500
0.095	0.205	0.64	0.1233	0.610	0.568	1.04	0.2692				
0.100	0.211	0.65	0.1265	0.620	0.575	1.04	0.2715				
0.105	0.216	0.66	0.1291	0.630	0.581	1.04	0.2731				
0.110	0.221	0.67	0.1317	0.640	0.587	1.05	0.2745				
0.115	0.226	0.68	0.1343	0.650	0.594	1.05	0.2762				
0.120	0.231	0.69	0.1369	0.660	0.600	1.05	0.2776				
0.125	0.236	0.69	0.1395	0.670	0.607	1.06	0.2793				
0.130	0.241	0.70	0.1421	0.680	0.613	1.06	0.2808				
0.135	0.245	0.71	0.1441	0.690	0.620	1.06	0.2821				
0.140	0.250	0.72	0.1466	0.700	0.626	1.06	0.2834				
0.145	0.255	0.72	0.1491	0.710	0.633	1.06	0.2848				
0.150	0.259	0.73	0.1511	0.720	0.640	1.07	0.2862				
0.155	0.263	0.74	0.1531	0.730	0.646	1.07	0.2874				
0.160	0.268	0.74	0.1556	0.740	0.653	1.07	0.2887				
0.165	0.272	0.75	0.1576	0.750	0.660	1.07	0.2900				
0.170	0.276	0.76	0.1595	0.760	0.667	1.07	0.2912				
0.175	0.281	0.76	0.1619	0.770	0.675	1.07	0.2925				
0.180	0.285	0.77	0.1638	0.780	0.682	1.07	0.2936				
0.190	0.293	0.78	0.1676	0.790	0.689	1.07	0.2947				
0.200	0.301	0.79	0.1714	0.800	0.697	1.07	0.2958				

$Q_{full}, V_{full}$  = อัตราไหลและความเร็วกรณีเต็มท่อ

$Q, V$  = อัตราไหลและความเร็วกรณีไม่เต็มท่อ

$d$  = ความลึกของการไหล

$D$  = ขนาดท่อ

$R$  = รัศมีชลศาสตร์

## 7. การคำนวณการสูญเสียแรงดันน้ำในท่อประปาด้านหน้าโครงการ

โครงการจะต่อท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (0.10 เมตร) ผ่านมิเตอร์เพื่อต่อ น้ำประปาจากท่อประปาของสำนักงานประปาสาขาลาดพร้าว บริเวณถนนซอยรามคำแหง 43/1 ซึ่งเป็นท่อ ประปาขนาด 150 มิลลิเมตร นำน้ำมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำใต้ดินโดยมิได้มีการเพิ่มแรงดันในท่อประปา เพื่อการดึงน้ำเข้าสู่พื้นที่โครงการ (น้ำประปาไหลเข้าสู่พื้นที่โครงการด้วยแรงดันน้ำปกติที่ท่อประปาจ่ายให้กับ ชุมชน) โดยท่อประปาถนนซอยรามคำแหง 43/1 บริเวณด้านหน้าโครงการ มีแรงดันน้ำเฉลี่ยประมาณ 7 เมตร (ข้อมูลจากสำนักงานประปา สาขาลาดพร้าว, สิงหาคม 2555) และบริเวณที่ตั้งถังเก็บน้ำใต้ดินของโครงการอยู่ ห่างจากจุดดังกล่าวประมาณ 37 เมตร

ดังนั้น สามารถคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำในท่อประปาจากบริเวณซอยรามคำแหง 43/1 เมื่อไหลมายังพื้นที่โครงการได้ โดยใช้สูตร เฮเซน-วิลเลียม ได้ดังนี้

$$Q = 0.278 C D^{2.63} S^{0.54}$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)  
 $C$  = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ ในที่นี้  
 เลือกใช้ ค่า ส.ป.ส.ความเสียดทานสำหรับสมการเฮเซน-  
 วิลเลียม สำหรับท่อที่เรียบมากเท่ากับ 130 (ตารางที่ ผ 3-3)  
 $D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ม.) ในที่นี้เท่ากับ 0.15 ม.  
 $S$  =  $h_f / L$   
 โดยที่  $h_f$  = ความสูญเสียแรงดัน (ม.)  
 $L$  = ความยาวท่อ (ม.)

แทนค่าจะได้

$$Q \text{ ท่อประปาที่ผ่านด้านหน้าโครงการ} = 0.278 \times 130 \times (0.15)^{2.63} \times (7/1)^{0.54}$$

$$= 0.704 \quad \text{ลบ.ม./วินาที}$$

$Q$  ท่อประปาที่ไหลเข้าถังเก็บน้ำใต้ดินของโครงการ

$$= 0.278 \times 130 \times (0.10)^{2.63} \times (7/37)^{0.54}$$

$$= 0.034 \quad \text{ลบ.ม./วินาที}$$

จาก  $h_f/L$

$$= \left[ \frac{Q}{0.278 C D^{2.63}} \right]^{(1/0.54)}$$

แทนค่าจะได้  $h_f$

$$= \left[ \frac{0.034}{0.278 \times 130 \times 0.15^{2.63}} \right]^{1.85} \times 37$$

$$= 0.95 \quad \text{เมตร}$$

จากการคำนวณข้างต้น พบว่า แรงดันน้ำ และอัตราการจ่ายน้ำของท่อประปาบริเวณ ถนน ซอยรามคำแหง 43/1 หลังผ่านพื้นที่โครงการจะ

1. มีแรงดันน้ำลดลง เท่ากับ 0.95 เมตร ทำให้แรงดันน้ำในท่อประปาบริเวณถนน ด้านหน้าโครงการซึ่งปัจจุบันมีแรงดันน้ำ 7 เมตร มีแรงดันน้ำลดลงเหลือ 6.05 เมตร (7-0.95)

2. มีอัตราการจ่ายน้ำประปาไปยังชุมชนท้ายน้ำหลังผ่านพื้นที่โครงการลดลงไป 0.034 ลบ.ม./วินาที เหลือ 0.67 ลบ.ม./วินาที (0.704-0.034)

ตารางที่ ผ 3-3 สัมประสิทธิ์ความเสียหายสำหรับสมการเฮเซน-วิลเลียม

ชนิดท่อ	C
ท่อที่ตรงและเรียบมากๆ	140
ท่อที่เรียบมาก	130
ไม่เรียบหรือปูนเรียบ	120
ท่อเหล็ก (ใหม่) ใช้หมุดย้ำ,ท่อดินเผา	110
ท่อเหล็ก (เก่า) ,อิฐปกติ	100
ท่อเหล็ก (เก่า) ใช้หมุดย้ำ	95
ท่อเหล็ก (เก่า) ในสภาพทรุดโทรม	60-80

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์, การออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน,2539



