การพัฒนาระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

นายยศพงศ์ โบศรี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2556

การพัฒนาระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(รศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ปรียาพร โกษา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
กรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ยศพงศ์ โบศรี : การพัฒนาระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า (THE DEVELOPMENT OF DRAINAGE SYSTEM IN MUANG KAO SUB - DISTRICT)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา

พื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า จังหวัดปราจีนบุรีเป็นเขตพื้นที่ชุมชนมีการก่อสร้างอาคารเพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกพื้นที่แต่เนื่องจากพื้นที่บางแห่งมีระบบระบายน้ำไม่เพียงพอ และพื้นที่บางแห่งยังไม่มีระบบระบายน้ำรองรับน้ำทิ้งจากอาคารและรองรับน้ำฝนเมื่อเกิดฝนตกจึงส่งผลให้เกิดน้ำท่วมขังพื้นที่ชุมชน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องต่อสภาพพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่าในปัจจุบัน โดยได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ภายในพื้นที่ พร้อมทั้งการสำรวจพื้นที่ภาคสนาม และได้นำผลการสำรวจข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์หาขนาดของระบบระบายน้ำที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ภายในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ผลการศึกษาปรากฏว่า ระบบระบายน้ำเป็นแบบระบบท่อรวมน้ำเสียกับน้ำฝน ซึ่งใช้หลักเกณฑ์การกำหนดขนาดท่อรวบรวมน้ำเสีย โดยให้น้ำที่ไหลในท่อให้ไหลแบบน้ำไม่เต็มท่อไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก ขนาดท่อระบายน้ำที่ออกแบบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.30 ม. ถึง 1.50 ม. ความยาวรวมทั้งระบบระบายน้ำเท่ากับ 54,838 ม. ค่าก่อสร้างรวมเป็นเงิน 131,149,000 บาท

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

YOSPONG BOSRI : THE DEVELOPMENT OF DRAINAGE SYSTEM IN MUANG KAO SUB – DISTRICT. ADVISOR : ASST. PROF. PREEYAPHORN KOSA, Ph.D.

There is the significantly increasing of many new buildings in the Muangkao sub-district, Prachinburi. Since the capacity of the drainage system in this area is not suitable to support rainfall and waste water, there is flooding. The purpose of this study to determine a solution of this problem that is fitted by the condition of the Muangkao sub-district. To achieve the objective, data from government agencies in the study area are collected and analyzed. Moreover, it is important to survey the study area. The result presented that rainfall and waste water should be considered together for the design of drainage system. The criteria is based on gravity flow in pipe. The diameter of pipe is from 0.30 m to 1.50 m. with total length 54 838 m and budget 131 149 000 baht.

School of Civil Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2013 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานศึกษาฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุลวงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา ที่ได้ให้ความรู้แนวทางและให้คำปรึกษาตลอดจนมีข้อเสนอแนะนำต่างๆเพื่อให้โครงงานศึกษาสมบูรณ์ ถูกต้อง สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ให้คำแนะนำสั่งสอนในสิ่งที่เป็นประโยชน์ด้วยดีมาโดยตลอดเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยแนะนำความรู้ในการศึกษาและการทำโครงงานวิจัยนี้เป็นอย่างดีคอยเป็นกำลังใจ และช่วยเหลือกันตลอดมาขอขอบคุณผู้บริหารผู้บังคับบัญชาเจ้าหน้าที่พนักงาน และลูกจ้างในหน่วยงานเทศบาลตำบลเมืองเก่าทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการศึกษาและงานวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และผู้มีพระคุณทุกๆท่านที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนคอยให้กำลังใจให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ยศพงศ์ โบศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 พื้นที่ศึกษา: เทศบาลตำบลเมืองเก่า 4
2.1.1 ประชากร สภาพภูมิประเทศ และการใช้ที่ดิน 4
2.1.2 เศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม 7
2.1.3 ระบบระบายน้ำฝนที่ตกลงมาในชุมชน 8
2.2 วัฏจักรน้ำ (Hydrologic Cycle) 8
2.3 ทฤษฎีน้ำท่วม 12
2.3.1 ปัญหาน้ำท่วม หรือต้นเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม 12
2.3.2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม 13
2.3.3 แนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม 14
2.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมแบบยั่งยืน 15
2.4.1 การแก้ไขปัญหาน้ำท่วมที่สะสมมาในอดีต 16
2.4.2 การป้องกันปัญหาใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต 17
2.4.3 ที่ต่ำหรือที่ลุ่มที่เป็นจุดอ่อนต่อการถูกน้ำท่วม 17
2.5 ทฤษฎีน้ำเสีย 18
2.5.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย 19
2.5.2 สาเหตุของน้ำเสีย 21

2.6 วิธีการและหลักการบำบัดน้ำเสีย 22
2.6.1 การบำบัดน้ำเสีย 22
2.6.1.1 กระบวนการทางเคมี (chemical process) 23
2.6.1.2 กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) 24
2.6.1.3 กระบวนการทางกายภาพ (physical process) 24
2.6.1.4 กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physical-chemical process) 24
2.6.2 วิธีการบำบัดน้ำเสีย 25
2.6.3 หลักการจัดการน้ำเสีย 26
2.7 องค์ประกอบและเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำ 27
2.7.1 เกณฑ์การออกแบบด้านอุทกวิทยา 27
2.7.2 เกณฑ์การออกแบบด้านวิศวกรรมชลศาสตร์/วิศวกรรมโยธา 28
2.7.3 การออกแบบระบบระบายน้ำ 46
2.7.4 หลักเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งของอาคารในคลองระบายน้ำ 47
2.7.5 เกณฑ์การออกแบบคลองระบายน้ำ 47
2.7.6 มาตรฐานและเกณฑ์การออกแบบโครงสร้าง 54
2.7.7 เกณฑ์การออกแบบระบบเครื่องกลของสถานีสูบน้ำและเครื่องสูบน้ำ 64
2.7.8 เกณฑ์การประมาณราคาโครงการ 75
3 วิธีดำเนินการศึกษา 77
3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ 77
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 77
3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 78
3.3.1 ข้อมูลจำนวนและประเภทอาคาร 78
3.3.2 ข้อมูลประชากรเทศบาลตำบลเมืองเก่า 78
3.3.3 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา 78
3.3.4 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 78
3.3.5 ข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศและระดับสูงต่ำของพื้นที่ 78
3.3.6 ข้อมูลชนิดและขนาดระบบระบายน้ำ 78
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 80
4.1 เทศบาลตำบลเมืองเก่า 80
4.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 80
4.1.2 จำนวนการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร 83
4.1.3 ระบบระบายน้ำ 91

4.2 ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคและปริมาณน้ำเสียในอนาคต 101
4.2.1 จำนวนประชากร 101
4.2.2 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชน 103
4.3 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (Inflow) 106
4.3.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 106
4.3.2 การหาค่าปริมาณน้ำท่าโดยวิธี SCS-CN method 107
4.4 รวบรวมน้ำเสีย 111
4.4.1 ระบบรวบรวมน้ำเสีย 111
4.4.2 เปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสียของระบบรวบรวมน้ำเสีย 116
4.4.3 ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย 117
4.4.4 ระบบรวบรวมน้ำเสียที่เหมาะสม 119
4.5 เกณฑ์การกำหนดขนาดท่อรวบรวมน้ำเสีย 120
4.6 ผลการออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมน้ำเสีย 122
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 144
5.1 สรุปผลการศึกษา 144
5.2 ข้อเสนอแนะ 147
เอกสารอ้างอิง 148
ประวัติผู้เขียน 149

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อมูลเศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม เบื้องต้น 7

2.2 ค่า weighted creep ratio ของ Lane 38

2.3 ค่า Freeboard ของคลองส่งน้ำดาดคอนกรีต 45

2.4 ความหนาของคอนกรีตดาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต 46

2.5 ค่า Area Reduction Factor 49

2.6 ชนิดของคอนกรีตและค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด 56

2.7 รายละเอียดของเหล็กเสริม 57

2.8 รายละเอียดของลวดเหล็กอัดแรงและลวดเหล็กอัดแรงตีเกลียว 60

2.9 คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็ก 62

2.10 ค่าประสิทธิภาพที่ภาระเต็มที่สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบ Submersible pump 69

2.11 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง Submersible pumpและ Vertical shaft pump 73

4.1 จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า (พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2555) 101

4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตสำหรับกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 103

4.3 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคต กรณีที่ 1 104

4.4 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคต กรณีที่ 2 105

4.5 ปริมาณน้ำฝนรวมรายปี 106

4.6 ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุด 106

4.7 Runoff curve number (CN) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่างๆของ SCS 108

4.8 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (มิลลิเมตร) 110

4.9 VALUES OF THE ROUGHNESS GOEFFICIENT n 121

4.10 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK A 122

4.11 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK A 126

4.12 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK B 126

4.13 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK B 130

4.14 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK C 130

4.15 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK C 136

4.16 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK D 136

4.17 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK D 140
4.18 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK E 140
4.19 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK E 143
4.20 สรุปราคาค่าลงทุนเบื้องต้นของระบบท่อระบายน้ำเทศบาลตำบลเมืองเก่า 143

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	การถมดินบริเวณที่เคยเป็นแหล่งรองรับน้ำธรรมชาติ	2
1.2	น้ำท่วมบริเวณพื้นที่ชุมชน	2
2.1	สภาพทั่วไปในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า	5
2.2	ภาพถ่ายทางอากาศ	6
2.3	การใช้ที่ดินปัจจุบัน	6
2.4	วัฏจักรน้ำ	9
2.5	น้ำเสียจากบ้านเรือน	19
2.6	น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	20
2.7	วิธีการบำบัดน้ำเสีย	26
2.8	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า C ที่ใช้สูตร Rational's Formula	50
2.9	ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า	51
2.10	ความสัมพันธ์ระหว่าง specific speed กับชนิดของเครื่องสูบน้ำ	69
2.11	ไดอะแกรมการเลือกเครื่องสูบน้ำ	71
2.12	ไดอะแกรมวิธีการเลือกเครื่องสูบน้ำ	72
2.13	ไดอะแกรมควบคุมหลัก	74
4.1	ผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรี พ.ศ.2538	81
4.2	ผังเมืองรวมจังหวัดปราจีนบุรี พ.ศ.2555	82
4.3	ตำแหน่งเทศบาลเมืองสระแก้วเทศบาลตำบลเมืองเก่าและเทศบาลตำบลกบินทร์	84
4.4	จำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคาร	84
4.5	BUILDINGMAP BLOCK A	86
4.6	BUILDINGMAP BLOCK B	87
4.7	BUILDINGMAP BLOCK C	88
4.8	BUILDINGMAP BLOCK D	89
4.9	BUILDINGMAP BLOCK E	90
4.10	ตำแหน่งแม่น้ำและลำคลอง	91
4.11	แควพระปรง	92
4.12	คลองแห่	93

4.13 คลองไผ่ 93
4.14 คลองวังวิทย์ 94
4.15 คลองนางเลง 94
4.16 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK A 96
4.17 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK B 97
4.18 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK C 98
4.19 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK D 99
4.20 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK E 100
4.21 แนวโน้มจำนวนประชากร 102
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนน้ำท่าและการดูดซับน้ำของลุ่มน้ำ 108
4.23 แผนที่กลุ่มชุดดิน ตำบลเมืองเก่า 110
4.24 ระบบท่อแบบแยก (Separate Sewer system) 112
4.25 แผนภาพการไหลของน้ำระบบท่อ 113
4.26 รายละเอียดระบบรวมน้ำเสียแบบรวมกับน้ำฝน (Combined Sewer System) 114
4.27 แผนภาพการไหลของน้ำระบบท่อรวม 115
4.28 ระบบระบายน้ำ BLOCK A 125
4.29 ระบบระบายน้ำ BLOCK B 129
4.30 ระบบระบายน้ำ BLOCK C 135
4.31 ระบบระบายน้ำ BLOCK D 139
4.32 ระบบระบายน้ำ BLOCK E 142
5.1 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านก้องตะวัน 145
5.2 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านเชนการ์เด้นโฮม 146
5.3 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านชัยจินดา 146

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อพื้นที่ชนบทได้ถูกพัฒนาเป็นชุมชนเมือง ทำให้มีการโยกย้ายถิ่นฐานของประชาชนในท้องถิ่นอื่นเข้ามายังพื้นที่ชุมชนเมืองนั้นมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งการพัฒนาพื้นที่ในช่วงระยะเริ่มต้นประชาชนให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่ดินเป็นอันดับแรก นั้นคือ มีการก่อสร้างอาคารเพื่อรองรับการประกอบกิจการต่างๆ ที่พักอาศัย และการพาณิชย์ การเตรียมพื้นที่เพื่อก่อสร้างอาคารมีการถมดิน เพื่อยกระดับที่ดินให้สูงขึ้นกว่าระดับพื้นที่ดินข้างเคียง (รูปที่ 1.1) พื้นที่ที่เคยเป็นแหล่งรองรับน้ำธรรมชาติ ทั้งน้ำฝนและน้ำทิ้งจากชุมชนได้ถูกถม จึงมีความจุลดน้อยลง ประกอบกับพระราชบัญญัติการขุดดินและการถมดิน พ.ศ. 2548 ที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการถมดินที่กีดขวางทางน้ำ เมื่อเกิดฝนตกลงมา น้ำจึงไหลเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนเมืองทันที (รูปที่ 1.2) และใช้เวลานานในการลดระดับน้ำลง ซึ่งได้สร้างความเสียหายต่อร่างกาย ชีวิต และทรัพย์สิน ของประชาชนจำนวนมาก

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีหน้าที่และภารกิจในการปรับปรุงและพัฒนาระบบสาธารณูปโภค ดังนั้น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องเตรียมความพร้อมสำหรับการวางแผน เพื่อรองรับการพัฒนาชุมชนชนบทให้เป็นชุมชนเมือง การโยกย้ายถิ่นฐานของประชากรเข้ามายังพื้นที่รับผิดชอบที่จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารสู่แหล่งรองรับน้ำธรรมชาติที่จะเพิ่มขึ้น ระบบระบายน้ำทิ้งที่ยังมีขนาดไม่เพียงพอต่อปริมาณน้ำทิ้ง และปัญหาน้ำทิ้งไหลย้อนกลับเข้าอาคารของประชาชน นอกจากนี้ การขาดจิตสำนึกของเจ้าของอาคารในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมไม่บำบัดน้ำเสียจากอาคารก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงระบบระบายน้ำชุมชน ทำให้แหล่งรองรับน้ำธรรมชาติเริ่มเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น และสร้างมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้น การศึกษาถึงวิธีการจัดการน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และเมื่อทำการศึกษาวิธีการจัดการน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนแล้วเสร็จ จะเป็นประโยชน์ต่อชุมชน สำหรับนำไปเป็นข้อมูลเสนอแนะแนวทางวิธีการจัดการน้ำต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อจัดสรรงบประมาณดำเนินการต่อไป

รูปที่ 1.1 การถมดินบริเวณพื้นที่เคยเป็นแหล่งรองรับน้ำธรรมชาติ

รูปที่ 1.2 น้ำท่วมบริเวณพื้นที่ชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและออกแบบระบบระบายน้ำฝนและน้ำเสียที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ข้อมูลจำนวนและประเภทอาคารจากการขออนุญาตก่อสร้างในช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการขยายตัวของอาคารและชุมชน

1.3.2 ข้อมูลจำนวนประชากร ย้อนหลัง 10 ปี เพื่อนำมาวิเคราะห์จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าในปัจจุบัน และแนวโน้มประชากรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

1.3.3 ข้อมูลระบบระบายน้ำฝนและน้ำเสียในปัจจุบัน ที่มีข้อมูลในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และจากการลงพื้นที่สำรวจ

1.3.4 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ที่มีข้อมูลในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และจากการลงพื้นที่สำรวจ

1.3.5 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ และระดับความสูงของพื้นที่ ที่มีข้อมูลในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และจากการลงพื้นที่สำรวจ

1.3.6 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนย้อนหลัง 10 ปี

1.3.7 รูปแบบการระบายน้ำฝนและน้ำเสียในการศึกษานี้ เป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 อัตราการเจริญเติบโตของเมือง และปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

1.4.2 รูปแบบและวิธีการจัดการน้ำฝนและน้ำเสียที่เหมาะสมกับพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

1.4.3 ตำแหน่งแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ได้รวบรวมเอกสารและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการประกอบการวิจัย โดยประเด็นการศึกษามีดังนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

2.2 วัฏจักรน้ำ

2.3 ทฤษฎีน้ำท่วม

2.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำแบบยั่งยืน

2.5 ทฤษฎีน้ำเสีย

2.6 องค์ประกอบและเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำ

2.1 พื้นที่ศึกษา: เทศบาลตำบลเมืองเก่า

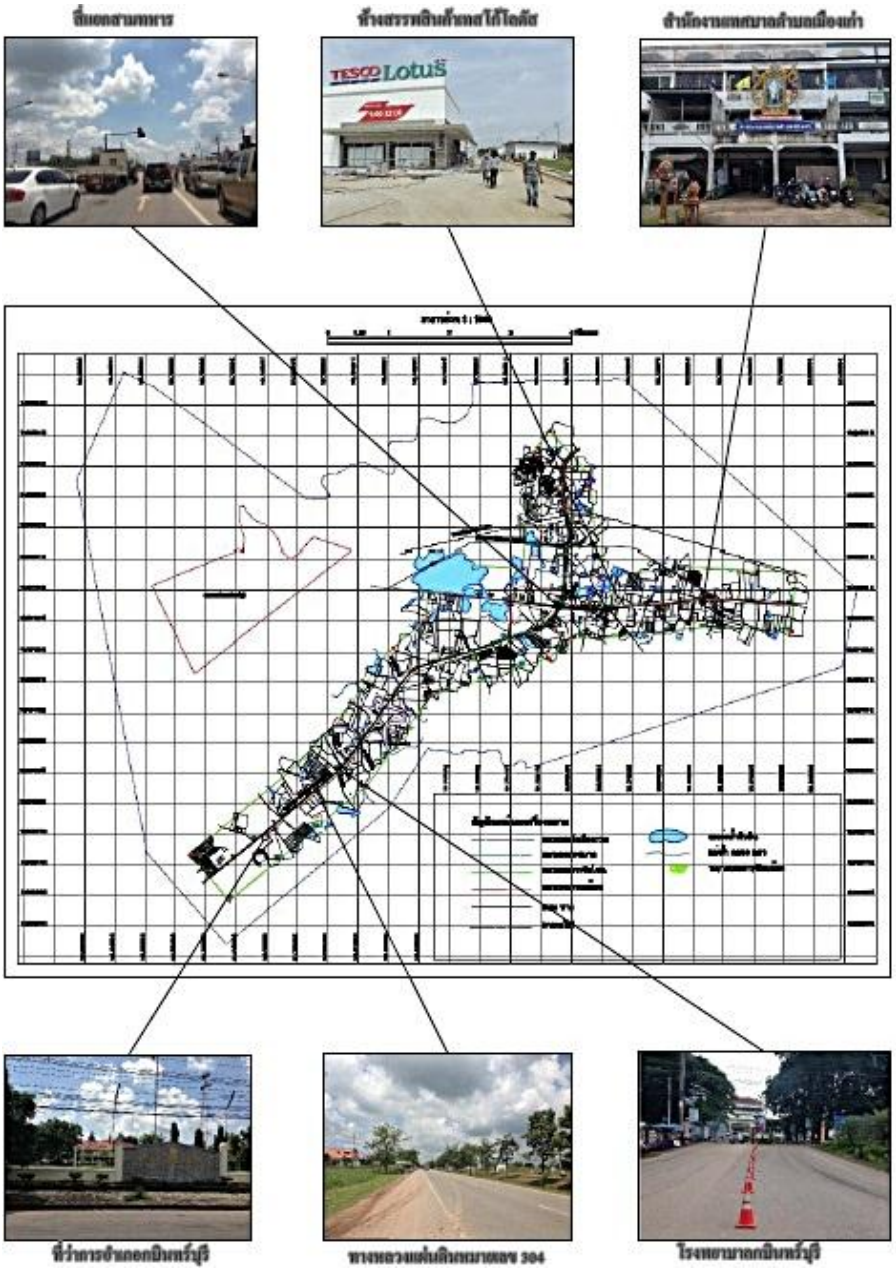
2.1.1 ประชากร สภาพภูมิประเทศ และการใช้ที่ดิน

พื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่าและชุมชนต่อเนื่องเป็นชุมชนการค้า พาณิชย์ ที่อยู่อาศัย และเกษตรกรรม มีพื้นที่ประมาณ 10.4 ตารางกิโลเมตร ระดับพื้นดินประมาณ 11.00 เมตร ถึง 22.00 เมตร (จากระดับน้ำทะเลปานกลาง) ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบเรียบสลับพื้นที่เนินเขา มีลำน้ำที่สำคัญไหลผ่านพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่า เช่น แควพระปรง คลองนางเลง และคลองไผ่ เป็นต้น ทางหลวงแผ่นดินสายหลักที่ผ่านชุมชน ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 33 สภาพโดยทั่วไปเป็นชุมชนเมือง เป็นศูนย์กลางทางการค้า การบริการ การบริหาร และวัฒนธรรมของจังหวัดปราจีนบุรี ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ชุมชนเป็นแหล่งเศรษฐกิจจะรวมตัวอยู่บนถนนสายหลักภายในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ส่วนบริเวณโดยรอบพื้นที่ชุมชนจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป (ดังรูปที่ 2.1 - รูปที่ 2.3) สามารถสรุปลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดังนี้

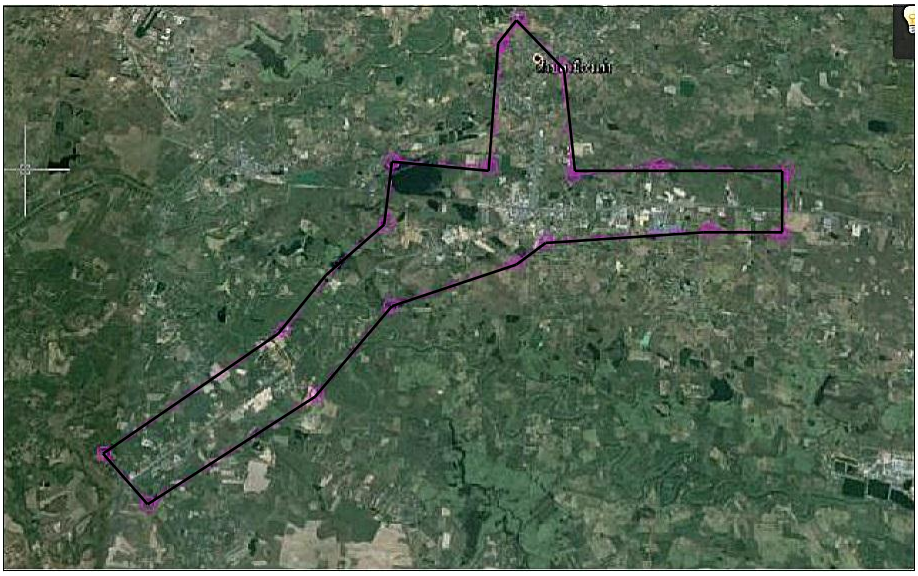
2.1.1.1 ย่านพาณิชยกรรมและที่พักอาศัยหนาแน่น: การใช้ที่ดินประเภทนี้จะรวมตัวกันอยู่บริเวณใจกลางเมือง เช่น ริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 33 ซึ่งคาดว่าในอนาคตชุมชนจะมีแนวโน้มขยายตัวจากศูนย์กลางเมืองออกไปรอบๆ ด้านมากยิ่งขึ้น

2.1.1.2 ย่านพักอาศัย สถาบันการศึกษา ราชการ และ ศาสนสถาน: การใช้ที่ดินประเภทนี้กระจายตัวอยู่ทั่วไปในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

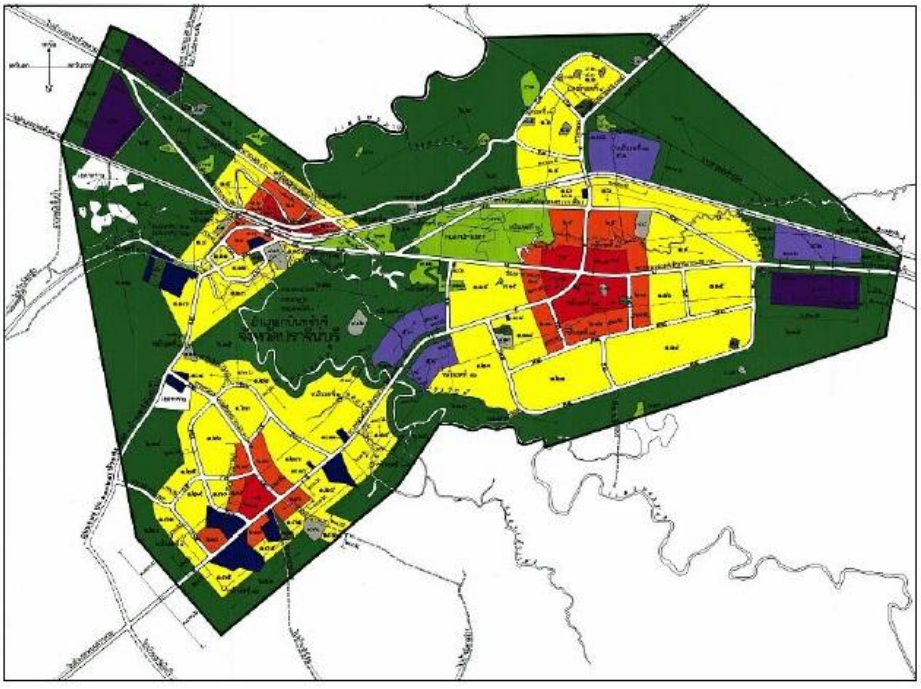
2.1.1.3 ย่านเกษตรกรรม: การใช้ที่ดินประเภทนี้กระจายตัวอยู่รอบๆ พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย ซึ่งปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เกษตรกรรมเป็นที่อยู่อาศัยมากขึ้น ถ้าไม่มีการควบคุมการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพเพียงพอก็อาจก่อให้เกิดปัญหาในการใช้ที่ดินในอนาคตได้



รูปที่ 2.1 สภาพทั่วไปในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายทางอากาศ



สัญลักษณ์ สัญลักษณ์

ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก

ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง

รูปที่ 2.3 การใช้ที่ดินปัจจุบัน

2.1.2 เศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลเศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม จากแผนพัฒนาสามปีของเทศบาลตำบลเมืองเก่าปี พ.ศ.2556 – 2558 และหน่วยงานอื่นที่สรุปภาพรวมเศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม จากแผนพัฒนาสามปีของเทศบาลตำบลเมืองเก่าปี (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม เบื้องต้น

ลำดับที่	รายการ	รายละเอียด
1	เขตการปกครอง	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของตำบลเมืองเก่าและตำบลกบินทร์ ห่างตัวจังหวัดประมาณ 55 กิโลเมตร มีพื้นที่ 10.4ตาราง กิโลเมตร
2	จำนวนประชากร	รวม 6,366 คน มี 12 ชุมชน 3,848 หลังคาเรือน ความหนาแน่น 637 คน/ตารางกิโลเมตร
3	การคมนาคม	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 33
4	การสื่อสาร	ชุมสายโทรศัพท์กบินทร์บุรี 1 แห่ง สำนักงานไปรษณีย์โทรเลข 1 แห่ง มีโทรศัพท์ใช้ครอบคลุมพื้นที่ หอกระจายข่าวชุมชน 8 ชุมชน
5	การประปา	การประปาส่วนภูมิภาคครอบคลุมพื้นที่
6	การไฟฟ้า	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคครอบคลุมพื้นที่
7	การสาธารณสุข	โรงพยาบาล 1 แห่ง/ร้านขายยา 6 แห่ง
8	การศึกษา	โรงเรียนระดับประถมของรัฐ 4 แห่งเอกชน 1 แห่ง โรงเรียนระดับมัธยมศึกษา 2 แห่ง
9	การศาสนา	ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 95 มีวัด 3 แห่ง
10	กีฬา/นันทนาการ/ พักผ่อน	สวนสาธารณะ 2 แห่ง
11	โครงสร้าง/การบริหาร	สมาชิกสภาเทศบาล 12 คน ผู้บริหาร 3 คน
12	โบราณสถานและแหล่งท่องเที่ยว	ไม่มี
13	รายรับของเทศบาล	27,749,930.- บาท/ปี 2553
	รายจ่ายของเทศบาล	20,036,139.- บาท/ปี 2553

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	รายละเอียด
14	เศรษฐกิจ	ประชาชนมีอาชีพค้าขาย ร้อยละ 70 นอกนั้นเป็นเกษตรกร ข้าราชการ และ รับจ้าง
15	พาณิชยกรรม/การบริการ	สถานีบริการน้ำมัน 12 แห่ง ตลาดสด 4 แห่ง โรงแรม 4 แห่ง ห้างสรรพสินค้า 1 แห่ง
16	สาเหตุน้ำท่วมที่เกิดขึ้น	สภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มบางส่วน
17	สาเหตุน้ำเสียที่เกิดขึ้น	อาคารไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย หรือมีแต่ไม่ได้มาตรฐาน
18	ผลกระทบจากน้ำท่วม	บ้านเรือน ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมได้รับความเสียหาย
19	ผลกระทบจากน้ำเสีย	เกิดมลภาวะเป็นพิษด้านสิ่งแวดล้อม

2.1.3 ระบบระบายน้ำฝนที่ตกลงมาในชุมชน

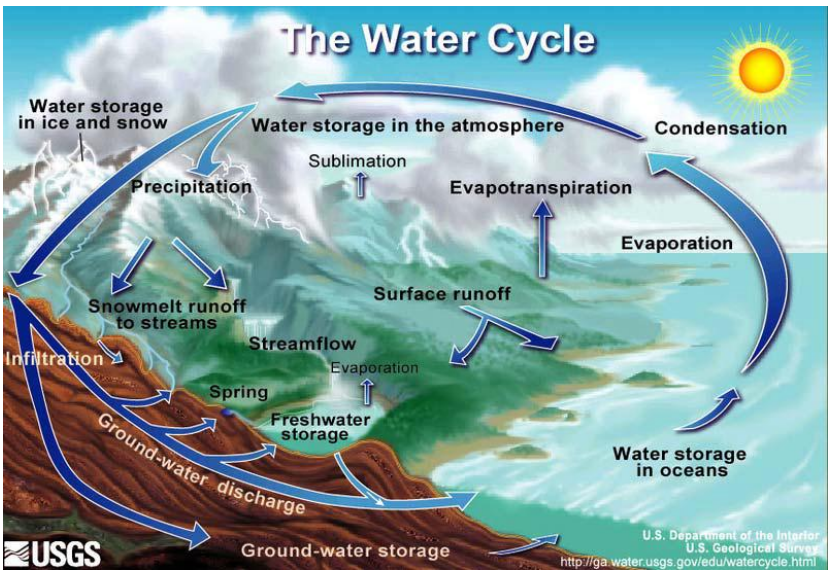
การระบายน้ำฝนในพื้นที่ชุมชนในปัจจุบัน อาศัยท่อและรางระบายน้ำข้างถนนสายหลักต่างๆ ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าและเขตถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 33 เพื่อรับน้ำจากแหล่งชุมชนและระบายน้ำลงสู่คลองระบายน้ำ คลองไผ่ อ่างเก็บน้ำหนองปลาแขยง การระบายน้ำบริเวณโดยรอบชุมชนจะเป็นการไหลนองตามผิวดินลงสู่คลองระบายน้ำ พื้นที่ลุ่มต่ำและพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งในปัจจุบันและอนาคตพื้นที่ชุมชนจะขยายตัวมากขึ้น

2.2 วัฏจักรน้ำ (Hydrologic Cycle)

วงจรอุทกวิทยาเป็นศูนย์รวมในการศึกษาทางอุทกวิทยา โดยวงจรอุทกวิทยาเป็นวงจรที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสุดท้ายของกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในโลก เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เริ่มต้นวงจรจะเห็นได้ว่า น้ำจะมีการระเหย (evaporation) จากทะเล มหาสมุทรและที่สะสมอยู่บนแผ่นดิน เช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง หรือจากน้ำใต้ผิวดินบางส่วนขึ้นสู่บรรยาอากาศเป็นไอน้ำ (watervapor) ซึ่งจะมีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดกระบวนการเดิมอีก โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก(interception) จากพืช และมีน้ำบางส่วนตกลงบนผิวดินแล้วเกิดการสะสมเกิดการไหลบน แผ่นดิน (overlandflow) แต่ก็มีบางส่วนระเหยและบางส่วนเกิดการคายน้ำ (transpiration) กลับสู่บรรยากาศ ขณะเดียวกันจะมีน้ำบางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงเป็นการไหลใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งจะมีแนวทางไหลซึมสู่แม่น้ำลำคลองเช่นเดียวกับ น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) และมีน้ำบางส่วนมีการซึมลึกลงไป (percolation) ระหว่าง

ช่องว่างของเม็ดดินหรือรอยหินแตกลง ไปเป็นน้ำใต้ดิน (groundwater) ซึ่งถ้าน้ำใต้ดินไหลซึมเข้าสู่ลำน้ำจะเรียกลำน้ำนั้นว่า ลำน้ำให้ (influent stream) นอกจากนี้ยังมีลำน้ำบางแห่งที่เป็นทั้งลำน้ำรับและลำน้ำให้ ซึ่งท้ายที่สุดแล้ว น้ำใต้ดินมักจะมีแนวการไหลซึมออกสู่แหล่งน้ำ หรือทะเลมหาสมุทร แล้วเกิดการระเหยกลับสู่บรรยากาศหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรอุทกวิทยาระบบวงจรอุทกวิทยา สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบย่อย คือ ระบบน้ำในบรรยากาศ (asmospheric watersystem) ประกอบด้วยกระบวนการที่เกิดจากน้ำจากอากาศการระเหย (evaporation) การดัก (interception) และการคายน้ำ (transpiration) ระบบน้ำผิวดิน (surface water system) ประกอบด้วย กระบวนการที่เกิดจากการไหลบนผิวดิน (overland flow) น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) การไหลออกของน้ำใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน (subsurfaceand groundwater outflow) การไหลในแม่น้ำ และ น้ำในทะเลมหาสมุทร ระบบน้ำใต้ผิวดิน (subsurface watersystem) ประกอบด้วย กระบวนการซึม (infiltration) การเพิ่มน้ำใต้ ดิน (groundwater recharge) การไหลใต้ผิวดินและการไหลของน้ำใต้ดิน

นอกจากนี้ สามารถกล่าวว่า วัฏจักรน้ำ คือการเคลื่อนย้ายของน้ำ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งหรือจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่ง โดยอาจเปลี่ยนสถานะ (ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ) หรือไม่เปลี่ยนสถานะก็ได้ซึ่งในที่สุดก็จะหมุนเวียนกลับมาสู่ที่เดิม หรือระบบเดิมวัฏจักรน้ำที่สมบูรณ์ที่สุด โดยเริ่มจากเมฆ (cloud) -> ฝน (precipitation) -> การดัก (interception) -> การตกผ่าน (through fall) -> การไหลบ่า (overland flow)-> การไหลในลำน้ำ (stream flow) -> การแทรกซึม (infiltration) -> การซึมลึก (percolation) -> การซึมออก (exfiltration) -> การคายระเหย (evaporation) -> เมฆ(cloud) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วัฏจักรน้ำ

(ที่มา http://hydromet.tmd.go.th/hydro_knowledges_detail.php?id=1)

วัฏจักรน้ำประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนกระบวนการ (process) และส่วนการเก็บกัก (storage)ส่วนกระบวนการ คือ การเคลื่อนย้ายของน้ำจากการเก็บกักหนึ่งไปยังการเก็บกักอีกอันหนึ่ง เช่น ฝนกล่าวคือกระบวนการ การเคลื่อนย้ายของน้ำจากบรรยากาศ (การเก็บกักที่ 1) สู่ผิวดิน (การเก็บกักที่ 2) หรือการแทรกซึม (infiltration) คือกระบวนการ เคลื่อนย้ายของน้ำจากผิวดิน (การเก็บกักที่ 1) สู่ชั้นใต้ผิวดิน (การเก็บกักที่ 2) เวลาดำรงอยู่ของน้ำ (time of residence) คือ ช่วงเวลาเฉลี่ยที่อนุภาคของน้ำแต่ละอนุภาคดำรงอยู่ในstorage ที่เรากำลังพิจารณา เช่นเวลาดำรงอยู่ของน้ำในบรรยากาศ (time of residence for atmospheric water) คือช่วงเวลาเฉลี่ยของอนุภาคน้ำตั้งแต่ระเหย กลายเป็นไอน้ำ จนกระทั่งกลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดินการทราบค่าช่วงเวลาดำรงอยู่ของน้ำ ช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ ด้านแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม อาทิเช่นการแก้ปัญหาน้ำเน่าเสีย ในแหล่งน้ำต่างๆ เราต้องการทราบเวลาดำรงอยู่ของน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ เพื่อการคำนวณระยะเวลาการฟื้นฟูแหล่งน้ำดังกล่าวหรือ การแก้ปัญหาน้ำท่วม เราต้องทราบเวลาดำรงอยู่ของน้ำในบริเวณน้ำท่วม เพื่อการคำนวณระยะเวลาการช่วยเหลือ**ความชื้นในบรรยากาศ (Atmospheric Moisture)** ความชื้นทุกชนิดที่มนุษย์เกี่ยวข้องอยู่โดยทางปฏิบัติ สันนิษฐานว่าเริ่มต้นมาจากความชื้นในบรรยากาศที่เป็นจุดเริ่มต้น ที่จะสะดวกในการตามหาเส้นทางวัฏจักรของน้ำให้ครบวงจร ความชื้นในบรรยากาศ เพราะกระบวนการระเหยจากดินหรือผิวดิน เมฆและหมอกเกิดขึ้นโดยการกลั่นตัวของไอน้ำที่เกาะตัว บนอณูเล็ก ๆ ในบรรยากาศ เช่น อนุภาค ของเกลือหรือฝุ่น

น้ำจากอากาศ (Precipitation)

เมื่อไอน้ำในอากาศถูกความเย็นทำให้เกิดการกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เมื่อรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ พวกมัน ก็จะตกลงมาในรูปของ "ฝน" ถ้าเม็ดฝนนั้นตกผ่านโซน ต่าง ๆ ของอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ก็จะกลายเป็นลูกเห็บ ถ้าการกลั่นตัวนั้นเกิดขึ้นในที่ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งมันก็จะก่อตัวเป็นหิมะ ถ้าการกลั่นตัวของน้ำเกิดขึ้นโดยตรงบนผิวพื้นที่เย็นกว่าอากาศ ก็จะเกิดเป็นได้ทั้งน้ำค้างแข็ง ขึ้นอยู่กับว่าอุณหภูมิของพื้นผิวนั้นสูง หรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

น้ำจากอากาศ ที่ไม่ได้ตกถึงพื้นดิน

บางส่วนของน้ำจากอากาศจะระเหยไปในระหว่างที่ตกลงมา บางส่วนก็ถูกดูดยึดไว้โดย ต้นพืช และจะระเหยขึ้นสู่ บรรยากาศในภายหลัง กระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า กระบวนการน้ำพืชยึด (Interception) ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นปริมาณน้ำจากอากาศทั้งหมดก็ได้

น้ำจากอากาศที่ตกลงถึงพื้น (Net Precipitation)

ส่วนของน้ำที่ตกลงถึงพื้น จะมีบางส่วนไหลซึมลงสู่พื้นดิน ส่วนหนึ่งไหลไปบนพื้นดินและบางส่วนระเหยไปหรือถูก พืชคายกลับคืนสู่บรรยากาศ

การซึมลงดิน (Infiltration)

ฝนหรือหิมะที่ละลายในตอนแรกมีแนวโน้มที่จะเติมความชื้นให้กับผิวดินก่อน จากนั้นก็จะเคลื่อนเข้าสู่ช่องว่างที่มีอยู่ในเนื้อดิน กระบวนการนี้เรียกว่าการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) สัดส่วนต่าง ๆ ของน้ำก็จะถูกจัดการต่างกันไป ตามลักษณะช่องเปิดของผิวดิน อุณหภูมิ รวมถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินก่อนหน้านั้นแล้ว ถ้าหากผิวดินจับตัวแข็ง หรืออิ่มน้ำอยู่ก่อนแล้ว มันก็จะรับน้ำใหม่เข้าไปเพิ่มได้เพียงเล็กน้อยน้ำทั้งหมดก็จะถูกดูดซึม บางส่วนจะไหลซึมลงไป เป็นส่วนของน้ำใต้ดิน บางส่วนถูกพืชดูดไปใช้ประโยชน์แล้วคายระเหย คืนสู่บรรยากาศ บางส่วนถูกบังคับให้ระเหย ไปด้วย แรงยึดเหนี่ยว (Capillary) ของช่องว่างในดิน ในภูมิประเทศที่มีความลาดเท และชั้นผิวดินบางส่วน น้ำที่ถูกดูดซึม อาจไหลย้อนสู่ผิวดินได้ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เรียกว่าน้ำไหลใต้ผิวดิน (Sub-surface runoff)

การไหลของน้ำบนผิวดิน (Surface Runoff)

เมื่อน้ำฝนที่ตกลงมามีมากเกินกว่าจะไหลซึมลงในดินได้หมด ก็จะกลายเป็นน้ำบ่า หน้าดิน หรือน้ำท่าเมื่อมันไหล ไปเติมพื้นผิวที่เป็นแอ่งลุ่มต่ำจนเต็มแล้ว มันก็จะไหลไปบนผิวดินต่อไป จนไปบรรจบกับระบบร่องน้ำในที่สุด แล้วก็ไหลตาม เส้นทางของลำน้ำ จนกระทั่งลงสู่มหาสมุทร หรือแหล่งน้ำ ในแผ่นดินบางแห่งในระหว่างทางนี้มันก็จะสูญเสียไปด้วยการระเหย สู่บรรยากาศ และการไหลซึมลงตามท้องตลิ่งและท้องน้ำ ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นไปได้ ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 100 % ของจำนวนทั้งหมด

การระเหยบนผิวดิน (Ground Evaporation)

บางส่วนของน้ำฝนจะถูกเก็บกักไว้บนผิวดินในลักษณะของความชื้นในดิน หรือแอ่งน้ำขังตามที่ลุ่มน้ำ

การระเหย (Evaporation)

น้ำในสถานะของเหลว เมื่อถูกความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งอื่นจะเปลี่ยนไปสู่สถานะก๊าซ หรือเรียก ปรากฏการณ์นี้ว่า "การระเหย"

การระเหยจากน้ำและจากผิวดิน

จากจำนวนน้ำจากอากาศทั้งหมดที่ตกลงมา ส่วนใหญ่จะตกลงโดยตรงสู่พื้นมหาสมุทร ทะเลสาบขนาดใหญ่ ในแผ่นดิน แหล่งน้ำบนดินอื่น ๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ส่วนที่ตกลงในมหาสมุทรเมื่อรวมกับน้ำท่าที่ไหลกลับคืนมา จะทำให้เกิดความสมดุลของน้ำที่มั่นคงและแสดงหลักฐานโดยระดับน้ำทะเลคงที่น้ำหลายส่วนก็ระเหยจากผิวน้ำ กลับสู่บรรยากาศและกลายเป็นส่วนหนึ่งของความชื้นในบรรยากาศในทะเล และพื้นที่ตอนเหนือของเขตอบอุ่น การระเหยจากน้ำและจากผิวดินมีความถี่น้อยกว่าน้ำจากอากาศ แต่ว่าส่วนเกินของมันก็จะไหลกลับคืนสู่มหาสมุทร ที่มัน