## 8. รายการคำนวณระยะเวลาในการระบายคนออกจากบันไดหนีไฟ

ภายในอาคารมีบันไดที่ใช้หนีไฟได้ จำนวน 3 แห่ง คือ

- บันไดหลัก ST-1 : มีความสูงจากชั้นล่างถึงชั้นที่ 8 มีความกว้างของบันได 1.2 เมตร
  - บันไดหลัก ST-2 : มีความสูงจากชั้นล่างถึงชั้นที่ 8 มีความกว้างของบันได 1.5 เมตร
  - บันไดหลัก ST-3 : มีความสูงจากชั้นล่างถึงชั้นที่ 8 มีความกว้างของบันได 1.5 เมตร
- สามารถคำนวณระยะเวลาหนีไฟของบันไดหลักแต่ละแห่งออกสู่ภายนอกอาคารได้ดังนี้

### (1) ระยะเวลาหนีไฟของบันได

ในที่นี้ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอพยพคนในอาคารพักอาศัยออกสู่นอกอาคาร

= ระยะเวลาที่คนแรกบนชั้น 2 ลงถึงชั้นล่าง + ระยะเวลาของคนทั้งอาคารทยอยลงบันไดหนีไฟจากชั้นบนสุดถึงชั้น 1 + ระยะเวลาที่คนสุดท้ายลงจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นล่างสุด และออกนอกตัวอาคาร

ความเร็วในการเดินเฉลี่ยตามแนวราบ = 0.6 เมตร/วินาที

ความเร็วในการเดินเฉลี่ยตามแนวตั้ง = 0.286 เมตร/วินาที

ความสามารถในการรองรับคนของบันไดหนีไฟ = 1.3 คน/วินาที/ความกว้าง 1 เมตร

#### การคำนวณ

##### (1.1) ระยะเวลาที่คนแรกบนชั้น 2 ลงถึงชั้นล่างภายนอกอาคาร

= ระยะเวลาในการเดินทางตามระยะทางราบโดยเฉลี่ย + ระยะเวลาในการเดินทางตามระยะทางตั้งในบันไดหนีไฟโดยเฉลี่ย

ในที่นี้ ระยะทางราบโดยเฉลี่ย  $\approx 22.8$  เมตร และระยะทางตั้ง 2.85 เมตร

แทนค่า =  $\{(22.8/0.6) + (2.85/0.286)\}$

$\approx 48$  วินาที

##### (1.2) ระยะเวลาของคนทั้งอาคารทยอยลงบันไดหนีไฟจากชั้นบนสุดถึงชั้น 2

จำนวนคนในอาคาร = 722 คน

ความกว้างของบันไดหนีไฟ = 4.2 เมตร

ความสามารถในการรองรับคนของบันไดหนีไฟ

= 1.3 คน/วินาที/ความกว้าง 1 เมตร

แทนค่า =  $\{722 / (1.3 \times 4.2)\}$

$\approx 133$  วินาที

(1.3) ระยะเวลาที่คนสุดท้ายลงจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นล่างสุด และออกนอกตัวอาคาร  
 = ระยะเวลาในการเดินทางตามระยะทางราบโดยเฉลี่ย + ระยะเวลาในการเดินทาง  
 ตามระยะทางตั้งโดยเฉลี่ย

ในที่นี้ ระยะทางราบโดยเฉลี่ยประมาณ 22.8 เมตร และระยะทางตั้งรวม 20.05  
 เมตร

$$\text{แทนค่า} \quad = \{(22.8/0.6) + (20.05/0.286)\}$$

$$\approx 109 \text{ วินาที}$$

ดังนั้น เมื่อรวมเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอพยพคนภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคารโดยใช้  
 บันไดหลัก ST-1

$$= 48 + 133 + 109$$

$$= 290 \text{ วินาที}$$

$$= 4.8 \text{ นาที}$$

$$\sim 5 \text{ นาที}$$

## 9. มลพิษทางอากาศจากรถยนต์ภายในโครงการ

การคำนวณใช้สมการของ U.S.EPA พิจารณาร่วมกับการพัดผ่านของกระแสลมผ่านบริเวณพื้นที่โครงการ จากผังลมของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร (สถานีที่ใกล้โครงการที่สุด) ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2523-2552) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศซึ่งประกาศโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีเงื่อนไขในการคำนวณดังนี้

### (1) สมการที่ใช้คำนวณ

$$Q = EF_A \times T \times S$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการระบายของสารมลพิษในบริเวณพื้นที่ที่กำหนด (กรัม/ชั่วโมง)

$EF_A$  = Composite Emission Factor สำหรับลักษณะการจราจรที่กำหนดให้ (กรัม/กิโลเมตร/คัน)

$T$  = ปริมาณการจราจร (ยานพาหนะทุกประเภท) ในพื้นที่ที่กำหนด (คัน/ชั่วโมง)

$S$  = ระยะทางที่ยานยนต์วิ่งในพื้นที่โครงการ (กิโลเมตร)

(2) ปริมาณรถยนต์คิดเทียบเท่าจำนวนการขนส่งดินและวัสดุก่อสร้าง จำนวนทั้งสิ้น 7 เที่ยว/วัน หรือจำนวน 2 เที่ยว/ชั่วโมง โดยแต่ละรอบการขนส่งให้ทั้งระยะห่างกัน 30 นาที/คัน ระยะทางที่รถวิ่งในโครงการ 130.5 เมตร หรือ 0.13 กิโลเมตร ส่วนช่วงเปิดดำเนินการประเมินปริมาณรถยนต์คิดเทียบเท่าที่จอดรถยนต์ที่จัดไว้ภายในโครงการ จำนวน 75 คัน มีระยะทางรถวิ่งภายในโครงการประมาณ 146 เมตร หรือ 0.146 กิโลเมตร ซึ่งกำหนดให้วิ่งเข้า-ออกในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง

(3) ใช้อัตราการระบายมลสารจากรถยนต์ซึ่งอนุมานว่าเป็นเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ในช่วงก่อสร้างคิดเป็นกรณีรถบรรทุก (ดีเซลใหญ่) มีค่า Emission Factor (EF) ของ ก๊าซ  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{10}$  และ TSP เท่ากับ 11.887, 28.478, 0.534, 1.855 และ 2.71 ส่วนช่วงเปิดดำเนินการเมื่อเปรียบเทียบกับมลพิษที่ปล่อยออกมาระหว่างเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน ถ้าค่าไหนมากกว่าจะนำค่านั้นมาประเมินเท่ากับ 5.745, 4.116, 0.182, 0.398 และ 0.26 กรัม/กิโลเมตร/คัน (ดูตารางที่ ผ 3-4)

(4) จากผังลมของสถานีตรวจวัดอากาศสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร (สถานีที่มีการเก็บข้อมูลทิศทางลมและอยู่ใกล้โครงการที่สุด) พบว่า ปริมาณลมที่พัดผ่านช่องเปิดลมในแนวทิศใต้ของพื้นที่โครงการก่อนถึง Receptor (พื้นที่เปิดโล่งบริเวณลานจอดรถยนต์นอกอาคารมีความกว้างช่วงที่แคบที่สุด = 26.60 เมตร × ความสูงของอาคารเมื่อวัดถึงจุดที่สูงที่สุด = 22.90 เมตร) ความเร็วลมเฉลี่ย 4.3 นี้อต (1 นี้อต = 6,080.20 ฟุต/ชั่วโมง และ 1 ฟุต = 0.3048 เมตร) หรือ  $4.3 \times 6,080.20$  ฟุต/ชั่วโมง × 0.3048 = 7,968.95 เมตร/ชั่วโมง คิดเป็นปริมาณลมที่พัดผ่านช่องเปิด ( $26.60 \times 7,968.95 \times 22.90$ ) เท่ากับ 4,854,206.20 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