ระเหยออกมาเช่นเดิม ในเขตอื่น ๆ นั้น การระเหยจากผิวน้ำมักจะเท่ากับหรือมากกว่าน้ำจากอากาศที่ตกลงบนแหล่งน้ำนั้น

การคายน้ำของพืช (Transpiration)

หน้าที่พื้นฐานอย่างหนึ่งในกระบวนการดำเนินชีวิตของพืช ก็คือการนำเอาน้ำจากในดินผ่านเข้ามาทางระบบราก ใช้ประโยชน์ในการสร้างความเจริญเติบโตและการดำรงชีพ น้ำจะถูกปล่อยคืนสู่บรรยากาศ ทางรูพรุนที่ปากใบในรูปของไอน้ำกระบวนการคืนความชื้นของดินให้แก่บรรยากาศนี้เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration)ปริมาณของหยดน้ำจากอากาศที่กลับคืนสู่ บรรยากาศนี้จะมากน้อยต่างกันไปตามลักษณะของพืช และความชื้นที่มีอยู่บริเวณระบบรากของน้ำใต้ดิน (Ground water) ส่วนของหยาดน้ำฟ้าที่ไหลซึมผ่านผิวดินลงไป ถ้าไม่ถูกดูดซับเอาไว้ทดแทนความชื้น ที่ขาดไปของชั้นดิน หรือโดยชั้นหินที่มีรูพรุน น้ำจำนวนนี้ก็จะซึมลึกลงไปจนถึงระดับอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน (ground water table) ความลาดเอียงและโครงสร้างที่จำกัดขอบเขตของน้ำใต้ดิน อาจช่วยป้องกันไม่ให้มันถูกปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดหรือบางครั้งแหล่งน้ำใต้ดิน อาจมีส่วนที่เชื่อมต่อกับท้องแม่น้ำ ทำให้มีบางส่วนของน้ำไหลคืนสู่แหล่งน้ำบนดินอีกครั้ง น้ำใต้ดินอาจจะไหลผ่านไปในชั้นหินที่มีรูพรุนและลงไปถึงระดับที่ถูกบีบล้อมด้วยดินที่แน่นกว่ากลายเป็นถูกอัดด้วยแรงดัน ถ้าบ่อเจาะลงไปถึงระดับนี้ก็อาจเป็นบ่อน้ำบาดาลเช่นกันในชั้นทีมีความกดดันเดียวกันนี้ อาจมีส่วนติดต่อกับบริเวณท้องมหาสมุทรและปล่อยน้ำออกสู่ทะเลดังนั้นจาก

ความชื้นในบรรยากาศ ดังที่อธิบายถึงการเริ่มต้นของวัฏจักรก็จะดำเนินไปตามวิถีทางที่มีความยาวนาน และความสลับซับซ้อนต่าง ๆ กันไปก่อนที่มันบรรจบครบวงจร(ปรียาพร โกษา, 2549)

2.3 ทฤษฎีน้ำท่วม

น้ำท่วม คือ สภาพที่มีน้ำนองขึ้นมาบนผิวดินเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดความยากลำบากในการสัญจร การอยู่อาศัย หรือทำให้พื้นที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ เมื่อเกิดน้ำท่วมขังขึ้นในพื้นที่ก็แสดงว่าน้ำฝนไม่สามารถระบายออกจากพื้นที่ได้ทันท่วงที สามารถป้องกันการเกิดปัญหานี้ได้โดยการออกแบบสภาพทางกายภาพให้เอื้ออำนวยต่อการระบายน้ำดีออกจากพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1 ปัญหาน้ำท่วม หรือต้นเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม แบ่งได้ 3 กรณี คือ จากน้ำฟ้า น้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำ และน้ำทะเลหนุน

2.3.1.1 น้ำท่วมจากน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งน้ำฟ้าหมายถึง สภาวะของน้ำที่ตกลงมาจากท้องฟ้า อาจจะเป็นลักษณะ ฝน หิมะ ละอองหรือลูกเห็บ โดยทั่วไปแล้วถือว่าฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุทกภัย และฝนที่มีปริมาณมากจนทำให้เกิดอุทกภัยได้นั้นมาจากพายุฝน

2.3.1.2 น้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำ หรือระบบควบคุม (Control System) เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ประตูระบายน้ำ ฝายทดน้ำ ฯลฯ โดยสาเหตุใหญ่ ๆ ที่ทำให้น้ำท่วมคือ (1) การระบายน้ำส่วนเกินในปริมาณมาก ทิ้งออกไปเพื่อให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยต่อแหล่งเก็บกักน้ำดังกล่าว กรณีนี้จะทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่ลุ่มสองฝั่งลำน้ำด้านท้ายน้ำในลักษณะค่อย ๆ ท่วม และ (2) น้ำท่วมอันเกิดจากการวิบัติของระบบควบคุมดังกล่าว เช่น เขื่อนพัง อ่างเก็บน้ำแตก ประตูระบายน้ำไม่อาจทำหน้าที่ได้ กรณีนี้จะก่อให้เกิดน้ำหลาก มีความรุนแรงมากกว่าน้ำป่า และความเสียหายที่เกิดขึ้นก็มากกว่าเช่นกัน

2.3.1.3 น้ำท่วมจากน้ำทะเลหนุน เกิดในพื้นที่อยู่ติดทะเล ลักษณะการท่วมเกิดจากระดับน้ำทะเลยกตัวสูงในช่วงน้ำขึ้นแล้วท่วมพื้นที่โดยตรง กับน้ำทะเลไหลย้อนเข้าสู่ลำน้ำ เพิ่มระดับน้ำในลำน้ำที่ระบายน้ำจากลุ่มน้ำตอนบนขึ้นไป สูงขึ้นจนเอ่อออกท่วมพื้นที่สองฝั่ง และเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนดังกล่าว ซึ่งหากเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าวอยู่แล้วก็จะยิ่งท่วมนานยิ่งขึ้น

2.3.2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วม การเกิดน้ำท่วมโดยทั่วไปนั้นมักเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้ คือ การเกิดน้ำท่วมขังในที่ราบลุ่ม เนื่องมาจากความไม่สมดุลระหว่างปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงสู่ใต้ดิน และ ปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลหรือระบายออกจากพื้นที่นั้น ถ้าปริมาณน้ำฝน มากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงสู่ใต้ดิน และปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลหรือระบายออกจากพื้นที่รวมกัน ก็จะเกิดการท่วมขัง ความรุนแรงของการท่วมขังไม่มากนัก ค่อยเป็นค่อยไป แต่อาจกินเวลานานกว่าจะระบายน้ำออกได้หมด ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการระบายน้ำจากพื้นที่เกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

2.3.2.1 การสร้างถนน การวางผังเมืองไม่เหมาะสม สร้างเป็นแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม ฯลฯ ขวางทางน้ำไหลหรือพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ แล้วไม่สร้างอาคารระบายน้ำ เช่น ท่อระบายน้ำ คูหรือคลองระบายน้ำ ที่เหมาะสมเพียงพอกับการระบายน้ำ

2.3.2.2 แผ่นดินทรุด หรือหน้าดินถูกกัดเซาะชะล้าง ทำให้พื้นที่ยิ่งต่ำลงไปกว่าเดิม ทำให้เกิดน้ำท่วมขังมากและนานขึ้น เพราะการระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ไม่สะดวกเหมือนแต่ก่อน

2.3.3 แนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น

2.3.3.1 ต้องวางผังเมืองให้เหมาะสม รักษาระบบระบายน้ำตามธรรมชาติให้คงไว้เพื่อใช้ระบายน้ำจากพื้นที่ แต่หากมีความจำเป็นต้องพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม ฯลฯ ขวางทางน้ำไหล หรือพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ จะต้องก่อสร้างระบบระบายน้ำทดแทนส่วนที่สูญเสียไป

2.3.3.2 การก่อสร้างถนนจะต้องวางระบบการระบายน้ำ เช่น ท่อลอด สะพาน ที่เหมาะสมทั้งตำแหน่งที่ตั้ง จำนวนและขนาด

2.3.3.3 ในพื้นที่ที่มีการทรุดต้องไม่สูบน้ำใต้ดินมาใช้โดยปราศจากการควบคุม ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะชะล้างหน้าดินออกจากพื้นที่ด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น การใช้หญ้าแฝก การปลูกพืชคลุมดิน เป็นต้น

2.3.3.4 การขุดลอกหนองและบึง เป็นงานขุดลอกดินในหนองและบึงธรรมชาติที่ตื้นเขิน ให้มีความลึกจนสามารถเก็บน้ำได้เพิ่มมากขึ้น สภาพของหนองและบึงโดยธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำหรือบริเวณที่ลุ่มซึ่งมีความสมดุลตามธรรมชาติในการเก็บน้ำไว้ได้จำนวนหนึ่ง ถ้าหากปีใดมีฝนตกจนน้ำไหลลงหนองมีปริมาณมากกว่าปกติ น้ำจำนวนมากเกินไปนั้นจะระบายออกไปตามช่องทางระบายน้ำที่มีในบริเวณที่ต่ำได้เอง จนสามารถเก็บน้ำไว้ได้เท่ากับระดับสันของช่องทางระบายน้ำนั้น หนองและบึงโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบนและตื้น เนื่องจากน้ำที่ไหลลงหนองและบึงมักจะชะพาดินลงไปตกตะกอนทับถมกันอยู่ทุกปีจึงทำให้หนองและบึงจำนวนมากเก็บน้ำไว้ได้ไม่ลึกนัก และมีน้ำไม่พอใช้ได้ตลอดฤดูแล้ง เพราะน้ำระเหยหมดไปเสียก่อน การเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในหนอง และบึงที่ตื้นเขินให้มากขึ้น อาจกระทำได้ด้วยการสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กปิดกั้นช่องต่ำที่เป็นช่องระบายน้ำไว้ ซึ่งสามารถเพิ่มระดับความลึกของน้ำที่ต้องการจะเก็บกักในหนองและบึงให้มากขึ้นกว่าเดิมได้ การปรับปรุงหนองและบึงให้เก็บน้ำมากขึ้นโดยวิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก แต่มักมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำที่เพิ่มสูงนั้นจะแผ่ออกไปท่วมพื้นที่เพาะปลูกตามขอบหนองและบึงเป็นบริเวณกว้าง จนไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ การขุดลอกดินที่ก้น

หนองและบึงให้ลึกลง จึงเป็นวิธีการเพิ่มจำนวนน้ำที่จะเก็บให้เพียงพอกับความต้องการได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีการนี้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำในหนองและบึงโดยมีระดับน้ำเก็บกักเท่ากับที่เคยเป็นอยู่ตามปกติ แต่ควรพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายอย่างรอบคอบ เนื่องจากจำนวนน้ำที่เก็บได้มากขึ้นนั้น จะต้องขุดดินที่ก้นหนองและบึงนำออกไปทิ้งด้วยปริมาณที่เท่า ๆ กันนั่นเอง น้ำในหนองและบึงสามารถสูบขึ้นไปใช้ปลูกพืชผักสวนครัว ปลูกพืชไร่ ใช้เลี้ยงสัตว์ตลอดจนใช้สาหรับอุปโภคบริโภคภายในหมู่บ้าน และใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาได้ด้วย

2.3.3.5 งานสระเก็บน้ำ สระเก็บน้ำคือแหล่งเก็บขังน้ำฝน น้ำท่าหรือน้ำที่ไหลออกมาจากดินด้วยการขุดดินให้เป็นสระสำหรับเก็บขังน้ำ โดยมีขนาดความยาว ความกว้าง และความลึกของสระ ตามจำนวนน้ำที่ต้องการจะเก็บไว้ใช้งาน สระเก็บน้ำส่วนใหญ่มีขนาดความจุน้อยนิยมสร้างในท้องที่ซึ่งไม่มีลำน้ำธรรมชาติหรือในสภาพภูมิประเทศที่ไม่เอื้ออำนวยให้ทำการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำและที่เก็บกักน้ำประเภทอื่น งานสระเก็บน้ำประกอบด้วยงานขุดดินให้เป็นสระ แล้วนำดินที่ขุดขึ้นมานั้นถมเป็นคันล้อมรอบขอบสระ บางแห่งอาจล้อมเพียงสามด้าน หรือบางแห่งถมเป็นคันล้อมขอบสระเฉพาะส่วนล่างในแนวต่ำให้เป็นรูปโค้ง อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของแต่ละแห่ง น้ำที่เก็บกักไว้ในสระอาจเป็นน้ำที่ไหลมาบนผิวดิน ไหลมาตามร่องน้ำเล็ก ๆ และน้ำที่ไหลซึมหรือไหลพุออกมาจากดินลงสู่สระ น้ำในสระส่วนใหญ่จะขังอยู่ในส่วนล่างซึ่งได้ขุดดินออกไป โดยมีระดับน้ำเก็บกักอยู่สูงกว่าผิวดินข้างเคียงเพียงเล็กน้อย หรือในบางท้องที่อาจเก็บขังน้ำทั้งหมดไว้ต่ำกว่าผิวดินธรรมชาติ น้ำในสระเก็บน้ำสามารถนำไปใช้ปลูกพืชผักสวนครัว ใช้เลี้ยงสัตว์ ตลอดจนใช้สำหรับอุปโภคบริโภคภายในหมู่บ้าน และใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาได้ด้วย (ปัญหาและสาเหตุทั่วไปของการเกิดน้ำท่วม,ออนไลน์)

2.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำแบบยั่งยืน

ปัญหาเรื่องน้ำแตกต่างจากปัญหาอื่นโดยสิ้นเชิงตรงที่ไม่สามารถแก้ไขเฉพาะแห่งหรือเฉพาะจุดได้ เพราะลำน้ำมีความยาวและมีการไหลผ่านพื้นที่หรือชุมชนต่าง ๆ ต่อเนื่องกันไป ดังนั้นการแก้ปัญหาเรื่องน้ำท่วมหรืออุทกภัยจะต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องน้ำโดยเฉพาะโดย

จะต้องศึกษา และวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบทั้งลุ่มโดยเสนอให้เป็นวาระแห่งชาติต้องดำเนินการโดยเร่งด่วนที่สุด

ปัญหาที่ทำให้เกิดน้ำท่วมในประเทศไทยเกิดจากปัจจัยหลัก 2 อย่าง คือ ธรรมชาติ และมนุษย์ โดยปัจจัยข้อแรกควบคุมได้ยากมาก จึงจำเป็นต้องหาวิธีการ และบริหารจัดการให้ปัจจัยทั้งสองอยู่ร่วมกับปัจจัยแรกให้ได้ เพื่อให้การแก้ไขปัญหามีผลกระทบน้อยที่สุด แนวทางแก้ไขปัญหาควรพิจารณาจากทั้งมาตรการใช้สิ่งปลูกสร้างและมาตรการที่ไม่ต้องใช้สิ่งปลูกสร้าง ดังนี้

2.4.1 การแก้ปัญหาที่สะสมมาตั้งแต่อดีตและดำรงอยู่ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นการสร้างบ้านเรือน การขยายตัวของชุมชนที่อยู่ริมแม่น้ำสายสำคัญ ๆ ที่ในระยะหลังไม่ได้ปลูกบ้านมีใต้ถุนสูงเลยระดับน้ำหลาก แต่ไปนิยมรูปแบบบ้านแบบยุโรป หรือตะวันตก โดยมิได้ตระหนักถึงปัญหาที่จะตามมาเมื่อมีการหลากล้นตลิ่ง หรือการถมที่สร้างบ้านจัดสรรหรือขยายเมืองไปในทิศทางที่เป็นที่ต่ำหรือที่ลุ่มซึ่งเป็นจุดอ่อนที่จะถูกน้ำท่วมได้ง่ายเมื่อเกิดฝนตกเนื่องจากประสิทธิภาพการระบายน้ำไม่ดีพอ จะต้องใช้มาตรการต่าง ๆ ได้แก่

2.4.1.1 การป้องกันปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอก คือ น้ำที่จะหลากเข้าท่วมโดยใช้มาตรการปิดล้อมพื้นที่หรือชุมชนที่ไม่ต้องการให้ถูกน้ำท่วม โดยการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมโดยรอบ ได้แก่ การก่อสร้างคันกั้นน้ำตามแนวลำน้ำหรือใกล้เคียงลำน้ำในระยะถอยร่น การยกระดับของถนนบางสายให้สูงกว่าระดับน้ำหลากสูงสุด รวมถึงการก่อสร้างประตูน้ำตามคู คลองต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อปิดกั้นไม่ให้น้ำจากภายนอกเข้ามาในพื้นที่ป้องกันได้

2.4.1.2 การแก้ไขปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายใน คือ ฝนที่ตกหนักลงในพื้นที่โดยตรง โดยการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพสามารถรองรับอัตราการไหลได้อย่างเหมาะสม และจัดหาพื้นที่บางส่วนสำหรับทำเป็นแก้มลิง หรือบึงพักน้ำฝนชั่วคราว พร้อมติดตั้งสถานีสูบน้ำ เพื่อสูบน้ำระบายออกจากพื้นที่กรณีที่น้ำภายนอกสูงกว่าระดับน้ำภายในพื้นที่ป้องกัน

2.4.1.3 ให้มีการออกแบบ และก่อสร้างคลองระบายน้ำหรือคลองผันน้ำสายใหม่เพื่อผันน้ำจากลำน้ำเดิมที่เคยไหลผ่านพื้นที่โดยตรงออกไปทิ้งยังจุดที่ต้องการ เพื่อมิให้เกิดการไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ป้องกัน

2.4.1.4 ให้มีการเร่งออกประกาศและบังคับใช้กฎหมายผังเมืองอย่างเคร่งครัด และแจ้งให้ประชาชนได้รับทราบถึงผลกระทบจากการใช้พื้นที่หรือการก่อสร้าง

อาคาร บ้านเรือน ที่ไม่สอดคล้องกับแนวทางของผังเมือง เพื่อสร้างจิตสานึกและเรียนรู้กับปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมา

2.4.1.5 ให้จัดหาหรือจัดทำบึงพักน้ำหรือแก้มลิงของเมืองหรือชุมชนนั้นๆ

2.4.2 การป้องกันปัญหาใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เป็นการหามาตรการเพื่อเตรียมการป้องกันปัญหา ดังนี้

2.4.2.1 พื้นที่ที่อยู่ริมแม่น้ำให้มีการยกร่างกฎหมายโดยอาจออกประกาศเป็นพระราชกฤษฎีกา เพื่อกันเขตแม่น้ำสายสำคัญ ๆ ซึ่งในประเทศไทยมีอยู่ 25 ลุ่มน้ำ เหมือนการเวนคืนที่เพื่อสร้างถนน โดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่มสองฝั่งแม่น้ำหรือย่านชุมชนที่คาดว่าจะมีการขยายตัวในอนาคต และมีโอกาสเกิดการหลากล้นตลิ่งเข้าไปท่วมได้ ส่วนความกว้างวัดจากแม่น้ำออกไปสุดแนวเขตเป็นระยะเท่าใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้จะต้องมีการศึกษาและจัดทำเป็นลุ่มน้ำไปโดยกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตที่ยอมให้น้ำหลากท่วมได้ (Flood plain) หรือจะเรียกว่า พื้นที่ควบคุมน้ำท่วม

2.4.2.2 ให้มีการก่อสร้างแนวคันดินกั้นน้ำหรือถนนที่มีความสูงเหนือระดับน้ำหลากสูงสุดตามแนวเขตพื้นที่ควบคุมที่ประกาศเพื่อป้องกันน้ำมิให้น้ำหลากท่วมพื้นที่ภายนอก

2.4.2.3 ให้มีการบังคับใช้กฎหมายควบคุมสิ่งปลูกสร้างที่จะเกิดขึ้นใหม่ในพื้นที่ควบคุม เป็นต้นว่าหากใครจะปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนหรือที่อยู่อาศัยจะต้องปลูกแบบยกพื้นมีใต้ถุนสูงพ้นระดับน้ำหลากสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นในอดีตหรือปลูกบ้านแบบลอยน้ำได้ ห้ามถมดินเพื่อก่อสร้างโดยเด็ดขาด เพื่อมิให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และเพื่อให้ทุกคนรู้สภาพปัญหาของตัวเอง และพร้อมที่จะยอมรับกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต พร้อมกันนั้นก็จะได้เตรียมหาทางพึ่งพาตนเองซึ่งจะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายเพื่อช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาแต่ละครั้งลงได้มาก

2.4.2.4 รณรงค์ให้มีการบังคับใช้กฎหมายอย่างเข้มงวดกวดขันและเร่งปลูกฝัง และสร้างจิตสานึกเพื่อให้มาตรการสัมฤทธิ์ผลแบบยั่งยืนแทนการไล่ตามแก้ปัญหาดินพอกหางหมูแบบไม่รู้จบ

2.4.3 ที่ต่ำหรือที่ลุ่มที่เป็นจุดอ่อนต่อการถูกน้ำท่วม

2.4.3.1 นำมาตรการทางด้านกฎหมายผังเมืองรวมมาบังคับใช้อย่างเป็นรูปธรรม โดยกำหนดให้พื้นที่ที่มีลักษณะดังกล่าวเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม ไม่ควรทำเป็นพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.4.3.2 ห้ามมิให้มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ให้แตกต่างไปจากสภาพเดิมโดยการถมที่ การปลูกสร้างบ้านเรือนให้ปลูกสร้างตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่เป็นหลัก เช่น ปลูกแบบมีใต้ถุนสูง หรือปลูกบ้านลอยน้ำได้ เป็นต้น

นอกจากการแก้ไขและป้องกันปัญหาดังที่กล่าวแล้วอาจต้องมีมาตรการอื่นเข้ามาช่วยเสริม ได้แก่ การเร่งก่อสร้างเขื่อน และอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีน้ำท่วมซ้ำซาก เช่น ลุ่มน้ำยม การก่อสร้างฝายแบบขั้นบันไดเพื่อให้เป็นแก้มลิงคอยช่วยชะลอการหลากในพื้นที่เสี่ยงภัย เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาน้ำท่วมให้ได้ผลลัพธ์สมบูรณ์คงเป็นเรื่องที่ยาก เพราะมีการขยายตัวอย่างกระจัดกระจาย และขาดการวางแผนของชุมชนเมืองตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้การตามแก้ปัญหาเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก (โชติไกร ไชยวิจารณ์, 2549)

2.5 ทฤษฎีน้ำเสีย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาล น้ำมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืชถ้าขาดน้ำเมื่อใดก็เป็นการยากที่มนุษย์สัตว์และพืชจะดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นตั้งแต่สมัยโบราณ จนถึงปัจจุบันเราจะพบว่ามนุษย์ เลือกตั้งถิ่นฐานอยู่ใกล้แหล่งน้ำ น้ำธรรมชาติมีอยู่ทั่วไปทั้งบนผิวดิน ใต้ดิน และในบรรยากาศ น้ำบนผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่พบมากที่สุด ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ห้วย ลำธาร ทะเลสาบ ทะเล และมหาสมุทร ส่วนน้ำใต้ดินแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ น้ำในดิน และน้ำบาดาล

น้ำธรรมชาติที่มีส่วนเกี่ยวพันกับความเป็นอยู่ของมนุษย์ สัตว์ และความเจริญของพืชพันธุ์ ได้แก่ น้ำบนผิวดิน ในแต่ละวัน คนต้องใช้น้ำจำนวนมากทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค การประกอบอาชีพ เช่น การประมง เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องช่วยกันรักษาแหล่งน้ำธรรมชาติเหล่านี้ให้สะอาดอยู่เสมอ หากปล่อยให้มีสิ่งสกปรก เช่น ขยะ หรือน้ำทิ้งลงปะปนอยู่ในน้ำธรรมชาติ ก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นกลายเป็นน้ำเสียในภายหลัง เมื่อแหล่งน้ำดีกลายเป็นน้ำเสีย ก็จะเป็นอันตรายต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคน พืช และสัตว์ ไม่เฉพาะแต่พื้นที่เดียวเท่านั้น แต่อาจขยายบริเวณกว้างไกลออกไปทั้งชุมชนในละแวกนั้นๆ ได้

2.5.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

2.5.1.1 น้ำเสียจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัยของคนที่อยู่รวมกันเป็นชุมชนเป็นย่านที่อยู่อาศัย และย่านการค้าขาย ในอาณาบริเวณดังกล่าวนี้ ย่อมจะมีน้ำทิ้งจากการอุปโภคและบริโภค เช่น น้ำจากการซักล้างและการทำครัว น้ำจากห้องส้วม ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพตามมาตรฐานและอยู่ไม่ไกลจากแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งเช่นนี้จะทำให้เกิดน้ำเน่า น้ำเสียได้ (รูปที่ 2.5)

รูปที่ 2.5 น้ำเสียจากบ้านเรือน

(ที่มา http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/subwater1/water.htm)

2.5.1.2 น้ำเสียจากการเกษตรกรรมในการเพาะปลูกปัจจุบัน เกษตรกรใช้สารเคมีมากขึ้น เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งบางชนิดสลายตัวยาก สารอาจจะตกค้างอยู่ตามพืชผักผลไม้ ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค และบางส่วนอาจจะกระจายอยู่ตามพื้นดิน เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะล้างสิ่งเหล่านี้ลงแม่น้ำลำคลอง เป็นเหตุให้กุ้ง ปลา หอย ปู และสัตว์น้ำอื่นๆ เป็นอันตรายถึงตายได้ ถ้าสัตว์น้ำได้รับสารเคมีบางชนิดในปริมาณไม่มาก ก็อาจจะสะสมอยู่ในตัวสัตว์ เมื่อคนจับสัตว์น้ำเหล่านี้มาทำอาหาร สารเคมีนั้นก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายของคนอีกทอดหนึ่ง บริเวณเพาะปลูกอาจมีมูลสัตว์ปนอยู่ เมื่อฝนตกหรือเมื่อใช้น้ำรดพืชผักผลไม้น้ำก็จะชะล้างสิ่งปฏิกูล คือมูลสัตว์นี้ลงสู่แม่น้ำลำคลอง ในมูลสัตว์อาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ เป็นเหตุให้ผู้ใช้แม่น้ำลำคลองได้รับเชื้อโรคจากสิ่งปฏิกูลนั้นได้

2.5.1.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปใช้น้ำในปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน น้ำที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือและพื้นที่ในโรงงาน และน้ำทิ้งจากโรงงาน จะเป็นน้ำเสียไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง บางโรงงานอาจมีวัสดุเหลือจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางประเภทปะปนไปกับน้ำทิ้ง ทั้งหมดนี้เป็นเหตุให้แม่น้ำลำคลองเน่า ส่งกลิ่นเหม็น มีสารพิษปะปนอยู่ กลายเป็นมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมนั้น น้ำมันจากโรงงานอุตสาหกรรมก็มีส่วนทำความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม หากใช้น้ำมันโดยขาดความระมัดระวัง เช่น การเทน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วลงน้ำ ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงแม่น้ำลำคลองเช่นนี้ จะมีคราบน้ำมันลอยเป็นฝ้า ทำให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงไปในน้ำ มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำขาดก๊าซออกซิเจน ยิ่งกว่านั้นถ้ามีคราบน้ำมันคลุมผิวพื้นน้ำ แสงแดดส่องลอดลงไปใต้น้ำไม่ได้ ทำให้พืชในน้ำบางชนิดไม่สามารถสร้างอาหารและเจริญเติบโต แล้วยังมีผลเสียต่อเนื่องทำให้สัตว์ในน้ำตายด้วย เพราะพืชเล็กๆในน้ำซึ่งเป็นอาหารของสัตว์ตายเพราะน้ำเสีย เหมืองแร่เป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่ทำให้คุณภาพน้ำเสียไป ถ้าเหมืองแร่นั้นเป็นเหมืองฉีด น้ำจากเหมืองฉีดจะพาตะกอนซึ่งเกิดจากดิน หิน ทราย และเศษแร่ไหลปนไปกับน้ำที่ชะแร่ลงสู่แม่น้ำหรือทะเล ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน ทับถมและทำลายแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ (รูปที่ 2.6)

รูปที่ 2.6 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

(ที่มา http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/subwater1/water.htm)

2.5.2 สาเหตุของน้ำเสีย

2.5.2.1 น้ำเสียจากบ้าน ร้านค้าและอาคาร ชุมชนที่มีบ้านเรือนที่อยู่อาศัยหลายหลังคาเรือน ย่านการค้าหรืออาคารที่ทำการ ล้วนจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และใช้สอยในจุดประสงค์อื่นๆ น้ำที่ใช้นี้จะมีปริมาณหนึ่งซึ่งเป็นปริมาณส่วนใหญ่กลายเป็นน้ำทิ้งออกมา น้ำทิ้งส่วนมากจะเป็นน้ำจากส้วมและจากการชำระล้าง ซึ่งประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สบู่ ผงซักฟอก เศษอาหาร ไขมัน สารอนินทรีย์ และสิ่งปฏิกูลอื่นๆ เจือปนอยู่ สารเหล่านี้เมื่อไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง จะเกิดผลเสีย 2 ประการใหญ่ๆ คือ ประการแรกช่วยเพิ่มสารอาหารเสริมแก่พืชน้ำและสัตว์น้ำ ทำให้พืชน้ำและสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น เมื่อพืชน้ำและสัตว์น้ำตายไป จะทำให้เกิดสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้น สารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งและที่เกิดเพิ่มขึ้นนี้ ถ้ามีจำนวนมากเมื่อถูกย่อยสลายโดยแอโรบิกบักเตรีที่มีอยู่ในน้ำ ก็จะนำเอาออกซิเจนละลายน้ำมาใช้ในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ออกซิเจนในอากาศละลายลงในน้ำ ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนขึ้น อันเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะกับแอนแอโรบิกบัคเตรีให้ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป ทำให้น้ำกลายเป็นสีดำมีกลิ่นเหม็นส่วนสารอื่นๆ ที่ปนมา เช่น สารอนินทรีย์จะเพิ่มปริมาณสูงขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ได้มาตรฐานและเสียประโยชน์ใช้สอยไป นอกจากนี้ถ้าน้ำทิ้งมีเชื้อโรคชนิดต่างๆที่เป็นอันตราย เช่น บัคเตรี และไวรัส ก็จะทำให้เกิดโรคได้

2.5.2.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งจากระบบการผลิต ระบบการหล่อเย็น สารที่ปะปนมาอาจจะเป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ กรดด่าง โลหะหนัก สารเคมีต่างๆ สารกัมมันตรังสี สารพิษ ดินทรายและสิ่งปฏิกูลอื่นๆ ซึ่งเมื่อทิ้งลงในแม่น้ำลำคลอง จะทำให้เพิ่มปริมาณสารเหล่านั้นหรือเกิดการเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิตในน้ำ เกิดการเน่าเหม็น เกิดสี กลิ่น และความไม่น่าดู

2.5.2.3 ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร ได้แก่ สารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของฟอสเฟตสามารถยึดติดกับดินได้ จึงมีส่วนน้อยที่ไหลไปกับน้ำ ดังนั้นสารที่ทำให้เกิดปัญหาคือ ไนโตรเจน การใช้ปุ๋ยส่วนใหญ่มักใส่กันมากเกินกว่าที่พืชจะนำไปใช้ได้หมด เมื่อฝนตก น้ำฝนจะชะเอาไนโตรเจนไหลไปตามผิวดิน ลงสู่แม่น้ำลำคลอง ช่วยให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีเป็น

จำนวนมาก ทำให้น้ำเกิดสี กลิ่น และรส เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลง ก็จะทำให้น้ำเน่าเหม็นและมีฟีนอลสูงขึ้น เกิดฝ้าขาวลอยอยู่ตามผิวน้ำ

2.5.2.4 ผิวดินที่พังทลาย ในพื้นที่รับน้ำบางแห่ง เช่น อ่างเก็บน้ำที่เสื่อมสภาพและมีการพังทลายของหน้าดิน จะทำให้น้ำมีความขุ่นสูง เกิดสี กลิ่น และรสได้

2.5.2.5 การเลี้ยงปศุสัตว์ ถ้าสัตว์เลี้ยงกินหญ้าที่คลุมหน้าดินมากเกินไปจะทำให้หน้าดินถูกน้ำกัดเซาะเมื่อฝนตก และเมื่อไหลลงไปในแหล่งรับน้ำก็จะเกิดปัญหาเช่นเดียวกับในข้อ 2.5.2.4 นอกจากนี้มูลสัตว์ก็จะไหลบงไปในลำน้ำ ทำให้มีสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง เกิดปัญหาเช่นเดียวกับข้อ 2.5.2.1 และ 2.5.2.3

2.5.2.6 ยาฆ่าแมลงและยากำจัดวัชพืช ส่วนมากเป็นสารเคมีที่บางครั้งก็เป็นสารมีพิษ เมื่อถูกชะล้างลงไปในน้ำ ก็จะเป็นพิษแก่พืชและสัตว์ที่อยู่ในแหล่งน้ำ หากเรานำน้ำไปใช้ก็จะได้รับอันตรายจากสารพิษนั้นด้วย

2.5.2.7 ไฟป่า ถ้าเกิดไฟป่าในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งต้นกำเนิดน้ำจะทำให้มีขยะ เถ้าถ่าน ตะกอนทราย รวมทั้งสารมลพิษต่างๆ ไหลลงไปในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของน้ำที่นำไปใช้สอย อีกทั้งอาจจะทำให้อ่างเก็บน้ำหรือแม่น้ำตื้นเขินเนื่องจากการสะสมของเถ้าถ่านและตะกอนต่างๆ

2.5.2.8 การใช้ที่ดินที่ขาดการควบคุมการใช้ที่ดินสองข้างหรือรอบๆแหล่งน้ำที่ขาดการควบคุมหรือการกำหนด จะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของน้ำได้ ดังนั้นจึงควรกำหนดเขตหรือห้ามการขยายชุมชนหรือการตั้งโรงงานตามริมน้ำที่นำน้ำมาไปใช้ประโยชน์ในการทำน้ำประปา (หนังสือสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15)

2.6 วิธีการและหลักการบำบัดน้ำเสีย

2.6.1 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีหลายวิธี โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมี 3 วิธีคือ

2.6.1.1 กระบวนการทางเคมี (chemical process)

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสารต่างๆ หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่บำบัด เช่น โลหะหนัก สารพิษ สภาพความเป็นกรด ด่างสูงๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยาซึ่งจะมีประโยชน์ในการแยกสาร แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เมื่อเติมสารเคมีลงในน้ำเสียแล้ว ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีค่อนข้างสูง ดังนั้นกระบวนการทางเคมีจะเลือกใช้ก็ต่อเมื่อน้ำเสียไม่สามารถบำบัดได้ด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือชีวภาพ การทำให้เกิดตะกอน (precipitation) อาศัยหลักการเติมสารเคมีลงไปทำปฏิกิริยาทำให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา โดยทั่วไปสารแขวนจะมีประจุลบ ดังนั้นสารเคมีที่เติมลงไปจึงเป็นประจุบวกเพื่อทำให้เป็นกลาง การแยกด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงแต่ก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ดังนั้นวิธีนี้จะเลือกใช้ต่อเมื่อไม่สามารถ แยกได้โดยกระบวนการทางชีวภาพหรือกายภาพ โดยส่วนมากสารเคมีที่ทำให้เกิดตะกอนจะละลายน้ำ เช่น เกลือของสารประกอบต่างๆ เช่น เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต หรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)$) เกลือเหล็ก ($FeCl_3$, $FeSO_4$) และเกลือของแคลเซียม ($Ca(OH)_2$) ส่วนเกลือที่นำมาช่วยในการเกิดตะกอนได้ดียิ่งขึ้นนี้เป็นสารประกอบของ กลุ่ม Activated ของ Silica และ Polyelectrolytes โดยกระบวนการทางเคมีมีหลายวิธี

การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (chemical oxidation) อาศัยหลักการเสียอิเล็กตรอนของอะตอมให้แก่สารเคมีที่เติมลงไปในน้ำเสียโดยสารเคมีนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ส่วนมากวิธีนี้จะนิยมใช้เปลี่ยนโมเลกุลของโลหะที่เป็นพิษ เช่น การเปลี่ยน Fe^{2+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็นสาร Fe^{3+} ซึ่งมีพิษน้อย ด้วยคลอรีน ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$2Fe^{2+} + CI_2 \text{ ---> } 2\ Fe^{3+} + 2Cl \qquad (1)$$

การเกิดรีดักชันทางเคมี (chemical reduction)

เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารพิษไปเป็นสารที่มีอันตรายน้อยลง อะตอมหรืออิออน ของสารพิษจะรับอิเล็กตรอนจากสารเคมีที่เติมลงไปซึ่งมีสมบัติ เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) เช่น การเปลี่ยน Cr^{6+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็น Cr^{3+} ด้วยเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ในสภาพที่เป็นกรด ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$6\ FeSO_4 + 2\ CrO_3 + 6\ H_2SO_4 \text{ -----> } 3\ Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O \qquad (2)$$

การสะเทิน (neutralization) เป็นการเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียให้มีฤทธิ์เป็นกลาง (pH = 7) ถ้าต้องการปรับค่าน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH < 7 ในน้ำเสียให้สูงขึ้นต้องเติมสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนกรณีถ้าต้องการปรับ

น้ำเสียมีฤทธิ์เป็นด่าง (pH > 7) ให้มีค่า pH ต่ำลงจะต้องเติมกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดเกลือและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2.6.1.2 กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process)

กระบวนการทางชีววิทยา (biological process) เป็นการอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ดีที่สุดในแง่ของการลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แต่หลักการนี้เลือกสภาวะแวดล้อมให้เหมาะกับการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสัมพันธ์กับปริมาณของจุลินทรีย์ และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย แบคทีเรียที่เลือกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นพวกไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria)

2.6.1.3 กระบวนการทางกายภาพ (physical process)

กระบวนการทางกายภาพ (physical process) เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายซึ่งจะแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก วิธีนี้จะแยกตะกอนได้ประมาณ 50-65% ส่วนเรื่องการแยกความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD5) ประมาณ 20-30% เท่านั้น วิธีการต่าง ๆ ในกระบวนการนี้มีหลายวิธี เช่น การดักด้วยตะแกรง (screening) เป็นการแยกเศษขยะต่าง ๆ ที่มากับน้ำเสีย เช่น เศษไม้ ถุงพลาสติก กระดาษ ตะแกรงมีหลายขนาด การดักด้วยตะแกรงจึงเป็นการแยกขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย การตัดย่อย (combination) คือ การใช้เครื่องตัดทำลายเศษขยะขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง การกวาด (skimming) เป็นการกำจัดน้ำมันและไขมันโดยทำการดักหรือกวาดออกจากน้ำเสีย การทำให้ลอย (floating) จะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ การตกตะกอน (sedimentation) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยอาศัยหลักการเรื่องแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

2.6.1.4 กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physical-chemical process)

เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว เช่น กระบวนการดังต่อไปนี้

2.6.1.4.1 การดูดซับด้วยถ่าน (carbon adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

2.6.1.4.2 การแลกเปลี่ยนประจุ วิธีการนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

2.6.2 วิธีการบำบัดน้ำเสีย

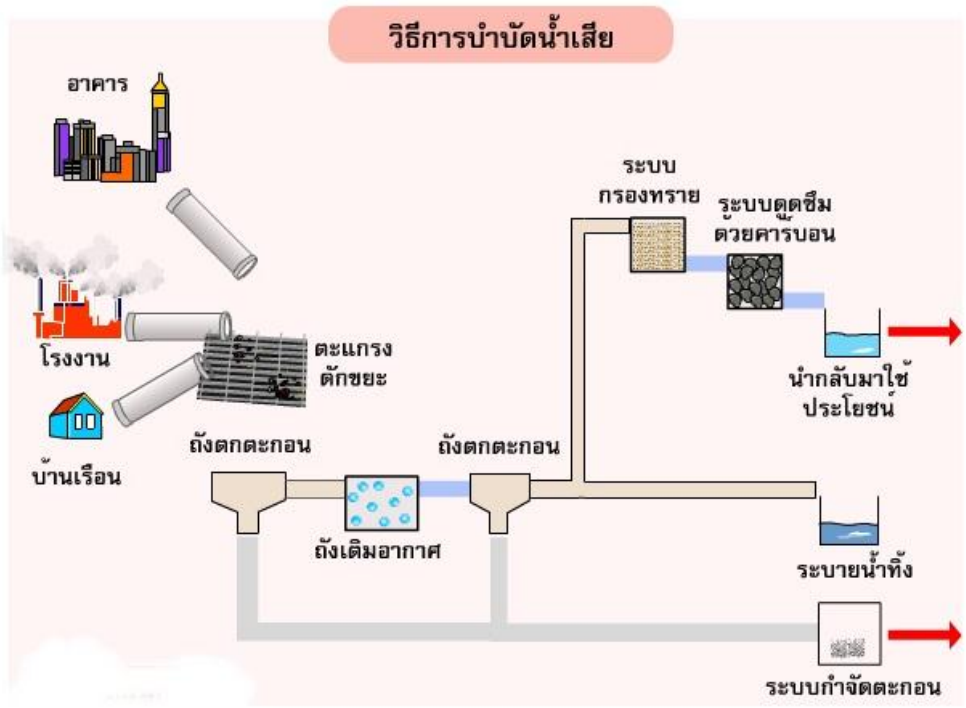
ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปการบำบัดน้ำทิ้งแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นดังนี้

2.6.2.1 การบำบัดขั้นเตรียมการ (preliminary treatment) เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยการใช้ตะแกรง (Screens)

2.6.2.2 การบำบัดขั้นต้น (primary treatment) น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนจากข้อที่ 1 แล้วจะถูกนำมาตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่ง เรียกว่า primary sludge การบำบัดในขั้นนี้จะลดค่า BOD ได้ประมาณ 25-40% แล้วแต่คุณลักษณะของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

2.6.2.3 การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) น้ำเสียจากข้อ 2 จะถูกนำเข้าไปสู่ถังเติมอากาศซึ่งจะมีการเติมอากาศให้แก่แบคทีเรียโดยใช้เครื่องเติมอากาศ แบคทีเรีย ช่วยย่อยสลายและกำจัดสารอินทรีย์หรือ BOD ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ ออกไปจากน้ำ กลายเป็นตะกอน ตกลงไปที่ก้นถังกากตะกอนในส่วนนี้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป น้ำในส่วนบนของถังตกตะกอนจะใสขึ้น ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่า BOD ลงได้ประมาณ 75-95% ซึ่งค่า BOD ของน้ำส่วนนี้จะต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้แต่ถ้าต้องการความสะอาดเหมาะแก่การนำกลับมาใช้ใหม่เข้าสู่การบำบัดขั้นที่ 3 ต่อไป