(5) คำนวณหาความเข้มข้นมลสารใน 1 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม.) = (อัตราการระบายของสารมลพิษ × 1,000)/ปริมาณกระแสลมที่พัดผ่าน

ตารางที่ ผ 3-4 Emission Factor สำหรับอัตราการระบายสารมลพิษจากยานพาหนะประเภทต่างๆ

ประเภท ยานพาหนะ	อัตราการระบายสารมลพิษ (กรัม/กิโลเมตร/คัน)					
	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM	TSP	HC
เบนซิน	1.460 <sup>1</sup>	0.182 <sup>2</sup>	5.745 <sup>1</sup>	0.005 <sup>3</sup>	0.1	1.535 <sup>1</sup>
ดีเซลเล็ก	4.116 <sup>1</sup>	0.117 <sup>2</sup>	2.177 <sup>1</sup>	0.398 <sup>1</sup>	0.26	0.984 <sup>1</sup>
ดีเซลใหญ่	28.478 <sup>1</sup>	0.534 <sup>2</sup>	11.887 <sup>1</sup>	1.855 <sup>1</sup>	2.71	3.074 <sup>1</sup>
จักรยานยนต์	0.051 <sup>1</sup>	0.041 <sup>2</sup>	5.868 <sup>1</sup>	0.150 <sup>3</sup>	ไม่มีข้อมูล	8.552 <sup>1</sup>

หมายเหตุ <sup>1</sup> ค่าจากการทำ CVS สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่  
<sup>2</sup> คำนวณจากปริมาณองค์ประกอบกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิง  
<sup>3</sup> จากรายงาน “PM Abatement Strategy for Bangkok Metropolitan Area”, กันยายน 2541  
 จากเงื่อนไขข้างต้นสามารถคำนวณหาอัตราการระบายของสารมลพิษและความเข้มข้นของมลสารได้ดังนี้

### 9.1 รายการคำนวณความเข้มข้นของมลสารที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ช่วงก่อสร้าง

#### 1) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

- ปริมาณก๊าซ CO ของรถบรรทุก  
 $= 11.887 \times 2 \times 0.13$   
 $= 3.09$                       กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น CO  
 $= (3.09 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.0006$                       มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่า CO บริเวณพื้นที่โครงการ 3.03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่า CO เท่ากับ 3.0306 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ CO เฉลี่ยรายชั่วโมง กำหนดไว้ไม่เกิน 34.20 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

#### 2) ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

- ปริมาณก๊าซ NO<sub>2</sub> ของรถบรรทุก  
 $= 28.478 \times 2 \times 0.13$   
 $= 7.40$                       กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น NO<sub>2</sub> =  $(7.40 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.0015$                       มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่า NO<sub>2</sub> บริเวณพื้นที่โครงการ 0.0334 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่า NO<sub>2</sub> เท่ากับ 0.0349 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ NO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายชั่วโมง กำหนดไว้ไม่เกิน 0.32 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

### 3) ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

- ปริมาณก๊าซ SO<sub>2</sub> ของรถบรรทุก  
 $= 0.534 \times 2 \times 0.13$   
 $= 0.139$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น SO<sub>2</sub>  
 $= (0.139 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.000029$  มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่า SO<sub>2</sub> บริเวณพื้นที่โครงการ 0.0057 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่า SO<sub>2</sub> เท่ากับ 0.00573 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายชั่วโมง กำหนดไว้ไม่เกิน 0.78 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

### 4) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM: Particulate Matter)

- ปริมาณ PM ของรถบรรทุก 7 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง  
 $= 1.855 \times 2 \times 0.13$   
 $= 0.482$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้นของ PM  
 $= (0.482 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.000099$  มก./ลบ.ม./ชม.  
 $= 0.00079$  มก./ลบ.ม./วัน (หมายเหตุ: ทำงานวันละ 8 ชม.)

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) บริเวณพื้นที่โครงการ 0.043 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน จะมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เท่ากับ 0.04379 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน

### 5) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองแขวนลอย (TSP)

- ปริมาณ TSP ของรถบรรทุก 7 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง  
 $= 2.71 \times 2 \times 0.13$   
 $= 0.7046$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้นของ TSP  
 $= (0.7046 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.00015$  มก./ลบ.ม./ชม.  
 $= 0.0012$  มก./ลบ.ม./วัน (หมายเหตุ : ทำงานวันละ 8 ชม.)

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองแขวนลอยบริเวณพื้นที่โครงการ 0.064 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน จะมีค่าฝุ่นละอองแขวนลอย เท่ากับ 0.0652 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน

#### 6) ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน (HC)

- ปริมาณ HC ของรถบรรทุก 2 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง  
 $= 3.074 \times 2 \times 0.13$   
 $= 0.799$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้นของ HC  
 $= (0.799 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.000165$  มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าไฮโดรคาร์บอนบริเวณพื้นที่โครงการ 1.94 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่าไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 1.9402 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

### 9.2 รายการคำนวณความเข้มข้นของมลสารจากรถยนต์ช่วงเปิดดำเนินการ

#### 1) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

- ปริมาณก๊าซ CO ของรถยนต์  
 $= 5.745 \times 75 \times 0.146$   
 $= 62.91$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น CO  
 $= (62.91 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.0130$  มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าคาร์บอนมอนอกไซด์บริเวณพื้นที่โครงการ 3.03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่าคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 3.043 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ CO กำหนดไว้ไม่เกิน 34.20 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

#### 2) ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

- ปริมาณก๊าซ  $\text{NO}_2$  ของรถยนต์  
 $= 4.116 \times 75 \times 0.146$   
 $= 45.07$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น  $\text{NO}_2$   
 $= (45.07 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.0093$  มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณพื้นที่โครงการ 0.0334 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่าไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 0.043 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ  $\text{NO}_2$  กำหนดไว้ไม่เกิน 0.32 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

#### 3) ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

- ปริมาณก๊าซ  $\text{SO}_2$  ของรถยนต์  
 $= 0.182 \times 75 \times 0.146$   
 $= 1.993$  กรัม/ชั่วโมง
- ความเข้มข้น  $\text{SO}_2 = (1.993 \times 1,000) / 4,854,206.20$   
 $= 0.00041$  มก./ลบ.ม./ชม.