2.6.2.4 การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) ต้องการความบริสุทธิ์สะอาดสามารถนำกลับมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ กระบวนการบำบัดนี้จึงเป็นกระบวนการเคมีรวมกับฟิสิกส์ - เคมี น้ำทิ้งจากการบำบัด ขั้นตอนที่สอง จะถูกนำมาตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์ -เคมีด้วยวิธีการ ion exchange ซึ่งจะได้น้ำที่สะอาดเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะได้น้ำที่สะอาด



รูปที่ 2.7 วิธีการบำบัดน้ำเสีย

(ที่มา http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm)

2.6.3 หลักการจัดการน้ำเสีย

หลักการจัดการน้ำเสียที่สำคัญได้แก่การนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัย โดยทั่วไปการจัดการน้ำเสียจะประกอบด้วย

1. การรวบรวมน้ำเสีย (collection)
2. การบำบัดน้ำเสีย (treatment)
3. การนำกลับมาใช้ประโยชน์ (reuse and reclamation)

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมีการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ในการจัดการเรื่องระบบน้ำเสีย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการถ่ายเทน้ำเสียในปริมาณมากออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่นโรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตอาหารทางการเกษตร จะมีการจัดการเรื่องระบบบำบัดซึ่งต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ ดังนั้นระบบบำบัดจึงเหมาะสำหรับเป็นระบบบ่อชนิดต่างๆ ทั้งมีการใช้ออกซิเจนและไม่มีการใช้ออกซิเจน

บ่อบำบัดที่ใช้ออกซิเจนที่อาศัยหลักการธรรมชาติและง่ายที่สุด เช่น ระบบ บ่อผึ่ง (oxidation pond)นอกจากนี้ยังมี บ่อเติมอากาศ (aerated Lagoon) บ่อที่มีออกซิเจน (aerobic pond) บ่อบำบัดที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น บ่อหมัก (anaerobic pond) บ่อบำบัดทั้งสองประเภทจะเป็นรูปบ่อเดียวหรือหลายบ่อต่อเป็นอนุกรมก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาณของน้ำเสียที่จะทำการบำบัดระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้อาศัยการทำงานของแบคทีเรียและสาหร่าย บ่อเหล่านี้ยังให้ผลพลอยได้ เช่น จะให้ก๊าซมีเทนมาใช้หุงต้มอาหาร แต่มีข้อจำกัดที่ใช้เนื้อที่ขนาดใหญ่และการทำงานจะดียิ่งขึ้นถ้าบริเวณนั้นมีแสงแดดมาก ดังนั้นระบบแบบนี้จึงเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุนและค่าใช้จ่าย

ระบบบำบัดที่ใช้พื้นที่น้อย ระบบบำบัดในกลุ่มนี้ก็มีมากมายหลายชนิดให้เลือก มีรูปแบบและลักษณะที่แตกต่างกันออกไปเริ่มจากระบบตะกอนแขวนลอย (activated sludge, AS) ที่ต้องใช้เครื่องจักรกลมากที่สุดและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่มีคุณภาพในการจัดการสูง ระบบตะกอนยึดติดวัสดุ (Trickling Filter, TF) ระบบคลองวนเวียน (oxidation ditch) ระบบจานหมุน (rotating biological contractors) ระบบบำบัดในกลุ่มนี้ ออกแบบยากกว่า ผู้ดูแลจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจจึงจะเกิดประสิทธิภาพ

โดยสรุประบบบำบัดน้ำเสียโดยชีวภาพที่นิยมในประเทศไทยมีด้วยกัน 5 ระบบได้แก่

- ระบบเอเอส (Activited Sludge - AS)
- ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch - OD)
- ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors - RBC)
- ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond)
- ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

(ที่มา http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm)

2.7 องค์ประกอบและเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำ

ระบบระบายน้ำของโครงการ ประกอบด้วย คลองระบายน้ำธรรมชาติ ท่อระบายน้ำหลักที่จะจัดสร้างขึ้น ประตูน้ำ สถานีสูบน้ำ เป็นต้น เพื่อทำหน้าที่ป้องกันน้ำท่วมขังในพื้นที่โครงการ ทั้งนี้ในการออกแบบระบบระบายน้ำของพื้นที่ชุมชน กำหนดเกณฑ์ทางด้านอุทกวิทยา ชลศาสตร์ และโยธา-โครงสร้าง ดังนี้

2.7.1 เกณฑ์การออกแบบด้านอุทกวิทยา

โดยทั่วไประบบระบายน้ำชุมชน ประกอบด้วย ระบบระบายน้ำปฐมภูมิ และระบบระบายน้ำทุติยภูมิ ซึ่งระบบระบายน้ำปฐมภูมิออกแบบให้มีขีดความสามารถรองรับฝนที่คาบอุบัติ 2-5 ปี

และระบบระบายน้ำทุติยภูมิออกแบบให้มีขีดความสามารถรองรับฝนที่คาบอุบัติ 1-2 ปี ซึ่งในการออกแบบจะพิจารณาตามความเหมาะสมของสภาพชุมชนและแนวโน้มของค่าลงทุนที่จะเกิดขึ้น โดยในการศึกษาออกแบบระบบระบายน้ำของโครงการจะออกแบบระบบท่อระบายน้ำ/รางระบายน้ำ/คูระบายน้ำให้รองรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี ส่วนการออกแบบขนาดสถานีสูบน้ำจะออกแบบให้รองรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี

2.7.2 เกณฑ์การออกแบบด้านวิศวกรรมชลศาสตร์/วิศวกรรมโยธา

เกณฑ์การออกแบบด้านวิศวกรรมชลศาสตร์/วิศวกรรมโยธาขององค์ประกอบแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) คลองระบายน้ำ (ระบบระบายน้ำปฐมภูมิ)

1. คลองสายหลัก

เกณฑ์การออกแบบการระบายน้ำ สำหรับคลองสายหลัก มีดังนี้

- การคำนวณอัตราการไหลของน้ำหลากออกจากพื้นที่ระบายน้ำใช้วิธีการคำนวณด้วยวิธีหลักเหตุผล (rational method) หรือ SCS หรือวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)
- ความเร็วการไหลเฉลี่ยในกรณีเป็นคลองดาดคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่า 0.70เมตร/วินาที ($V_{avg} \geq 0.7$ เมตร/วินาที) และระดับน้ำสูงสุดในคลองสายหลักขณะเกิดพายุฝนควรมีระดับไม่เกินขอบบน (soffit) ของท่อระบายน้ำ หรือควรมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดินเฉลี่ยประมาณ 0.50-1.00 เมตร
- ในช่วงฤดูฝน (ก่อนฝนตกและภายหลังฝนหยุดตก) ควรลดระดับน้ำในคลองให้เหลือความลึกประมาณ 1.00 ม. จากระดับท้องคลอง เพื่อใช้คลองเป็นที่เก็บกักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง) ส่วนในช่วงฤดูแล้งระดับน้ำในคลองอาจสูงกว่าระดับน้ำในช่วงฤดูฝนได้
- ความลึกของคลองสายหลัก ควรไม่น้อยกว่า 3.0 เมตร จากระดับพื้นดินเฉลี่ย
- การกำหนดขนาดหน้าตัดของคลองสายหลัก กรณีที่เป็นระบบระบายน้ำขนาดเล็กอาจกำหนดโดยใช้สมการแมนนิ่ง (manning equation) ดังนี้

$$Q = AV \quad (3)$$

$$V = 1/n\, R^{2/3} S_1^{1/2} \quad (4)$$

แต่ถ้าเป็นระบบระบายน้ำขนาดใหญ่ซึ่งต่อเชื่อมกันเป็นโครงข่ายการกำหนดขนาดหน้าตัดของคลองสายหลักควรกำหนดให้สามารถรองรับปริมาณน้ำสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามสมการเซนด์วิแนนท์เต็มรูป (Fully Saint Venant Equation) ซึ่งประกอบด้วยสมการต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการโมเมนตัม (momentum equation) ดังนี้

สมการต่อเนื่อง

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (5)$$

และสมการโมเมนตัม คือ

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\beta Q^2}{A}\right) + gA\frac{\partial H}{\partial x} - gAS_1 = 0 \quad (6)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)

V = ความเร็วการไหลเฉลี่ย (ม./วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล (ตร.ม.)

g = แรงฉนัมถ่วงของโลก (ม./วินาที^{2})

q = อัตราการไหลจากด้านข้าง (ลบ.ม./วินาที/เมตร)

β = สัมประสิทธิ์ปรับแก้ความเร็วในสมการโมเมนตัม

S_f = ความลาดชันพลังงาน (friction slope)

$$= \frac{Q|Q|}{K^2} \quad (7)$$

K^2 = ดัชนีความจุ (Conveyance)

$$= \frac{A^2R^{4/3}}{N^2} \quad (8)$$

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)

$$= \frac{A}{P} \quad (9)$$

P = เส้นขอบเปียก (Wetted perimeter)

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning's roughness)

= 0.026 สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (ทำความสะอาดและขุดลอกคลอง)

= 0.025 สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและเขื่อนกันดินริมตลิ่ง (ทำความสะอาดและขุดลอกคลอง)

= 0.020 สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเขื่อนกันดินริมตลิ่งและพื้นคอนกรีต

= 0.015 ถึง 0.018 สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดาดคอนกรีต

2. คลองระบายน้ำสายรอง

ค่าพารามิเตอร์และมาตรฐานที่เป็นแนวทางในการออกแบบสำหรับคลองระบายน้ำสายรอง คือ

(1) ขนาดพื้นที่รับน้ำย่อยที่แบ่งเฉลี่ยไม่เกิน 3.0 ตารางกิโลเมตร แต่ถ้าเป็นพื้นที่รับน้ำย่อยของท่อควรมีพื้นที่เฉลี่ยไม่เกิน 0.06 ตารางกิโลเมตร (6 เฮคตาร์)

(2) คาบอุบัติของฝน ที่ใช้แบ่งตามขนาดพื้นที่ ดังนี้

- สำหรับพื้นที่ < 0.2 ตร.กม. (20 เฮคตาร์) $T \leq 2$ ปี
- สำหรับพื้นที่ 0.2 ถึง 1.0 ตร.กม. (20-100 เฮคตาร์) $T = 2$ ปี
- สำหรับพื้นที่ 1.0 ถึง 5.0 ตร.กม. (100-500 เฮคตาร์) $T \leq 5$ ปี

(3) ค่าปรับแก้ขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ไม่เกิน 5.0 ตร.กม. (500 เฮคตาร์) ARF = 1.0

(4) การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของพื้นที่ ขนาดตั้งแต่ 6 ถึง 300 เฮคตาร์ อาจใช้วิธีการคำนวณโดยใช้วิธีหลักเหตุผล (Rational Method) หรือวิธี SCS

(5) ค่าเฉลี่ยของเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (tc) เริ่มจากในระบบระบายน้ำรองถึงคลองสายหลัก $tc \leq 1.5$ ชม. ซึ่งคำนวณโดยวิธีหลักเหตุผล

(6) การกำหนดขนาดหน้าตัดคลองสายรอง สามารถกำหนดโดยใช้สมการแมนนิ่ง

(7) ความลาดชันทางชลศาสตร์ที่ต้องการเฉลี่ย (hydraulic gradient) ประมาณ 0.25 เมตร/กิโลเมตร และในการคำนวณความลาดชันชลศาสตร์สามารถใช้สมการแมนนิ่งได้

(8) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคลองสายหลักและสายรองประมาณ 800 เมตร/ตร.กม. ถึง 1,200 เมตร/ตร.กม.

3. คลองดาดคอนกรีต

เกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไปใช้มาตรฐานกรุงเทพมหานคร กรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมชลประทาน ดังต่อไปนี้

(1) ขนาดหน้าตัดของคลองจะต้องสามารถรับปริมาณน้ำท่าสูงสุด ซึ่งอาจจะคำนวณด้วยสมการแมนนิ่งหรือโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สมการเซนต์วิแนนท์เต็มรูป

(2) ระดับน้ำกำหนดในหน้าตัดของคลองเป็นระดับน้ำที่เกิดจากการไหลในคลองที่อัตราสูงสุดตามที่ได้ออกแบบไว้สำหรับคลองแต่ละช่วง

(3) ความลาดชันด้านข้างของคลองกำหนดตามคุณสมบัติของดิน

(4) สัดส่วนของความกว้างก้นคลอง (b) ต่อความลึกของน้ำในคลองที่อัตราการไหลตามที่ออกแบบไว้ (y) อยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 และค่า b จะต้องไม่น้อยกว่า 0.50 ม. ค่า y จะต้องไม่น้อยกว่า 0.30 ม.

(5) ระยะพ้นน้ำ (freeboard) ของคันคลองจากระดับน้ำไหลตามที่ออกแบบภายในคลองถึงระดับหลังคันคลองควรให้มีระยะไม่น้อยกว่า 0.25 y + 0.30 ม. เมื่อ y เป็นความลึกของน้ำในคลองเป็นเมตร

(6) ระยะพ้นน้ำของคอนกรีตดาดจากระดับน้ำไหลตามที่ออกแบบภายในคลองถึงขอบคอนกรีตดาดเป็นไปตามความจำเป็นสำหรับการจัดขนาดคลองที่ออกแบบไว้และมีกำหนดไว้ดังนี้

<u>ลักษณะการยกระดับน้ำในคลอง</u>	<u>ระยะพ้นน้ำ (เมตร)</u>
ปรับระดับยกน้ำได้	0.20 y + 0.20
ระดับยกน้ำคงที่	0.30

เมื่อ y เป็นความลึกของน้ำในคลองเป็นเมตรตามที่ออกแบบไว้

(7) ความหนาของคอนกรีตดาดไม่น้อยกว่าข้อแนะนำของ USBR สำหรับคอนกรีตดาดไม่เสริมเหล็กดังนี้

ความจุคลอง (ลบ.ม./วินาที)	ความหนาคอนกรีตดาด (ซม.)
< 14	6.5
14 – 42.5	7.5

(8) ลาดคันคลองด้านนอกเท่ากับ 1:2 (แนวดิ่ง : แนวนอน)

(9) ความสูงของหลังคันคลองควรสูงกว่าระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 0.30 ม.

(10) ชั้นกรองใต้แผ่นคอนกรีตควรก่อสร้างเฉพาะในคลองที่มีระดับของก้นคลองอยู่ลึกกว่าระดับดินเดิมในธรรมชาติ ตั้งแต่ 0.60 ม. ขึ้นไป โดยพิจารณาว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับผิวดินเดิม

(11)ชานคลองควรก่อสร้างเฉพาะในคลองที่ขุดในดินเดิมทั้งหมดโดยที่ระดับของชานคลองกำหนดให้อยู่ในระดับเดียวกันกับระดับของระยะพ้นน้ำของคลองช่วงนั้น

(12)คันคลองและชานคลองส่วนที่เป็นดินควรปลูกหญ้าเพื่อป้องกันการกัดเซาะที่อาจเกิดขึ้น

(13)ความเร็วสูงสุดของน้ำไหลไม่เกิน 80% ของความเร็วของน้ำไหลที่การไหลวิกฤต (critical flow) แต่ไม่มากกว่า 2.5 ม./วินาที เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในคลองไหลแบบปั่นป่วนและเกิดแรงยกดันแผ่นคอนกรีตดาดเผยอขึ้นได้

(14)ความเร็วต่ำสุดของน้ำไหลจะต้องไม่ทำให้มีการตกตะกอนภายในคลอง

2) ท่อระบายน้ำ (Street Drain or Trunk Drain) ชนิดกลมและเหลี่ยม (ระบบระบายน้ำทุติยภูมิ)

เกณฑ์การออกแบบท่อระบายน้ำ มีดังนี้

1. คาบอุบัติของฝนที่ใช้ในการออกแบบ กำหนด 2 ปี
2. การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากออกจากพื้นที่ใช้วิธีหลักเหตุผล (rational method)
3. การกำหนดขนาดหน้าตัดของท่อกำหนดโดยสมการแมนนิ่ง
4. ความเร็วต่ำสุดในท่อ : 0.75 ม./วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนในท่อ
5. ความลาดเอียง : ตามสภาพภูมิประเทศและเกณฑ์คร่าว ๆ ดังนี้

ขนาดท่อ	ความลาดเอียง
ϕ 60 ซม.	1 : 600
ϕ 80 ซม.	1 : 800

ϕ 100 ซม.	1 : 1,000
ϕ 150 ซม.	1 : 1,500
☑ 100 – 150 ซม.	1 : 1,000 : 1 : 1,500
☑ 150 – 300 ซม.	1 : 1,050 : 1 : 3,000

6. ขนาดท่อเล็กสุด : ϕ 60 ซม. เพื่อป้องกันการอุดตันในท่อ
7. ระดับน้ำในท่อ : เต็มท่อที่อัตราไหลสูงสุด
8. ที่จุดเปลี่ยนขนาดท่อในระดับ : ระดับสันท่อ (ขอบบน) ทั้งสองข้างอยู่เดียวกัน
9. ระดับก้นบ่อ : อยู่ต่ำกว่าระดับดินเดิม
10. ระดับดินถมหลังท่อ : ควรรับน้ำหนักรถบรรทุกขนาด 20 ตันได้
11. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น : ประมาณ 8,000 ถึง 12,000 เมตร/ตร.กม.ของท่อระบายน้ำ

3) รางระบายน้ำเปิด (Open Drain)

เกณฑ์การออกแบบ มีดังนี้

1. ความเร็วต่ำสุด : 0.75 ม./วินาที
2. ความลาดเอียง : ตามสภาพภูมิประเทศ
3. ขนาดรางเล็กสุด : 0.40 เมตร
4. ความลึกของรางต่ำสุด : 0.50 เมตร
5. ความลึกน้ำในราง : ไม่ต่ำกว่า 0.30 เมตร

4) สถานีสูบน้ำ (Pumping Station)

สถานีสูบน้ำใช้สำหรับส่งน้ำข้ามสันเนินหรือสิ่งกีดขวางที่ไม่สามารถวางท่อเชื่อม 2 ข้างได้ สถานีสูบน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำออกจากพื้นที่โครงการหรือพื้นที่ระบายน้ำย่อย

การคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งแบบขนานกันหลายเครื่อง จะคำนวณจากการสร้าง pump system curve และกำหนดให้มีเครื่องสูบน้ำสำรองอย่างน้อย 1 เครื่อง (ในกรณีที่มีพื้นที่ก่อสร้างที่เพียงพอ) เพื่อแก้ปัญหาที่ต้องหยุดการทำงานของสถานีเมื่อเครื่องสูบน้ำบางเครื่องไม่ทำงาน เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งต้องเป็นเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดและมาตรฐานตามอัตราการสูบน้ำ (capacity) และความสูงของน้ำที่ออกแบบ(head) เกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบสถานีสูบน้ำสำหรับสูบน้ำ มีดังนี้

- ชนิดของเครื่องสูบเป็นแบบจุ่ม (submersible) หรือ แบบดิ่ง (vertical turbine)
- อัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำต่อตัวไม่เกิน 6 ลบ.ม./วินาที

- มีจำนวนเครื่องสูบสำรอง 1 ตัว
- ความสูงของน้ำสถิตย์ (static head) จะออกแบบเผื่อไว้สำหรับการทรุดตัวของแผ่นดิน (อาจใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า suction umbrella ติดตั้งบริเวณปากท่อสูบน้ำเพื่อเพิ่ม suction head ก็ได้)

เกณฑ์การออกแบบด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กำหนดไว้ดังนี้

1. แรงปฏิกิริยาของดินฐานรากเนื่องจากน้ำหนักประตูน้ำ สถานีสูบน้ำ และน้ำด้านหน้าประตูน้ำจะต้องไม่เกินกำลังความสามารถของดินที่จะรับได้ (bearing capacity) ถ้าเกินจะต้องตอกเสาเข็มช่วย
2. การออกแบบเข็มฐานรากพิจารณาจาก bearing capacity ของเข็มในชั้นดินใต้อาคาร การคำนวณหา bearing capacity สูงสุดอาจใช้สูตรดังนี้

$$Q_u = \left(\sum L.P.\alpha.S_u + \sum L.P.G_{vo} \tan\frac{3}{4}\varnothing\right) + \left\{(N_c.S_u + G_{vo}) + N_q.\overline{G}_{vo}\right\}A_p \qquad (10)$$

โดย Q_u = ultimate pile capacity

α = adhesion factor

S_u = undrained shear strength

L = embedment length of pile

P = perimeter of pile

G_{vo} = vertical effective overburden pressure at middle layer of each soil

$\varnothing$ = internal friction angle

N_c & N_q = bearing capacity factor

G_{vo} = total overburden pressure at pile tip

A_p = end area of pile

ค่าการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็ม ควรใช้ค่าส่วนปลอดภัยระหว่าง 2.0 ถึง 2.5 ในที่นี้ใช้ 2.5 ดังนั้นน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มจะหาได้ดังนี้

$$Q_a = Qu / 2.5$$

เมื่อ Q_a = ค่าการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็ม (ตัน)

3. การทรุดตัวของโครงสร้างบนเสาเข็มสั้น โครงสร้างที่ตั้งอยู่บนเสาเข็มสั้น ซึ่งมีความยาวประมาณ 10 ม. หรือมีปลายเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน จะมีการทรุดตัวเนื่องมาจากการคายน้ำของชั้นดินเหนียว เมื่อใช้เข็มสั้นซึ่งเป็นเข็มที่รับแรงฝืด (friction piles) ที่จมอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน การคำนวณอัตราการทรุดตัวของอาคารก็ใช้หลักการเช่นเดียวกับการทรุดตัวของคันดินกั้นน้ำ
4. การทรุดตัวของโครงสร้างบนเสาเข็มยาว โครงสร้างที่ตั้งอยู่บนเสาเข็มยาวหรือเสาเข็มที่มีปลายเข็มตอกถึงระดับชั้นดินแข็ง (stiff clay) การทรุดตัวเบื้องต้นในระหว่างก่อสร้างและการทรุดตัวเนื่องจากการคายน้ำของชั้นดินเหนียวที่อยู่ใต้ระดับปลายเข็มลงไปมีค่าการทรุดตัวน้อยมากหรือถือได้ว่าไม่มีปัญหาการทรุดตัว
5. แรงดันดินทางข้างกำแพง คำนวณโดยใช้สูตรของ Rankine นอกจากจะต้องคิดน้ำหนักของดินถมด้านข้างแล้ว จะต้องคำนึงถึงผลของระดับน้ำใต้ดินและน้ำหนักจรอื่นๆ ด้วยการตรวจสอบเสถียรภาพของตัวประตูระบายน้ำและสถานีสูบน้ำ แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้
   - ขณะก่อสร้าง ไม่มีน้ำและไม่มีดินถมด้านข้างกำแพงของอาคาร
   - ขณะใช้งานระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำต่างกันมากที่สุด และมีดินถมด้านข้างกำแพงของอาคาร
   - ขณะซ่อมแซมจะใช้ stop log ปิดกั้นน้ำไว้ทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ

วิธีการตรวจสอบเสถียรภาพจะต้องตรวจสอบความต้านทานการเลื่อนไถล (sliding) และความต้านทานการพลิกหงาย (overturning) ดังนี้

(1) ความต้านทานการเลื่อนไถล (Sliding Stability)

อาคารที่มีแรงดันทางข้างแตกต่างกันต้องสามารถต้านทานการเลื่อนไถลได้โดยมีตัวประกอบความปลอดภัย (factor of safety) ไม่น้อยกว่า 1.5 ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบความปลอดภัย} = \frac{\text{ผลรวมของแรงต้านทางที่กระทำขนานกับแนวเลื่อน}}{\text{ผลรวมของแรงดันทางข้างที่กระทำขนานกับแนวเลื่อน}}$$

(2) ความต้านทานการพลิกหงาย (Overturning Stability)

เพื่อไม่ให้เกิดการพลิกหงายของอาคารผลรวมของโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักของอาคาร (Rightening moment) จะต้องมากกว่าผลรวมของโมเมนต์ที่เกิด จากแรงที่

ทำให้อาคารพลิกหงาย (overturning moment) โดยมีตัวประกอบความปลอดภัย (factor of safety) ไม่น้อยกว่า 2.0

$$\text{ตัวประกอบความปลอดภัย} = \frac{\text{ผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักของอาคาร}}{\text{ผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากแรงที่ทำให้อาคารพลิกหงาย}} \quad (11)$$

5) ประตูระบายน้ำ (Regulator)

การออกแบบขนาดช่องระบายน้ำของประตูระบายน้ำจะต้องให้มีขนาดเพียงพอที่จะให้ปริมาณน้ำสูงสุดไหลผ่านไปได้ ทั้งในกรณีที่ยกบานระบายพ้นน้ำ (Free Flow) และกรณีที่ยกบานระบายพ้นน้ำไม่หมด (orifice flow) โดยต้องให้คุณสมบัติการไหลทางด้านชลศาสตร์ดีที่สุด (best hydraulic performance) การคำนวณปริมาณน้ำผ่านประตูระบายในกรณีเปิดบานระบายหมดใช้สูตรของ USBR ดังนี้

$$Q = C.\,Le.H^{3/2}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบานระบาย (ลบ.ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ

Le = L-2 (N KP-Ka) He

H = ความสูงของน้ำทั้งหมดเหนือธรณีประตู (เมตร)

L = ความยาวที่แท้จริงของประตูระบายน้ำ (เมตร)

N = จำนวนตอม่อ

K_p = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านตอม่อ

K_a = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่าน abutment

He = ความสูงของน้ำเหนือธรณีประตู (เมตร)

การคำนวณปริมาณน้ำไหลลอดผ่านบานในกรณียกบานระบายพ้นน้ำไม่หมด สามารถคำนวณโดยใช้สูตรน้ำไหลผ่าน orifice ดังนี้

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบานระบาย (ลบ.ม./วินาที)

A = พื้นที่ของช่องว่างที่บานระบายเปิดพ้นธรณีประตู (ตร.ม.)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที^{2})

= 9.81 ม.3/วินาที

h = ค่าความต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำถึงระยะกึ่งกลางของช่องเปิดบานระบายหรือกรณีที่เป็น Submerged Orific คือ ค่าความต่างระดับของระดับด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ (ม.)

C = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านบานประตูมีค่า 0.60-0.80 ขึ้นอยู่กับความหนาของบานระบาย

สำหรับการออกแบบส่วนประกอบของประตูจะใช้มาตรฐานของ USBR ตามเกณฑ์ดังนี้

<u>บานระบายและเครื่องกว้าน</u>

1) จะทำการออกแบบตามมาตรฐานของกรมชลประทาน บานระบายจะต้องสามารถทนต่อแรงดันน้ำและแรงอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นนอกเหนือจากแรงดันน้ำและป้องกันการรั่วซึมได้ดีทั้งทางด้านข้างและด้านล่างของบานระบาย ส่วนเครื่องกว้านจะต้องสามารถใช้ขับเคลื่อนด้วยแรงคนหรือมอเตอร์ เพื่อให้ขับเคลื่อนบานระบายด้วยไฟฟ้าได้
2) จะต้องควบคุมการซึมผ่านของน้ำใต้ตัวประตูน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย จากการที่ดินฐานรากถูกน้ำพัดพาไปออกทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งรวมถึงผลของแรงดันน้ำที่ก่อให้เกิด piping ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้เข็มพืดหรือ grouting ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของดินใต้ประตูน้ำ
3) จะต้องควบคุมการไหลของน้ำผ่านใต้ส่วนประกอบต่างๆ ของฐานรากและตอม่อทั้งสองด้านเพื่อป้องกันการกัดเซาะใต้อาคาร

<u>ช่องทางน้ำไหลผ่านด้านหน้าและด้านหลังประตูน้ำ</u>

1) พิจารณาออกแบบขนาดรูปตัดให้สามารถระบายน้ำที่เกิดจากอัตราการไหลสูงสุดได้ทันในกรณีที่จำเป็นจะต้องขุดลอกทางน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ จะต้องศึกษาระดับท้องน้ำที่จะขุดลอกทั้งสองด้านด้วย
2) พิจารณาออกแบบ apron เพื่อป้องกันการกัดเซาะของท้องน้ำ เนื่องจากการไหลของน้ำทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ความยาวของ apron ทางด้านท้ายน้ำอาจคำนวณได้จากสูตรของ Bligh ดังนี้

$$I = 0.9\,C\sqrt{D} \qquad (12)$$

เมื่อ I = ความยาว apron ทางท้ายน้ำ

D = ระดับน้ำแตกต่างสูงสุดระหว่างด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ

C = ค่าสัมประสิทธิ์ Bligh (เช่น ใช้ค่า 18 สำหรับ silt เป็นต้น)

3) พิจารณาออกแบบ cut-off เพื่อป้องกันการทำลายฐานรากโดยการซึมผ่านของน้ำ ความยาวของ cut-off อาจคำนวณได้จากสูตรของ Lane ดังนี้

$$C < \frac{\frac{L}{3}+E}{\Delta H} \quad (13)$$

เมื่อ C = Weighted creep ratio (เช่น ใช้ค่า 8.5 สำหรับ silt เป็นต้น)

L = Horizontal creep length

E = Vertical creep length

ΔH = ระดับน้ำแตกต่างระหว่างด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ

ค่า weighted creep ratio ของ Lane สำหรับดินชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่า weighted creep ratio ของ Lane

ลักษณะของดินใต้อาคาร	Weighted creep ration ©
ทรายละเอียดมาก หรือดินตะกอน	8.5
ทรายละเอียด	7.0
ทรายขนาดปานกลาง	6.0
ทรายหยาบ	5.0
กรวดละเอียด	4.0
กรวดขนาดปานกลาง	3.5
กรวดหยาบ หรือหินเล็ก	3.0
ดินเหนียวที่อ่อนตัว	3.0
ดินเหนียวปนหินเล็กปนกรวด	2.5
ดินเหนียวปานกลาง	2.0
ดินเหนียวแข็ง	1.0

ค่า C นี้จะลดลงเหลือเพียง 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้าได้ทำระบบกรองน้ำ (reversed filter) ที่ดีทางด้านท้ายน้ำของตัวอาคาร

<u>อาคารลดพลังน้ำท้ายประตูน้ำ (Energy Dissipator Structure)</u>

การออกแบบอาคารลดพลังน้ำจะใช้หลักการของการเกิด hydraulic jump ความยาวของอาคารคอนกรีตที่จะควบคุมการเกิด jump จะใช้มาตรฐานการออกแบบของ USBR เพื่อคัดเลือก

ชนิดและความยาวของอาคารดังกล่าว ส่วนการออกแบบ stilling basin ก็ใช้วิธีการของ USBR เช่นกัน ทั้งนี้ stilling basin จะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแรงดันน้ำ เนื่องจาก uplift ในกรณีที่ระดับน้ำด้านท้ายน้ำอยู่สูงสุด รวมทั้งการระบายน้ำใต้พื้นและที่ด้านข้างของกำแพงโดยใช้ weep hole

การออกแบบ stilling basin โดยทั่วไป จะใช้วิธีการของ USBR ซึ่งเป็นวิธีใช้กันโดยทั่วไป กล่าวคือ ขนาดต่างๆ ของอาคารจะมีความสัมพันธ์กับความลึกน้ำที่จุดที่น้ำไหลเข้าและไหลออกจากอาคาร และ Froude Number ดังสมการ

$$d_2 = \frac{d_1}{2}\left(\sqrt{(1+8F_{rl}^2)}-1\right) \quad (14)$$

เมื่อ d_1 และ d_2 = ความลึกของน้ำที่จุดน้ำไหลเข้าและไหลออกตามลำดับ

F_{rl} = Froude number ที่จุดน้ำไหลเข้า

$$= \frac{V_1}{\sqrt{g,d_1}} \quad (15)$$

V_1 = ความเร็วการไหลของน้ำที่จุดไหลเข้า

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ค่าระดับน้ำที่จุดน้ำไหลออกจากอาคารจะต้องอยู่ที่ระดับใกล้เคียงกับระดับน้ำในคลองระบายน้ำด้านท้ายน้ำในทุกอัตราการระบายน้ำ

<u>ส่วนป้องกันการกัดเซาะ (Revetment)</u>

บริเวณช่วงต่อตัวอาคารกับคลองระบายน้ำเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ความขรุขระอย่างกะทันหันทำให้ความเร็วของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเกิดการไหลของกระแสน้ำแบบปั่นป่วน (turbulent flow) ทำให้เกิดการกัดเซาะผิวดินขึ้นมาได้ จึงจำเป็นต้องป้องกันการกัดเซาะของผิวดิน โดยใช้ riprap หรือ gabion ปิดท้ายผิวดินบริเวณนั้นทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ขนาดของก้อนหินใน riprap อาจใช้สมการของเบอรี่ (.berry's equation) หรือของมาวิสและลอซซี (Mavis and Laushcy's equation) ก็ได้การกำหนดขนาดของ riprap ใช้สมการของเบอรี่ (Berry's equation)

$$V_b = 2.57\sqrt{d} \quad (16)$$

เมื่อ V_b = ความเร็วกระแสน้ำที่ก้นร่องน้ำ (ฟุต/วินาที)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของหินที่นำมาใช้ (นิ้ว)

หรืออาจใช้สมการของมาวิสและลอซซี (Mavis and Laushey's equation)

$$V_b = \frac{1}{2}\sqrt{d_1}\sqrt{S-1} \quad (17)$$

เมื่อ Vb = ความเร็วกระแสน้ำที่ก้นร่องน้ำ (เมตร/วินาที)

d1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของวัสดุที่ใช้ (ซม.)

S = ความถ่วงจำเพาะของหินที่ใช้ ($\approx$ 2.65) ขนาดของ riprap ต้องมีค่ามากกว่า d และ d_1

6) อาคารน้ำลอด

อาคารน้ำลอด ได้แก่ ท่อลอด (Culvert) และไซฟอน (Syphon) ซึ่งมีไว้สำหรับให้น้ำในคลองไหลลอดหรือไหลผ่านเมื่อแนวคลองตัดกับถนนหรือทางน้ำ

<u>ท่อลอด</u>

ขนาดของท่อลอดควรจะมีขนาดใหญ่พอที่จะทำความสะอาดท่อจากการสะสมของตะกอนที่พัดพามากับน้ำในขณะที่เกิดน้ำหลาก ซึ่งอาจจะใช้น้ำฉีดตะกอนออกจากท่อหรือลอดเข้าไปทำความสะอาดภายในท่อ ท่อขนาดเล็กที่สุดสำหรับอาคารท่อลอดลึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 ม. ขนาดของท่อลอดในอาคารท่อลอดสำหรับระบายน้ำหลากประมาณได้จากสูตร ดังนี้

$$h_1 = 0.141\,\frac{(Q^2)}{D^2} + 0.017\,\frac{(Q^2)}{D^{5.3}} \times L \quad (18)$$

เมื่อ h1 = หัวน้ำในการระบายน้ำ (เมตร)

Q = อัตราการระบายน้ำเป็น (ลบ.ม./วินาที)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (เมตร)

L = ความยาวของท่อ (เมตร)

<u>ไซฟอน</u>

ส่วนไซฟอนควรใช้ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จโดยที่ขนาดของท่อคิดมาจากความเร็วของน้ำภายในท่อที่จะไม่ให้มีการตกตะกอนและมีความเร็วสูงพอที่จะพัดพาตะกอนที่อาจตกค้างภายในท่อหลังจากการส่งน้ำในแต่ละวันให้หลุดออกไป ความเร็วต่ำสุดภายในท่อไม่น้อยกว่า 1.2 ม./วินาที แต่ไม่เกิน 2.5 ม./วินาที และหัวน้ำที่ใช้ในการดันน้ำผ่านท่อมีค่าโดยประมาณดังนี้

$$h_1 = 0.1248 + 0.0015 \times \frac{\mathrm{L}}{D^{1.22}} \quad (19)$$

เมื่อ h = หัวน้ำในการระบายน้ำ (เมตร)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (เมตร)

L = ความยาวของท่อ (เมตร)ส่วนที่พิมพ์เพิ่ม

7) การออกแบบคลองส่งน้ำ

1. คลองดิน

คลองดิน คือ ทางน้ำเปิดซึ่งขุดหรือเปิดขึ้นในเนื้อดิน ไม่ว่าจะเป็นดินเดิมหรือดินที่ถมขึ้นใหม่ก็ตาม ให้เป็นรูปร่างหน้าตัดตามความต้องการ

แนวทางการออกแบบ จะคำนวณสัดส่วนของคลองโดยใช้สูตรของเชสซี (Chezy's Formular) ซึ่งมีรูปสูตรดังนี้

$$V = C\sqrt{RS} \qquad (20)$$

และจาก Q = AV

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำ (ม.^{3}/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของคลองส่งน้ำ (ม.^{2})

V = อัตราเร็วเฉลี่ยของน้ำในคลอง (ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์ความเร็วของน้ำ

R = ค่า Hydraulic Radius = A/P (ม.)

P = ความยาวเส้นขอบเปียกของหน้าตัดน้ำ (ม.)

S = ส่วนลาดเทของก้นคลองในค่าของ Tangent

คลองดินส่วนใหญ่จะใช้หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยให้ค่าความลาดด้านข้าง (S.S.) เปลี่ยนไปตามสภาพของดินที่ใช้ทำตัวคลอง ในปัจจุบันการก่อสร้างคลองดินส่วนใหญ่จะใช้เป็นคลองระบายน้ำ เนื่องจากการใช้คลองดินเป็นคลองส่งน้ำจะมีปัญหาด้านการบำรุงรักษามาก

2. ดาด

คลองดาด คือ คลองส่งน้ำที่เสริมคลองส่วนที่สัมผัสกับน้ำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ที่นิยมใช้กันคือการดาดผิวคลองด้วยคอนกรีต เพราะมีความแข็งแรง และก่อสร้างได้ง่าย ซึ่งจะช่วยลดการรั่วซึมผ่านตัวคลองส่งน้ำ ลดการพังทลายของลาดด้านข้างคลองส่งน้ำ ป้องกันวัชพืชและลดขนาดของตัวคลองลง ทำให้ประหยัดพื้นที่ สำหรับการก่อสร้างด้วยการคำนวณหาขนาดคลองส่งน้ำในปัจจุบันของกรมชลประทาน ในกรณีที่การไหลเป็นแบบ Uniform flow จะใช้สูตร Manning's Formula คือ

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} \qquad (21)$$

และจาก	Q	=	AV
เมื่อ	Q	=	ปริมาณน้ำ (ม.^{3}/วินาที)
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของคลองส่งน้ำ (ม.^{2})
	V	=	อัตราเร็วเฉลี่ยของน้ำในคลอง (ม./วินาที)
	n	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (กำหนดได้ตามสภาพพื้นที่ผิวคลอง) = 0.018 (สำหรับคลองดาดคอนกรีต)
	R	=	ค่า Hydraulic Radius = A/P (ม.)
	P	=	ความยาวเส้นขอบเปียกของหน้าตัดน้ำ (ม.)
	S	=	ความลาดชันของท้องคลอง

สำหรับคลองส่งน้ำที่จัดทำเป็นมาตรฐาน จะเป็นคลองส่งน้ำที่ใช้สำหรับโครงการชลประทานขนาดเล็กและขนาดกลาง แนวคลองจะผ่านพื้นที่สูงๆ ต่ำๆ มีโอกาสที่จะเป็นคลองลอยค่อนข้างมาก ที่ดินตามแนวคลองจะมีมูลค่าค่อนข้างสูง และคุณภาพของดินที่จะใช้เป็นตัวคลองก็ไม่แน่นอน จึงเลือกกำหนดเป็นคลองดาดคอนกรีตไปทั้งหมด

8) เกณฑ์กำหนดขนาดคลองส่งน้ำดาดคอนกรีต

1. ลาดท้องคลอง (S)

การคำนวณอัตราเร็วของน้ำ (V) ในรางเปิดทุกชนิด ลาดผิวน้ำ (S) ในรางเป็นสิ่งที่สำคัญ และมีอิทธิพลทำให้น้ำไหลไปได้โดย gravity ถ้าไม่มีลาดผิวน้ำ น้ำจะไม่ไหล ลาดผิวน้ำนี้ถ้ายิ่งชันน้ำยิ่งไหลแรง แต่ถ้ายิ่งราบน้ำจะไหลช้าลง จึงต้องเลือกใช้ลาดผิวน้ำให้เหมาะ เพื่อให้กระแสน้ำในคลองใกล้เคียง Critical velocity ซึ่งจะเห็นความสัมพันธ์ของ V กับ S ได้จากสูตรของเชสซี (Chezy's Formular) คือ

$$V = C\sqrt{RS} \tag{22}$$

และสูตรของแมนนิ่ง (Manning's Formula) คือ

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} \tag{23}$$

ตามปกติคลองที่ขุดจะมีลาดท้องคลองขนานกับลาดผิวน้ำ เพราะฉะนั้น เมื่อกล่าวถึงลาดท้องคลอง จะหมายถึงลาดผิวน้ำนั่นเอง การแสดงค่าของความลาดเทของคลองนี้ จึงมักจะเขียนไว้ที่เส้นลาดท้องคลอง ลาดท้องคลองไม่จำเป็นต้องมีค่าเดียวกัน

ตลอดคลอง คือ จะชันบางตอน แล้วราบบางตอนก็ได้ แต่ถ้าสามารถทำได้แล้วเราควรใช้ลาดท้องคลองที่มีค่าเดียวกันตลอดคลอง ถ้าลาดท้องคลองตอนใดไม่เหมาะกับลาดแผ่นดินตามแนวคลอง ควรใช้วิธีลดระดับน้ำในคลองลงด้วยการสร้างน้ำตก (drop) หรือรางเท (chute) นอกจากนั้น ลาดท้องคลองยังสัมพันธ์กับระดับน้ำใช้การเต็มที่ (F.S.L) ในคลองอีกด้วย คือ ถ้าลาดท้องคลองชัน น้ำจะขึ้นถึงระดับพื้นดินสองฝั่งคลองได้ยาก แต่คลองมักไม่ค่อยตื้นเพราะตะกอนตกจม เนื่องจากน้ำไหลแรงนั่นเอง ถ้าลาดท้องคลองราบ น้ำจะขึ้นถึงระดับพื้นดินสองฝั่งได้เร็วและสะดวก แต่คลองมักจะมีรูปตัดกว้างใหญ่และตื้นเขินเพราะตะกอนตกจมเนื่องจากน้ำไหลช้า

โดยปกติลาดท้องคลองส่งน้ำ (S) จะอยู่ระหว่าง 1 : 1,000 ถึง 1 : 10,000 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

- ลาดแผ่นดินตามแนวคลองส่งน้ำ
- ลักษณะและปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำ
- ตามพินิจพิจารณาของผู้ออกแบบ

ในท้องถิ่นที่มีตะกอนไหลมากับน้ำมาก ถ้าไม่ป้องกันตะกอนจะหลุดเข้าคลองแล้วทำให้คลองตื้นอย่างรวดเร็ว เกิดความเสียหายหลายประการ คือ

(1) เนื้อที่รูปตัดขวางของคลองเล็กลงทำให้ส่งน้ำไม่ได้ตามจำนวนน้ำที่ต้องการ

(2) เสียค่าขุดลอกคลอง

วิธีป้องกันตะกอนกรวดทรายเข้าคลองนั้น อาจทำได้เป็นลำดับไปดังนี้

(1) สร้างประตูระบายทรายประกอบไว้ที่อาคารทดน้ำ

(2) ใช้ประตูระบายปากคลองส่งน้ำประเภท Over pour type คือมีบานระบายชนิดให้น้ำไหลข้ามบานเข้าคลอง

(3) ยกระดับธรณีประตูระบายปากคลองให้สูงกว่าระดับพื้นร่องระบายทรายให้มาก หรือ เสริมระดับธรณีประตูระบายปากคลองให้สูงขึ้น

(4) ถ้ามีตะกอนมากจริงๆ ก็ทำบ่อดักทราย (Sand trap) ไว้ในคลองตอนท้ายประตูระบายปากคลองส่งน้ำ

(5) ทำให้อัตราเร็วของน้ำในคลองสูงพอที่จะทำให้ตะกอนละเอียดลอยตัวอยู่ได้ตลอดคลอง แล้วปล่อยให้ไหลผ่านท่อส่งน้ำเข้านาสู่แปลงเพาะปลูก ก็จะเป็นประโยชน์แก่พืชซึ่งดีกว่าจะปล่อยให้ตกจมในคลองทำให้คลองตื้น

2. รูปตัดขวางของคลองส่งน้ำ

การเลือกรูปตัดขวางของคลองส่งน้ำนั้น จะพิจารณาจากรูปตัดที่เล็กที่สุดและสามารถรับปริมาณน้ำได้มากที่สุด ซึ่งจะใช้อัตราส่วน B/D และค่า S.S. เป็นตัวกำหนด

โดยที่ B = ความกว้างท้องคลอง (bed width of canal) ไม่น้อยกว่า0.50 ม.