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณพื้นที่โครงการ 0.0057 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 0.0061 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไม่เกินค่ามาตรฐานก๊าซ SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายชั่วโมง ไม่เกิน 0.78 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

#### 4) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM: Particulate Matter)

- ปริมาณ PM ของรถยนต์ (กรณีจำนวนรถสูงสุดในโครงการ 75 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง)

$$= 0.398 \times 75 \times 0.146$$

$$= 4.358 \quad \text{กรัม/ชั่วโมง}$$

- ความเข้มข้น PM

$$= (4.358 \times 1,000) / 4,854,206.20$$

$$= 0.00090 \quad \text{มก./ลบ.ม./ชม.}$$

$$= 0.0216 \quad \text{มก./ลบ.ม./24 ชม.}$$

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน บริเวณพื้นที่โครงการ 0.043 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน จะมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เท่ากับ 0.065 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน

#### 5) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองแขวนลอย (TSP)

- ปริมาณ TSP ของรถยนต์ (กรณีจำนวนรถสูงสุดในโครงการ 75 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง)

$$= 0.26 \times 75 \times 0.146$$

$$= 2.847 \quad \text{กรัม/ชั่วโมง}$$

- ความเข้มข้นของ TSP

$$= (2.847 \times 1,000) / 4,854,206.20$$

$$= 0.00059 \quad \text{มก./ลบ.ม./ชม.}$$

$$= 0.0142 \quad \text{มก./ลบ.ม./ 24 ชม.}$$

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองแขวนลอยบริเวณพื้นที่โครงการ 0.064 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน จะมีค่าฝุ่นละอองแขวนลอย เท่ากับ 0.0782 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน

#### 6) ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน (HC)

- ปริมาณ HC ของรถยนต์ 75 คัน วิ่งภายในโครงการภายใน 1 ชั่วโมง

$$= 1.535 \times 75 \times 0.146$$

$$= 16.81 \quad \text{กรัม/ชั่วโมง}$$

- ความเข้มข้นของ HC

$$= (16.81 \times 1,000) / 4,854,206.20$$

$$= 0.003463 \quad \text{มก./ลบ.ม./ชม.}$$

เมื่อรวมกับผลการตรวจวัดค่าไฮโดรคาร์บอนบริเวณพื้นที่โครงการ 1.94 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะมีค่าไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 1.9435 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

จากการประเมินมลพิษที่ระบายออกจากรถยนต์ภายในโครงการทั้งช่วงก่อสร้างและช่วงเปิดดำเนินการรวมกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดปัจจุบัน พบว่า ความเข้มข้นของมลสารในบรรยากาศไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนด

**หมายเหตุ : ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศอ้างอิงจาก**

- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 52ง.ลงวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2538
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24(พ.ศ.2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนที่ 104ง.ลงวันที่ 22 กันยายน พ.ศ.2547
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ.2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 58ง.ลงวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ.2550

## 10. รายการคำนวณฝุ่นละอองจากกิจกรรมการก่อสร้าง

ในการประเมินใช้แบบจำลอง Box Model และกำหนดสมมติฐานในการประเมินดังนี้

- พื้นที่ก่อสร้างโครงการ มีพื้นที่ 3,256 ตารางเมตร คิดเป็นเนื้อที่ 0.8045 เอเคอร์ (1 เอเคอร์ = 4,047 ตร.ม.)
- ลักษณะดินบริเวณพื้นที่โครงการที่ขุดออกจากการทำฐานราก มีคุณสมบัติเป็นดินร่วนปนทราย ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองสู่บรรยากาศประมาณ 1.2 ตัน/พื้นที่ก่อสร้าง 1 เอเคอร์/เดือน หรือ  $4.0 \times 10^7$  มิลลิกรัม/เอเคอร์/วัน (US.EPA,1977)

$$\text{จากสมการ } C \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{Q \text{ (mg/s)}}{d \text{ (m)} \times W \text{ (m/s)} \times M \text{ (m)}}$$

กำหนดให้

C	=	ความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น
Q	=	ปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น (Emission)
d	=	ความกว้างของพื้นที่ (ระยะทางรับกับทิศทางลม

หลักที่พัดมาจากทิศใต้) ของโครงการประมาณ 26.60 เมตร

W = ความเร็วลมสูงสุด (จากสถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของลมหลักจากทิศใต้ ของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร = 4.3 น็อต หรือ (1น็อต = 6,080.20 ฟุต/ชั่วโมง และ 1 ฟุต = 0.3048 เมตร) หรือ  $4.3 \times 6,080.20 \text{ ฟุต/ชั่วโมง} \times 0.3048 = 7,968.95 \text{ เมตร/ชั่วโมง หรือ } 132.82 \text{ เมตร/นาทีย หรือ } 2.21 \text{ เมตร/วินาที}$



M = Mixing Height เป็นสภาพคงตัวของอากาศเพื่อ  
ศึกษาการฟุ้งกระจายของสารมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 1,454.64 เมตร (ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปี พ.ศ. 2540  
สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร)

$$\begin{aligned}
 &\text{การประเมินปริมาณฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง} \\
 &\text{จาก } Q = 4.0 \times 10^7 \text{ มิลลิกรัม/เอเคอร์/วัน} \\
 &\text{แทนค่า ปริมาณฝุ่นละอองจากการก่อสร้างในพื้นที่โครงการ} \\
 &Q = (4.0 \times 10^7 \times 0.8045) / 24 \text{ มิลลิกรัม/ชั่วโมง} \\
 &Q = 1,340,833.33 \text{ มิลลิกรัม/ชั่วโมง} \\
 &\text{เวลาทำงาน} = 8 \text{ ชั่วโมง/วัน} \\
 &\text{ดังนั้น ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น} = 8 \times 1,340,833.33 \text{ มิลลิกรัม/วัน} \\
 &= 10,726,666.64 \text{ มิลลิกรัม/วัน} \\
 &= 124.15 \text{ มิลลิกรัม/วินาที} \\
 &C = \frac{124.15 \text{ มิลลิกรัม/วินาที}}{(26.60 \text{ ม.}) \times (2.21 \text{ ม./วินาที}) \times (1,454.64 \text{ ม.})} \\
 &= 0.00145 \text{ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน}
 \end{aligned}$$

จากผลการศึกษา พบว่า การก่อสร้างโครงการทำให้เกิดปริมาณฝุ่นละออง 0.00145 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน เมื่อรวมกับปริมาณฝุ่นละอองแขวนลอยช่วงก่อสร้างร่วมกับผลที่ได้จากการตรวจวัดอีก 0.064 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน และจากรถบรรทุกที่ปล่อยออกมาอีก 0.000019 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน พบว่า มีปริมาณฝุ่นละอองแขวนลอยในช่วงก่อสร้างเท่ากับ 0.06547 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน

## 11. การประเมินอัตราการระบายความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของพื้นคอนกรีตหรือตัวอาคาร

จากสูตร

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{CONV}} + Q_{\text{RAD}}$$

$$Q_{\text{CONV}} = \text{อัตราการคายความร้อนจากการพาความร้อน, W}$$

$$Q_{\text{RAD}} = \text{อัตราการคายความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน, W}$$