D = ความลึกของน้ำในคลอง (depth of water in canal)

S.S. = ลาดข้างคลอง (side slope) จะอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1:2

สำหรับคลองส่งน้ำที่เป็นคลองดาดคอนกรีต อัตราส่วน B/D ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.5 – 2.0

3. คันคลองส่งน้ำ

- ความกว้างคันคลอง

ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้ และความจำเป็นด้านการจราจร โดยจะกำหนดดังนี้

(1) คันคลองที่ไม่ได้ใช้เป็นถนนจะมีความกว้าง 2.00 ม.

(2) คันคลองที่ใช้เฉพาะการบำรุงรักษาจะมีความกว้าง 4.00 ม.

(3) เป็นถนนลูกรังหรือราดยางชั้นเดียวจะใช้ 6.00 ม.

(4) สำหรับคันคลองที่เป็นทางเชื่อมระหว่างถนนหลัก หรือมีผู้ใช้ถนนหนาแน่น จะกำหนดการราดยางตามมาตรฐานกรมทางหลวง และกำหนดความกว้างคันคลองไว้ 9.00 ม.

- ความสูงของคันคลองส่งน้ำ ความสูงของคันคลองส่งน้ำ หรือ Freeboard ของคันคลอง คือ ระยะที่วัดจากระดับน้ำสูงสุดจนถึงระดับคันคลองส่งน้ำ จะกำหนดตามความจุของคลอง โดยดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 1.1 หัวข้อ ระยะเผื่อพ้นน้ำ
- ความลาดคันคลองส่งน้ำถ้าคันคลองสูงกว่าดินเดิมไม่เกิน 2.00 ม. กำหนดให้ลาดด้านข้าง ตั้ง : ราบ = 1 : 1.5 แต่ถ้าเกิน 2.00 ม. กำหนดให้ลาดด้านข้าง = 1 : 2.0

4. ชานคลอง (Berm)

สำหรับคลองที่ขุดลึกมากๆ หรือบริเวณเชิงเขาที่จะต้องมีการตัดดิน จะมีชานคลองเป็นชั้นๆ ทุกความลึก 3.00 ม. เพื่อป้องกันการพังทลายของลาดดิน อีกทั้งจะสามารถใช้เป็นทางเพื่อทำการบำรุงรักษา ค่าความกว้างชานคลองกำหนดไว้ ระหว่าง 1 - 2 ม. ตามขนาดของคลองและให้ลาด (Slope) ของชานคลองเท่ากับ 12%

5. ระยะเผื่อพ้นน้ำ (Freeboard)

ระยะเผื่อพ้นน้ำ (Freeboard) สำหรับคลองดาดคอนกรีต จะมี 2 ค่า คือ

(1) ค่าความสูงของคันคลอง

(2) ค่าของขอบคอนกรีตดาด คือ ระยะที่วัดจากระดับน้ำสูงสุดจนถึงขอบคอนกรีตดาด กำหนดตามเกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ค่า Freeboard ของคลองส่งน้ำดาดคอนกรีต

ปริมาณน้ำ ($ม.^3$/วินาที)	**Freeboard ของขอบคอนกรีตดาด (ม.)**	**Freeboard ของคันคลอง (ม.)**
< 1.00	< 1.00	< 1.00
1.00 – 2.50	1.00 – 2.50	1.00 – 2.50
2.50 – 5.00	2.50 – 5.00	2.50 – 5.00
5.00 – 10.00	5.00 – 10.00	5.00 – 10.00
> 10.00	> 10.00	> 10.00

6. ความโค้งของคลองส่งน้ำ

ค่ารัศมีความโค้งสำหรับคลองดาดคอนกรีต โดยทั่วไปกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความกว้างหน้าตัดผิวน้ำในคลองที่ระดับน้ำใช้การเต็มที่ (F.S.L.) ถ้าคันคลองเป็นถนนราดยางจะต้องกำหนดให้ปลอดภัยตามมาตรฐานของกรมทางหลวง แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องวางแนวคลองให้มีรัศมีน้อยกว่าที่กำหนด ในการออกแบบอาจจะต้องเพิ่ม guide vane เพื่อกระจายการไหลของน้ำให้มากที่สุด และจะต้องเพิ่ม head loss บริเวณโค้งนี้ด้วย

7. รายละเอียดอื่นๆ

- ความหนาของคอนกรีตดาดคลอง ได้ปรับมาจากมาตรฐานของกรมชลประทานสหรัฐ ดังตารางที่ 2.3 ในความยาวของแผ่นคอนกรีตแต่ละช่วง จะต้องมีการเซาะร่องป้องกันการแตกร้าวไว้ด้วย โดยจะกำหนดความหนาของคอนกรีตดาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต (Groove spacing) ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ความหนาของคอนกรีตดาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต

ปริมาณน้ำ (ม^3. / วินาที)	ความหนาของแผ่นคอนกรีต (ซม.)	ความยาวของแผ่นคอนกรีต (ม.)	ปีกข้างคลอง (ซม.)
< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
1.00 – 2.50	1.00 – 2.50	1.00 – 2.50	1.00 – 2.50
2.50 – 5.00	2.50 – 5.00	2.50 – 5.00	2.50 – 5.00
5.00 – 15.00	5.00 – 15.00	5.00 – 15.00	5.00 – 15.00
15.00 – 40.00	15.00 – 40.00	15.00 – 40.00	15.00 – 40.00

- สำหรับคลองส่งน้ำดาดคอนกรีตขนาดใหญ่ ที่มีความลึกของน้ำตั้งแต่ 1.00 ม. ขึ้นไป และเป็นคลองจม จะต้องพิจารณาเพิ่ม Flap valve weephole ที่บริเวณลาดของคลองส่งน้ำด้วย สำหรับคลองที่ใหญ่มาก ๆ ควรมีการคำนวณแรงดันน้ำและเพิ่ม weephole ที่ท้องคลองด้วย

2.7.3 การออกแบบระบบระบายน้ำ

ขั้นตอนการออกแบบระบบระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ประกอบการออกแบบระบบระบายน้ำ

1. รายงานความเหมาะสมด้านวางโครงการฯ
2. แผนที่ 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่โครงการฯ
3. แผนที่ 1:20,000 1:10,000 หรือ 1:4,000 ที่แสดงระบบส่งน้ำของโครงการฯ
4. ปริมาณฝนสูงสุด 3 วัน ในคาบการย้อนกลับ 5 ปี
5. สถิติฝนสูงสุด ในคาบการย้อนกลับ 10 ปี

2) หลักเกณฑ์การวางแนวคลองระบายน้ำ

ภายหลังจากได้แผนที่โครงการฯ ซึ่งวางระบบส่งน้ำไว้เรียบร้อยแล้ว ก็นำแผนที่นั้นมาวางระบบระบายน้ำ โดยหลักการวางแนวคลองระบายน้ำนั้น จะวางไปตามแนวร่องน้ำเดิมหรือทางน้ำธรรมชาติเป็นหลัก นอกจากนั้น คลองระบายน้ำสายซอย (Secondary Drain Canal) ซึ่งอาจจำเป็นต้องวางเพิ่มเติม ก็จะวางแนวคลองระบายน้ำในบริเวณที่ต่ำสุดหรือลุ่มสุด แล้วให้เชื่อมกับคลองระบายน้ำสายหลัก (Main Drain Canal) เมื่อวางระบบระบายน้ำเรียบร้อยแล้ว จึงนำแผนที่นี้ส่งสำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา เพื่อทำการสำรวจแนวคลองระบายน้ำต่อไป

2.7.4 หลักเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งของอาคารในคลองระบายน้ำ

อาคารประกอบในคลองระบายน้ำจะมีน้อยกว่าอาคารประกอบในคลองส่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอาคาร ดังนี้

1) อาคารรับน้ำเข้าคลองระบาย หรือช่องเปิดรับน้ำเข้าคลองระบาย จะกำหนดไว้ในบริเวณซึ่งแนวคลองระบายตัดผ่านที่ลุ่ม หรือทุกๆ ระยะประมาณ 200 ม.
2) อาคารระบายน้ำออก (Outflow Structure) จะกำหนดไว้บริเวณ กม. 0+000 ของคลองระบายน้ำที่จะไหลลงลำน้ำธรรมชาติ หรือคลองระบายน้ำสายหลัก เป็นบริเวณจุดบรรจบของคลองระบายน้ำสองสาย
3) น้ำตก (Drop Structure) กำหนดไว้ในคลองระบายน้ำตรงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับท้องคลองอย่างมาก หรือในกรณีที่ท้องคลองมีค่าความลาดชันมากเกินกว่า1:500 หรือเกินกว่า Critical Slope
4) ท่อลอดถนน (Road Culvert) หรือสะพาน คสล. (Concrete Bridge) กำหนดไว้ในตำแหน่งที่คลองระบายน้ำตัดกับถนนหรือทางหลวง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะกำหนดเป็น Box Culvertหรือสะพาน แล้วแต่กรณี

2.7.5 เกณฑ์การออกแบบคลองระบายน้ำ

จุดประสงค์ในการออกแบบระบบระบายน้ำ ก็เพื่อที่จะระบายน้ำส่วนเกินจากการใช้ของพืชในพื้นที่เพาะปลูก หรือปริมาณน้ำหลาก (Flood) ที่เกิดจากฝนลงสู่คลองระบายน้ำ ทั้งนี้ โดยยึดกฎเกณฑ์ไว้ว่า ปริมาณน้ำหลากจำนวนหนึ่งจะยอมให้ขังอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืช และสามารถระบายออกไปได้หมดภายใน 3 วันในการออกแบบคลองระบายแต่ละสายนั้น จะแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1) การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ

ปริมาณน้ำเพื่อจะใช้ในการคำนวณหาขนาดคลองระบายนั้น ได้จากผลรวมของปริมาณน้ำจากพื้นที่ภายในโครงการฯ และปริมาณน้ำหลากจากพื้นที่ภายนอกโครงการฯ

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำหลากจากพื้นที่ภายนอกโครงการฯ ปริมาณน้ำหลาก ซึ่งเกิดจากพื้นที่รับน้ำฝนนอกโครงการฯ ซึ่งมีไม่มากกว่า 25 ตร.กม. จะใช้สถิติฝนมากที่สุดในรอบ 10 ปี ของสถานีวัดน้ำฝนใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการฯมาใช้ในการคำนวณโดยใช้สูตร Rational's Formula ดังนี้

$$Q = 0.278\ CIA \qquad (24)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำหลาก ($ม.^3$/วินาที)

C = สัมประสิทธิ์แสดงอัตราส่วนระหว่างน้ำท่า และน้ำฝน (Coefficient of Runoff) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและค่า Rainfall Intensity (I)

I = ความแรงของฝน (Rainfall Intensity) (มม./ชม.)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (Catchment Area) (ตร.กม.)

ในการหาค่า I ใช้ค่าช่วงเวลา (Duration) เท่ากับ Time of Concentration (TC) ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวร่องน้ำ (L) และความสูงของร่องน้ำระหว่างต้นน้ำกับจุดพิจารณา (H) มีสมการดังนี้

$$TC = (0.87\ L^3/H)^{0.385} \quad (25)$$

เมื่อ TC = Time of Concentration (ชม.)

L = ความยาวของร่องน้ำ (กม.)

H = ความแตกต่างระดับของร่องน้ำจากต้นน้ำถึงจุดที่พิจารณา (ม.)

สมการนี้คิดขึ้นโดย California Division of Highway ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง L H และ TC ค่า TC นี้ เป็นค่า Rainfall Duration เพื่อไปหาค่า I หรือ Rainfall Intensity จากกราฟ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ได้

ในการคำนวณใช้ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ของสถานีวัดน้ำฝนซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับโครงการฯ แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่

สำหรับพื้นที่รับน้ำฝนที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 ตร.กม. จะใช้วิธีคำนวณกราฟน้ำนองจากข้อมูลพายุฝนด้วยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งจะได้พิจารณารายละเอียดให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่แต่ละขนาด

2. การคำนวณหาปริมาณน้ำจากพื้นที่ภายในโครงการฯ การคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะระบายออกจากพื้นที่ปลูกข้าว จะใช้ค่าของฝนสูงสุด 3 วัน ในรอบ 5 ปี โดยยอมให้มีน้ำขังอีก 70 มม. ดังนั้น การคำนวณค่า Drainage Modulus จะคำนวณได้จากสูตร

$$q_d = \frac{(R-70)\times 1{,}600}{86{,}400\times T} \quad (26)$$

เมื่อ q_d = Drainage Modulus (ลิตร/วินาที/ไร่)

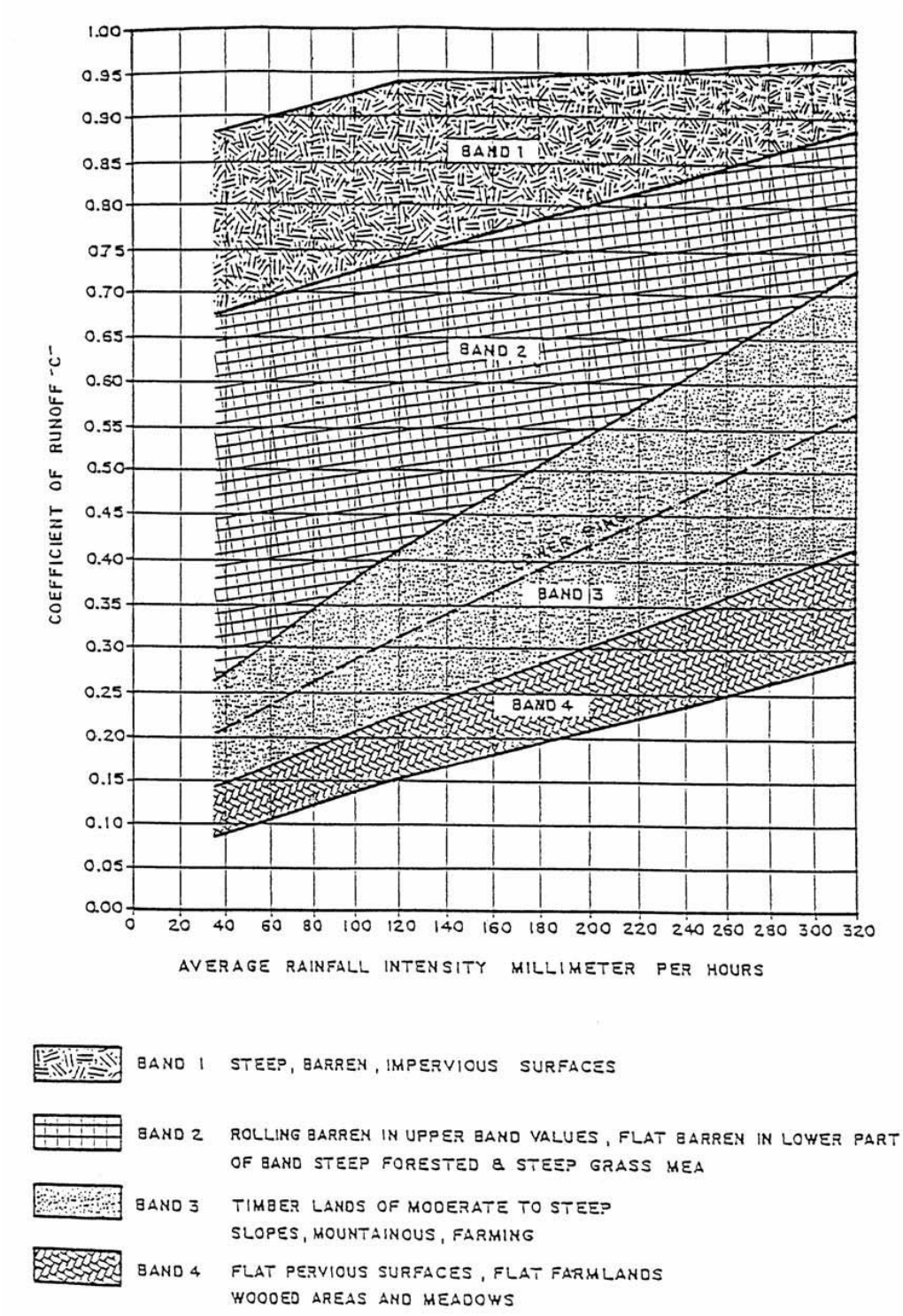
R = ปริมาณฝน (มม.)

T = ระยะเวลาที่ยอมให้แปลงนามีน้ำท่วมขัง (วัน)

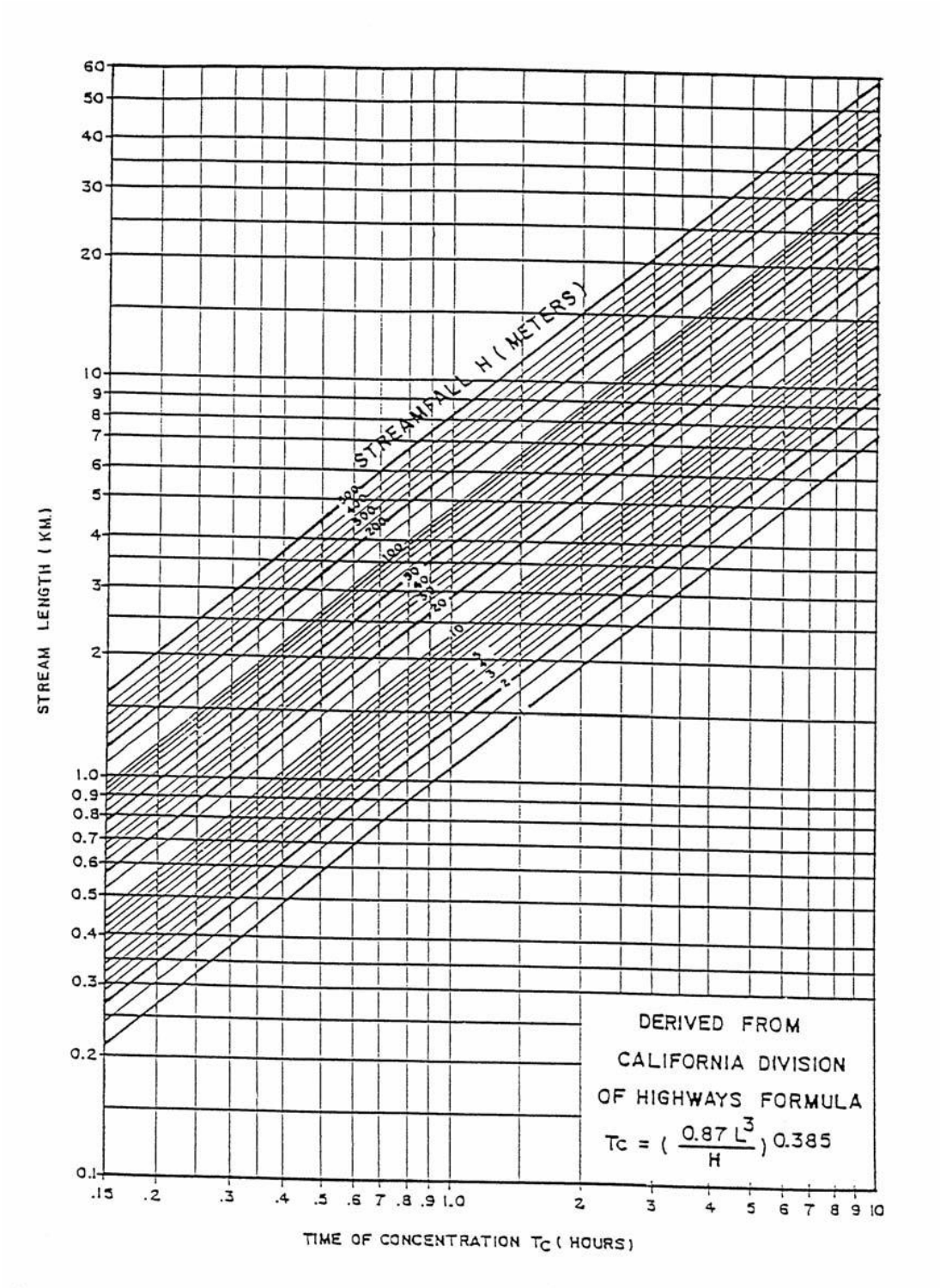
ค่า Drainage Modulus และค่า Area Reduction Factor ของพื้นที่ระบายน้ำจะกำหนดตามที่ได้ศึกษาไว้แล้วในรายงานความเหมาะสมของแต่ละโครงการฯ

ตารางที่ 2.5 ค่า Area Reduction Factor

พื้นที่ระบายน้ำ (ไร่)	**Reduction Factor, μ**
น้อยกว่า 2,000	1.00
2,000 – 5,000	0.95
5,000 – 10,000	0.90
10,000 – 20,000	0.86
20,000 – 50,000	0.76
50,000 – 100,000	0.72
100,000 – 200,000	0.68
200,000 – 500,000	0.64



รูปที่ 2.8 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า C ที่ใช้ในสูตร Rational's Formula



รูปที่ 2.9 ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า

$Q = q_d \mu A/1000$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ต้องระบาย (ม.3/วินาที)

q_d = Drainage Modulus (ลิตร/วินาที/ไร่)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (ไร่)

μ = Reduction Factor

ปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ (Q_{design}) จะหาได้จากการนำผลรวมของปริมาณน้ำทั้งหมดมาคูณด้วย 1.1 แล้วนำมาปรับขนาดตามความเหมาะสมอีกที ในขั้นตอนการคำนวณหาขนาดคลอง

2) การคำนวณหาขนาดคลอง

ขนาดคลองระบายน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำได้ตาม Q_{design} ที่ได้ กล่าวข้างต้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก โดยที่ขนาดของคลองระบายน้ำจะเกี่ยวพันถึงการเลือกใช้ลาดผิวน้ำในคลองระบายน้ำ รูปตัดขวางคลอง ลาดด้านข้างคลอง และอัตราความเร็วของน้ำ เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การตกตะกอน ซึ่งจะทำให้ก้นคลองตื้นเขินเร็วเกินไปการคำนวณหาขนาดคลอง จะหาโดยใช้สูตร

$$Q_{design} = AV$$

เมื่อ Q_{design} = ปริมาณน้ำเพื่อการออกแบบ (ม.3/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.2)

V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

V จะหาได้จากสูตร Manning's Formula ดังนี้

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำในคลองระบาย (ม./วินาที)

n = Manning's Roughness Coefficient

= 0.030 - 0.035

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) = A/P (ม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองระบาย (ม.2)

P = ความยาวของเส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter) (ม.)

S = ความลาดของ Energy Gradient

= ความลาดของลำน้ำหรือระดับดินธรรมชาติตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบมีดังต่อไปนี้

1. ลาดผิวน้ำในคลองระบายน้ำ

กำหนดให้ลาดผิวน้ำทำให้เกิดการไหลโดย Gravity ด้วยอัตราความเร็วของน้ำไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ และตกตะกอนในคลอง กำหนดลาดผิวน้ำมีค่าระหว่าง 1:1,000 ถึง 1:8,000 ในการเลือกใช้ค่าของลาดผิวน้ำแต่ละค่า จะพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยที่ลาดผิวน้ำจะเท่ากับลาดก้นคลอง

2. รูปตัดตามขวางของคลองระบายน้ำ

รูปตัดขวางมีลักษณะเป็นคลองเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยสัดส่วนระหว่างความกว้างของก้นคลอง (Bed Width of Canal = b) กับความลึกของน้ำในคลอง (Depth of Water in canal = d) ให้อยู่ระหว่างค่า 1 ถึง 5 (b/d) โดยกำหนดให้ความกว้างของก้นคลองไม่น้อยกว่า 1.00 ม. ลาดด้านข้างคลองระบายน้ำ กำหนดตามสภาพดินของตลิ่งคลองเพื่อ ป้องกันตลิ่งคลองเลื่อนพังลงมา โดยทั่วไป กำหนดให้ลาดด้านข้างคลองมีค่าเท่ากับ 1:2

3. คันคลองระบายน้ำ (Spoil Bank)

ลาดด้านข้างคันคลองกำหนดใช้ความลาดเอียง 1:2 ปริมาณดินขุดจากคลองระบายมาเป็นคันคลองนี้ บางแห่งอาจจะมีมากหรือน้อยตามสภาพภูมิประเทศ อย่างไรก็ตาม จะกำหนดความสูงของคันคลองไม่เกิน 1.50 ม. และทุกๆ ช่วงระยะไม่เกิน 200 ม. จะกำหนดให้มีช่องว่างที่น้ำจะสามารถระบายลงสู่คลองระบายได้ โดยมีความกว้างของช่องเปิดไม่น้อยกว่า 5.00 ม.

ความกว้างของคันคลอง พิจารณาจากปริมาณดินขุด กำหนดความกว้างของคันคลองระบายไว้อย่างน้อย 1.50 ม. หรือแล้วแต่สภาพภูมิประเทศนั้น ๆ

4. ชานคลอง (Berm)

พิจารณาคลองระบายน้ำที่ต้องมีการขุดลอกคลองด้วยเครื่องจักร เครื่องมือ เช่น คลองระบายน้ำสายใหญ่ กำหนดชานคลองกว้าง 4.00 ม. ด้านที่จะใช้เป็นทางวิ่งของรถขุด ส่วนด้านที่ไม่ให้รถขุดวิ่ง กำหนดความกว้างอย่างน้อย 1.50 ม.กรณีคลองระบายสายซอยและแยกซอย ซึ่งสามารถใช้แรงคนในการขุดลอกบำรุงรักษาได้ กำหนดให้ Berm กว้างอย่างน้อย 1.50 ม. ทั้งสองด้าน

5. เขตคลอง (Right of Way)

เพื่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซมคลองระบายน้ำ จึงกำหนดให้เขตคลองห่างจากตีนลาดของคันคลองระบายน้ำด้านนอกออกไปอย่างน้อย 2.00 ม. แต่จะยกเว้นในกรณีชนิดคลองระบายขนาดเล็ก หรือมีแนวคลองอยู่ตามแนวเขตของการแบ่งแฉก

6. ระดับน้ำในคลองระบายน้ำ

ระดับน้ำในคลอง F.D.L. (Full Drain Level) กำหนดให้ต่ำกว่าระดับ N.G.L. ประมาณ 0.30 ม. และระดับน้ำที่ปลายคลองระบายน้ำสายใหญ่ ให้ระดับสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดในคลองธรรมชาติ หรืออย่างน้อยเสมอระดับน้ำสูงสุดในคลองธรรมชาตินั้นๆ ในกรณีน้ำในคลองธรรมชาติอยู่ระดับปกติ ระดับน้ำปลายคลองระบายสายซอยและแยกซอยกำหนดให้สูงกว่าระดับน้ำในคลองระบายน้ำสายใหญ่ หรืออย่างน้อยเสมอระดับน้ำในคลองสายใหญ่นั้นๆ เพื่อให้การระบายน้ำเกิดประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

7. ความเร็วของน้ำในคลองระบายน้ำ

กำหนดให้ความเร็วในคลองระบายน้ำ ไม่เกินความเร็วสูงสุดที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ ซึ่งประมาณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$V = C.D^{m}$$

เมื่อ V = ความเร็วสูงสุดที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ (ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์การกัดเซาะขึ้นกับชนิดดิน $\approx$ 0.547 สำหรับดินเหนียวปนทราย

D = ความลึกของน้ำในคลอง (ม.)

m = 2/3

นอกจากหลักเกณฑ์ต่างๆ แล้ว ยังได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของความโค้งที่ศูนย์กลางต่อความกว้างผิวน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดจะต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่า ตลอดจนกรณีที่จำเป็นต้องลดระดับก้นคลองระบายน้ำ จะกำหนดให้ลดช่วงละไม่เกิน 0.20 ม. เป็นต้น

2.7.6 มาตรฐานและเกณฑ์การออกแบบด้านโครงสร้าง

สำหรับมาตรฐานและเกณฑ์การออกแบบด้านโครงสร้างที่จะนำมาใช้ ประกอบด้วย

1) มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

- American Concrete Institute ACI
- American Institute of Steel Construction AISC
- American Association of State Highway AASHTO and Transportation Officials

- American Society for Testing and Materials ASTM
- American Welding Society AWS
- มาตรฐานกรมทางหลวง DOH
- มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก. (TIS)
- มาตรฐานกรมโยธาธิการ มยธ. (PWD)
- ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร

2) น้ำหนักบรรทุก (Loading)

1. น้ำหนักจร (live load) ประกอบด้วย

• Surcharge for wall	500-2000	กก./ตร.ม.
• Operating platform with stoplog	750-1000	กก./ตร.ม.
• Operating platform without stoplog	500-750	กก./ตร.ม.
• Live load on floor	300-500	กก./ตร.ม.

ในกรณีที่โครงสร้างต้องรับน้ำหนักของยานพาหนะจะต้องออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับรถบรรทุกตามมาตรฐานของ AASHTO

2. น้ำหนักคงที่ (dead load) ประกอบด้วย

• น้ำหนักน้ำ	1.0	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักดินถมแห้ง	1.6	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักดินถมเปียก	2.0	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักดินถมอัดแน่นแห้ง	1.9	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักดินถมอัดแน่นเปียก	2.2	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักหิน	2.7	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักทรายแห้ง	1.7	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักทรายเปียก	2.2	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักคอนกรีตล้วน	2.2	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักคอนกรีตเสริมเหล็ก	2.4	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักเหล็กหล่อ	7.5	ตัน/ลบ.ม.
• น้ำหนักเหล็กเหนียว	7.85	ตัน/ลบ.ม.

3. แรงลมใช้ 50-160 กก./ตร.ม. (static pressure)

4. แรงดันน้ำ 1,000 กก./ตร.ม. ต่อความลึก 1 เมตร แรงดันน้ำมีรูปเป็นสามเหลี่ยมที่มีศูนย์รวมแรงดันอยู่ที่ 1/3 ของความสูงจากฐานของรูปสามเหลี่ยม
5. แรงดันดินทางข้าง หาได้โดยใช้สมการของ Coulomb หรือ Rankine รูปของแรงดันดินด้านข้างเป็นสามเหลี่ยมและมีแรงรวมอยู่ที่ 1/3 ของความสูงจากฐานของรูปสามเหลี่ยมเช่นเดียวกับน้ำ
6. ในกรณีที่ออกแบบอาคารที่คาดว่าจะใช้เครื่องจักรกลในการก่อสร้าง หรือทำงานอยู่บริเวณใกล้เคียงและทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นต่ออาคารเนื่องจากเครื่องจักรนั้นให้คิดแรงกระทำหรือแรงดันด้านข้างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,000 กก./ตร.ม. แรงดันนี้จะมีรูปของแรงดันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจากระดับดินถมไปจนถึงพื้นล่างของอาคาร

3) วัสดุผสมคอนกรีต

ลักษณะวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

- งานโครงสร้างเหนือพื้นดินใช้ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
- งานโครงสร้างที่สัมผัสดินหรือใต้ดินใช้ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือประเภท 5
- หินหรือกรวดต้องมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 40 มม. (1 1/2") และไม่ใหญ่กว่า 1/5 ของด้านที่แคบที่สุดของแบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่า 3/4 ของช่องห่างระหว่างเหล็กเสริม

4) คอนกรีตเสริมเหล็ก

สำหรับเกณฑ์การคำนวณรายละเอียดคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้ทฤษฎี Working Stress Design ตามข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

1. ชนิดของคอนกรีตและค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด แสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชนิดของคอนกรีตและค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

ชนิดของคอนกรีต	**แรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})**	
	ลูกบาศก์ 15x15x15 ซม.	ทรงกระบอก ∅ 15x30 ซม.
ค1	180	145
ค1-2	210	175
ค2	240	200

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

ชนิดของคอนกรีต	แรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	
	ลูกบาศก์ 15x15x15 ซม.	ทรงกระบอก ∅ 15x30 ซม.
ค3	300	250
ค3-4	360	300
ค4	420	350

2. ขนาด น้ำหนัก เส้นรอบรูป พื้นที่หน้าตัด และความต้านแรงดึงที่จุดคราก (fy) ของเหล็ก เสริม แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 รายละเอียดของเหล็กเสริม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	น้ำหนัก (กก./ม.)	เส้นรอบรูป (ซม.)	พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	fy (กก./ซม.^{2})
RB6	0.222	1.886	0.283	2,400 (SR24)
RB9	0.499	2.829	0.636	2,400 (SR24)
DB10	0.617	3.140	0.780	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)
DB12	0.888	3.771	1.130	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)
DB16	1.578	5.029	2.010	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)
DB20	2.466	6.290	3.140	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)
DB25	3.853	7.857	4.910	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)
DB28	4.534	8.800	6.160	3,000 (SD30) 4,000 (SD40)

- RB = เหล็กกลมเรียบ
- DB = เหล็กข้ออ้อย

3. หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม (fs)

- Fs = 1,200 กก./ตร.ซม. เมื่อใช้เหล็กกลมเรียบชนิด SR24 ตามมาตรฐาน มอก.
- fs = 1,400 กก./ตร.ซม. เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยชนิด SD30 ตามมาตรฐาน มอก.
- fs = 1,600 กก./ตร.ซม. เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยชนิด SD40 ตามมาตรฐาน มอก.

4. การต่อเหล็กเสริมโดยวิธีทาบ (Lapped Splices)

- ควรหลีกเลี่ยงการต่อเหล็กเสริม ณ จุดที่เกิดหน่วยแรงสูงสุด
- ไม่ควรใช้วิธีทาบ (lapped splices) กับเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 มม.
- การต่อเหล็กเสริมโดยวิธีทาบ สำหรับเหล็กข้ออ้อยจะต้องมีระยะทาบไม่น้อยกว่า 24 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กหรือไม่น้อยกว่า 30 ซม. สำหรับเหล็กกลมเกลี้ยงจะต้องมีระยะทาบไม่น้อยกว่า 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก

5. ระยะเรียงของเหล็กเสริม (Spacing of Bars)

ระยะเรียงของเหล็กเสริมเอกในผนังหรือพื้นจะต้องไม่เกิน 3 เท่าของความหนาของผนังหรือพื้น หรือไม่เกิน 30 ซม.

6. ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม

(1) คอนกรีตหล่อในที่

ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมที่วัดจากผิวเหล็กจะต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ต่อไปนี้

สำหรับคอนกรีตเทหล่อกับดินโดยตรง	7.5 ซม.
สำหรับคอนกรีตที่เมื่อถอดแบบแล้วสัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝนและเหล็กเสริมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง16 มม. ขึ้นไป	5.0 ซม.
สำหรับคอนกรีตที่เมื่อถอดแบบแล้วสัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝนและเหล็กเสริมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ลงมา	4.0 ซม.

สำหรับพื้นหรือผนังในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดและ
น้ำโดยตรง และเหล็กเสริมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มม. ลงมา 2.0 ซม.
สำหรับคานและเสาในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดด 4.0 ซม.

ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กปลอกของเสาทุกชนิดจะต้องไม่น้อยกว่า 3 ซม. หรือ 1.5 เท่าของขนาดวัสดุผสมหยาบที่ใหญ่สุด และจะต้องเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีตภายในแกนเสา

(2) คอนกรีตหล่อสำเร็จ

ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมที่วัดจากผิวเหล็กจะต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ต่อไปนี้

สำหรับคอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน
และเหล็กเสริมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป 4.0 ซม.

สำหรับคอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน
และเหล็กเสริมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ลงมา 3.0 ซม.

สำหรับพื้นในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝนโดยตรง 1.5 ซม.

สำหรับคานและเสาในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน
โดยตรง 4.0 ซม.

7. การเสริมเหล็กของแผ่นพื้นคอนกรีต (slab)
   - ความหนาไม่เกิน 15 ซม. ให้เสริมเหล็กชั้นเดียว
   - ความหนาเกิน 15 ซม. ให้เสริมเหล็กสองชั้น
8. ปริมาณเหล็กเสริมป้องกันการยืดหดหรือปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด (Temperature or Minimum reinforcement) กำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ของคอนกรีตที่จะต้องเสริมเหล็กดังนี้
   - As min = 0.0025 x พื้นที่หน้าตัด สำหรับเหล็กกลม SR24
   - As min = 0.002 x พื้นที่หน้าตัด สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD30
   - As min = 0.0018 x พื้นที่หน้าตัดสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD40
   - As min = 14/Fy x พื้นที่หน้าตัด สำหรับคาน
   - As min = 0.01x พื้นที่หน้าตัด สำหรับเสา

9. ความหนาต่ำสุดของกำแพงคอนกรีต สำหรับกำแพงชนิดยื่น (cantilever wall) ที่สูงไม่เกิน 2.40 เมตร จะต้องมีความหนา 0.10 เมตรต่อความสูง 1 เมตร โดยประมาณ และจะต้องไม่น้อยกว่า 0.15 เมตร สำหรับกำแพงสูงกว่า 2.40 เมตร ความหนาของกำแพงคอนกรีตใช้อัตราส่วน 0.08 เมตร ต่อความสูงแต่ละเมตรโดยประมาณ
10. โครงสร้างที่รับแรงดันน้ำจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.20 เมตร

5) คอนกรีตอัดแรง

เกณฑ์การคำนวณรายละเอียดคอนกรีตอัดแรง ใช้ทฤษฎี Service Load Stress Design ตามข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (f_c') อาคารคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (f_c') ไม่น้อยกว่า 350 กก./ตร.ซม. เมื่อทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก ϕ15 ซม. สูง 30 ซม. เมื่ออายุครบ 28 วัน
2. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทันทีที่ถ่ายแรงมาจากเหล็กเสริมอัดแรง (f_{ci}') ต้องไม่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงอัดประลัย (f_c') ของคอนกรีต
3. ขนาด น้ำหนัก พื้นที่หน้าตัด ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (fpy) และความต้านแรงดึงสูงสุด (fpu) ของลวดเหล็กอัดแรง (PC wire) และลวดเหล็กอัดแรงตีเกลียว (PC strand) แสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 รายละเอียดของลวดเหล็กอัดแรงและลวดเหล็กอัดแรงตีเกลียว

ชนิด	**ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)**	**น้ำหนัก (กก./ม.)**	**พื้นที่หน้าตัด ($ซม.^2$)**	**(f_{py}) ($กก./ซม.^2$)**	**(f_{pu}) ($กก./ซม.^2$)**
ลวดเหล็กอัดแรง	4	0.0987	0.1257	16,800	18,400
	5	0.1540	0.1964	16,600	18,300
	7	0.3020	0.3848	15,700	17,200
	9	0.4990	0.6333	14,100	15,700
ลวดเหล็กอัดแรงตีเกลียว	3/8” grade 1725	0.4050	0.5161	14,900	17,500
	3/8” grade 1860	0.4320	0.5484	16,100	19,000
	1/2” grade 1725	0.7300	0.9290	14,900	17,500
	1/2” grade 1860	0.7750	0.9871	16,100	19,000

4. หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต
   - หน่วยแรงในคอนกรีตทันทีที่ถ่ายแรงมาจากเหล็กเสริมอัดแรงต้องไม่เกินค่า ดังต่อไปนี้
     - หน่วยแรงอัด 0.60 f_{ci}' กก./ตร.ซม.
       หน่วยแรงดึง 0.8 $\sqrt{f_{ci}'}$ กก./ตร.ซม.
   - หน่วยแรงในคอนกรีตหลังจากการสูญเสียแรงอัดต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้
     - หน่วยแรงอัด 0.45 f_{ci}' กก./ตร.ซม.
       หน่วยแรงดึง 1.6 $\sqrt{f_{ci}'}$ กก./ตร.ซม.
5. หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรง
   - หน่วยแรงดึงทันทีที่ถ่ายแรงต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้
     0.7 f_{pu} หรือ 0.8 f_{py}
   - หน่วยแรงดึงหลังจากการสูญเสียแรงอัดในลวดอัดแรงต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้ 0.56 f_{pu} หรือ 0.64 f_{py}
6. การสูญเสียแรงอัดในคอนกรีต
   การสูญเสียแรงอัดในคอนกรีตต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้
   - ในขณะขนส่งและติดตั้ง 15 เปอร์เซ็นต์
   - ในขณะใช้งาน 20 เปอร์เซ็นต์
7. ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม

ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมที่วัดจากผิวเหล็กจะต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ต่อไปนี้

- สำหรับคอนกรีตที่เทหล่อกับดินโดยตรง 7.5 ซม.
- สำหรับผนังหรือพื้นที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน 2.5 ซม.
- สำหรับผนังหรือพื้นในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝนโดยตรง 2.0 ซม.
- สำหรับคานและเสาในร่มที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝนโดยตรง 4.0 ซม.