### 1) การคำนวณอัตราการคายความร้อนจากการพาความร้อน

$$Q_{\text{CONV}} = hA (T_s - T_{\text{air}})$$

$$\text{เมื่อ } h = \text{ส.ป.ส. การพาความร้อน, W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$= 4.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (ตารางที่ ผ 3-5)}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ, ตร.ม.}$$

$$T_s = \text{อุณหภูมิของวัสดุ, K}$$

$$T_{\text{air}} = \text{อุณหภูมิของอากาศ, K}$$

### การคำนวณ

กำหนดให้ อุณหภูมิของวัสดุ ( $T_s$ ) = อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของอากาศ [ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร]

$$= 30.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 273 + 30.5 \text{ K}$$

$$= 303.5 \text{ K}$$

$$\text{อุณหภูมิของอากาศ } (T_{\text{air}}) = \text{อุณหภูมิสูงสุด} - (\text{ความแตกต่างสูงสุดของอุณหภูมิรายชั่วโมง})$$

$$= 30.5 - 2.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 28.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 273 + 28.4 \text{ K}$$

$$= 301.4 \text{ K}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวของอาคารทั้ง 4 ด้าน}$$

$$= 3,235.45 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{จากสูตร } Q_{\text{CONV}} = hA (T_s - T_{\text{air}})$$

$$\text{เมื่อ } h = 4.5 \text{ W/m}^2\text{-K (ดูตารางที่ ผ 3-4 ประกอบ)}$$

$$A = 3,235.45 \text{ ตารางเมตร}$$

$$T_s = 303.5 \text{ K.}$$

$$T_{\text{air}} = 301.4 \text{ K.}$$

$$\text{แทนค่า } Q_{\text{CONV}} = 4.5 \times 3,235.45 \times (303.5 - 301.4)$$

$$= 30,575 \text{ W.}$$

$$\approx 30.58 \text{ kW.}$$

### 2) อัตราคายความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน

$$\text{เมื่อ } Q_{\text{RAD}} = \epsilon A \sigma (T_s^4 - T_{\text{air}}^4)$$

$$= \text{สภาพเปล่งรังสีคอนกรีต}$$

$$= 0.63 \text{ (ตารางที่ ผ 3-6)}$$

$$= \text{ค่าคงที่ของ Stefan - Boltzmann}$$

$$= 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/ตร.ม.}^2\text{K}^4$$

จากสูตร  $Q_{\text{RAD}} = \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{\text{air}}^4)$

แทนค่า  $Q_{\text{RAD}} = 0.63 \times 3,235.45 \times (5.67 \times 10^{-8}) \times (303.5^4 - 301.4^4)$   
 $= 26,859.85 \text{ W.}$   
 $\approx 26.86 \text{ kW.}$

ดังนั้น  $Q_{\text{total}} = Q_{\text{CONV}} + Q_{\text{RAD}}$   
 $= 30.58 + 26.86$   
 $= 57.44 \text{ kW.}$

ดังนั้น อัตราการคายความร้อนของอาคารโครงการ เท่ากับ 57.44 กิโลวัตต์

ตารางที่ ผ 3-5 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัสดุต่างๆ

Surface	$T, ^\circ\text{C}$	Emissivity $\epsilon$
<i>Metals and their oxides</i>		
Stainless steels:		
Polished	100	0.074
Type 301; B	230-940	0.54-0.63
Tin, bright tinned iron	24	0.043 and 0.064
Tungsten, filament	3315	0.39
Zinc, galvanized sheet iron, fairly bright	28	0.23
<i>Refractories, building materials, paints, and miscellaneous</i>		
Alumina (85-99.5% $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0-12% $\text{SiO}_2$ , 0-1% $\text{Ge}_2\text{O}_3$ ); effect of mean grain size, microns ( $\mu\text{m}$ ):		
10 $\mu\text{m}$		0.30-0.18
50 $\mu\text{m}$		0.39-0.28
100 $\mu\text{m}$		0.50-0.40
Asbestos, board	23	0.96
Brick:		
Red, rough, but no gross irregularities	21	0.93
Fireclay	1000	0.75
Carbon:		
T-carbon (Gebrüder Siemens) 0.9% ash, started with emissivity of 0.72 at 260°F but on heating changed to values given	125-625	0.81-0.79
Filament	1035-1400	0.526
Rough plate	100-320	0.77
Lampblack, rough deposit	100-500	0.84-0.78
Concrete tiles	1000	0.63
Enamel, white fused, on iron	19	0.90
Glass:		
Smooth	22	0.94
Pyrex, lead, and soda	260-540	0.95-0.85
Paints, lacquers, varnishes:		
Snow-white enamel varnish on rough iron plate	23	0.906
Black shiny lacquer, sprayed on iron	24	0.875
Black shiny shellac on tinned iron sheet	21	0.821
Black matte shellac	77-146	0.91
Black or white lacquer	38-93	0.80-0.95
Flat black lacquer	38-93	0.96-0.98
Aluminum paints and lacquers:		
10% Al, 22% lacquer body, on rough or smooth surface	100	0.52
Other Al paints, varying age and Al content	100	0.27-0.67
Porcelain, glazed	22	0.92
Quartz, rough, fused	21	0.93
Roofing paper	21	0.91
Rubber, hard, glossy plate	23	0.94
Water	0-100	9.95-0.963

†Courtesy of H. C. Hottel, from W. H. McAdams, "Heat Transmissions," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1954.

ที่มา: Heat Transfer 7<sup>th</sup> ed. in SI unit metric Edition 1992

ตารางที่ ผ3-6 ค่าสภาพการเปล่งรังสีของวัสดุประเภทต่างๆ

Surface	T, °C	Emissivity $\epsilon$
<i>Metals and their oxides</i>		
Stainless steels:		
Polished	100	0.074
Type 301; B	230-940	0.54-0.63
Tin, bright tinned iron	24	0.043 and 0.064
Tungsten, filament	3315	0.39
Zinc, galvanized sheet iron, fairly bright	28	0.23
<i>Refractories, building materials, paints, and miscellaneous</i>		
Alumina (85-99.5% $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0-12% $\text{SiO}_2$ , 0-1% $\text{Ge}_2\text{O}_3$ ); effect of mean grain size, microns ( $\mu\text{m}$ ):		
10 $\mu\text{m}$		0.30-0.18
50 $\mu\text{m}$		0.39-0.28
100 $\mu\text{m}$		0.50-0.40
Asbestos, board	23	0.96
Brick:		
Red, rough, but no gross irregularities	21	0.93
Fireclay	1000	0.75
Carbon:		
T-carbon (Gebrüder Siemens) 0.9% ash, started with emissivity of 0.72 at 260°F but on heating changed to values given	125-625	0.81-0.79
Filament	1035-1400	0.526
Rough plate	100-320	0.77
Lampblack, rough deposit	100-500	0.84-0.78
Concrete tiles	1000	0.63
Enamel, white fused, on iron	19	0.90
Glass:		
Smooth	22	0.94
Pyrex, lead, and soda	260-540	0.95-0.85
Paints, lacquers, varnishes:		
Snow-white enamel varnish on rough iron plate	23	0.906
Black shiny lacquer, sprayed on iron	24	0.875
Black shiny shellac on tinned iron sheet	21	0.821
Black matte shellac	77-146	0.91
Black or white lacquer	38-93	0.80-0.95
Flat black lacquer	38-93	0.96-0.98
Aluminum paints and lacquers:		
10% Al, 22% lacquer body, on rough or smooth surface	100	0.52
Other Al paints, varying age and Al content	100	0.27-0.67
Porcelain, glazed	22	0.92
Quartz, rough, fused	21	0.93
Roofing paper	21	0.91
Rubber, hard, glossy plate	23	0.94
Water	0-100	9.95-0.963

†Courtesy of H. C. Hotteel, from W. H. McAdams, "Heat Transmissions," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1954.