6) โครงสร้างเหล็ก (Structural Steel)

1. คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็กรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 2.7.6-4

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็ก

ชนิดของวัสดุ	มาตรฐาน
(1) เหล็กรูปพรรณ	มอก.116" เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ
(2) เหล็กแผ่น	ASTM Designation : A-22
(3) เหล็กกลวง	มอก.107 "เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง"
(4) เหล็กท่อกล้าอาบสังกะสี	มอก.277 "ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีชนิดต่อด้วยเกลียว"
(5) เหล็กหล่อ	ASTM Designation : A-48
(6) เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)	ASTM Designation : A-264 หรือ JIS G4303, 4304,4317
(7) สลักเกลียว แป้นเกลียวและแหวนรอง แป้นเกลียว	มอก.291, 171และ 258 "สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยมแป้นเกลียวและ แหวนรองแป้นเกลียว"
(8) ลวดเชื่อมเหล็ก	มอก.49 "ลวดเชื่อมชนิดเหล็กกล้าเหนียว ซึ่งมีเปลือกหุ้มสำหรับ เชื่อมด้วยประกายไฟฟ้า

(1) เหล็กรูปพรรณใช้ A36 F_y = 2,500 กก./ซม^2

(2) สลักเกลียวใช้ A307 F_y = 4,200 กก./ซม^2

- หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ = 0.6 F_y
- หน่วยแรงเฉือนสำหรับการต่อแบบแรงกด (Bearing-Type Connection) = 0.33 F_y
- หน่วยแรงกด = 0.90 F_y

(3) ค่าคงที่ของเหล็ก

- โมดูลัสยืดหยุ่น (E) = 2.03×10^6 กก./ซม.^{2}
- อัตราส่วนปัวซอง (ν) = 0.3
- โมดูลัสแข็งเกร็ง (G) = $\frac{E}{2(1+\nu)}$
- หน่วยน้ำหนัก = 7,850 กก./ซม.^{3}

(4) สัญลักษณ์การเชื่อมให้ใช้ตาม AWS

(5) ลวดเชื่อมใช้ AWS A5.1 หรือ A55, E70 xx หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้เท่ากับ 1,470 กก./ซม.^{2}

2. เกณฑ์การคำนวณรายละเอียดของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ใช้วิธี Elastic Design ตามข้อกำหนดต่อไปนี้

(1) หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Ft) บนหน้าตัดสุทธิ

- สำหรับโครงสร้างอาคาร

  $F_t \leq 0.60\ F_y$ หรือ $0.50\ F_u$ (ใช้ค่าน้อย)

- สำหรับโครงสร้างสะพาน

  $F_t \leq 0.55\ F_y$

เมื่อ Fy = กำลังที่จุดครากของเหล็กรูปพรรณ

Fu = กำลังดึงประลัยของเหล็กรูปพรรณ

(2) หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (F_a) บนหน้าตัดสุทธิ

$Fa \leq 0.60\ Fy$

ทั้งนี้ต้องพิจารณาผลของอัตราส่วนความชะลูด (slenderness ratio) ในการคำนวณหาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้และชนิดของชิ้นส่วนโครงสร้างประกอบด้วย

(3) หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (F_v)

$Fv \leq 0.40\ F_y$

(4) หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (Fb)

$F_b \leq 0.60\ F_y$

ทั้งนี้ต้องพิจารณาผลของการเกิด buckling ของปีกคานด้านรับแรงอัดในการคำนวณหาหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ประกอบด้วย

(5) หน่วยแรงกดที่ยอมให้ (F_p)

$F_p \leq 0.90\ F_y$

(6) สำหรับโครงสร้างที่มีชิ้นส่วนรับแรงในแนวแกนและแรงดัดร่วมกันให้ใช้สมการ interaction ในการออกแบบดังนี้

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

เมื่อ f_a = หน่วยแรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นจริง

f_{bx} = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นจริงรอบแกน x

f_{by} = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นจริงรอบแกน y

F_a = หน่วยแรงในแนวแกนที่ยอมให้

F_{bx} = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้รอบแกน x

F_{by} = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้รอบแกน y

2.7.7 เกณฑ์การออกแบบระบบเครื่องกลของสถานีสูบน้ำและเครื่องสูบน้ำ

1) เกณฑ์กำหนดทั่วไป

การออกแบบเครื่องสูบน้ำและสถานีสูบน้ำถือเกณฑ์กำหนดทั่วไปดังต่อไปนี้

1. เครื่องสูบน้ำจะต้องสามารถสูบน้ำได้มากที่สุดตามปริมาณที่ออกแบบ เมื่อระดับน้ำในsump อยู่ในระดับต่ำสุด และระดับป้องกันสูงสุด ตลอดช่วงการทำงานที่ระดับน้ำภายใน Sump ต่ำสุดถึงสูงสุดจะต้องไม่เกิด Cavitation ภายในเครื่องสูบน้ำ
2. จำนวนและประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ จะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถปรับหรือควบคุมการระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ในปริมาณเท่ากับหรือมากกว่ากับเกณฑ์ความต้องการ เครื่องสูบน้ำที่จะใช้ไม่ควรน้อยกว่า 2 เครื่อง เนื่องจากถ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งชำรุดยังสามารถที่จะสูบน้ำต่อไปได้โดยการเพิ่มชั่วโมงการสูบให้มากขึ้น
3. การกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำ (discharge bore) ให้ใช้ความเร็วของน้ำเป็นตัวกำหนด โดยทั่วไปความเร็วของน้ำจะอยู่ระหว่าง 1.5-3.0 เมตร/วินาที ปริมาณน้ำที่สูบหาได้จากสูตร

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ (ลบ.ม./วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำ (ตร.ม.)

V = ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำ (ม./วินาที)

4. เครื่องสูบน้ำจะต้องสะดวกต่อการใช้งานและบำรุงรักษาจะต้องออกแบบอาคารสลายพลังงานของน้ำที่สูบระบายออกจากเครื่องสูบน้ำ ให้ความเร็วของกระแสน้ำที่ทิ้งลงทางน้ำสาธารณะไม่กัดเซาะตลิ่งให้เสียหาย
5. สถานีสูบน้ำจะต้องตั้งอยู่บนฐานรากที่แข็งแรง และอยู่ในระดับสูงพอที่จะไม่ให้น้ำท่วมถึง โดยการออกแบบตัวอาคารจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัยจากแรงกระทำต่างๆ คือแรงดันดินและแรงดันน้ำ ตลอดจน

สามารถรับน้ำหนักของเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ได้ ตามเกณฑ์กำหนดการออกแบบโครงสร้างทั่วไป

6. เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องไม่ควรออกแบบให้ทำงานครั้งหนึ่งเกินกว่า 10 ชั่วโมง กรณีที่น้ำไหลสม่ำเสมอ และจำนวนครั้งที่ปิด-เปิดไม่ควรเกิน 6-10 ครั้งต่อชั่วโมง เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน
7. ช่องทางเข้าสถานีสูบน้ำ (sump intake) ได้รับการออกแบบให้เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (uniform flow) ความเร็วของน้ำไหลเข้าอยู่ในช่วง 0.5 – 0.8 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันเส้นทางการไหลเปลี่ยนแปลงและป้องกันการตกตะกอน และเข้าเครื่องสูบน้ำอยู่ในช่วง 0.3-0.8 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันน้ำไหลเข้าแบบปั่นป่วน
8. ระดับการจมลึก (submergence) ของเครื่องสูบน้ำต้องอยู่ในระดับที่ไม่เกิด vortex ในขณะเครื่องสูบน้ำทำงาน โดยระดับน้ำท่วมปากท่อสูบ (LWL) หาได้จากสูตร

$$S = 0.8D + 1.38V_a\sqrt{\frac{D}{g}} \quad (27)$$

เมื่อ S = ระดับจมลึก (ม.)

D = ขนาดท่อทางดูด (ม.)

VS = ความเร็วท่อทางดูด (ม./วินาที)

g = ความเร็วเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เท่ากับ 9.81 ม./วินาที^{2})

2) การกำหนดขนาดบ่อสูบน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

การกำหนดขนาดของบ่อสูบน้ำ มีความจำเป็นอย่างยิ่งจะต้องไม่ให้เกิด vortex (โพรงอากาศ) เข้าไปยังเครื่องสูบน้ำ เพราะจะทำให้เครื่องสูบน้ำเกิด cavitation และทำให้เครื่องเสียหายได้ การกำหนดอุปกรณ์ประกอบเครื่องสูบน้ำ

- ถ้าสถานีสูบน้ำมีระดับ full supply ด้านนอกคันกั้นน้ำสูงกว่าระดับเส้นผ่าศูนย์กลางของdischarge pipe ให้ติดตั้ง check valve ชนิดปิด-เปิดช้ำ (non-slam check valve) เพื่อป้องกันน้ำไหลกลับ
- จะต้องติดตั้ง air inlet and release valve ตามส่วนโค้งของท่อส่งน้ำ (ท่อระบาย) ถ้าจำเป็น

1. เกณฑ์กำหนดท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ

กรณีที่ต้องใช้ท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำที่มีความยาวมาก จะกำหนดเกณฑ์ดังนี้

- ท่อส่งน้ำจะทำด้วยเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปมีความหนาตามมาตรฐาน AWWA และเคลือบสี coaltar epoxy มีความหนาไม่น้อยกว่า 400 ไมครอน แต่ละท่อนต่อโดยการเชื่อมหรือหน้าจานในบางจุดในทุกระยะ 20 เมตร จะต้องใส่ expansion joint เพื่อป้องกันการขยายตัวของท่อและสะดวกต่อการบำรุงรักษา
- การวางท่อ ส่วนที่วางเหนือพื้นดินให้มี support รองรับทุกๆ ระยะ 6 เมตร ส่วนที่ฝังดินให้ฝังลึกจากดินเดิมประมาณ 1.00 เมตร
- การออกแบบให้ความเร็วของน้ำในท่อเป็นดังนี้

mm.	**Design Flow Velocity (m/s)**
75 – 150	0.7 – 1.0
200 – 400	0.9 – 1.6
450 – 800	1.2 – 1.8
900- 1,500	1.3 – 2.0
1,000 – 3,000	1.4 – 2.5

2. การหากำลังของเครื่องสูบน้ำ

การหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ หาได้จากสูตร

$$P = C\frac{\gamma QH}{4.5e_p.e_t} \quad (PS) \tag{28}$$

$$P = C\frac{0.163\gamma QH}{e_p.e_t} \quad (kw) \tag{29}$$

1 PS = 0.736 kw

เมื่อ P = power required for the prime mover

C = excess สำหรับมอเตอร์ = 1.20

γ = specific weight ของน้ำ = 1.00

Q = capacity (ลบ.ม./นาที)

H = total head (ม.)

e_p = pump efficiency

e_t = transmission efficiency สำหรับขับโดยตรงใช้ค่า = 1.0

3. การหา Total Dynamic Head (TDH)

Total dynamic head (TDH) = total static head + total head loss (dynamics loss)

- Total static head = ระดับที่ส่งน้ำสูงสุด – ระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถสูบได้
- Total head loss = Minor losses + friction loss + others

● *Minor losses*

$$E1 = \frac{V^2}{2g}$$

K = Friction coefficient

V = ความเร็วน้ำในท่อ (ม./วินาที)

g = 9.81 ม./วินาที^{2}

● *Friction loss*

H_L = 10.666 c-1.85 XD-4.87 XQ1.85 XL (Hazen-William Equation)

เมื่อ c = roughness coefficient

หรือ HL = t. L/D $V^2/2g$ (Darcy – Weisbach Equation)

เมื่อ L = ความยาวท่อ (ม.)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (ม.)

f = Coefficient of friction loss in pipe

= 0.02 + 1/2000x D

หรือ $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2log\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}}\frac{\varepsilon/D}{3.7}$

เมื่อ R = Reynolds number

ε = absolute roughness coefficient

- *Loss ใน valve ต่างๆ*

$$\text{Head loss in Bend Fitting} = \frac{V^2}{2g} \quad (30)$$

เมื่อ K = 0.3 for 90° Bend

= 0.225 for 45° Bend

= 0.2 for 30° Bend

$$\text{Head loss in Check value} = \frac{V^2}{2g}, (K=1.2) \quad (31)$$

$$\text{Head loss in flap value} = \frac{V^2}{2g}, (K=0.5) \quad (32)$$

ตามมาตรฐานความเร็ว (V) ประมาณ 1.5-1.9 เมตร/วินาที

4. การเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำ (ชนิดของใบพัด) และความเร็วรอบการกำหนดแบบและความเร็วรอบของใบพัดเครื่องสูบน้ำสามารถกำหนดได้จาก specific speed (NS) จากสูตร

$$NS = \frac{NQ^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (33)$$

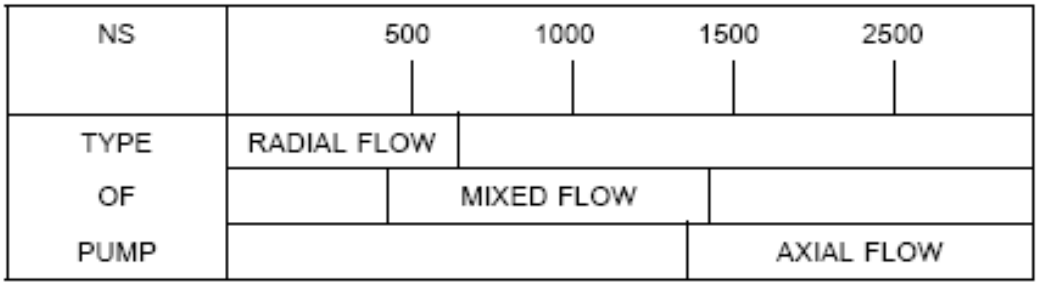
เมื่อ NS = specific speed (รอบ/นาที)

N = speed (รอบ/นาที)

Q = capacity (ลบ.ม./นาที)

H = total dynamic head

ความสัมพันธ์ระหว่าง Specific speed กับชนิดของเครื่องสูบน้ำแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง specific speed กับชนิดของเครื่องสูบน้ำ

5. การเลือกชนิดของมอเตอร์ เครื่องสูบน้ำที่ใช้ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ submersible pump ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 380/660 โวลท์ (low voltage motor) และ 3,000/6,000 (high voltage motor) เป็นชนิดที่ใช้งานต่อเนื่อง (continuous rating) มีคุณสมบัติด้านกระแสเริ่มต้น (starting current) และแรงบิด (torque) ตาม design B. ของ NEMA หรือเทียบเท่าฉนวนอยู่ในมาตรฐานชั้น F หรือสูงกว่า การป้องกันเป็นแบบ drip proof motor (IP 68 หรือดีกว่า) มีค่า power factor $\geq$ 0.85 โดยประสิทธิภาพที่ใช้ต้องมีค่า ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ค่าประสิทธิภาพที่ภาระเต็มที่สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบ submersible pump

ขนาด (KW)	**ประสิทธิภาพที่ภาระเต็มที่ (%)**
55	$\geq$ 82
7.5 – 11	$\geq$ 85
15 – 18.5	$\geq$ 88
22 – 30	$\geq$ 89
37 – 45	$\geq$ 91
55 – 75	$\geq$ 92
$\geq$ 90	$\geq$ 93

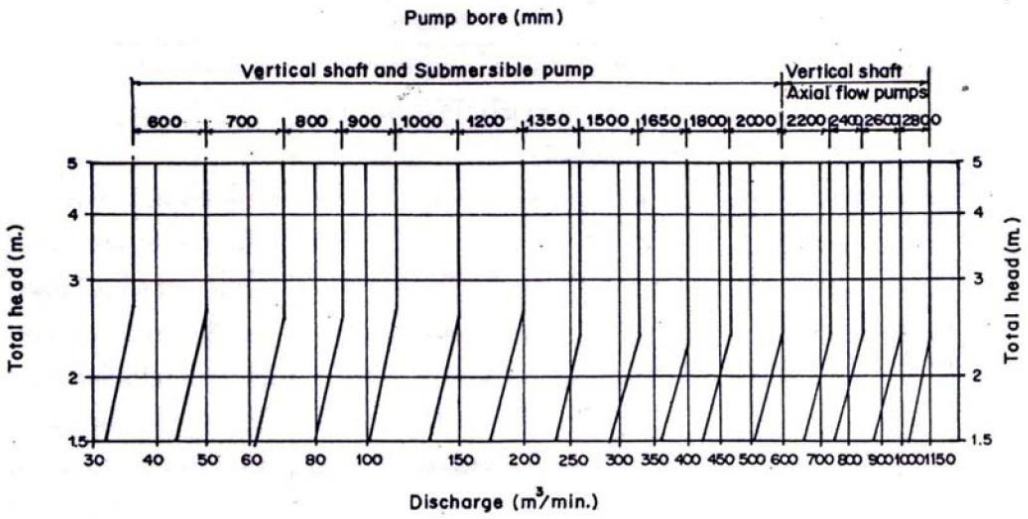
6. ชนิดของเครื่องสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำชนิด low head pump เป็นเครื่องสูบน้ำทำงานที่แรงสูบส่ง (head) อยู่ระหว่าง 2.0-9.0 เมตร และขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง (bore) ตั้งแต่ 600-2,800 มม. แบบมาตรฐานของเครื่องชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

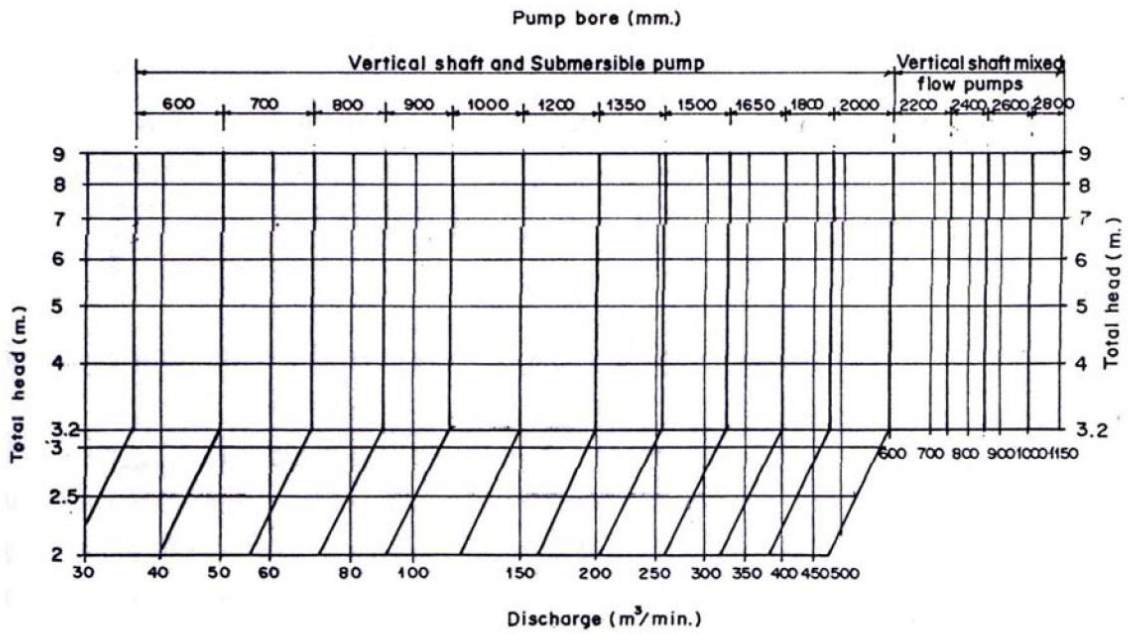
(1) Low Head Axial Flow Pump เป็นเครื่องสูบน้ำแบบไหลในแนวแกน ในปัจจุบันมีการผลิตเครื่องสูบน้ำออกมาในสองลักษณะใหญ่ๆ คือ vertical shaft (เครื่องต้นกำลังขับทางข้างบน) และ submersible (เครื่องต้นกำลังขับแช่อยู่ในน้ำ) อัตราการสูบส่งน้ำอยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 6.50 ลบ.ม./วินาที แรงสูบส่งอยู่ที่ 2.0-6.0 เมตร ประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 75-85% โดยมีขนาดมาตรฐานดังแสดงในไดอะแกรม รูปที่ 2.11

(2) Low Head Mixed Flow Pump เป็นเครื่องสูบน้ำแบบไหลในแนวแกนและในแนวรัศมี การผลิตเครื่องสูบน้ำสามารถผลิตได้เช่นเดียวกับเครื่องสูบน้ำแบบ low head axial flow pump แต่ทำงานที่แรงสูบส่งอยู่ระหว่าง 2.0-9.0 เมตร โดยมีขนาดมาตรฐานดังแสดงในไดอะแกรม รูปที่ 2.11

7. วิธีการเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ การเลือกเครื่องสูบน้ำพิจารณาตามองค์ประกอบตามความเหมาะสมของสถานที่ก่อสร้าง ค่าลงทุน เงื่อนไขการทำงาน การบริการ และการบำรุงรักษา ดังนั้นการเลือกชนิดและขนาดใช้วิธีการและขั้นตอนตามไดอะแกรมดังรูปที่ 2.12

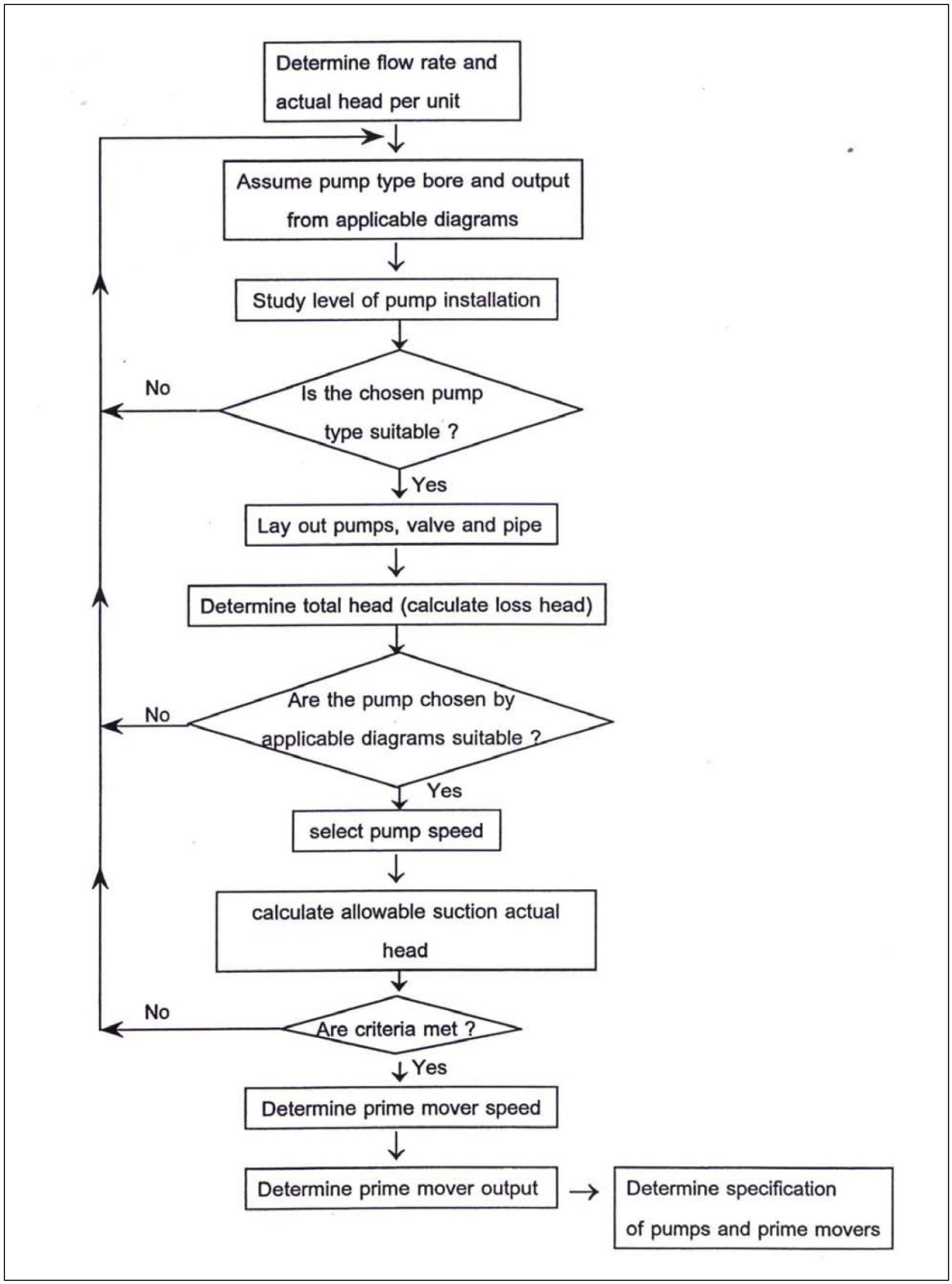


(ก) ไดอะแกรมการเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำแบบ Low Head Axial Flow Pump



(ข) ไดอะแกรมการเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำแบบ Low Head Mixed Flow Pump

รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมการเลือกเครื่องสูบน้ำ



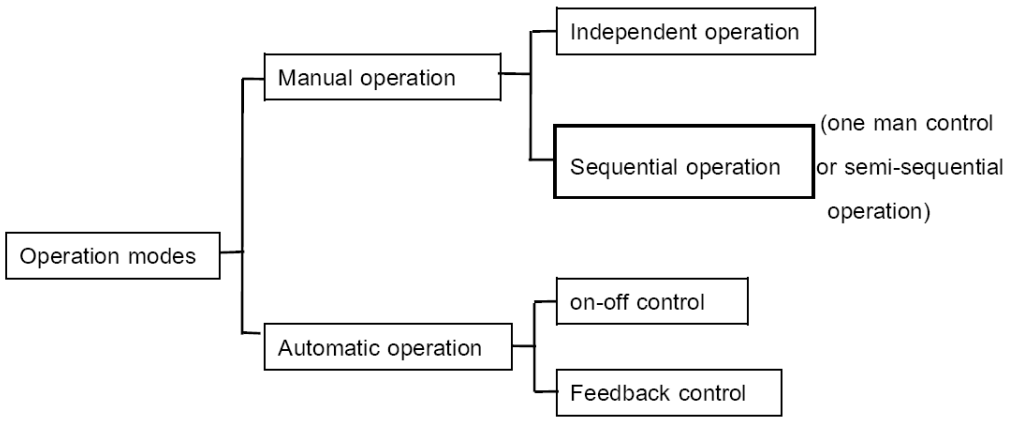
รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมวิธีการเลือกเครื่องสูบน้ำ

ตารางที่ 2.11 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง submersible pump และ vertical shaft pump

รายการ	Submersible Pump	Vertical Shaft Pump
- การทำงาน	การทำงานง่าย ไม่ต้องมีระบบ priming เพราะใบพัดและมอเตอร์จมอยู่ใต้น้ำ	การทำงานง่ายเช่นเดียวกัน
- การควบคุมทำงานแบบอัตโนมัติ	การควบคุมง่าย	การควบคุมง่ายเช่นเดียวกัน แต่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมเกี่ยวกับระบบหล่อลื่นเพิ่มเติม
- ชนิดของแบริ่ง	ใช้ mechanical seal การหล่อลื่น เป็นแบบปิด	ใช้แบริ่งแบบปลอก การหล่อลื่นเป็นแบบเปิดคือต้องมีระบบเติมสารหล่อลื่น
- น้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้าง	เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเท่ากันจะมีน้ำหนักน้อยกว่า	เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเท่ากันจะมีน้ำหนักมากกว่า
- ระดับความดังของเสียงขณะทำงาน	อยู่ในระดับต่ำ	อยู่ในระดับสูงกว่า
- โครงสร้างของเครื่องสูบน้ำที่อยู่เหนือระดับพื้น	มีน้อยมาก	มี discharge head และ motor
- ประสิทธิภาพ	ประมาณ 75-85%	ประมาณ 75-85%
- การบำรุงรักษา	ตามระยะเวลาที่กำหนดของผู้ผลิต	ตามระยะเวลาที่กำหนดของผู้ผลิต
- อายุการใช้งาน	มากกว่า 10 ปี	มากกว่า 10 ปี
- อันตรายเนื่องจากระบบไฟฟ้า	อันตรายสูงกว่าเพราะมอเตอร์อยู่ใต้น้ำ	อันตรายน้อยกว่าเพราะมอเตอร์ติดตั้งเหนือระดับพื้น

8. การเลือกและการเปรียบเทียบเครื่องสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำ แบบ low head axial or mixed flow pump ทำงานที่แรงสูบส่ง 2.0-6.0 และ 2.0-9.0 เมตร มี 2 ชนิด คือ vertical shaft และ submersible pump โดยมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.11

9. เครื่องจักรอุปกรณ์ประกอบ เครื่องจักรอุปกรณ์ประกอบที่จำเป็นสำหรับให้สถานีสูบน้ำทำงานอย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วยเครื่องจักรที่สำคัญดังต่อไปนี้
   (1) Trash rakes แบบ incline สำหรับเก็บขยะออกจาก pump intake ที่สามารถเก็บขยะได้ในปริมาณต่อวันสูงอย่างต่อเนื่อง การออกแบบสร้างทั้งให้มีขนาดตามความต้องการ ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่สำคัญทำจาก stainless steel เครื่องต้นกำลังขับอยู่ระหว่าง 3-7.5 kw. มีค่าความต้านทานการไหลต่ำและการควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบธรรมดา (Manual) และแบบอัตโนมัติ
   (2) Belt conveyors ทำหน้าที่ลำเลียงขยะออกจาก trash rakes ไปจัดเก็บที่ไซโลที่มีความจุ 3-15 ลบ.ม. belt conveyors มีคุณสมบัติเฉพาะคือ สามารถลำเลียงขยะต่อวันในปริมาณสูงอย่างต่อเนื่อง เครื่องต้นกำลังขับอยู่ระหว่าง 2-11 kw. การควบคุมได้ทั้งแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ
10. การควบคุมเครื่องสูบน้ำ เกณฑ์การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำแต่ละชุดในแต่ละสถานีในลักษณะ Operation modes โดยมีไดอะแกรมควบคุมหลัก ดังนี้



รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมควบคุมหลัก

(1) Manual operation

การควบคุมแบบ manual operation จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ

- Independent operation คือเครื่องจักรหลัก (เครื่องสูบน้ำ) และเครื่องจักรประกอบจะควบคุมสั่งการที่เป็นอิสระต่อกันไม่มีการ interlock ใดๆ
- Sequential operation ใช้ควบคุมสั่งการเครื่องจักรหลักแต่ละชุดหรือจัดอันดับการทำงานของเครื่องจักรหลักทั้งหมดทำงาน ในขณะเดียวกันเครื่องจักรประกอบจะได้รับการสั่งการให้ทำงานสัมพันธ์กับเครื่องจักรหลัก

(2) Automatic Operation

การควบคุมแบบ Automatic แบ่งออกเป็น 2 แบบ

- On-Off control เป็นการควบคุมสั่งการโดยใช้อุปกรณ์ที่ปรับตั้งค่า (preset value) สั่งการให้เครื่องจักรทำงานตามที่กำหนดอย่างอัตโนมัติ
- Feedback control เป็นการควบคุมสั่งการทำงานโดยได้รับสัญญาณจาก level switches และอื่นๆ ตามที่ปรับตั้งไว้ สั่งการให้เครื่องจักรหลักและประกอบทำงานอย่างอัตโนมัติ

2.7.8 เกณฑ์การประมาณราคาโครงการ

สำหรับการประเมินราคางานของระบบระบายน้ำในแต่ละชุมชนจะประกอบด้วย งานวางท่อระบายน้ำพร้อมบ่อพักน้ำทิ้ง โดยจะใช้การประเมินจากราคางานต่อหน่วยใช้ราคาฐานปี 2555 (เดือนกุมภาพันธ์ 2557) ซึ่งมีรายละเอียดของการประเมินราคางานดังนี้

1) ปริมาณงานของโครงการกำหนดตามองค์ประกอบสำคัญของโครงการตามหน่วยของงาน ดังนี้
   - งานวางท่อระบายน้ำพร้อมบ่อพักน้ำ แสดงหน่วยความยาวเป็นเมตร
2) การกำหนดราคางานต่อหน่วยของปริมาณงาน (unit cost)

การกำหนดราคางานต่อหน่วยสำหรับประเมินราคาค่าลงทุนก่อสร้าง และ/หรือการปรับปรุงสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องของงานระบบระบายน้ำ ใช้ราคาต่อหน่วยของข้อมูลราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าจ้างแรงงานที่รวบรวมจากหลายๆ แหล่งข้อมูล ทั้งในส่วนกลางและในพื้นที่โครงการ เช่น สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดฉะเชิงเทรา เทศบาลฯ สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงมหาดไทย กรมชลประทาน กรมธนารักษ์ ผู้รับเหมา ผู้ผลิตวัสดุ เป็นต้น

ราคางานต่อหน่วยงานของโครงการมีรายละเอียดการวิเคราะห์ราคาของแต่ละงานดังต่อไปนี้

2.1) งานระบายน้ำ ประกอบด้วย งานก่อสร้างท่อระบายน้ำพร้อมบ่อพักที่ติดตั้งทุกระยะ 12 เมตร กำหนดราคาต่อความยาวเป็นเมตรตามขนาดของท่อที่กำหนดตามความลึกของท่อระบายน้ำที่ก่อสร้างที่ความลึก 1.50 เมตร ถึง 4.00 เมตร ประกอบด้วย

1. ท่อระบายน้ำชนิดเหลี่ยมพร้อมบ่อพักน้ำ
2. ท่อระบายน้ำชนิดกลมพร้อมบ่อพักน้ำ
3. รางระบายน้ำ คสล. รูปตัวยู

3) การประเมินราคาในขั้นตอนการศึกษาวางแผนหลักฯ เป็นการประมาณราคาค่างานก่อสร้างโครงการเป็นราคาโดยตรง ที่มีเงื่อนไขดังนี้

3.1) ค่าเผื่อเหลือ เผื่อขาด	25%
3.2) ค่าดำเนินการกำไรภาษี	12%
3.3) ค่างานทางวิศวกรรม (ค่าออกแบบและควบคุมงาน)	3%

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินโครงงาน นอกจากการหาข้อมูลจากหน่วยงานราชการและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องแล้ว จำเป็นต้องทำการสำรวจภาคสนามในบริเวณพื้นที่ชุมชนที่ประสบปัญหาการระบายน้ำเพื่อสืบหาข้อมูลข้อเท็จจริงแห่งปัญหานำมาวิเคราะห์และหาแนวทางดำเนินการแก้ไขปัญหาและสำรวจลักษณะภูมิประเทศเพื่อกำหนดและวางตำแหน่งโครงการ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการโครงงาน ดังนี้

- สำรวจข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างอาคารจากสำนักงานเทศบาลตำบลเมืองเก่าเพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการขยายตัวของชุมชน
- สำรวจข้อมูลจำนวนประชากรย้อนหลัง 10 ปี จากสำนักทะเบียนราษฎรเทศบาลตำบลเมืองเก่า เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มจำนวนประชากรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต
- สำรวจข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า จาก สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดปราจีนบุรี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2545 – จนถึงปัจจุบัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อเท็จจริงการใช้ประโยชน์ที่ดินเปรียบเทียบกับข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- สำรวจลักษณะภูมิประเทศ ระดับสูงตำของพื้นที่จาก สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดปราจีนบุรี และจากการสำรวจพื้นที่ เพื่อนำมากำหนดทิศทางการระบายน้ำ
- สำรวจข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 10 ปี จากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าเปรียบเทียบกับบริเวณพื้นที่รับน้ำของชุมชน
- สำรวจปริมาณน้ำเสีย เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำเสียรวมจากชุมชนเมืองในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

- เอกสารข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของอาคารแต่ละประเภท จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- แผนที่แสดงขอบเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า
- แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า
- ทฤษฎีหลักเกณฑ์การคำนวณหาแนวโน้มจำนวนประชากร
- ทฤษฎีหลักเกณฑ์การคำนวณหาชนิดและขนาดของระบบการระบายน้ำ

3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ข้อมูลจำนวนและประเภทอาคาร

รวบรวมข้อมูลจำนวนและประเภทอาคารในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า จากการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2551 – 2555) เพื่อคำนวณหาแนวโน้มการขยายตัวของชุมชน

3.3.2 ข้อมูลประชากรเทศบาลตำบลเมืองเก่า

รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ในพื้นที่ รวมถึงการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในอนาคต

3.3.3 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา

รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทาการศึกษา ของ สถานีวัดน้ำฝน KGT. 430491 อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย รายเดือน (มิลลิเมตร) ในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2546– พ.ศ. 2555)

3.3.4 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรี และผังเมืองจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชาชนในเขตเทศบาล

3.3.5 ข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศและระดับความสูงต่ำของพื้นที่

รวบรวมข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศและระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าจากสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดปราจีนบุรีและจากการสำรวจภาคสนาม เพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนตัวของน้ำ

3.3.6 ข้อมูลชนิดและ ขนาดระบบระบายน้ำ

รวบรวมข้อมูลชนิด และ ขนาดของระบบระบายน้ำพร้อมทิศทางการระบายน้ำเดิมในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าจากสำนักงานเทศบาลตำบลเมืองเก่าและจากการสำรวจภาคสนาม เพื่อนำมาวิเคราะห์ขนาด จำนวน และความเหมาะสมต่อแนวโน้มการใช้พื้นที่ของประชาชนในปัจจุบันและในอนาคต

บทที่4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

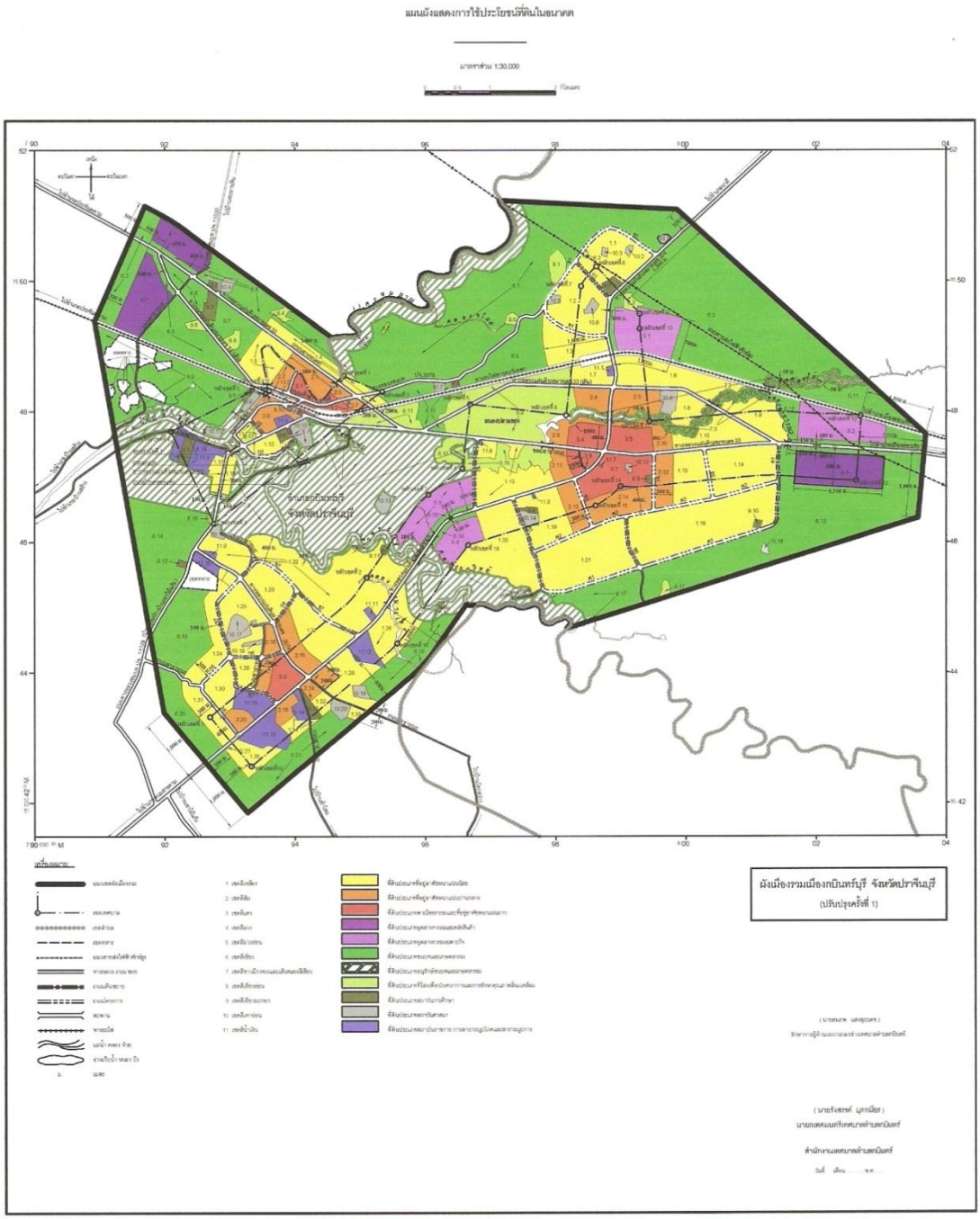
การสำรวจข้อมูลภาคสนามจากพื้นที่ศึกษา ภายในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ทำให้ทราบถึงสาเหตุปัญหาระบบการระบายน้ำที่ขาดการดูแล พร้อมทั้งจำนวนและขนาดของระบบระบายน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการรองรับปริมาณน้ำท่าและน้ำเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงสามารถทราบถึงจำนวนและขนาดของระบบระบายน้ำที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ชุมชนเพื่อรองรับการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ และการพัฒนาชุมชนชนบทให้เป็นชุมชนเมือง ซึ่งการสำรวจและศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 เทศบาลตำบลเมืองเก่า

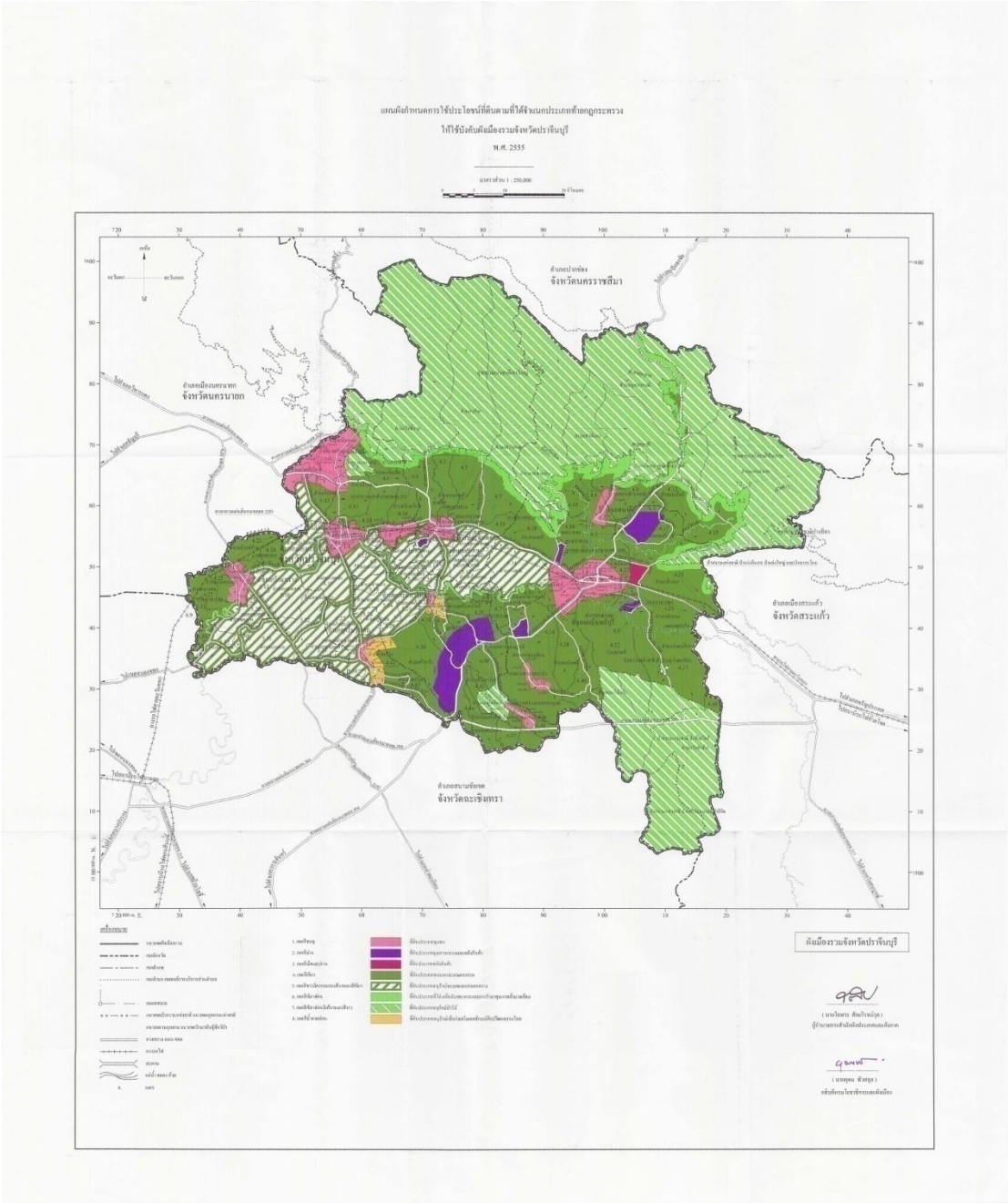
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่า สามารถสรุปลักษณะสำคัญได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าเริ่มมีกฎหมายผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรีบังคับใช้เริ่มตั้งแต่ ปี พ.ศ.2538 ดังแสดงในรูปที่ 4.1จนถึงปัจจุบัน ปี พ.ศ.2555 ผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรีได้ถูกยกเลิกมาใช้ผังเมืองรวมจังหวัดปราจีนบุรีปราจีนบุรี พ.ศ.2555 แทน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรี พ.ศ.2538