ที่มา: Heat Transfer 7<sup>th</sup> ed. in SI unit metric Edition 1992

### 3) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาคารโดยรอบ

$$\text{จากสูตร } \Delta T = Q / (C_p \times \text{mass flow rate})$$

$$\text{โดยที่ } \Delta T = \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ}$$

$$Q = \text{อัตราการคายความร้อนของอาคารโครงการ}$$

$$= 57.44 \text{ kW.}$$

$$C_p = \text{Heat capacity ของอากาศ}$$

$$= 1.0062 \text{ K.J./kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{mass flow rate} = H \times W \times U \times \rho_{\text{air}}$$

$$\text{โดยที่ } H = \text{ความสูงของอาคาร (22.90 ม.)}$$

$$W = \text{ความกว้างของพื้นที่ช่วงที่ทิศทางลมหลักพัดผ่านคือทิศใต้ (~26.60 ม.)}$$

$$U = \text{ความเร็วลมเฉลี่ย, น็อต}$$

$$= 4.3 \text{ น็อต (ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดจากทิศใต้)}$$

$$1 \text{ น็อต} = 6,080.20 \text{ ฟุต/ชั่วโมง}$$

$$= 4.3 \times 6,080.20 \text{ ฟุต/ชม./3.281 ฟุต}$$

$$= 7,968.56 \text{ เมตร/ชั่วโมง}$$

$$\rho = \text{ความหนาแน่นของอากาศ}$$

$$= 1.15 \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{แทนค่า mass flow rate} = 22.90 \times 26.60 \times 7,968.56 \times 1.15$$

$$= 5,582,064 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}$$

$$\text{ดังนั้น } \Delta T = [57.44 / (1.0062 \times 5,582,064)] \times 3,600$$

$$= 0.037 \text{ } ^\circ\text{C}$$

จากผลการคำนวณข้างต้น พบว่า ความร้อนจากอัตราการระบายความร้อนจากอาคารมีผล  
ทำให้อุณหภูมิภายนอกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียง  $0.037 \text{ } ^\circ\text{C}$

## 12. ผลกระทบด้านความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ

การระบายอากาศของโครงการเน้นวิธีธรรมชาติ ไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศแต่อย่างใด มีเพียงส่วนปรับอากาศในห้องสำนักงานเท่านั้น แต่ในการคำนวณได้เผื่อกรณีเลวร้ายที่สุดถ้าในโครงการมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และเปิดพร้อมกันทุกห้อง โดยห้องพักจำนวน 232 ห้อง และสำนักงาน 1 ห้อง ใช้เครื่องปรับอากาศรวม 360 ตัน หรือ 4,320,000 BTU

ประเมินที่ภาวะ worst case คือ

(1) การประเมินผลกระทบจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศต่อสิ่งแวดล้อมจะประเมินในกรณีเลวร้ายที่สุด นั่นคือ ห้องพักทุกห้องภายในอาคารมีการใช้เครื่องปรับอากาศและเปิดใช้เครื่องปรับอากาศพร้อมกันทั้งหมด โดยคิดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในโครงการทั้งหมด จะมีการใช้เครื่องปรับอากาศ 4,320,000 BTU หรือ 360 ตัน

(2) อากาศที่เกิดจากตัวอาคารของโครงการ เป็นอากาศที่ผ่านคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศจากห้องพักอาศัยที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

(3) ปริมาตรอากาศจากอาคารเป็นปริมาตรอากาศที่เกิดจากห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศ

(4) อากาศจากภายนอกอาคาร เป็นอากาศที่พัดผ่านตามช่องเปิดระหว่างอาคาร ทำให้เกิดการดูดซับและแลกเปลี่ยนความร้อนของคอยล์ร้อนในเครื่องปรับอากาศห้องต่าง ๆ ของโครงการ

(5) ปริมาตรอากาศภายนอกอาคารเป็นปริมาตรอากาศที่พัดผ่านช่องเปิดของอาคารโครงการก่อนถึงตัวอาคารอื่น คิดเป็นความกว้างของช่องเปิดก่อนถึงตัวอาคารอื่น ด้านทิศใต้ก่อนถึงอาคารของโครงการเป็นอาคารอยู่อาศัยสูง 4-5 ชั้น คิดให้ลมผ่านได้หมด 22.90 เมตร ตามความสูงของอาคารรวมระยะที่คาดว่าจะลมต้องพัดผ่านและยกตัวสูงขึ้น

(6) ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศภายนอกจากข้อมูลสถิติภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร ในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2523-2552) ซึ่งใช้เดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดมาใช้ในการประเมิน โดยเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (Mean Max) เท่ากับ 30.5 องศาเซลเซียส

(7) ค่าตัวแปรที่จะนำไปคำนวณหาปริมาณอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกับสภาพอากาศภายนอกอาคารที่พัดผ่าน ประกอบด้วย

### 1) ค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกิดจากตัวอาคาร

- ปริมาณลมที่ระบายออกจาก CDU = 820 CFM/ตัน

(เอกสารทางด้านเทคนิคของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน “เทอร์น”)

- เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type ในส่วนต่างๆ ของอาคารมีภาระการทำความเย็นมีขนาดรวม 360 ตัน

- คิดเป็นปริมาณลมร้อนที่ระบายออกจาก CDU ทั้งโครงการ

$$= 360 \times 820 \text{ CFM}$$

$$= 295,200 \text{ CFM}$$

- อุณหภูมิห้องเฉลี่ยสูงสุด = 30.5 °C

- อุณหภูมิที่ต้องการเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ = 25 °C

- ระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงจาก 30.5 °C เป็น 25 °C ประมาณ 20 นาที

ทั้งนี้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่ CDU สูงขึ้นเฉลี่ย

$$= 20.8 \text{ }^{\circ}\text{F หรือ } 11.56 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(ทดลองที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 95 °F หรือ 35 °C ,เอกสารทางเทคนิคของ  
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน “เทอร์น”)

## 2) ค่าตัวแปรต่างๆ ของอากาศภายนอก

- ขนาดของช่องเปิดระหว่างอาคารที่อากาศจะพัดผ่าน = 609.14 ตร.ม.