รูปที่ 4.2 ผังเมืองรวมจังหวัดปราจีนบุรี พ.ศ.2555

จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมเมืองกบินทร์บุรีภายในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่ากำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินมีหลายประเภท เช่น พื้นที่สีแดงประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก, พื้นที่สีเขียวอ่อนให้เป็นที่โล่งเพื่อนันทนาการและการอนุรักษ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม และ พื้นที่สีม่วงให้เป็นที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า เป็นต้นแต่ในปัจจุบันพื้นที่ทั้งหมดได้ถูก

กำหนดให้เป็นพื้นที่สีชมพูใช้เป็นที่ดินประเภทชุมชน ซึ่งสอดคล้องกันกับอัตราการก่อสร้างอาคารที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

4.1.2 จำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคาร

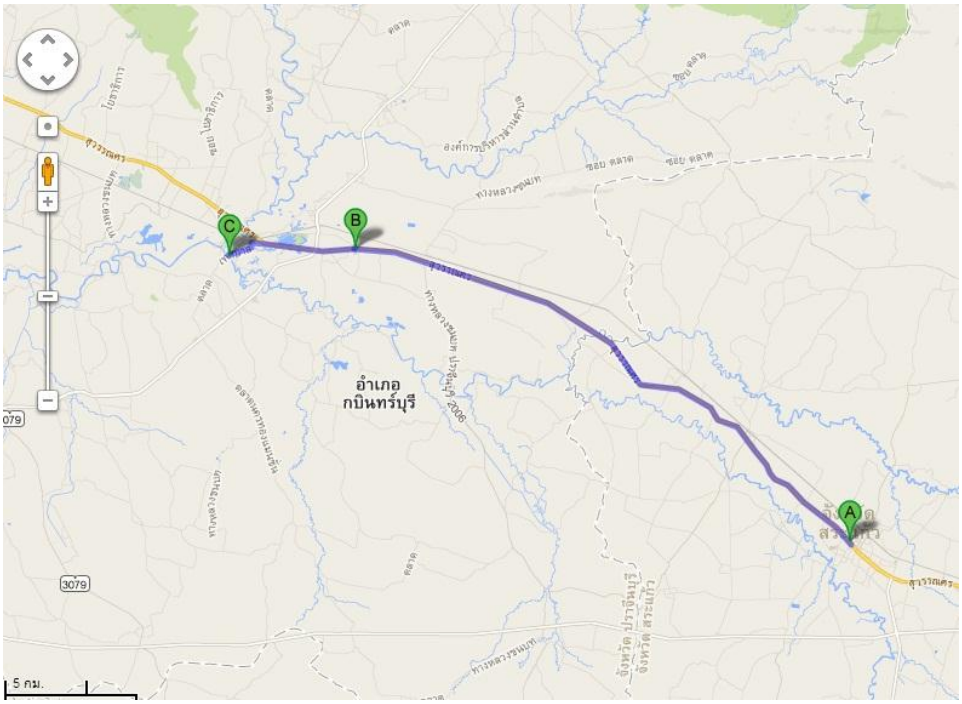
ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนการอนุญาตให้ก่อสร้างอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการขยายตัวของชุมชนที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่รองรับน้ำในอดีตได้ใช้ข้อมูลในช่วง ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2555 โดยเก็บข้อมูล (รูปที่ 4.3) จากหน่วยงานราชการ 3 แห่ง ดังนี้

(1) สำนักงานเทศบาลตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

(2) สำนักงานเทศบาลเมืองสระแก้ว ตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่แม่น้ำพระปรงไหลผ่านพื้นที่ก่อนไหลเข้าในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

(3) สำนักงานเทศบาลตำบลกบินทร์ ตำบลกบินทร์ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี เพราะเป็นพื้นที่รับน้ำจากแม่น้ำพระปรงภายหลังจากไหลผ่านเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

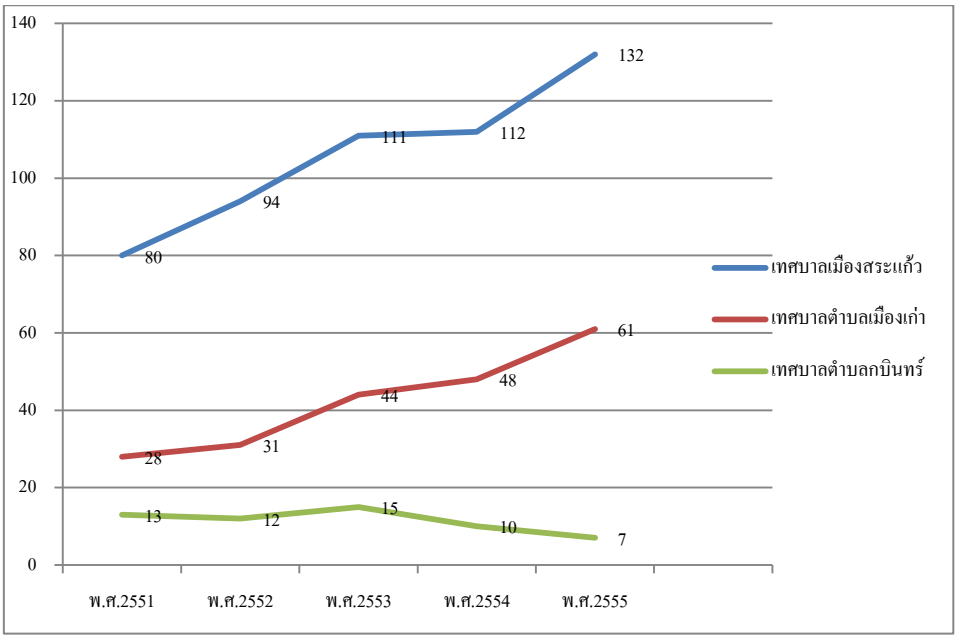
จากข้อมูลการอนุญาตก่อสร้างอาคารทั้ง 3 แห่งข้างต้น ที่แม่น้ำพระปรง (แม่น้ำสายหลัก) ไหลผ่าน พบว่า ในเขตเทศบาลเมืองสระแก้ว และเทศบาลตำบลเมืองเก่ามีจำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้นในทุกปี เนื่องจากในเขตพื้นที่ยังมีที่ว่างเปล่าสำหรับการพัฒนาเป็นชุมชนเมืองค่อนข้างมาก จึงมีจำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคารมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งในการก่อสร้างอาคารที่เพิ่มมากขึ้นในพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่าและพื้นที่ใกล้เคียง โดยส่วนใหญ่ได้มีการถมดินเพื่อปรับระดับพื้นที่ ทำให้พื้นที่รับน้ำลดลง แต่ในเขตเทศบาลตำบลกบินทร์มีจำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคารลดจำนวนลง เนื่องจากเขตเทศบาลตำบลกบินทร์มีพื้นที่ 2.9 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ถูกพัฒนาให้เป็นชุมชนเมืองมาแต่ในอดีต พื้นที่ว่างเปล่าจึงมีจำนวนน้อยส่งผลให้มีการอนุญาตก่อสร้างน้อยลงตามลำดับ (รูปที่ 4.4)



A = สำนักงานเทศบาลเมืองสระแก้ว, B = สำนักงานเทศบาลตำบลเมืองเก่า

C = สำนักงานเทศบาลตำบลกบินทร์

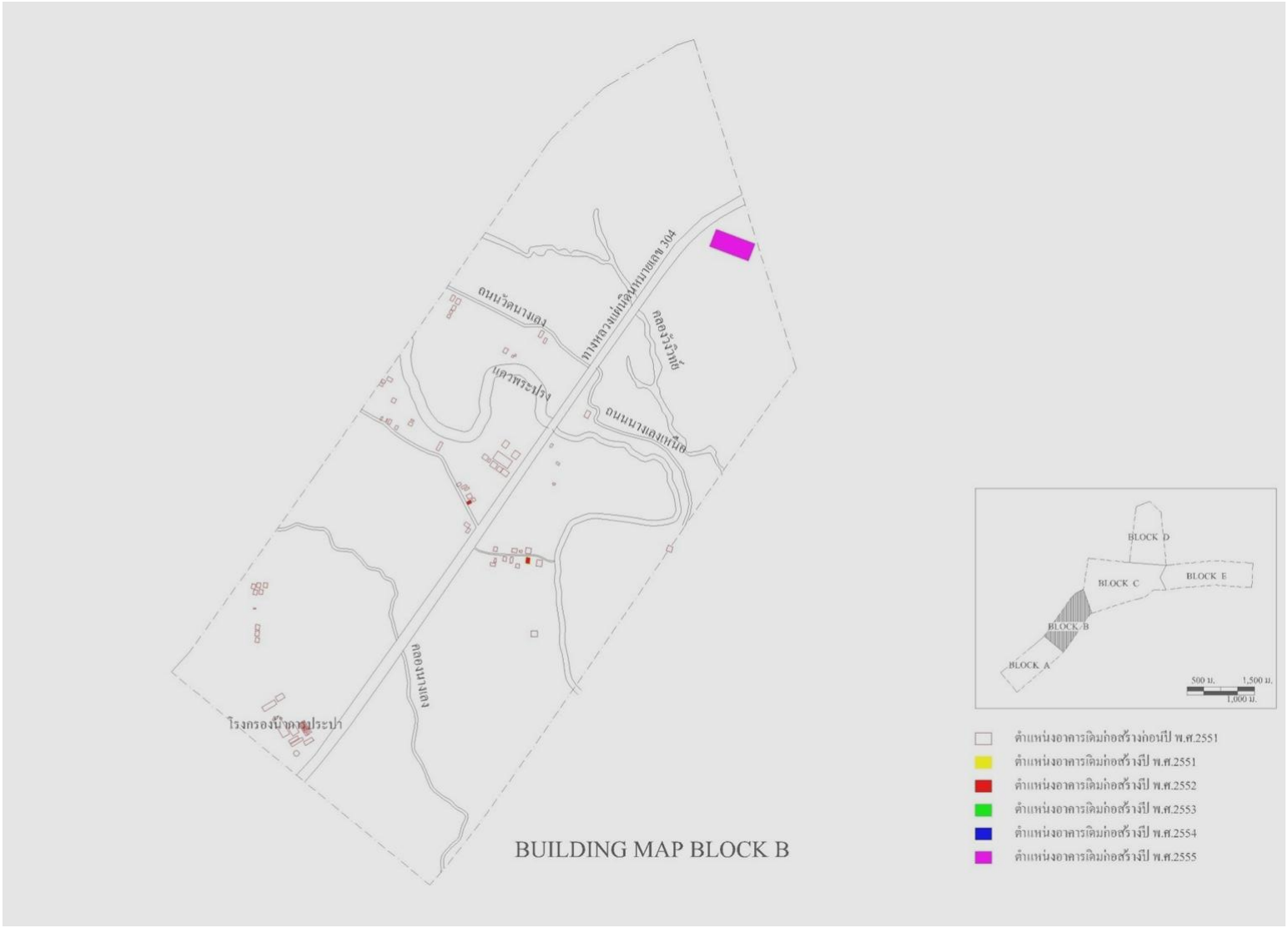
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งเทศบาลเมืองสระแก้วเทศบาลตำบลเมืองเก่าและเทศบาลตำบลกบินทร์



รูปที่ 4.4 จำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคาร

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลจำนวนการอนุญาตก่อสร้างอาคาร สามารถแสดง Building Map ได้ดังรูปที่ 4.5 – รูปที่ 4.9

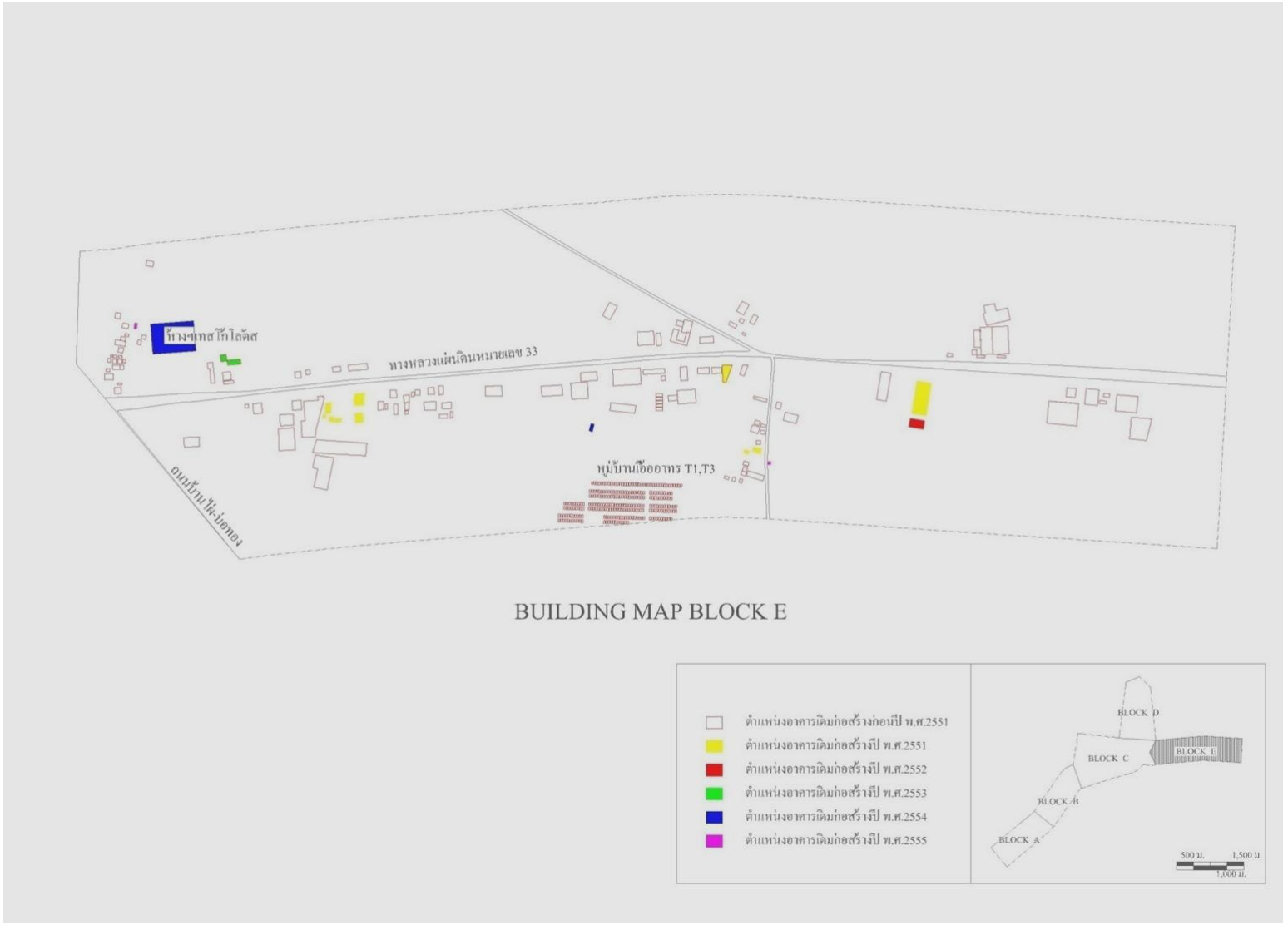
รูปที่ 4.5 BUILDINGMAP BLOCK A



รูปที่ 4.6 BUILDINGMAP BLOCK B

รูปที่ 4.7 BUILDINGMAP BLOCK C

รูปที่ 4.8 BUILDINGMAP BLOCK D



รูปที่ 4.9 BUILDINGMAP BLOCK E

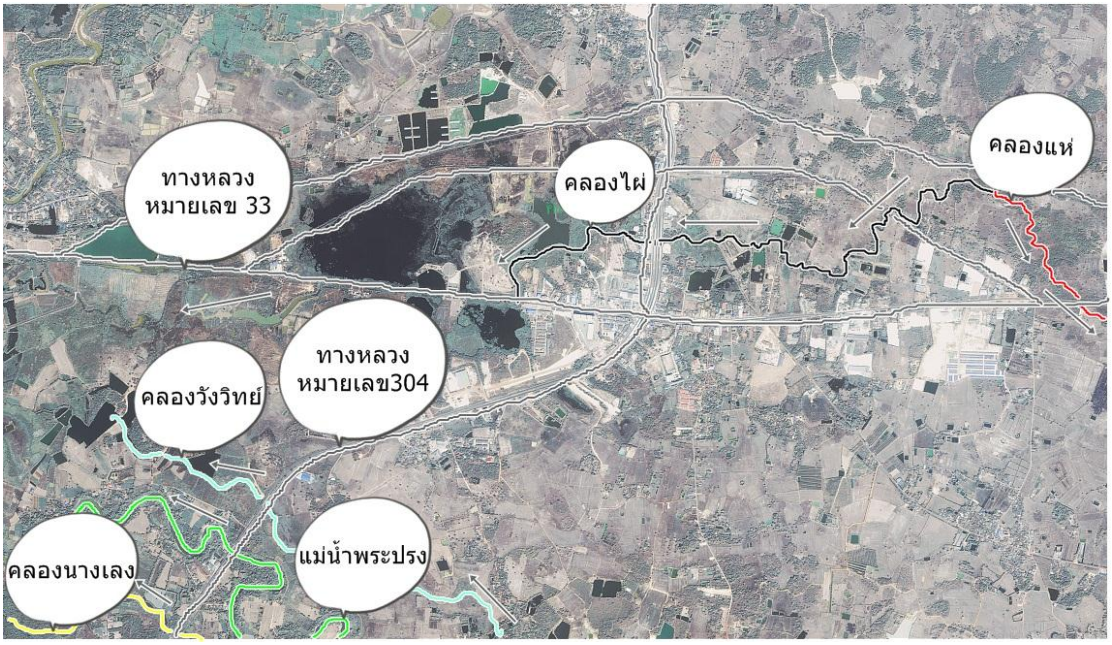
จากรูปภาพBUILDINGMAP การก่อสร้างอาคารในช่วงปี พ.ศ.2551-พ.ศ.2555 พบว่ามีการก่อสร้างอาคารเพิ่มมากขึ้นในทุกพื้นที่ ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีจำนวนอาคารไม่เท่ากันการก่อสร้างอาคารมีมากในพื้นที่เศรษฐกิจ (บริเวณสี่แยกกบินทร์บุรี) และพื้นที่ห่างออกไปจากพื้นที่เศรษฐกิจจะมีการก่อสร้างอาคารลดจำนวนลง

4.1.3 ระบบระบายน้ำ

พื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่ามีระบบระบายน้ำธรรมชาติเช่น แม่น้ำลำคลอง และระบบระบายน้ำทิ้งจากอาคาร เช่น ท่อระบายน้ำ รางระบายน้ำ เป็นต้น

- **ระบบระบายน้ำธรรมชาติ**

พื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่ามีเส้นทางแม่น้ำและลำคลองสาขาในการระบายน้ำธรรมชาติดังแสดงในรูปที่ 4.10 และรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.10 ตำแหน่งแม่น้ำและลำคลอง

1. แควพระปรง ขนาดกว้างประมาณ 30 – 50 เมตร ลึกประมาณ 20 – 30 เมตรรับน้ำจากจังหวัดสระแก้วไหลไปบรรจบกับแควหนุมาน เป็นต้น (รูปที่ 4.11)
2. คลองแห่ ขนาดกว้าง 6 – 10 เมตร ลึกประมาณ 3 เมตรรับน้ำจากคลองไผ่ไหลเข้าพื้นที่ หมู่ที่ 20 ขององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองเก่า (รูปที่ 4.12)

3. คลองไผ่ ขนาดกว้าง 15 – 30 เมตร ลึกประมาณ 3 – 6 เมตรรับน้ำจากพื้นที่ตำบลบ้านนาและน้ำทิ้งจากชุมชนในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าไหลลงอ่างเก็บน้ำหนองหินตั้ง(รูปที่ 4.13)
4. คลองวังวิทย์ ขนาดกว้าง 6 – 10 เมตร ลึกประมาณ 4 เมตร รับน้ำจากพื้นที่ หมู่ที่ 17 องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองเก่าไหลลงแม่น้ำพระปรง (รูปที่ 4.14)
5. คลองนางเลงขนาดกว้าง 15.00ม. ลึกประมาณ 3.00 ม. รับน้ำจาก หมู่ที่ 3 องค์การบริหารส่วนตำบลย่านรี ไหลลงแม่น้ำพระปรง (รูปที่ 4.15)

รูปที่ 4.11 แควพระปรง

รูปที่ 4.12 คลองแห่

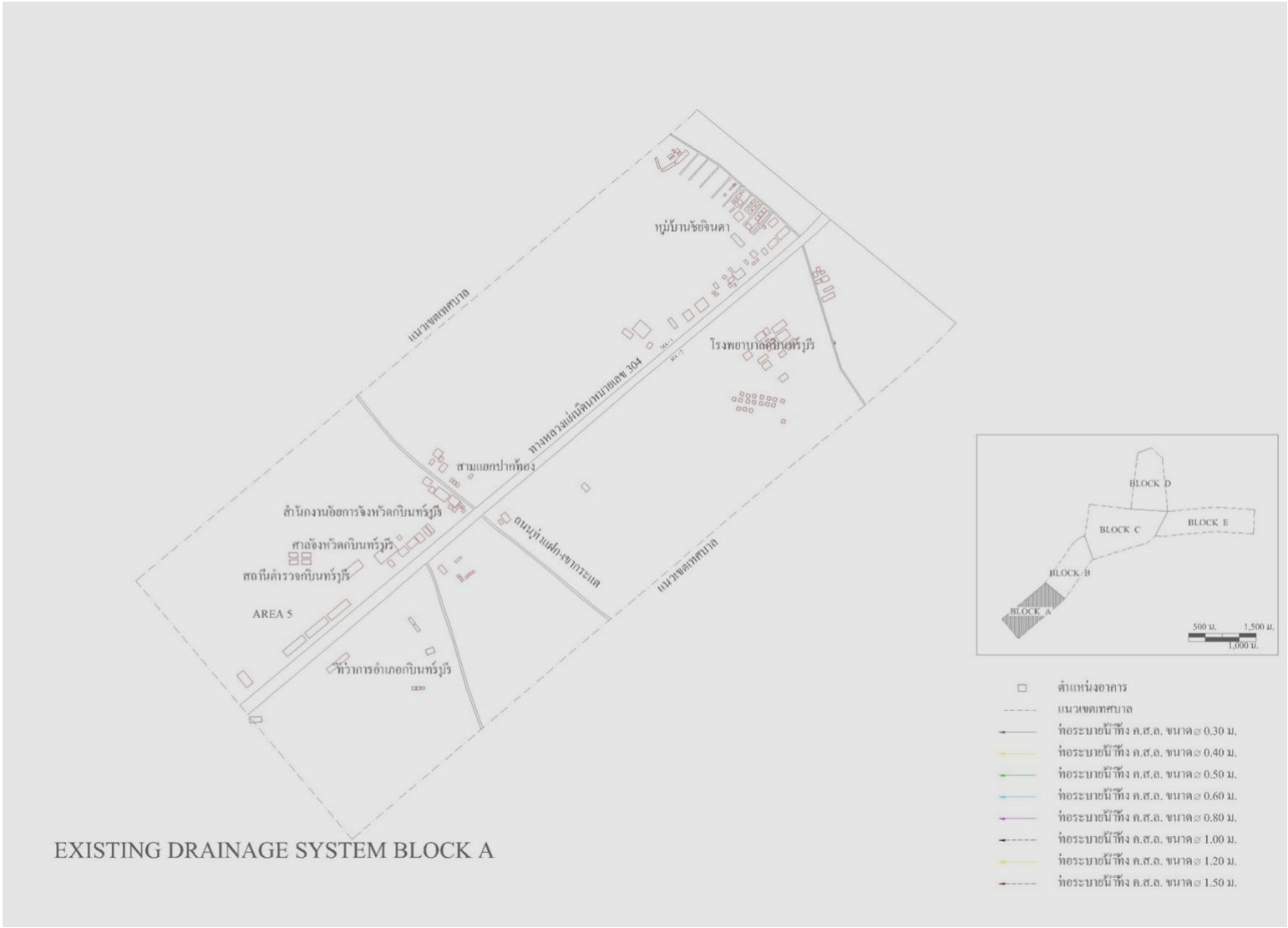
รูปที่ 4.13 คลองไผ่

รูปที่ 4.14 คลองวังวิทย์

รูปที่ 4.15 คลองนางเลง

- **ระบบระบายน้ำแบบท่อระบายน้ำ**

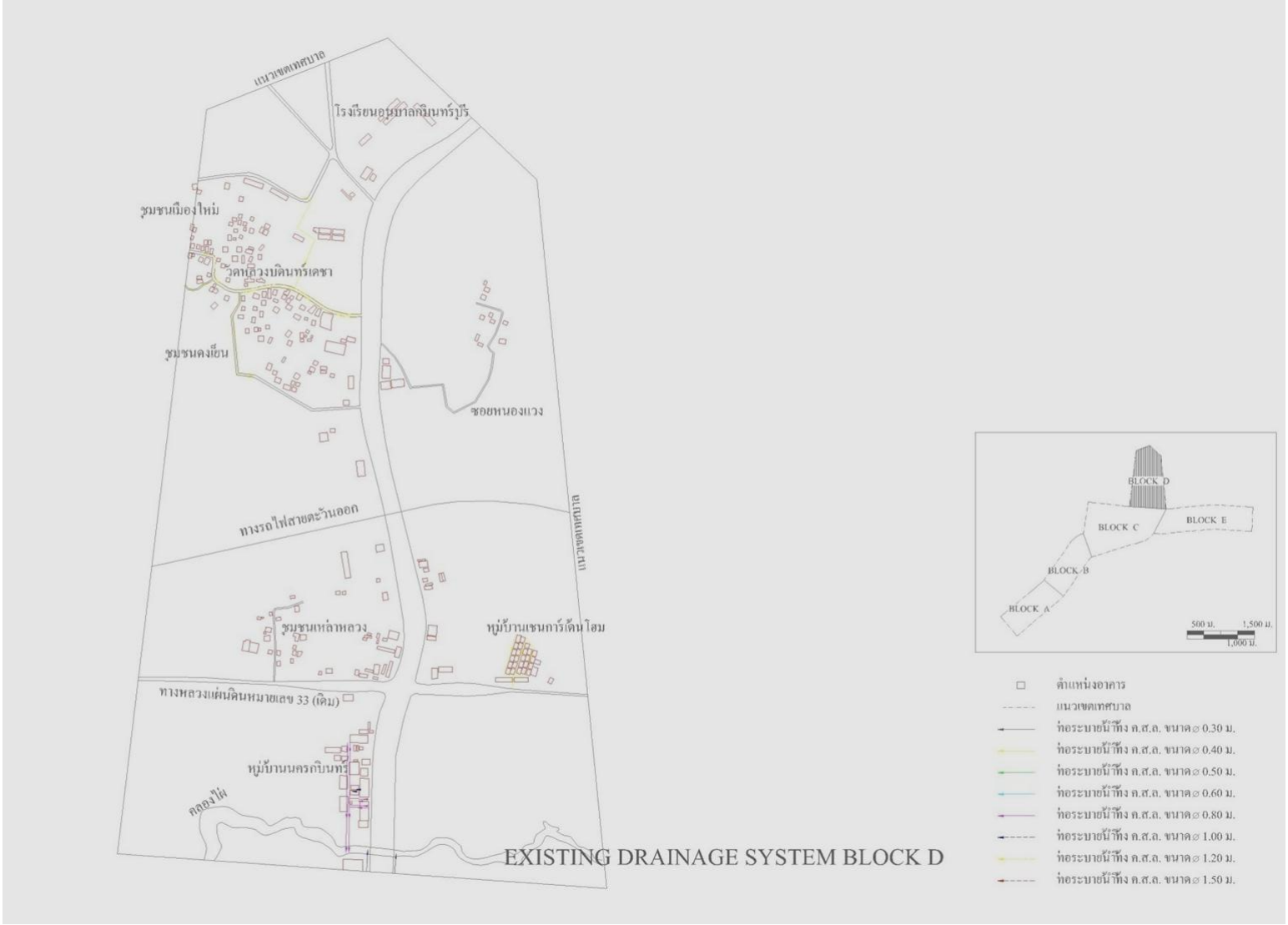
ระบบระบายน้ำประเภทท่อระบายน้ำและรางระบายน้ำส่วนใหญ่จะมีเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่เป็นชุมชนดั้งเดิมเช่น บริเวณชุมชนโดยรอบสี่แยกกบินทร์บุรี ชุมชนหนองกุลา และชุมชนบ้านเนินแห่ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่อยู่ในช่วงกำลังพัฒนายังไม่มีระบบระบายน้ำสาธารณะ มีเพียงร่องน้ำข้างถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 33 ใช้เป็นเส้นทางระบายน้ำจากอาคารในพื้นที่ชุมชนขยาย ซึ่งร่องระบายน้ำริมถนนทั้งสองแห่งได้เชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำของกรมทางหลวงบริเวณสี่แยกกบินทร์บุรีก่อนระบายลงคลองไผ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 – รูปที่ 4.20



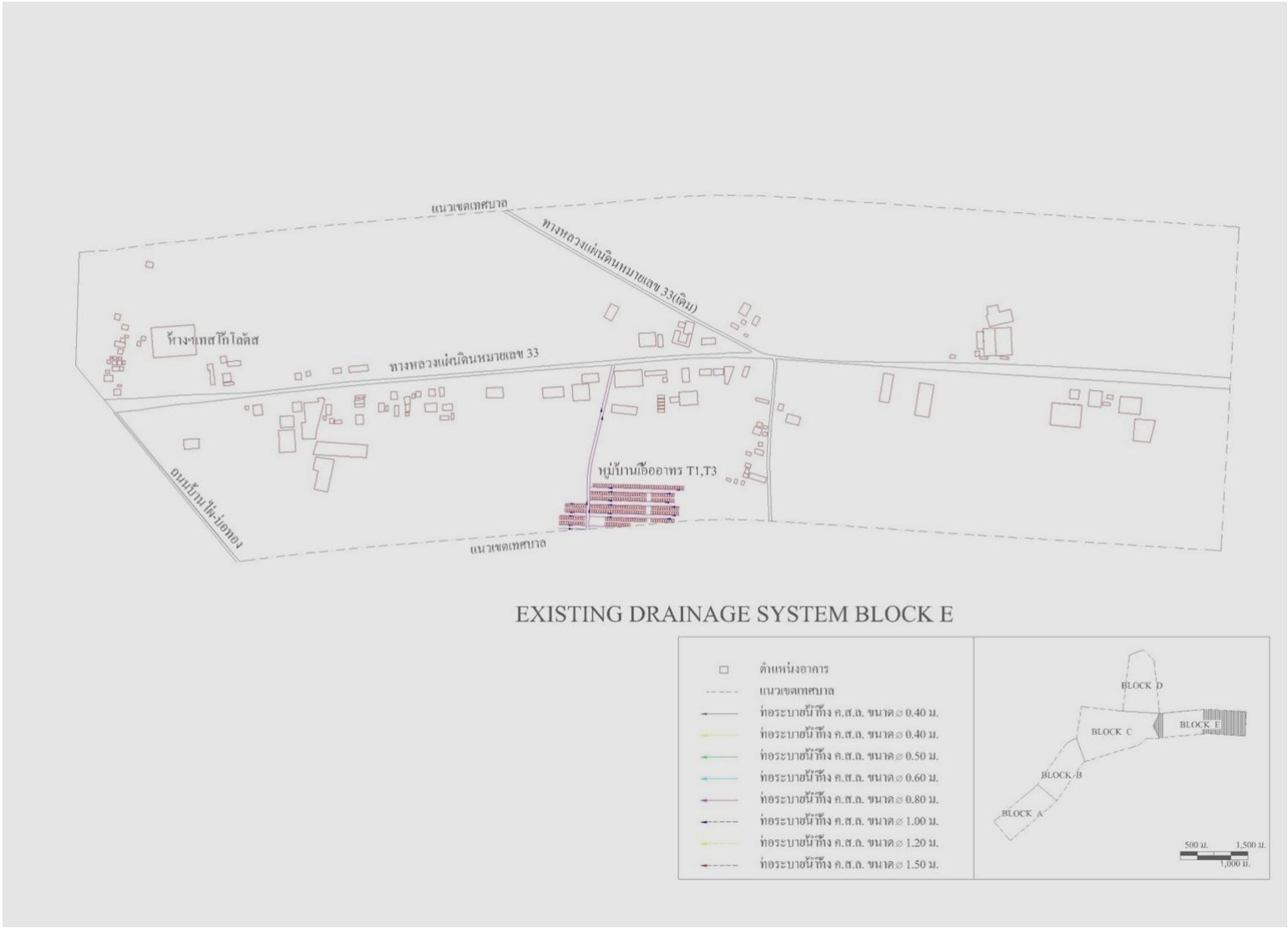
รูปที่ 4.16 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK A

รูปที่ 4.17 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK B

รูปที่ 4.18 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK C



รูปที่ 4.19 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK D



รูปที่ 4.20 EXISTING DRAINAGE SYSTEM BLOCK E

จากภาพระบบระบายน้ำเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่า พื้นที่ BLOCK A และ BLOCK B ยังไม่มีระบบระบายน้ำในพื้นที่เพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียและน้ำท่าเพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชน ส่วนพื้นที่ BLOCK C, BLOCK D และ BLOCK E ระบบระบายน้ำมีไม่เพียงพอไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งชุมชน

4.2 ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค และปริมาณน้ำเสียในอนาคต

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค และปริมาณน้ำเสียในอนาคตข้อมูลจำนวนประชากรย้อนหลังจึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการนำมาวิเคราะห์แนวโน้มจำนวนประชากรในอนาคต จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค และปริมาณน้ำเสียในอนาคต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่าจากสำนักงานทะเบียนราษฎรย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ.2546 – พ.ศ. 2555)ดังตารางที่4.1 พบว่า จำนวนประชากรในช่วงปี พ.ศ. 2546 – ปี พ.ศ. 2553 มีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้น และในช่วงปี พ.ศ. 2554 – ปี พ.ศ. 2555 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำจำนวนประชากร 10 ปีย้อนหลังมาพิจารณาสมการความสัมพันธ์แนวโน้มการเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.21ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้แบ่งการวิเคราะห์หาปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค และปริมาณน้ำเสียในอนาคตออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตด้วยสมการเส้นตรง

โดยพิจารณาการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในอนาคตด้วยสมการเส้นตรง $y = 134.91x + 4960$ ($R^2 = 0.872$) เมื่อ y คือ จำนวนประชากร และ x คือ จำนวนปี

กรณีที่ 2 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตด้วยสมการโพลีโนเมียม

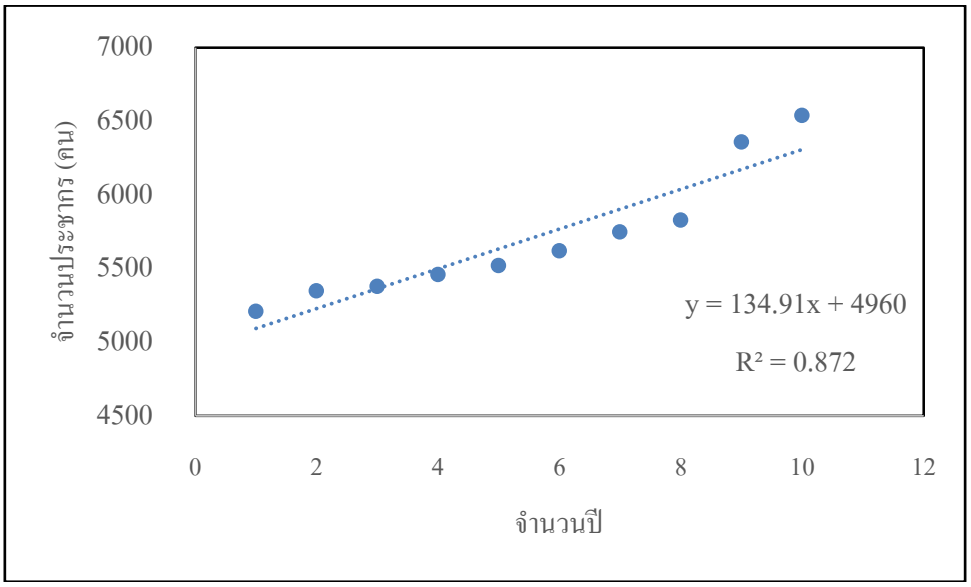
โดยพิจารณาการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในอนาคตด้วยสมการเส้นตรง $y = 17.121x^2 - 53.424x + 5336.7$ ($R^2 = 0.9619$) เมื่อ y คือ จำนวนประชากร และ x คือ จำนวนปี

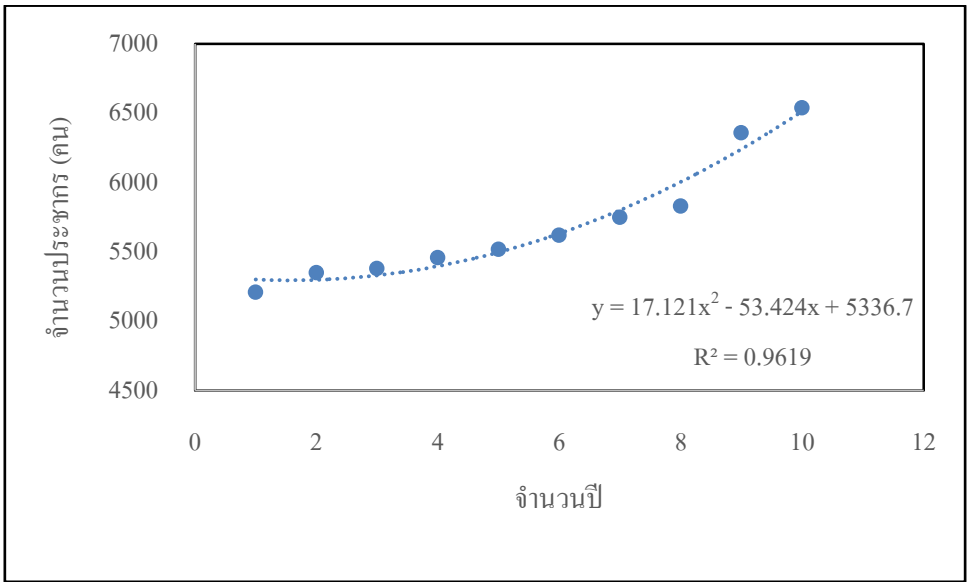
ตารางที่ 4.1 จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า (พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2555)

จำนวนปี	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)
1	2546	5210
2	2547	5350
3	2548	5380
4	2549	5460

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

จำนวนปี	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)
5	2550	5520
6	2551	5620
7	2552	5750
8	2553	5830
9	2554	6360
10	2555	6540





รูปที่ 4.21 แนวโน้มจำนวนประชากร

การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตสำหรับกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตสำหรับกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

จำนวนปี	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
11	2556	6,444	6,819
12	2557	6,579	7,160
13	2558	6,714	7,535
14	2559	6,849	7,944
15	2560	6,984	8,386
16	2561	7,118	8,864
17	2562	7,253	9,375
18	2563	7,388	9,921
19	2564	7,523	10,501
20	2565	7,658	11,115
21	2566	7,793	11,764
22	2567	7,927	12,446
23	2568	8,062	13,163
24	2569	8,197	13,915
25	2570	8,332	14,700
26	2571	8,467	15,520
27	2572	8,602	16,374
28	2573	8,737	17,262
29	2574	8,872	18,184
30	2575	9,007	19,141

4.2.2 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชน

องค์กรอนามัยโลกได้ทำการสำรวจปริมาณการใช้น้ำของประชาชนชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นอัตราเฉลี่ยการใช้น้ำ ในเขตเทศบาลใช้น้ำประมาณ 100 – 120 ลิตร/คน/วัน และสำหรับ

ประเทศไทยอัตราการใช้สำหรับการคำนวณเพื่อผลิตน้ำประปา การประปาส่วนภูมิภาคใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 120 ลิตร/คน/วันปริมาณน้ำเสียจากชุมชนสามารถประเมินได้จากข้อมูลปริมาณน้ำใช้ของชุมชนนั้นๆ โดยทั่วไปปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำ หรือประเมินจากจำนวนประชากรคูณด้วยอัตราการเกิดน้ำเสีย (คู่มือวิชาการ อนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุข ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535)

ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคต สำหรับเขตพื้นที่เทศบาลตำบลเมืองเก่าดังแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคต กรณีที่ 1

ปี พ.ศ.	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)
2556	773.28	618.62
2557	789.84	631.58
2558	805.68	644.54
2559	821.88	657.50
2560	838.08	670.46
2561	853.92	683.13
2562	870.36	696.28
2563	886.56	709.24
2564	902.76	722.20
2565	918.96	735.16
2566	935.17	748.13
2567	951.24	760.99
2568	967.44	773.95
2569	983.64	786.91
2570	999.84	799.87
2571	1,016.04	812.83
2572	1,032.24	825.79
2573	1,048.44	838.75
2574	1,064.64	851.71
2575	1,080.84	864.67

ตารางที่ 4.4 การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคต กรณีที่ 2

ปี พ.ศ.	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)
2556	818.28	654.62
2557	859.22	687.37
2558	904.20	723.36
2559	953.23	762.58
2560	1,006.32	805.05
2561	1,063.68	851.18
2562	1,125	900
2563	1,190.52	952.41
2564	1,260.12	1,008.09
2565	1,333.80	1,067.04
2566	1,411.68	1,129.34
2567	1,493.52	1,194.01
2568	1,579.56	1,263.64
2569	1,669.80	1,335.84
2570	1,764	1,411.20
2571	1,862.40	1,489.92
2572	1,964.88	1,571.90
2573	2,071.44	1,657.15
2574	2,182.08	1,745.66
2575	2,296.92	1,837.53

จากการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียของชุมชนในอนาคตพบว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในทุกปีซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการก่อสร้างอาคารที่เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 ดังนั้นเพื่อการพัฒนาระบบระบายน้ำเพื่อรองรับการขยายตัวของประชากรในอนาคต จะใช้ ปริมาณน้ำเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นใน ปี พ.ศ.2575 กรณีที่ 2 เพื่อนำค่าปริมาณน้ำเสียที่ได้ไปคำนวณหาขนาดระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ต่อไป

4.3 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (Inflow)

ภายหลังจากการสำรวจพื้นที่ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำในพื้นที่ที่รวบรวมได้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่เข้ามาในพื้นที่ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

4.3.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2546 - พ.ศ.2555) จากสถานีวัดน้ำฝน 430491อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี สามารถทราบปริมาณน้ำฝนรายปี ดังแสดงในตาราง4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำฝนรวมรายปี

ปริมาณน้ำฝนรวมรายปี (มิลลิเมตร)										
ปีพ.ศ.	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**	**2551**	**2552**	**2553**	**2554**	**2555**
ปริมาณน้ำฝน	1,743.1	1,710.6	1,392	1,736	1,176.4	1,954.7	1,370.2	968.1	1,156.7	1,549.8

ในการพิจารณานำปริมาณน้ำฝนไปคำนวณหาปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดระบบระบายน้ำให้ได้ขนาดที่เหมาะสม โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่ามากที่สุด(Maximum) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ได้ : 1,643 มิลลิเมตร

ค่าปริมาณน้ำฝนมากสุดที่ได้ : 1,954 มิลลิเมตร

เพื่อให้ทราบข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีความละเอียดมากขึ้นได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นรายวันในปี พ.ศ.2548 กับปี พ.ศ.2555 นำค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เกิดขึ้นมากสุดในปีนั้นมาหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ให้เป็นค่าข้อมูลใช้คำนวณขนาดระบบระบายน้ำกรณีที่ 1 และนำค่าปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นรายวันในปี พ.ศ.2551 ให้เป็นค่าข้อมูลใช้คำนวณขนาดระบบระบายน้ำกรณีที่ 2ดังแสดงในตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุด

ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน (มิลลิเมตร)		
กรณีที่ 1	**กรณีที่ 2**	**หมายเหตุ**
92.45	94.5	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน ปี พ.ศ.2548 = 99.6 มม. ปี พ.ศ.2555 = 85.3 มม. ปี พ.ศ.2551 = 94.5 มม.