(ความกว้างของช่องเปิดก่อนที่จะถึงอาคารของโครงการ x ความสูงของอาคารที่ไม่ถูกบดบังรวมระยะที่คาด  
ว่าลมต้องพัดผ่านและยกตัวสูงขึ้น = 26.60 x 22.90 เมตร)

- ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดตามสถิติภูมิอากาศในทิศทางลมหลัก (ลมจากทิศใต้) ของสถานี  
ตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร

$$(1 \text{ นี้อต} = 6,080.20 \text{ ฟุต/ชม.}) = 4.3 \text{ Knots}$$

$$= 26,144 \text{ ฟุต/ชม.}$$

$$(1 \text{ นี้อต} = 6,080 \text{ ฟุต/ชม.}, 1 \text{ ฟุต} = 0.3048 \text{ ม.})$$

$$= (26,144 \times 0.3048 \text{ เมตร/ชม.}) / 60 \text{ นาที}$$

$$= 132.81 \text{ เมตร/นาที}$$

- ปริมาตรลมที่พัดผ่านช่องว่างระหว่างอาคาร (ในเวลา 20 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่มีการลด

อุณหภูมิห้องจาก 35 °C เหลือ 25 °C เท่ากับ ขนาดของช่องเปิด x ความเร็วลม x  
เวลา 20 นาที)

$$= 609.14 \times 132.81 \times 20$$

$$= 1,617,997.667 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{หรือ } (1 \text{ ลบ.ม.} = 37 \text{ ลบ.ฟ.}) = 59,865,913.68 \text{ CFM}$$



## สมการในการคำนวณ

$$Q = m \times c_p \times \Delta t \quad (\text{คู่มือวิศวกรรมเครื่องกล, 2544})$$

โดยที่  $Q$  = ปริมาณความร้อนของอากาศ

$$c_p = \text{ความจุความร้อนของอากาศ} \\ = 0.24 \text{ BTU/lb}$$

$$m = \text{มวลของอากาศ} \\ = \text{CFM} \times \text{Density ที่อุณหภูมินั้น ๆ}$$

ทั้งนี้ Density ที่ 30.5 °C = 1.14 kg/m<sup>3</sup>

$$(1 \text{ ปอนด์/ลบ.ฟ.} = 16.019 \text{ กก./ลบ.ม.})$$

$$\text{หรือ} = 0.0712 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Density ที่ } 46.56 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1.1041 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{หรือ} = 0.0689 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\Delta t = \text{ความแตกต่างของอุณหภูมิ}$$

$$\text{ระดับความร้อนที่ระบายออกจาก CDU} = \text{ความร้อนที่อากาศภายนอกได้รับไว้}$$

$$(m \times c_p \times t)_{\text{อากาศที่ CDU}} = (m \times c_p \times t)_{\text{อากาศภายนอก}} \\ (295,200 \times 0.0689) \times 11.56 = (59,865,913.68 \times 0.0712) \times t_{\text{อากาศภายนอก}}$$

$$t_{\text{อากาศภายนอก}} = \frac{235,122.0768}{4,262,453.054} \\ = 0.055 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ดังนั้น การดำเนินโครงการจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.092 °C (0.037+0.055)

### 13. การประเมินความสามารถในการดูดซับความร้อนของต้นไม้จากเครื่องปรับอากาศ

การระบายอากาศในโครงการจะเน้นวิธีธรรมชาติ แต่จะประเมินในกรณีที่ทุกห้องอาจมีการใช้เครื่องปรับอากาศทั้งหมด โดยในโครงการจะมีอัตราการใช้เครื่องปรับอากาศรวม 360 ตัน หรือ 4,320,000 BTU สามารถคำนวณความสามารถในการดูดซับความร้อนของต้นไม้ได้ดังนี้

#### (1) ความร้อนจากเครื่องปรับอากาศในโครงการ

Loading การใช้เครื่องปรับอากาศในโครงการ เท่ากับ 4,320,000 BTU แปลงเป็นหน่วยพลังงานความร้อนได้ 1,088,640,000 cal (1 BTU = 252 cal) หรือ 1,088,640 Kcal.

#### (2) ความสามารถของต้นไม้ในการลดความร้อนจากเครื่องปรับอากาศในโครงการ

เพื่อให้ต้นไม้ที่ปลูกไว้ในโครงการสามารถดูดความร้อนที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศได้เพียงพอ โครงการจึงได้ทำการจัดพื้นที่สีเขียวที่ชั้นล่างรวม 838.7 ตารางเมตร คิดเป็นพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น 738.28 ตารางเมตร

การประเมินครั้งนี้จะนำเฉพาะพันธุ์ไม้ที่ขนาดทรงพุ่มตั้งแต่ 5 เมตร และความสูงตั้งแต่ 5 เมตร ขึ้นไปมา ในการประเมินในที่นี้จะนำเฉพาะพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นพื้นที่ 738.28 ตารางเมตร (184.57 ตารางวา) มาประเมิน สามารถคำนวณความสามารถของต้นไม้ในการลดความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องปรับอากาศได้ดังนี้

ตามแผนปฏิบัติการเชิงนโยบายด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืน (ฉบับผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และคณะรัฐมนตรี) ระบุว่าต้นไม้ใหญ่ที่คลุมเนื้อที่ประมาณ 60 ตารางวา จะดูดความร้อนคิดเป็นค่าประมาณ 1.2 ล้านกิโลแคลอรีต่อวัน (1,200,000 Kcal/วัน) หรือคิดเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดกลางสำหรับบ้านพักอาศัย 2 เครื่อง ในเวลา 8 ชั่วโมง

ต้นไม้คลุมพื้นที่	60	ตารางวา จะดูดความร้อน	1,200,000 Kcal./วัน
ต้นไม้คลุมพื้นที่	184.57	ตารางวา จะดูดความร้อน	$1,200,000 \times 184.57$
			<hr/>
			60
ดังนั้น ต้นไม้ในโครงการดูดความร้อนได้		= 3,691,400	Kcal/วัน

Loading การใช้เครื่องปรับอากาศในโครงการ เท่ากับ 4,320,000 BTU แปลงเป็นหน่วยพลังงานความร้อนได้ 1,088,640 Kcal. ขณะที่ต้นไม้ในโครงการสามารถดูดความร้อน 3,691,400 Kcal/วัน ดังนั้น ต้นไม้ในโครงการจึงสามารถลดความร้อนที่ระบายจากเครื่องปรับอากาศได้เพียงพอ

#### 14. รายการคำนวณช่วงก่อสร้าง

คนงานที่ใช้ในช่วงก่อสร้างเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการก่อสร้างจำนวน 40 คน ทำงานแบบเข้ามา-เย็นกลับ โดยผู้รับเหมาจะจัดที่พักให้คนงานทั้งหมดพักอาศัยภายนอกพื้นที่โครงการ สำหรับภายในพื้นที่ก่อสร้างโครงการมีการจัดระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ในช่วงก่อสร้าง ดังนี้