4.3.2 การหาค่าปริมาณน้ำท่าโดยวิธี SCS-CN method

Mishra and Singh (2003) กล่าวว่า SCS-CN method ถูกสร้างขึ้นมาในปีค.ศ.1954 โดย Soil Conservation Services (SCS) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งปัจจุบันได้เปลี่ยนไปเป็น NRCS หรือ Natural Resources Conservation Services จุดประสงค์หลักของ SCS-CN method คือการสร้างมาตรการหรือระเบียบต่างๆเพื่อป้องกันอุทกภัยโดยนำผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการซึมน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) ซึ่งเกิดจากการทำฝนเทียมบนพื้นที่ 2 x 4 ตารางเมตรจำนวน 10,000 แปลงทั่วประเทศที่ทำการศึกษาต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 มาประยุกต์ใช้

หลักการของ SCS-CN คือน้ำฝนในส่วนที่เกินจากการเก็บกักของพื้นที่จะระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำไปจนหมดโดยระบายทั้งทางผิวดิน (surface runoff) และระบายทางใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งรวมกันเรียกว่าน้ำไหลจากดินชั้นบน (direct runoff) และการเก็บกักน้ำของพื้นที่ต้นน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยลักษณะภูมิประเทศชนิดดินและชนิดกับปริมาณพืชคลุมดินโดยสมการที่ใช้ในหลักของ SCS-CN method คือ

$F/S = DR/(P - I_a)$

เมื่อ DR = ปริมาณน้ำท่า

P = ปริมาณฝนที่ตกลงมา

I_a = ปริมาณการสูญเสียครั้งแรก

F = ปริมาณการดูดซับน้ำจริงของลุ่มน้ำ

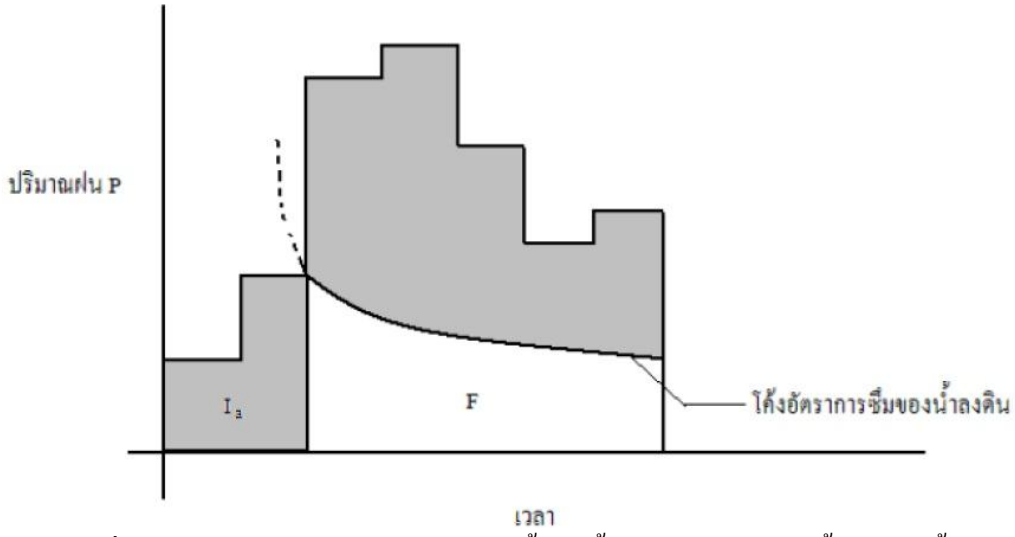
S = ปริมาณศักยภาพสูงสุดในการดูดน้ำของลุ่มน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างฝนน้ำท่าและการดูดซับน้ำจริงของลุ่มน้ำดังแสดงรูปที่ 4.21ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$F = P - I_a - DR$

แทนค่า F ลงในสมการ

$DR = ((P - I_a)^2)/((P - I_a)) + S$



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนน้ำท่าและการดูดซับน้ำของลุ่มน้ำ

จากการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าพบว่า

$$I_a = 0.2S$$

แทนค่าI_a;

$$DR = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$$

จากการศึกษาในเชิงเอ็มไพริกัลป์

$$S = 1{,}000/CN - 10 \text{ (หน่วยเป็นนิ้ว)}$$

ค่า CN จะหาได้โดยการสำรวจสภาพดินการปกคลุมดินและสภาพความชื้นของดินในลุ่มน้ำ

การกำหนดค่า CN ให้กับพืชคลุมดินจะอยู่ภายใต้ 2 เงื่อนไขคือเงื่อนไขความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำของดิน (Hydrologic soil group) และเงื่อนไขของลักษณะอากาศและสภาพภูมิประเทศที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนดังรายละเอียดตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 Run off curve number (CN) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่างๆของ SCS

Land use	**Hydrologic Condition**	**Hydrologic Soil Group**			
		A	**B**	**C**	**D**
Wood and Forest land (พื้นที่ป่าไม้)	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	25	55	70	77

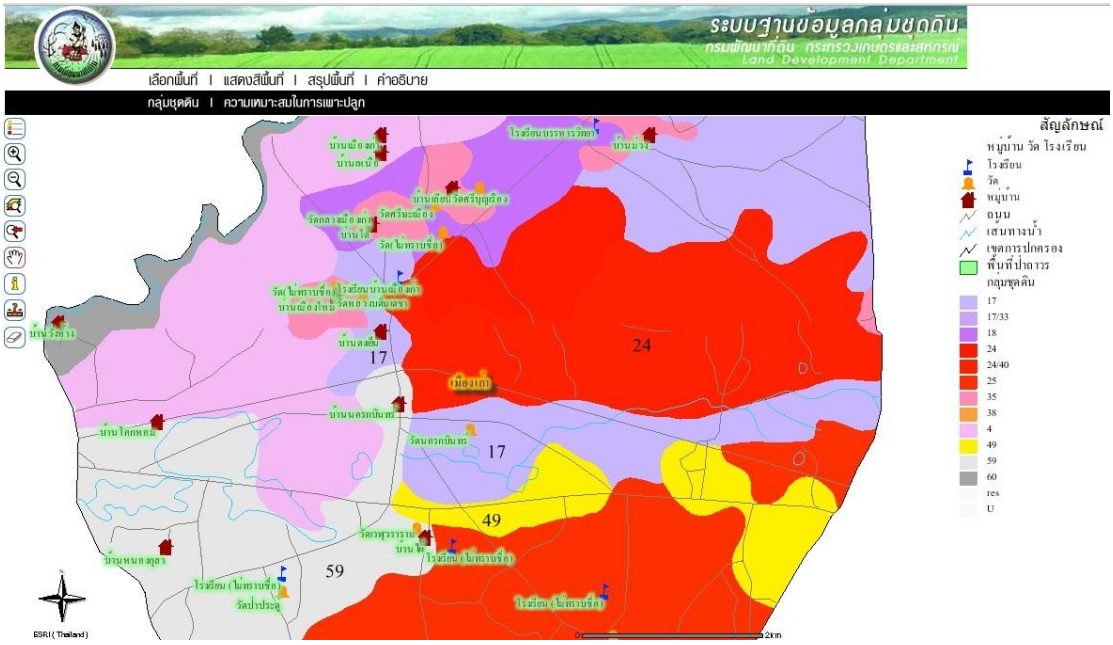
ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

Landuse	Hydrologic Condition	Hydrologic Soil Group			
		A	B	C	D
Wood – grass combination (พื้นที่ผสมระหว่างป่าไม้กับทุ่งหญ้า)	Poor	57	73	82	86
	Fair	45	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Rangeland and Herbaceous (ทุ่งหญ้า)	Poor	-	80	87	93
	Fair	-	71	81	89
	Good	-	62	74	85
Agriculture land….Bare soil	-	77	86	91	94
Crop cover (พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ว่างเปล่า)	Fair	76	85	90	93
	Good	74	83	88	90
Industrial district (พื้นที่โรงงาน)	72%	81	88	91	93

ที่มา : พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล (2551)

A เป็นดินที่มีเนื้อหยาบชั้นดินลึกดูดซับน้ำได้ดีประมาณ 0.30 - 0.45 นิ้ว/ชม.
B เป็นดินที่มีเนื้อปานกลางถึงหยาบชั้นดินลึกดูดซับน้ำค่อนข้างดีประมาณ 0.15 - 0.30 นิ้ว/ชม.
C เป็นดินที่มีเนื้อปานกลางถึงละเอียดชั้นดินตื้นดูดซับน้ำไม่ค่อยดีประมาณ 0.05 - 0.15 นิ้ว/ชม.
D เป็นดินที่มีเนื้อละเอียดและมักจะมีชั้นดินตื้นดูดซับน้ำได้น้อยมากประมาณ 0 - 0.05 นิ้ว/ชม.

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้ง 2 กรณีนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำท่าโดยวิธี SCS-CN method ซึ่งจากข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดินดังรูปที่รูปที่ 4.3.2.2 บอกถึงสภาพลักษณะของดินในพื้นที่ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีเป็น 4กลุ่มชุดดินคือกลุ่มชุดดินที่ 17เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลวมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ pH 4.5-5.5,กลุ่มชุดดินที่ 24เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินทรายดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงดีปานกลางมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ pH 5.5-6.5,กลุ่มชุดดินที่ 49 เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายดินมีการระบายน้ำดีมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ pH 5.0-6.5 และกลุ่มชุดดินที่ 59 เนื้อดินมีลักษณะเป็นการผสมของดินหลายชนิดดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงเลวมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติไม่แน่นอน



รูปที่ 4.23 แผนที่กลุ่มชุดดิน ตำบลเมืองเก่า

จากตารางที่4.7 เปรียบเทียบข้อมูลกลุ่มชุดดินดังกล่าวเลือกใช้ Hydrologic soil group C ในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ว่างเปล่าในสภาพ Hydrologic condition แบบ poor มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 90 มาคำนวณหาปริมาณน้ำท่าของแต่ละกรณีในพื้นที่แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (มิลลิเมตร)

ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (มิลลิเมตร)	
กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
65.51	67.44

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำท่า (DR)

หา DR ของเดือนกันยายน

CN = 90.00

P = 94.5 มม.

หาค่า S จาก S = (25.4 มม. x 1000 นิ้ว / CN) - (25.4 มม. x 100 นิ้ว) (มิลลิเมตร)

= (25400 มม. / 90) - 254 มม.

= 28.22 มม.

หาค่า DR จาก DR = $(P - 0.2S)^2/ (P + 0.8S)$

= $[94.5 มม. - 0.2(28.22 มม.)]^2/ [94.5 มม. + (0.8)(28.22 มม.)]$

= 67.44 มม.

จากตารางที่ 4.8 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกันดังนั้น เพื่อการออกแบบระบบระบายน้ำให้สามารถรองรับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันค่ามากสุด ในกรณีที่ 2 = 67.44 มม. เป็นค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่

4.4 รวบรวมน้ำเสีย

พื้นที่ชุมชนส่วนใหญ่ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าประชาชนยังคงปล่อยน้ำเสียออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรงขาดการดูแลเอาใจใส่จากประชาชนรวมถึงหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องทำให้น้ำเสียบางส่วนไหลลงถนนและร่องน้ำข้างถนนโดยตรงก่อนจะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติส่งผลให้เกิดมลภาวะทางสายตา และทางกลิ่น เป็นต้นดังนั้นเพื่อเป็นการวางแผนป้องกันจึงต้องดำเนินการศึกษาออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ที่สอดคล้องกับสภาพปัจจุบันการศึกษาระบบรวบรวมน้ำเสียและน้ำท่าที่เหมาะสมมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ระบบรวบรวมน้ำเสีย

(1) ระบบท่อแยก (Separate sewer system)

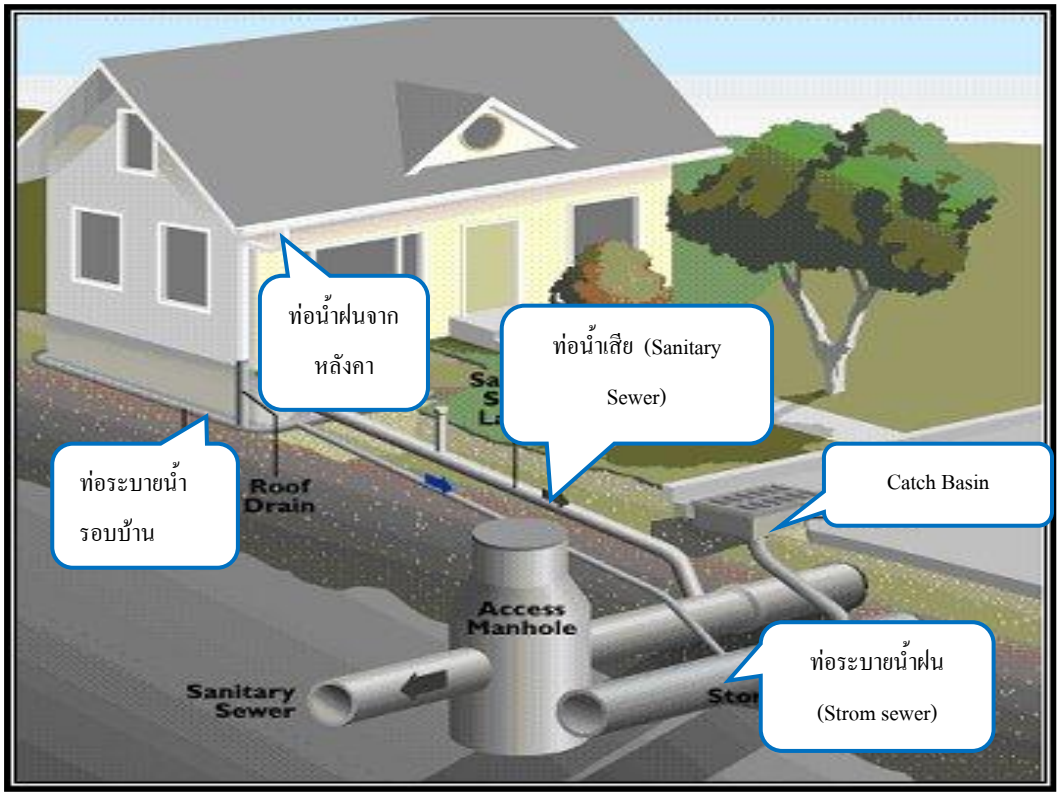
ระบบท่อแยกประกอบด้วยท่อ 2 ชนิดคือท่อรวบรวมน้ำฝน (Strom drain) และท่อรวบรวมน้ำเสีย (Sanitary drain) โดยระบบท่อแยกทำหน้าที่รวบรวมและระบายน้ำฝนหรือน้ำท่าออกจากชุมชนเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขังส่วนท่อรวบรวมน้ำเสียทำหน้าที่สกัดกั้นน้ำเสียมิให้ออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยรวบรวมน้ำเสียเพื่อส่งเข้าปรับปรุงยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบบำบัดน้ำเสียต่อไปรายละเอียดระบบท่อแยกดังแสดงในรูปที่ 4.25 และ 4.26

(2) ระบบท่อรวม (Combined sewer system)

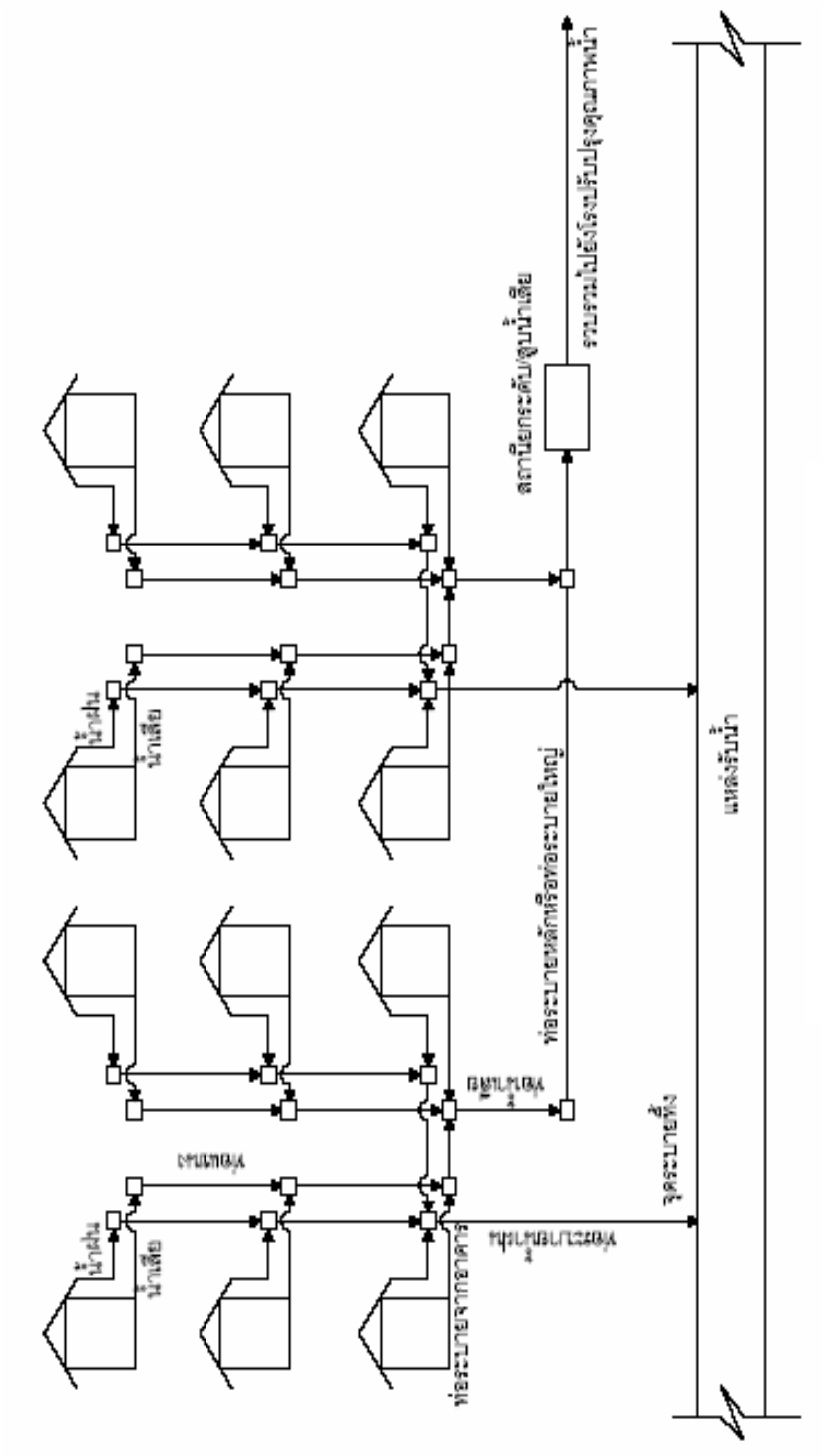
ระบบท่อรวมหมายถึงระบบท่อที่สามารถรวบรวมและระบายได้ทั้งน้ำฝนและน้ำเสียภายในท่อเดียวกันโดยส่วนใหญ่ระบบท่อรวมประกอบด้วยท่อระบายรวม(Combine sewer) บ่อผันน้ำเสีย (Combine Sewer Overflow structure; CSOs) และท่อดักน้ำเสีย (Intercepting sewer)

ในกรณีที่ฝนไม่ตกบ่อผันน้ำเสียจะทำหน้าที่ในการผันน้ำเสียทั้งหมดเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกรณีที่ฝนตกระบบท่อรวมทำหน้าที่ดักทั้งน้ำเสียและน้ำฝนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการและรวบรวมเข้าสู่บ่อผันน้ำเสียแต่บ่อผันน้ำเสียดังกล่าวน้ำเสียส่วนหนึ่งจะถูกเจือจางกับน้ำฝนทำให้ค่ามลสารทางน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดดังนั้นจึงทำให้มีน้ำเสียบางส่วนถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงทั้งนี้น้ำเสียจากบ่อดักน้ำเสียส่วนที่เหลือจะถูก

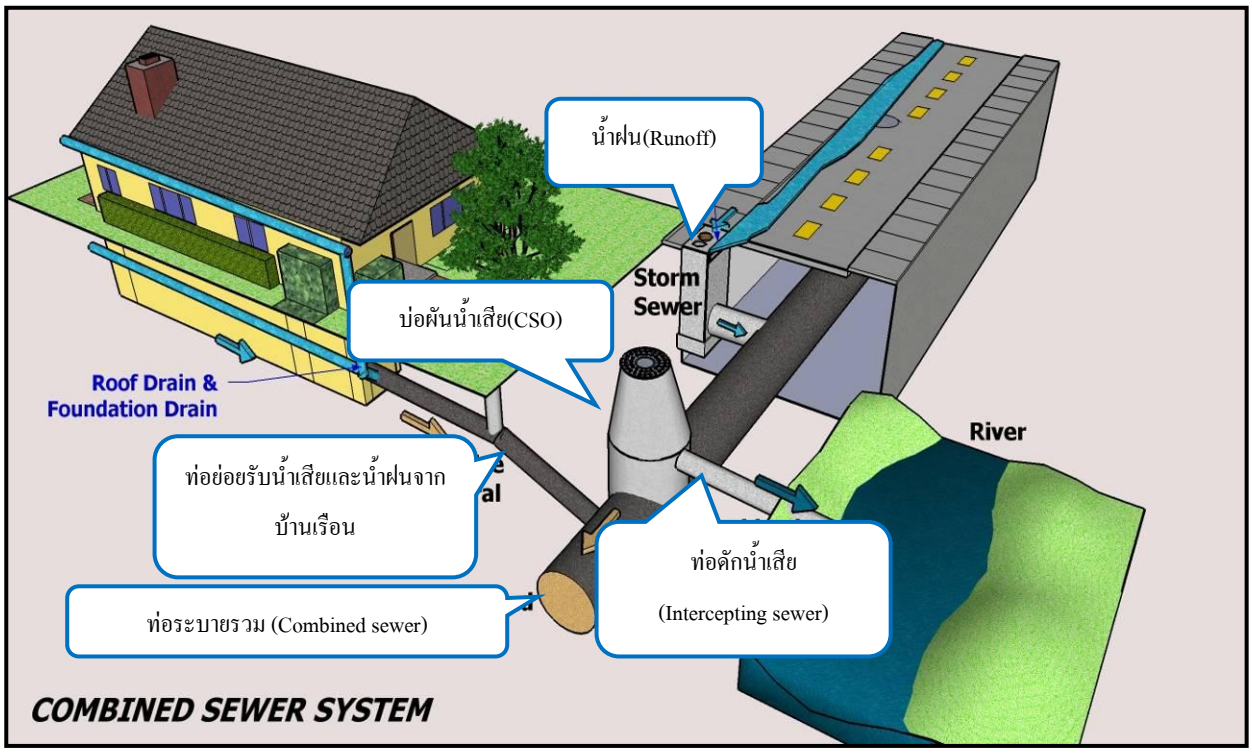
รวบรวมแล้วส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทำการบำบัดต่อไปรายละเอียดระบบท่อรวมดังแสดงในรูปที่ 4.27 และ 4.28



รูปที่ 4.24 ระบบท่อแบบแยก (Separate Sewer system)

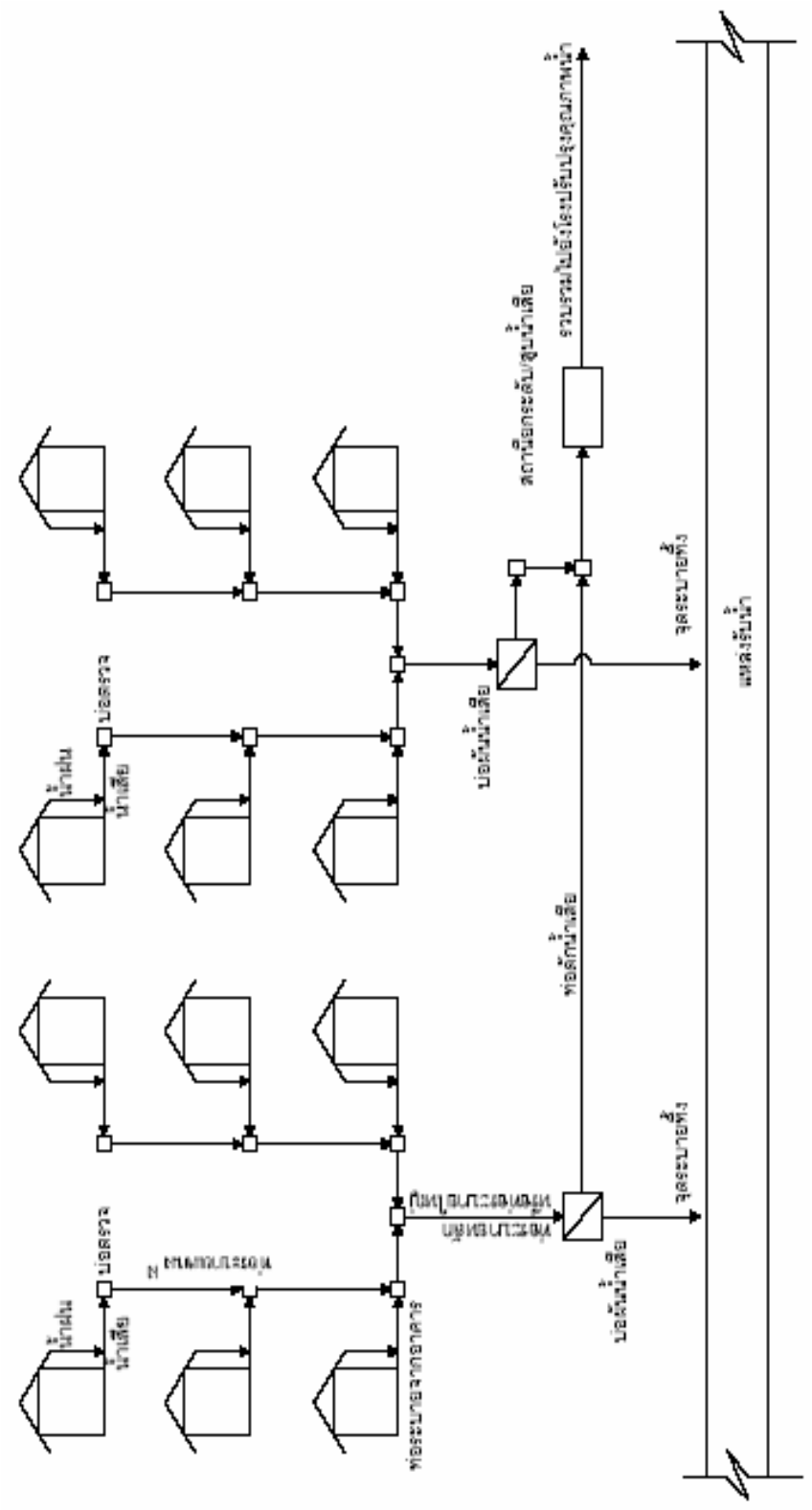


รูปที่ 4.25 แผนภาพการไหลของน้ำระบบท่อ



ที่มา : www.msank.org/WetWeatherIssue.aspx

รูปที่4.26 รายละเอียดระบบรวมน้ำเสียแบบรวมกับน้ำฝน (Combined Sewer System)



รูปที่ 4.27 แผนภาพการไหลของน้ำระบบท่อรวม

4.4.2 เปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสียของระบบรวบรวมน้ำเสีย

(1) ระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อแยก

ข้อดี

1) เป็นระบบที่แยกน้ำฝนกับน้ำเสียออกจากกันอย่างเด็ดขาดโดยจะรวบรวมน้ำเสียที่เกิดขึ้นเข้าสู่ระบบบำบัดในขณะที่น้ำฝนสามารถระบายลงสู่คูคลองที่อยู่ใกล้เคียงได้โดยไม่ต้องรวบรวมไปเป็นระยะทางไกล
2) สามารถกำจัดน้ำเสียได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่มีการระบายลงสู่แม่น้ำลำคลองในช่วงฤดูฝน
3) การตกตะกอนในท้องท่อจะน้อยกว่าเพราะระบบท่อแยกได้ออกแบบไว้สำหรับระบายน้ำเสียโดยเฉพาะซึ่งความเร็วของการไหลจะพียงพอสำหรับการพัดตะกอนให้ไหลไปตามแนวท่อ
4) การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดจะไม่มากนักเนื่องจากไม่มีน้ำฝนเข้ามาปะปนในเส้นท่อซึ่งทำให้สามารถควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5) ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดสามารถประเมินได้อย่างใกล้เคียงทำให้การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียไม่จำเป็นต้องเพิ่มขนาดเกินความจำเป็น

ข้อเสีย

1) โดยทั่วไปต้องลงทุนสูงกว่าระบบท่อรวมเนื่องจากจะต้องทำการวางแนวท่อ 2 ระบบคือระบบระบายน้ำท่าหรือน้ำฝนและระบบรวบรวมน้ำเสียควบคู่กันไปและต้องสร้างท่อย่อยเพื่อรับน้ำเสียจากบ้านเรือนและสถานประกอบการแต่ละแห่งเข้าสู่ท่อรวบรวมน้ำเสีย
2) การก่อสร้างในพื้นที่บางแห่งที่มีผู้คนอาศัยอยู่หนาแน่นจะมีความยุ่งยากมากโดยเฉพาะการต่อท่อรับน้ำเสียจากสถานีแต่ละแห่งซึ่งมิได้มีการเตรียมการไว้สำหรับระบบนี้ตั้งแต่แรก

(2) ระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อรวม

ข้อดี

1) โดยทั่วไปค่าลงทุนต่ำกว่าเพราะไม่ต้องสร้างท่อระบายน้ำเสียเพิ่มและส่วนมากท่อที่ออกแบบสำหรับระบายน้ำฝนจะมีขนาดท่อค่อนข้างใหญ่อยู่แล้ว

2) การก่อสร้างรวมทั้งการต่อท่อเข้าสู่ระบบจะไม่ยุ่งยากเนื่องจากมีท่อเพียงประเภทเดียวคือระบบท่อรวม

ข้อเสีย

1) ในกรณีที่ต้องรวบรวมน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสียที่อยู่ไกลจำเป็นต้องก่อสร้างระบบท่อที่มีขนาดใหญ่ไกลออกไปซึ่งไม่เป็นการประหยัดเหมือนกรณีท่อแยกที่สามารถระบายน้ำเสียบางส่วนเข้าสู่คลองที่อยู่ใกล้ได้และรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบท่ออีกชุดหนึ่งได้
2) ในช่วงฤดูแล้งปริมาณการไหลในเส้นท่อจะน้อยทำให้ความเร็วของการไหลต่ำตะกอนแขวนลอยที่ปนมากับน้ำเสียจะตกตะกอนที่ท้องท่อซึ่งอาจทำให้เกิดการย่อยสลายเกิดก๊าซและการกัดกร่อนในเส้นท่อได้
3) ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่รวบรวมมาส่วนหนึ่งจะต้องระบายทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยไม่ผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดทั้งนี้เนื่องจากระบบไม่สามารถรับปริมาณน้ำฝนที่ระบายมายังระบบบำบัดได้
4) การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจะยุ่งยากมากกว่าเพราะมีการแปรผันทั้งด้านปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำจะมาก (ถึงแม้บางส่วนจะถูกระบายลงสู่ลำคลองแล้ว) แต่น้ำเสียจะค่อนข้างเจือจางส่วนในช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำจะน้อยแต่น้ำเสียจะมีความเข้มข้นสูง
5) การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องให้สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้มากกว่าปกติทั้งนี้เนื่องจากมีน้ำฝนบางส่วนถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

4.4.3 ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย

(1) สภาพชุมชน

ระบบท่อระบายแยก (Separate sewer system) เหมาะกับชุมชนที่มีการขยายตัวใหม่ซึ่งมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการวางท่อแยกกันระหว่างท่อน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝนแต่ถ้าชุมชนมีพื้นที่จำกัดและไม่เพียงพอต่อการวางท่อแยก (ส่วนใหญ่เป็นชุมชนเก่า) ระบบท่อระบายรวมเป็นจึงเป็นทางทางเลือกที่ดีรวมทั้งชุมชนที่เตรียมการขยายพื้นที่ตามการจัดผังเมืองอย่างเข้มแข็งซึ่งจะสามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบท่อแบบระบายรวม (Combined sewer system) เหมาะสำหรับชุมชนที่เป็นโครงสร้างแบบดั้งเดิมหรือชุมชนที่เศรษฐกิจแบบปลานกลางมีเงินลงทุนหรืองบประมาณไม่สูงมากนักรวมทั้งทักษะของชุมชนและช่างในชุมชนยังไม่ก้าวหน้ามากนักระบบนี้จะเหมาะสมมากกว่า

(2) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนในระบบท่อระบายแยก (Separate sewer system)ในส่วนของระบบท่อระบายน้ำฝน (Strom Sewer) สำหรับฝนตกครั้งแรก (First flush) จะพัดนำเอาเศษตะกอนดินเป็นส่วนใหญ่สิ่งเน่าเหม็นหรือขยะของเสียจึงไม่ถูกนำมาระบบคลองระบายน้ำรางระบายน้ำจึงดูไม่น่ารังเกลียดรวมทั้งทางโรงงานอุตสาหกรรมไม่สามารถลักลอบปล่อยได้เนื่องจากระบบท่อและอัตราการเกิดน้ำเสียนั้นสามารถตรวจสอบได้

ระบบท่อแบบระบายรวม (Combined sewer system) จำเป็นต้องระบายน้ำเสียส่วนหนึ่งที่ถูกเจือจางด้วยน้ำฝนแล้วในสัดส่วนที่ยอมรับตามหลักวิชาการตามข้อกำหนดที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้นให้สามารถปล่อยไหลลงสู่แหล่งรองรับน้ำได้โดยตรงซึ่งส่งผลให้เกิดปล่อยมลพิษลงไปในน้ำบางส่วนในช่วงระยะเวลาสั้นๆในฤดูฝนอาจจะมากพอที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทางน้ำแต่เป็นโอกาสที่ทางโรงงานสามารถลักลอบปล่อยน้ำเสียมาผสมด้วยเนื่องจากระบ บท่อเป็นแบบระบายรวมและด้วยระบบท่อแบบนี้เชื่อมโยงกับรางระบายน้ำฝนแบบเปิดกว้างเพื่อให้สามารถดูแลความสะอาดได้สะดวกโดยเฉพาะในกรณีที่ฝนตกครั้งแรก (First flush)จะพัดนำเอาน้ำเสียที่ตกค้างหรือที่ค้างท่อทั้งเศษขยะหรือของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนในท่อ (ในช่วงหน้าแล้ง) จะถูกทำให้ลอยฟุ้งขึ้นและถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรงเกิดสภาพที่ไม่น่าดูในบริเวณที่ถูกพัดพาผ่านไป

(3) งบประมาณการลงทุน

เปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างและดำเนินการโดยรวมของโครงการก่อนทำการคัดเลือกระบบท่อรวบรวมที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดในการลงทุนโดยทั่วไประบบท่อรวมไม่จำเป็นต้องก่อสร้างระบบท่อใหม่ทั้งหมดเพียงแต่สร้างระบบท่อดักน้ำเสียเพิ่มเติมเท่านั้นแต่ต้องก่อสร้างบ่อผันน้ำเสียในตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อระหว่างจุดระบายน้ำทิ้งเดิมกับท่อดักน้ำเสียที่สร้างใหม่นอกจากนี้องค์ประกอบอื่นๆของระบบท่อระบายรวมจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบท่อระบายแยกเช่นท่อรวบรวมน้ำเสียบ่อตรวจสถานีสูบน้ำเสียเป็นต้นเนื่องจากต้องระบายน้ำฝนบางส่วนเข้าสู่ระบบด้วยส่วนระบบท่อแยกต้องก่อสร้างท่อน้ำเสียใหม่ทั้งหมดรวมทั้งต้องปรับปรุงระบบท่อภายในอาคารหรือแหล่งกำเนิดน้ำเสียด้วย

(4) ความเข้าใจของประชาชน

ประชาชนต้องมีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของระบบด้วยโดยพิจารณาระบบท่อระบายแยกซึ่งระบบท่อภายในอาคารหรือแหล่งกำเนิดน้ำเสียต้องปรับปรุงเป็นท่อระบายแยก

นอกจากนี้ต้องแยกการบรรจบระหว่างท่อจากอาคารกับท่อของชุมชนให้ถูกต้องด้วยถ้าบรรจบหรือเชื่อมท่อผิดพลาดจะทำให้น้ำเสียบางส่วนถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรงดังนั้นผู้ทำโครงการจึงควรทำการประชาสัมพันธ์ให้กับประชาชนในพื้นที่ให้รับทราบข้อมูลในส่วนนี้ด้วย

(5) ความเร็วในการไหลในท่อ

โดยปกติท่อระบายน้ำรวมจะมีขนาดใหญ่ (เมื่อเปรียบเทียบกับท่อน้ำเสีย) เนื่องจากต้องทำการออกแบบท่อเพื่อรองรับปริมาณน้ำฝนในขณะฝนตกด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ยากสำหรับออกแบบเพื่อให้น้ำเสียไหลลงท่อด้วยความเร็วล้างของตัวเอง(Self Cleaning Velocity) ได้ทุกสภาวะโดยเฉพาะในช่วงหน้าแล้งหรือช่วงที่ฝนไม่ตกดังนั้นจึงทำให้ของแข็งแขวนลอยส่วนหนึ่งจมตัวลงสู่ท้องท่อซึ่งทำให้เกิดการหมักหรือย่อยสารอินทรีย์ในท่อได้หากเป็นเช่นนั้นจะทำให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นและอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนในเส้นท่อได้ส่งผลให้อายุการใช้งานของระบบสั้นกว่าที่ควรจะเป็น

(6) ความยากง่ายในการควบคุมระบบ

ระบบท่อระบายรวมมีอัตราการไหลของน้ำเสียแปรผันในช่วงกว้างจึงทำให้การควบคุมการเดินระบบทำได้ยากในขณะที่ท่อระบายแยกจะมีเฉพาะน้ำเสียเท่านั้นที่ถูกรวบรวมเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบบำบัดน้ำเสียจึงทำให้อัตราการไหลน้ำเสียแปรผันในช่วงแคบกว่าและทำให้การควบคุมการเดินระบบง่ายกว่า

(7) การวางแผนผังเมือง

ระบบท่อแยกมีข้อดีกว่าระบบท่อรวมทั้งในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและควบคุมการเดินระบบดังกล่าวไว้ข้างต้นแต่ชุมชนเก่าโดยทั่วไปไม่สามารถวางระบบท่อแยกได้เนื่องจากเดิมชุมชนยังไม่มีการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินล่วงหน้าและการเจริญเติบโตของเมืองไม่เป็นระบบระเบียบจึงมีพื้นที่ไม่เพียงพอดังนั้นในการวางระบบดังกล่าวชุมชนใหม่จึงควรวางแผนผังเมืองและต้องทำการกันการใช้ประโยชน์พื้นที่ไว้ล่วงหน้าจึงจะทำให้การเดินระบบวางท่อเป็นไปด้วยความสะดวก

4.4.4 ระบบรวบรวมน้ำเสียที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของระบบรวบรวมน้ำเสียทั้งสองระบบสรุปได้ว่าระบบรวบรวมแบบแยกมีความได้เปรียบด้านการจัดการและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเนื่องจากน้ำเสียและน้ำท่าหรือน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นที่จะไม่ปนกันทั้งสองส่วนจะถูกแยกเพื่อนำไปจัดการตามหลักวิชาการต่อไปแต่เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมร่วมกับข้อมูลปัจจุบันของระบบระบายน้ำและรวบรวมน้ำเสียในของเทศบาลตำบลเมืองเก่าพบว่าการวางระบบระบายน้ำเสียและระบบรวบรวมน้ำเสียที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันเป็นระบบระบายรวมดังนั้นเพื่อให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับระบบเดิม

ที่มีอยู่การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียพิจารณาการออกแบบเป็นแบบระบบท่อรวมด้วยเหตุผลของความง่ายต่อการปรับปรุงเพื่อเชื่อมกับระบบเดิมที่มีอยู่ความสะดวกด้านบำรุงรักษาระบบโครงสร้างระบบถนนและผังเมืองเหมาะต่อการปรับปรุงโดยใช้ระบบท่อรวมและงบประมาณที่ต้องจ่ายเพื่อการดำเนินการก่อสร้างหรือปรับปรุงน้อยกว่าระบบท่อแยกที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า