##### 14.1 ระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่ก่อสร้างโครงการ

###### 1) รายการคำนวณปริมาณน้ำใช้

###### 1.1) ปริมาณน้ำใช้สำหรับคนงาน จำนวน 40 คน

คิดอัตราการใช้	= 100	ลิตร/คน/วัน
(คิดร้อยละ 50 ของการใช้น้ำปกติที่ 200 ลิตร/คน/วัน เนื่องจากคนงานทำงานไป-กลับ)		
ปริมาณน้ำใช้	= $(40 \times 100) / 1,000$	ลบ.ม./วัน
	= 4	ลบ.ม./วัน

ดังนั้น คาดว่าจะมีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งหมด 4 ลบ.ม./วัน แบ่งเป็น

1.2) ปริมาณน้ำใช้สำหรับการก่อสร้าง	= 10	ลบ.ม./วัน
ดังนั้น ปริมาณน้ำใช้ในช่วงก่อสร้างทั้งหมด = 4+10		
	= 14	ลบ.ม./วัน

## 2) รายการคำนวณปริมาณมูลฝอยและภาชนะรองรับ

ปริมาณมูลฝอยสำหรับคนงาน จำนวน 40 คน

คิดอัตราการผลิตมูลฝอย	= 1.5	ลิตร/คน/วัน
(คิดร้อยละ 50%ของอัตราการเกิดมูลฝอยต่อวันที่ 3 ลิตร/คน/วัน)		
ปริมาณมูลฝอย	= $40 \times 1.5$	ลิตร/วัน
	= 60	ลิตร/วัน

## 3) รายการคำนวณถังรองรับมูลฝอยในช่วงก่อสร้าง

ปริมาณมูลฝอยทั้งหมด	= 60	ลิตร/วัน
คิดปริมาณมูลฝอยในระยะเวลา 3 วัน	= 180	ลิตร
ขนาดของถังรองรับมูลฝอย	= 200	ลิตร/ถัง
คิดเป็นจำนวนถังรองรับมูลฝอย	= $180/200$	ลิตร/วัน
	= 1	ถัง
จัดไว้จำนวน	= 3	ถัง
สามารถรองรับมูลฝอยได้	= $(3 \times 200)/60$	
	= 10	เท่าของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้น เพื่อสนับสนุนโครงการแยกมูลฝอยของหน่วยงานท้องถิ่น จึงจัดให้มีถังรองรับมูลฝอยขนาด 240 ลิตร จำนวน 3 ถัง แยกเป็น ถังมูลฝอยเปียก 1 ถัง ถังมูลฝอยแห้ง 1 ถัง และถังรองรับมูลฝอยอันตราย 1 ถัง สามารถรองรับมูลฝอยได้นาน 10 วัน

## 4) รายการคำนวณน้ำเสียจากคนงาน

### 4.1) ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ

- 4.1.1) การใช้ส้วม กำหนดให้ส้วม 1 ที่ ต่อคนงาน 10 คน  
คนงานทั้งหมด 40 คน จึงต้องจัดให้มีส้วมไม่น้อยกว่า 4 ที่
- 4.1.2) ปริมาณน้ำเสีย 3.2 ลูกบาศก์เมตร/วัน (80% ของน้ำใช้)  
ค่าบีโอดี (BOD) เข้าระบบบำบัด 250 มิลลิกรัม/ลิตร

### 4.2) รายการคำนวณถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

โครงการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบ Fixed Film Aeration ขนาดรองรับน้ำเสีย 4 ลูกบาศก์เมตร/วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 92 ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปจะทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียจากส้วมและน้ำจากการชำระล้างของคนงาน โดยมีลักษณะน้ำเสียเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียที่ค่า BOD 250 มิลลิกรัม/ลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 92 ดังนั้น ค่า BOD น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเท่ากับ 20 มิลลิกรัม/ลิตร

## 14.2 ระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่บ้านพักคนงาน

ในช่วงก่อสร้างของโครงการได้จัดให้มีบ้านพักคนงานอยู่ภายนอกโครงการ โดยจะจัดให้มีระบบสาธารณูปโภคภายในบ้านพักคนงานดังต่อไปนี้

- บ้านพักคนงาน (2 คน/ห้อง) จำนวน 20 ห้อง
- ห้องน้ำ - ห้องส้วม จำนวน 4 ห้อง
- ถังเก็บน้ำสำเร็จรูป ขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 ถัง
- ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป รองรับน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 7 ลูกบาศก์เมตร/วัน

### 1) รายการคำนวณปริมาณน้ำใช้

1.1) ปริมาณน้ำใช้สำหรับคนงาน จำนวน 40 คน

คิดอัตราการใช้น้ำ = 200 ลิตร/คน/วัน

(สำนักงานนโยบายและแผนฯ, 2544)

ปริมาณน้ำใช้ =  $(40 \times 200) / 1,000$  ลบ.ม./วัน

= 8 ลบ.ม./วัน

ดังนั้น คาดว่าจะมีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งหมด 8 ลบ.ม./วัน แบ่งเป็น

### 2) รายการคำนวณปริมาณมูลฝอยและภาชนะรองรับ

ปริมาณมูลฝอยสำหรับคนงาน จำนวน 40 คน

คิดอัตราการผลิตมูลฝอย = 3 ลิตร/คน/วัน

ปริมาณมูลฝอย =  $40 \times 3$  ลิตร/วัน

= 120 ลิตร/วัน

### 3) รายการคำนวณถึงรองรับมูลฝอยในช่วงก่อสร้าง

ปริมาณมูลฝอยทั้งหมด = 120 ลิตร/วัน

คิดปริมาณมูลฝอยในระยะเวลา 3 วัน = 360 ลิตร

ขนาดของถังรองรับมูลฝอย = 200 ลิตร/ถัง

คิดเป็นจำนวนถังรองรับมูลฝอย =  $360 / 200$  ลิตร/วัน

= 1.87 ถัง

กำหนดให้วางถังรองรับมูลฝอย = 3 ถัง

สามารถรองรับมูลฝอยได้ =  $(3 \times 200) / 120$

= 5 เท่าของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้น จึงจัดให้มีถังรองรับมูลฝอยขนาด 200 ลิตร จำนวน 3 ถัง แยกเป็น ถังมูลฝอยเปียก 1 ถัง ถังมูลฝอยแห้ง 2 ถัง และถังรองรับมูลฝอยอันตราย 1 ถัง สามารถรองรับมูลฝอยได้นาน 5 วัน

#### 4) รายการคำนวณถึงบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

(เสนอเป็นมาตรการให้ผู้รับเหมาเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่สามารถรองรับน้ำเสียได้ 7 ลูกบาศก์เมตร/วัน ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 92)

ถึงบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปจะทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียจากส้วมและน้ำจากการชำระล้างของคนงาน โดยมีลักษณะน้ำเสียเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียที่ค่า BOD 250 มิลลิกรัม/ลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 92 ดังนั้น ค่า BOD น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเท่ากับ 20 มิลลิกรัม/ลิตร