4.5 เกณฑ์การกำหนดขนาดท่อรวบรวมน้ำเสีย

การกำหนดขนาดท่อรวบรวมน้ำเสียมีเกณฑ์การออกแบบดังนี้

(1) สูตรการคำนวณการไหลในท่อ

น้ำที่ไหลในท่อดักน้ำเสียจะกำหนดให้ไหลแบบไม่เต็มท่อซึ่งไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow) สูตรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลแบบไม่เต็มท่อดังนี้

$$Q = AR^{2/3} S^{1/2} / n$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลในท่อ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

n = ค่าสัมประสิทธิ์การไหล

R = Hydraulic Radius (เมตร) = A/P

P = เส้นขอบเปียกของน้ำไหล (เมตร)

S = Slope

(3) ชนิดของท่อวัสดุดักน้ำเสีย

คอนกรีตเสริมเหล็ก

(4) ค่า(n) Manning's Coefficient

สำหรับค่าการไหลในท่อจะใช้ค่าในการออกแบบ0.015

ตารางที่ 4.9 VALUES OF THE ROUGHNESS GOEFFICIENT n

(Boldface figures are values generally recommended in design)

Type of channel and description	Minimum	Normal	Maximum
A. CLOSED CONDUITS FLOWING PARTLY FULL			
A-1. Metal			
a. Brass, smooth	**0.009**	**0.010**	**0.013**
b. Steel			
1. Lockbar and welded	**0.010**	**0.012**	**0.014**
2. Riveted and spiral	**0.013**	**0.016**	**0.017**
c. Cast iron			
1. Coated	**0.010**	**0.013**	**0.014**
2. Uncoated	**0.011**	**0.014**	**0.016**
d. Wrought iron			
1. Black	**0.012**	**0.014**	**0.015**
2. Galvanized	**0.013**	**0.016**	**0.017**
e. Corrugated metal			
1. Subdrain	**0.017**	**0.019**	**0.021**
2. Storm drain	**0.021**	**0.024**	**0.030**
A-2. Nonmetal			
a. Lucite	**0.008**	**0.009**	**0.010**
b. Glass	**0.009**	**0.010**	**0.013**
c. Cement			
1. Neat, surface	**0.010**	**0.011**	**0.013**
2. Mortar	**0.011**	**0.013**	**0.015**
d. Concrete			
1. Culvert, straight and free of debris	**0.010**	**0.011**	**0.013**
2. Culvert with bends, connections, and some debris	**0.011**	**0.013**	**0.014**
3. Finished	**0.011**	**0.012**	**0.014**
4. Sewer with manholes, inlet, etc., straight	**0.013**	**0.015**	**0.017**
5. Unfinished, steel form	**0.012**	**0.013**	**0.014**
6. Unfinished, smooth wood form	**0.012**	**0.014**	**0.016**
7. Unfinished, rough wood form	**0.015**	**0.017**	**0.020**
c. Wood			
1. Stave	**0.010**	**0.012**	**0.014**
2. Laminated , treated	**0.015**	**0.017**	**0.020**
f. Clay			
1. Common drainage tile	**0.011**	**0.013**	**0.017**
2. Vitrified sewer	**0.011**	**0.014**	**0.017**
3. Vitrified sewer with manholes, inlet, etc.	**0.013**	**0.015**	**0.017**
4. Vitrified subdrain with open joint	**0.014**	**0.016**	**0.018**
g. Brickwork			
1. Glazed	**0.011**	**0.013**	**0.015**
2. Lined with cement mortar	**0.012**	**0.015**	**0.017**
h. Sanitary sewers coated with sewage slimes, with bends and connections	**0.012**	**0.013**	**0.016**
i. Paved invert, sewer, smooth bottom	**0.016**	**0.019**	**0.020**
j. Rubble masonry, cemented	**0.018**	**0.025**	**0.030**

4.6 ผลการออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมน้ำเสีย

เพื่อให้การวางระบบระบายน้ำและระบบรวบรวมน้ำเสียมีความสามารถในการใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพให้สอดคล้องกับระบบระบายและรวบรวมเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเกณฑ์การวางระบบระบายและรวบรวมน้ำเสียดังนี้

(1) วัตถุประสงค์ของเพื่อรับและรวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือFirst Floodให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้เหมาะสม แต่เนื่องจากปริมาณน้ำเสียในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตปี พ.ศ.2575 = 1,837.53 ลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าสูงสุดในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2546-พ.ศ.2555) = 67.44 มม. หรือ เป็นปริมาณน้ำท่า = 1,795,522.56 ลบ.ม. ดังนั้นจึงพิจารณาใช้ปริมาณน้ำท่ามาคำนวณหาขนาดระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า

(2) พิจารณาให้มีผลกระทบต่อระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมให้น้อยที่สุด

(3) ท่อรวบรวมน้ำเสียที่ใช้เป็นท่อกลมที่มีขายตามท้องตลาดการไหลโดยทั่วไปอาศัยการไหลตามแรงโน้มถ่วงธรรมชาติ (Gravity)

ทั้งนี้ในการดำเนินการออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียของเทศบาลตำบลเมืองเก่าจำเป็นต้องมีการก่อสร้างแนวระบบระบายน้ำเพิ่มเติมทั้งในส่วนที่ก่อสร้างใหม่และเพิ่มเติมจากแนวเดิมจากที่มีอยู่เพื่อให้สอดคล้องกับการก่อสร้างระบบรวบและบำบัดน้ำเสียของเทศบาลฯซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์แนวท่อระบบระบายและรวบน้ำเสียพร้อมองค์ประกอบอื่นๆและรายการประมาณราคาเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 4.9 ถึง 4.20 และ รูปที่ 4.29 ถึง 4.33

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK A

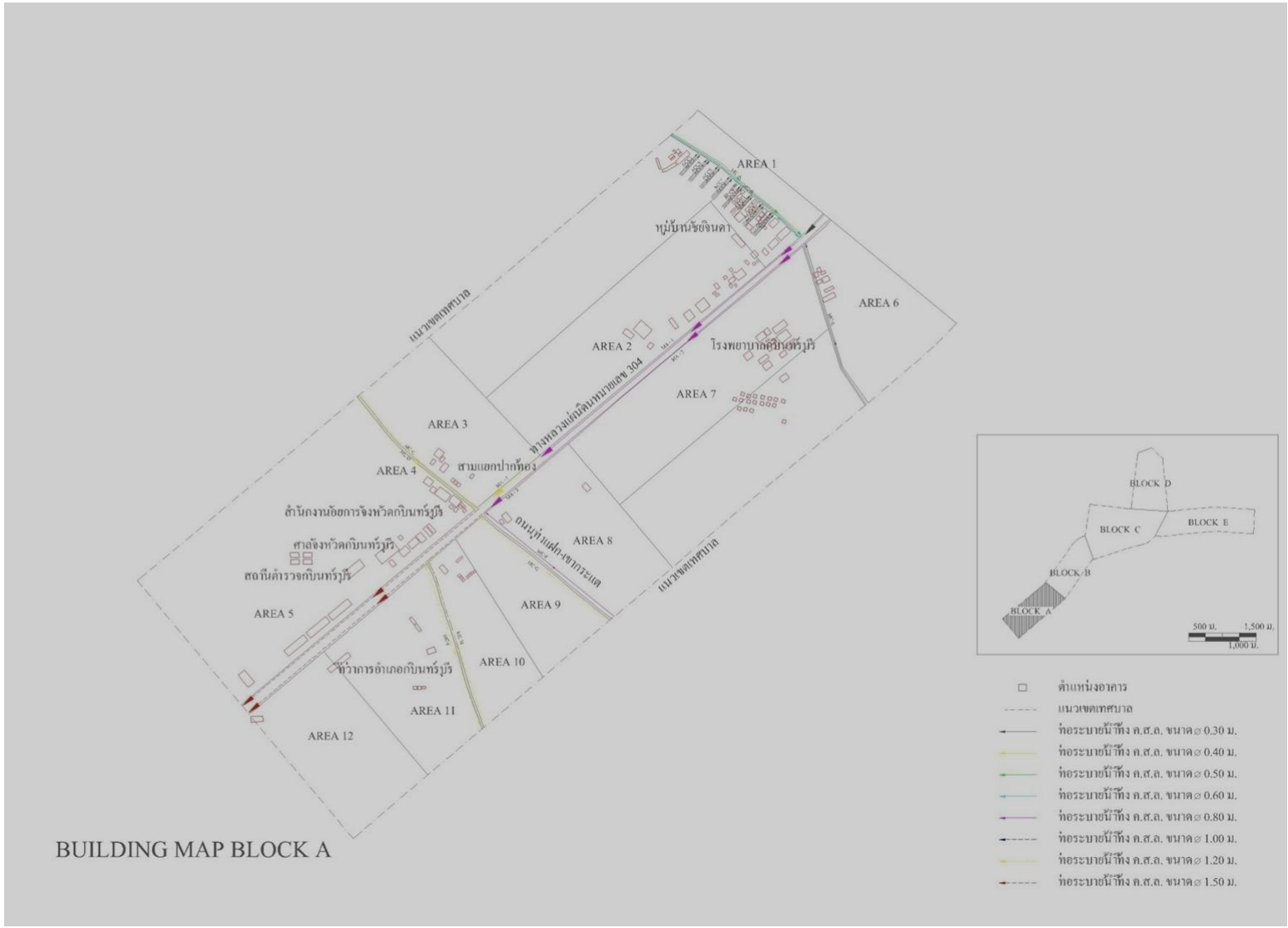
ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope	Qp (m^3/sec)	
สำนักงานเทศบาล	AREA 1	MC-A	500	500	2,956.63	0.0342	0.0342		0.40	0.001		
หมู่บ้านชัยจินดา	ACC1	MC-B	200	200	2,939.87	0.0341	0.0341		0.40	0.001		
	ACC2	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC3	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope	Qp (m^3/sec)	
	ACC4	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC5	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC6	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC7	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC8	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC9	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC10	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC11	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC12	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC13	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC14	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC15	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	ACC16	MC-B	200	200	806.07	0.0341	0.0093		0.30	0.001		
	MC-A	MA-1	88	88	2,956.63	0.0342	0.0342		0.30	0.007		
	MC-B	MA-1	6	94	17,987.55	0.208	0.242		0.60	0.003		
	AREA 2	MA-1	903	997	32,564.70	0.376	0.618		0.80	0.003		
สามแยกปากท้อง	AREA 3	MC-C	483	483	8,323.80	0.096	0.096		0.40	0.003		
	MC-C	MA-1	243	1,240	40,888.50	0.473	1.091		1.20	0.002		
	AREA 4	MC-D	116	116	3,698.74	0.042	0.042		0.30	0.003		
	MC-D	MA-1	15	1,255	44,587.24	0.516	1.607		1.50	0.002		

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope	Qp (m^3/sec)	
สนง.อัยการฯ/ศาลจังหวัดฯ/สถานีตำรวจฯ	AREA 5	MA-1	900	2,155	68,892.52	0.797	2.404		1.50	0.002		
ซอยข้างโรงพยาบาลกบินทร์บุรี	AREA 6	MC-E	500	500	8,014.63	0.092	0.092		0.30	0.001		
	MC-E	MA-2	100	100	8,014.63	0.092	0.092		0.30	0.007		
โรงพยาบาลกบินทร์บุรี	AREA 7	MA-2	900	990	21,725.74	0.251	0.343		0.80	0.001		
ถนนทุ่งแฝก-เขากระแต	AREA 8	MC-F	500	500	9,103.65	0.105	0.105		0.50	0.001		
	MC-F	MA-2	310	1,300	30,829.39	0.356	0.699		0.80	0.003		
	AREA 9	MC-G	500	500	5,934.72	0.068	0.068		0.50	0.001		
	MC-G	MA-2	15	1,315	36,764.11	0.425	1.124		1.20	0.002		
ที่ว่าการอำเภอกบินทร์บุรี	AREA 10	MC-H	500	500	5,429.05	0.062	0.062		0.50	0.001		
	MC-H	MA-2	185	1,400	42,193.16	0.488	1.612		1.20	0.002		
	AREA 11	MC-I	500	500	9,914.152	0.114	0.114		0.50	0.001		
	MC-I	MA-2	6	1,536	52,107.312	0.603	2.215		1.50	0.002		
มัสยิดกบินทร์บุรี	AREA 12	MA-2	625	2,161	61,501.052	0.711	2.926		1.50	0.002		



รูปที่ 4.28 ระบบระบายน้ำ BLOCK A

ตารางที่ 4.11 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK A

รายการ	ชื่อพื้นที่	รายละเอียดของงาน	ราคารวม (บาท)
1	BLOCK A	งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.30 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 3,804 m.	4,184,400
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.40 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,183 m.	2,129,400
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.50 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,000 m.	4,000,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 6 m.	13,800
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.80 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,113 m.	6,550,300
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 443 m.	1,772,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 1.50 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,546 m.	7,730,000
รวมราคาระบบระบายน้ำท่า BLOCK A			26,379,900

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK B

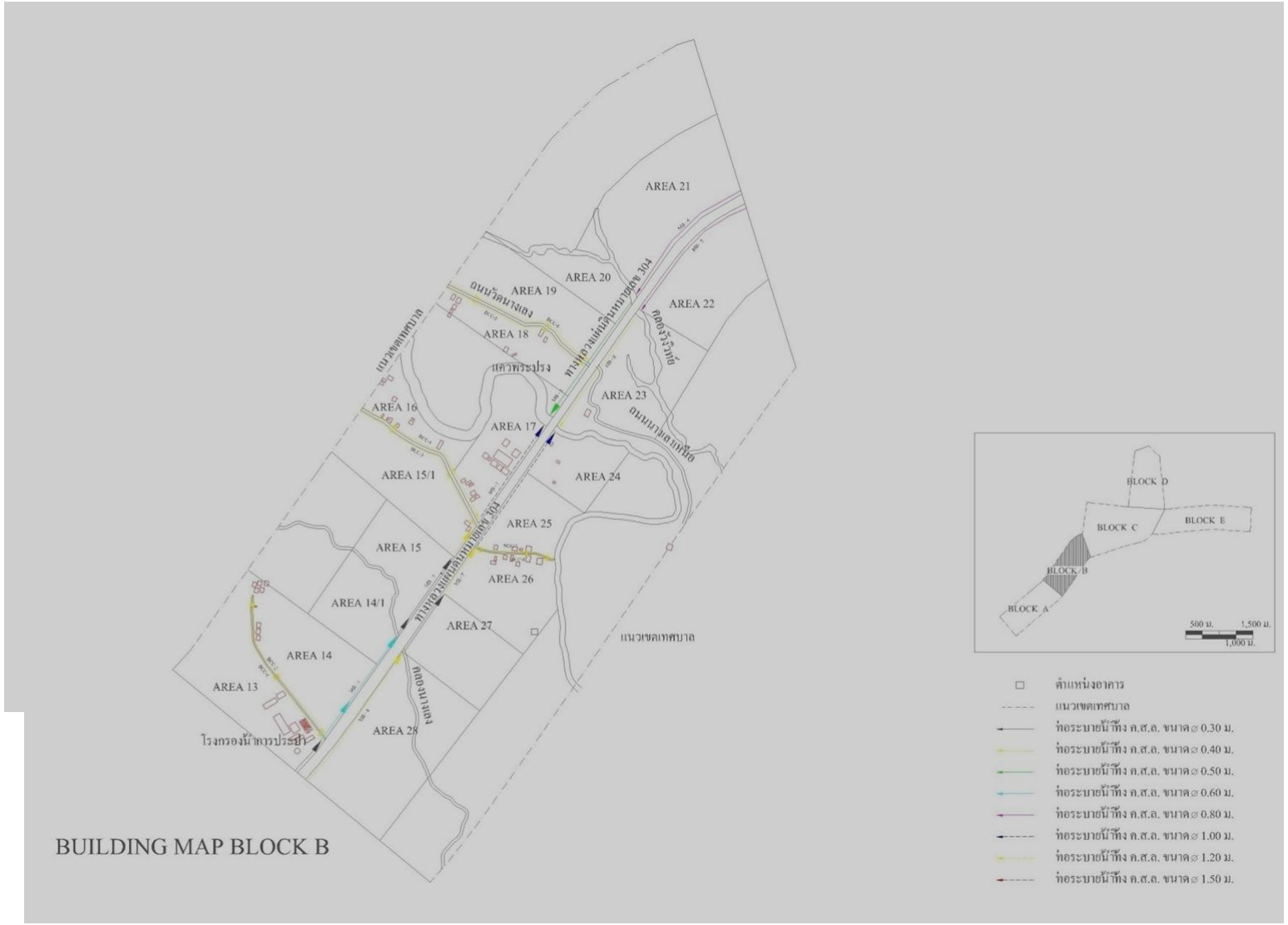
ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
ซอยข้างโรงกรอง	AREA 13	BCC-1	500	500	6,179.27	0.071	0.071		0.40	0.002		
	BCC-1	MB-1	124	124	6,179.27	0.071	0.071		0.30	0.007		
	AREA-14	BCC-2	500	500	5,740.81	0.066	0.066		0.40	0.002		
	BCC-2	MB-1	6	130	11,920.08	0.137	0.208		0.50	0.007		

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
คลองนางเลง	AREA 14/1	MB-1	361	491	15,395.99	0.177	0.385		0.60	0.003		
	AREA 15	MB-2	282	282	3,470.73	0.040	0.040		0.30	0.003		
	AREA 15/1	BCC-3	500	500	5,341.65	0.061	0.061		0.40	0.001		
	BCC-3	MB-2	144	396	8,812.38	0.101	0.141		0.50	0.002		
	AREA 16	BCC-4	500	500	2,054.15	0.023	0.023		0.30	0.002		
	BCC-4	MB-2	6	402	10,866.53	0.124	0.265		0.30	0.002		
	AREA 17	MB-2	340	742	14,359.65	0.166	0.431		1.00	0.001		
	AREA 20	MB-3	71	71	2,046.33	0.023	0.023		0.30	0.001		
	AREA 19	BCC-6	500	500	4,964.32	0.057	0.057		0.40	0.001		
	BCC-6	MB-3	134	205	7,010.65	0.081	0.104		0.50	0.001		
	AREA 18	BCC-5	500	500	2,686.53	0.031	0.031		0.40	0.001		
	MC18	MB-4	1,630	1,630	30,767.75	0.356	0.356		0.80	0.003		
	AREA 21	MB-4	438	2,068	38,318.46	0.443	0.443		0.80	0.003		
	BCC-5	MB-3	191	396	9,697.18	0.112	0.216		0.60	0.002		
	AREA 28	MB-8	474	474	9,258.16	0.107	0.107		0.40	0.007		
	AREA 27	MB-7	211	211	4,194.16	0.048	0.048		0.30	0.002		
	AREA 26	BCC-8	348	348	4,576.41	0.053	0.053		0.40	0.001		
	BCC-8	MB-7	160	371	8,770.57	0.101	0.149		0.50	0.002		
	AREA 25	BCC 7	340	340	3,126.85	0.036	0.036		0.30	0.001		
	BCC7	MB-7	6	377	11,897.42	0.137	0.286		0.60	0.002		

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	AREA 24	MB-7	412	752	2,760.92	0.031	0.317		0.80	0.002		
	MC23	MB-5	1,631	1,631	24,002.52	0.277	0.277		0.60	0.003		
	AREA 22	MB-5	422	2,073	29,738.56	0.066	0.342		0.80	0.003		



รูปที่ 4.29 ระบบระบายน้ำ BLOCK B

ตารางที่ 4.13 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK B

รายการ	ชื่อพื้นที่	รายละเอียดของงาน	ราคารวม (บาท)
1	BLOCK B	งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.30 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,534 m.	1,687,400
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.40 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 3,322 m.	5,979,600
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.50 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 444 m.	888,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,189 m.	5,034,700
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.80 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,902 m.	7,255,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 1.00 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 340 m.	1054,000
รวมราคาระบบระบายน้ำท่า BLOCK B			21,898,700

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK C

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
โรงแรมแคนทารี	ME2	MC1	3,314	3,314	65,059.20	0.753	0.753		0.80	0.003		
	A17	MC1	202	3,516	2,415.22	0.780	0.780		1.00	0.003		
	A16	MC2	731	4,247	6,772.93	0.858	0.858		1.00	0.003		
	A2	MC3	208	4,455	4,580.72	0.911	0.911		1.00	0.003		
หนองหินตั้ง	A3	MC4	599	5,054	6,870.31	0.990	0.990		1.00	0.003		
	ME5	MC5	3,303	3,303	60,048	0.695	0.695		0.80	0.003		
	A20	CC1	567	567	5,254.58	0.060	0.060		0.60	0.003		
	CC1	MC5	12	3,315	5,254.58	0.755	0.755		1.00	0.003		
	A18	MC5	113	3,428	2,293.76	0.781	0.781		1.00	0.003		
	A19-1	CC2	240	240	1,132.25	0.013	0.013		0.30	0.001		
	A19	MC5.1	117	3,428	1,064.20	0.793	0.793		1.00	0.003		

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
ซอยโรงเรียนบ้านไผ	CC2	MC5.1	117	3,428	1,132.25	0.806	0.806		1.00	0.003		
	A24	CC3	300	300	2,138.65	0.024	0.024		0.30	0.001		
	A23	CC5	157	157	729.63	0.008	0.008		0.30	0.001		
	CC4	CC3	115	515	729.63	0.032	0.032		0.40	0.001		
	A22	CC5	157	157	510.27	0.005	0.005		0.30	0.001		
	CC5	CC3	116	531	510.27	0.037	0.037		0.40	0.001		
ซอยโรงเรียนบ้านไผ	CC3	MC5.1	6	3,434	3,196.80	0.843	0.843		1.00	0.003		
ซอยบ้านไผ่	A25	CC6	869	869	2,823.57	0.032	0.032		0.40	0.001		
	A26											
	A27											
	CC6	MC6	156	3,590	2,823.57	0.875	0.875		1.00	0.003		
	A21	MC6	156	3,590	696.04	0.883	0.883		1.00	0.003		
	A28	CC7	150	150	995.34	0.011	0.011		0.30	0.001		
	A29	Cc7	132	182	182	0.022	0.022		0.30	0.001		
	A30	CC7	114	296	296	0.047	0.047		0.40	0.001		
	A32	CC8	238	238	238	0.009	0.009		0.30	0.001		
	CC8	CC7	34	330	330	0.056	0.056		0.40	0.001		
	CC7	MC6	6	3,596	3,596	0.939	0.939		0.50	0.001		
	A31	MC6	234	3,830	3,830	0.948	0.948		1.00	0.003		
ตลาดเม่งหลี	A30	MC7	863	2,693	2,693	1.028	1.028		1.00	0.003		
ม.ก้องตะวัน	A31	MC8	146	5,859	5,859	1.102	1.102		1.00	0.003		
	A32	K1	314	314	1,715.80	0.019	0.019		0.30	0.001		
	C1	K11	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C3	K9	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C4	K8	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C5	K7	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C6	K6	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C7	K5	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C8	K4	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C9	K3	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	C10	K2	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	K11	K15	70	70	94.41	0.001	0.001		0.30	0.001		
	K9	K15	40	110	94.41	0.001	0.002		0.30	0.001		
	K8	K15	40	150	94.41	0.001	0.003		0.30	0.001		
	K7	K15	6	156	94.41	0.001	0.004		0.30	0.001		
	K6	K15	40	196	94.41	0.001	0.005		0.30	0.001		
	K5	K15	6	202	94.46	0.001	0.006		0.30	0.001		
	K4	K15	40	242	94.46	0.001	0.007		0.30	0.001		
	K3	K15	6	248	94.46	0.001	0.008		0.30	0.001		
	K2	K15	40	288	94.46	0.001	0.009		0.30	0.001		
	K1	K15	102	294	1,715.80	0.019	0.028		0.40	0.001		
	K15	MC8	146	5,899	2,419.20	0.028	1.130		1.00	0.003		
	A33	K12	362	362	2,313.25	0.026	0.026		0.40	0.001		
	K12	MC8	6	5,865	2,313.25	1.156	1.156		1.20	0.003		
หนองหินตั้ง	Mc8	MC9	111	5,976	88,878.40	1.156	1.156		1.20	0.003		
ปั๊มน้ำมันศุภผล	A.7	MC 14	484	484	6,971.13	0.080	0.080		0.40	0.003		
	A.8	MC 15	233	717	3,708.25	0.042	0.123		0,50	0.003		
ม.เอื้ออาทรT2	A.9	CC9	700	700	7,085.11	0.082	0.082		0.50	0.001		
	CC9	MC 15	6	723	7,085.11	0.082	0.205		0.50	0.003		
	A10	MC 16	495	1,218	4,529.13	0.052	0.275		0.60	0.003		
ชุมชนเนินแห่	A11	CC 10	431	431	6,480.71	0.075	0.075		0.50	0.001		
	CC10	MC 17	178	1,396	6,480.76	0.075	0.332		0.80	0.003		
	A12	CC 11	431	431	2,082.95	0.024	0.024		0.30	0.001		
	CC11	MC 18	6	1,402	2,082.95	0.024	0.356		0.80	0.003		
ไป BLOCK B	MC18	MC 18	228	1,630	30,067.75	0.356	0.356		0.80	0.003		
ปั๊มน้ำมันศุภผล	A.35	MC 20	95	95	1,725.18	0.020	0.020		0.30	0.003		

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	A35A	CC 12	295	295	2,266.25	0.026	0.026		0.30	0.001		
ร.ร. กบินทร์บุรีวิทยา	CC12	MC 20	72	167	2,266.25	0.026	0.046		0.30	0.003		
	A36	CC 13	295	295	3,768.88	0.043	0.043		0.40	0.001		
	CC13	MC 21	6	173	3,768.88	0.043	0.089		0.40	0.003		
	A.37	CC 14	245	245	2,936.94	0.034	0.034		0.40	0.001		
ชุมชนหนองกุลา	CC14	MC 21	482	655	2,936.64	0.034	0.123		0.50	0.003		
	CC15	MC 22	6	661	1,900.16	0.019	0.019		0.30	0.003		
	A38	CC 16	335	335	1,700.16	0.019	0.019		0.30	0.001		
	CC16	CC 15	472	472	1,700.16	0.019	0.019		0.30	0.001		
	A.39	MC 22	141	802	1,288.77	0.015	0.138		0.50	0.003		
	A.40	CC 17	220	220	1,465.33	0.017	0.017		0.30	0.001		
	CC17	MC 22	179	981	1,465.33	0.017	0.155		0.50	0.003		
	A.41	CC 18	225	225	1,622.47	0.018	0.018		0.30	0.001		
	CC18	MC 22	6	987	1,622.47	0.018	0.173		0.50	0.001		
	A.42	MC 22	262	6,249	3,610.13	0.041	0.241		0.60	0.003		
	A.43	CC 19	546	546	3,487.72	0.040	0.040		0.40	0.001		
ซอยเกาะหวาย	CC19	MC 22	120	1,396	3,482.72	0.040	0.254		0.60	0.003		
	A.44	CC 20	546	546	2,056.92	0.023	0.023		0.30	0.001		

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	CC20	MC 23	6	1,375	2,056.92	0.023	0.277		0.60	0.003		
ไป BLOCK B	MC23	MB-5	256	1.631	24,002.56	0.277	0.277		0.60	0.003		

รูปที่ 4.30 ระบบระบายน้ำ BLOCK C

ตารางที่ 4.15 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK C

รายการ	ชื่อพื้นที่	รายละเอียดของงาน	ราคารวม (บาท)
1	BLOCK C	งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 0.30 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 4,589 m.	5,047,900
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 0.40 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,419 m.	4,354,200
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 0.50 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,484 m.	2,968,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,706 m.	3,923,800
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 0.80 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 412 m.	1,030,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 1.00 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 320 m.	992,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. Ø 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 117 m.	468,000
รวมราคาระบบระบายน้ำท่า BLOCK C			18,783,900

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK D

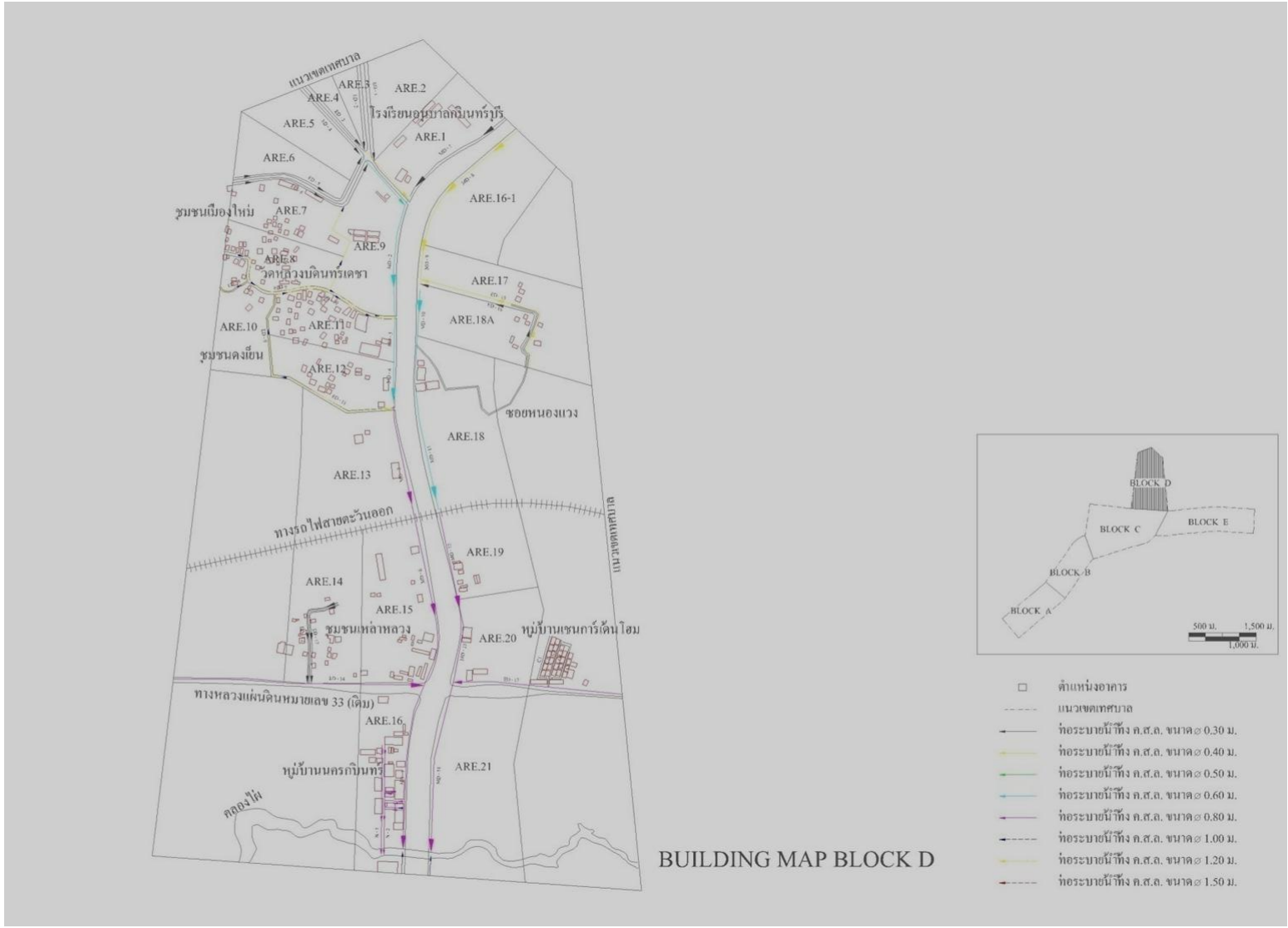
ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
โรงเรียนอนุบาลกบินทร์บุรี	ARE.1	MD1	373	373	3,982.80	0.046	0.046		0.30	0.003		
	ARE.2	ED-1	294	294	3,386.36	0.039	0.039		0.30	0.002		
	ARE.3	ED-2	250	250	735.23	0.009	0.009		0.30	0.002		
	ARE.4	ED-3	254	254	707.51	0.008	0.008		0.30	0.002		
	ED-2	ED-3	254	254	735.23	0.009	0.009		0.40	0.002		
	ED-1	ED-3	15	269	3,386.36	0.039	0.048		0.40	0.002		
	ARE.5	ED-4	273	273	2,737.99	0.031	0.031		0.30	0.002		

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	ARE.6	ED-5	496	496	2,642.16	0.030	0.030		0.30	0.002		
วัดหลวงบดินทร์เดชา	ARE.7	ED-6	510	510	3,325.93	0.038	0.038		0.30	0.002		
	ED-5	ED-4	273	273	2,642.16	0.031	0.031		0.30	0.002		
	ED-6	ED-4	6	279	3,325.93	0.038	0.069		0.40	0.002		
	ED-4	MD2	15	388	5,968.09	0.069	0.069		0.60	0.003		
	ARE.9	ED-7	329	717	4,111.27	0.047	0.116		0.60	0.003		
	ARE.8	MD2	650	650	3,377.39	0.039	0.039		0.30	0.002		
	ED-7	ED-9	717	717	3,377.39	0.039	0.155		0.60	0.003		
	ARE.10	ED-9	250	250	2,809.01	0.032	0.032		0.30	0.002		
	ARE.11	ED-10	380	630	3,491.84	0.040	0.040		0.40	0.002		
	ED-9,ED-10	MD2	6	723	6,300.85	0.072	0.227		0.60	0.003		
	ARE.12	ED-11	330	330	3,539.65	0.040	0.040		0.40	0.002		
	ED-11	MD3 ,MD 4	365	1,088	3,539.65	0.040	0.267		0.60	0.002		
	ARE.13	MD5	332	1,420	7,993.19	0.092	0.039		0.80	0.002		
	ARE.14	ED 12, ED 13	304 292	304 292	6,239.00	0.072	0.072		0.40	0.002		
	ED-12	ED -14	396	396	3,199.50	0.036	0.036		0.30	0.002		
	ED-13	ED-14	6	402	3,199.50	0.036	0.036		0.30	0.002		
	ED-14	MD6	188	590	6,239.00	0.072	0.431		0.80	0.003		
สถานีบริการน้ำมันเชลล์	ARE.15	MD6	506	1,926	6,233.41	0.072	0.503		0.80	0.003		
	MD6	MD7	489	2,415	6,233.41	0.072	0.503		0.80	0.003		
	ARE.16	N-1 N-2	315 315	315 315	2.365.69 2,365.69	0.027	0.027 0.027		0.30	0.002		

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	ARE.16-1	MD8	449	449	5,328.77	0.027	0.061		0.30	0.003		
	ARE.17	ED-15	534	534	5,354.06	0.061	0.062		0.40	0.002		
	ED-15	MD9	102	636	5,354.06	0.062	0.123		0.40	0.003		
	ARE.18A	ED-16	530	530	3,521.10	0.062	0.040		0.60	0.002		
	ED-16	MD9	6	642	3,521.10	0.040	0.163		0.30	0.003		
	ARE.18	MD10	687	1,329	7,808.94	0.090	0.253		0.60	0.003		
	ARE.18A	MD11								0.003		
	ARE.19	MD12	263	1,592	4,143.10	0.048	0.301		0.80	0.003		
ม.เชนการ์เด้นโฮมส์	C1	C3	167	167	109.32	0.001	0.001		0.30	0.002		
	C2	C3	154	154	109.32	0.001	0.001		0.30	0.002		
	C5	C4	150	150	109.32	0.001	0.001		0.30	0.002		
	C6	C4	170	170	109.32	0.001	0.001		0.30	0.002		
	C4	ED17	144	144	218.64	0.002	0.002		0.30	0.002		
	C3	ED17	144	144	218.64	0.002	0.004		0.30	0.002		
	ED-17	MD13	502	502	437.28	0.004	0.341		0.80	0.003		
	ARE.20	MD13	244	1,836	4,403.69	0.050	0.391		0.80	0.003		
	ARE.21	MD14	508	2,344	7,484.08	0.086	0.474		1.00	0.003		
สายสัมพันธ์ฯ	MC11	MD11	1,476	1,476	13,478.40	0.156	0.156		1.00	0.003		
คลองไผ่	A.1	MD11	54	1,530	528.59	0.006	0.162		1.00	0.003		
	MC15	MD15	1,561	1,561	25,660.80	0.297	0.297		1.00	0.003		
	A15	MD15	49	1,610	1,241.09	0.014	0.311		1.00	0.003		



รูปที่ 4.31 ระบบระบายน้ำ BLOCK D

ตารางที่ 4.17 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK D

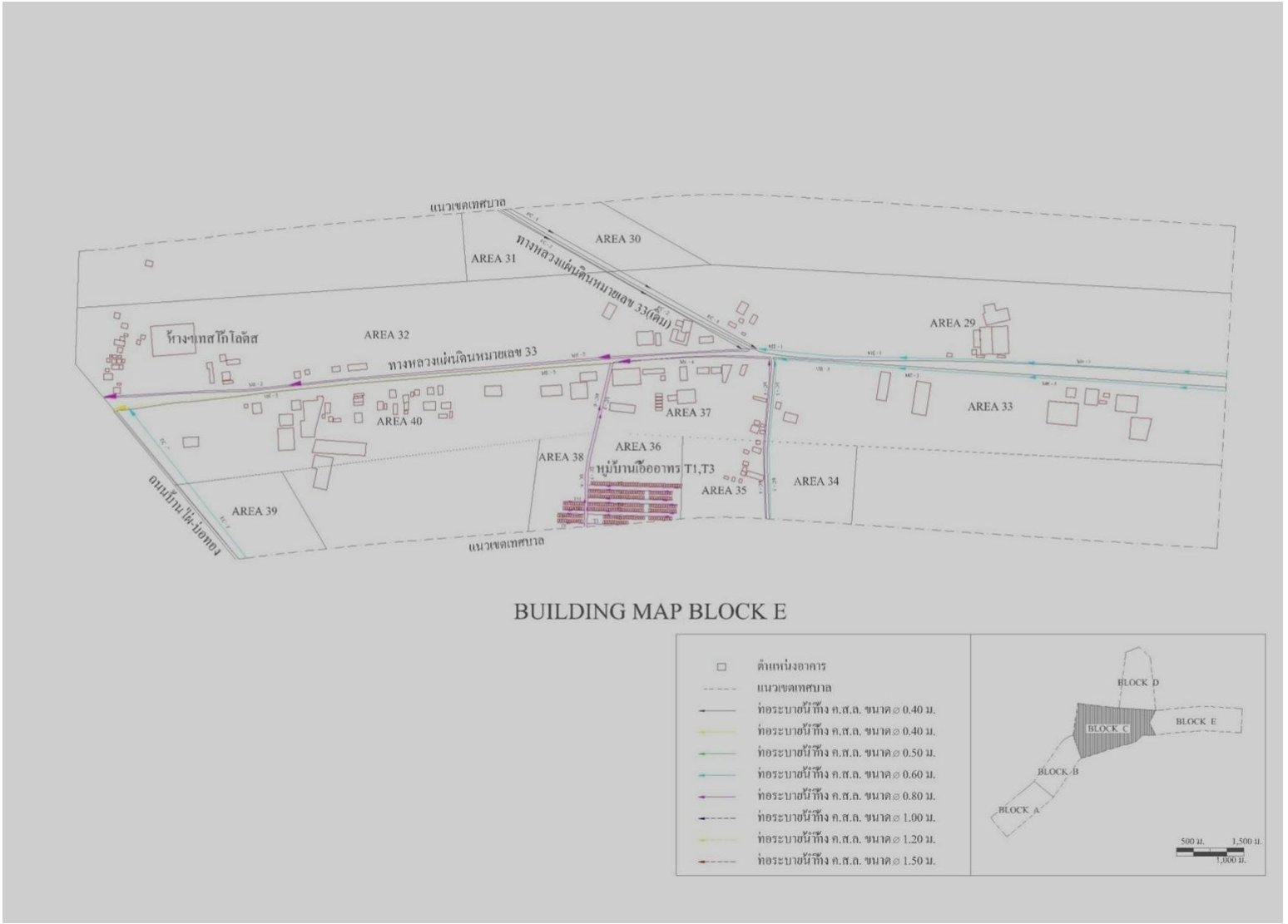
รายการ	ชื่อพื้นที่	รายละเอียดของงาน	ราคารวม (บาท)
1	BLOCK D	งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.30 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 5,409 m.	5,949,900
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.40 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 1,925 m.	3,465,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,649 m.	6,092,700
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.80 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,524 m.	6,310,000
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 1.00 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 103 m.	319,300
รวมราคาระบบระบายน้ำท่า BLOCK D			22,136,900

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบรวบรวมน้ำท่า BLOCK E

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
สหกรณ์การเกษตร	AREA 29	ME1	1,396	1,396	26,479.97	0.306	0.306		0.60	0.003		
ทางหลวง 33(เดิม)	AREA 30	BC1	841	841	3,770.23	0.043	0.043		0.40	0.001		
ทางหลวง 33(เดิม)	BC1	ME1	1,396	1,396	3,770.23	0.043	0.349		0.60	0.003		
	AREA 31	BC2	838	838	3,597.58	0.041	0.041		0.40	0.001		
	BC2	ME2	12	1,408	3,597.58	0.041	0.390		0.60	0.003		
ห้างเทสโก้ฯ	AREA 32	ME2	1,906	3,314	32,196.88	0.372	0.762		0.80	0.003		
โรงเหล็กบ่อบ่อทอง	AREA 33	ME3	1,337	1,337	21,300.78	0.246	0.246		0.60	0.003		

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ชื่อสถานที่	FROM	TO	ความยาวช่วงท่อ (m.)	ความยาวช่วงท่อสะสม (m.)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/d)	ปริมาณน้ำท่าช่วงท่อ (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าสะสม (m^3/sec)	ปริมาณน้ำท่าออกแบบ (m^3/sec)	ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย			Op-Qt
									ขนาดท่อ (m.)	Slope		
	AREA 34	BC 3	476	476	3,927.43	0.045	0.045		0.40	0.001		
	BC3	ME3	1,337	1,337	3,927.43	0.045	0.291		0.60	0.003		
	AREA 35	BC4	476	476	3,908.55	0.045	0.045		0.40	0.001		
	BC4	ME4	7	1,344	3,908.55	0.045	0.336		0.80	0.003		
ม.เอื้ออาทร T1	T1	EC5	100	100	114.51	0.001	0.001			0.001		
	T2	EC5	255	255	254.31	0.002	0.002		0.20	0.001		
	T3	EC5	267	267	231.99	0.002	0.002		0.20	0.001		
	T4	EC5	267	267	231.99	0.002	0.002		0.20	0.001		
	T5	EC5	255	255	254.31	0.002	0.002		0.20	0.001		
	T6	EC5	255	255	254.31	0.002	0.002		0.20	0.001		
	AREA 36	T7	278	278	2,818.99	0.032	0.032		0.40	0.001		
	AREA 37	EC5	492	492	4,160.41	0.048	0.048		0.40	0.001		
	EC5	ME4	463	1,807	4,160.41	0.048	0.384		0.80	0.003		
	AREA 38	EC6	500	500	2,907.06	0.033	0.033		0.40	0.001		
	EC6	ME5	12	1,819	2,907.06	0.033	0.417		0.80	0.003		
	AREA 39	EC7	570	570	4,292.96	0.049	0.094		0.60	0.001		
	AREA 40	ME5	1,484	3,303	19,856.22	0.229	0.646		0.80	0.003		
ถนนบ้านไผ่-บ่อทอง	EC7	ME5	1,484	3.303	4,292.96	0.049	0.695		0.80	0.003		



รูปที่ 4.32 ระบบระบายน้ำ BLOCK E

ตารางที่ 4.19 ระบบท่อระบายน้ำและราคาค่าก่อสร้างของเทศบาลตำบลเมืองเก่า BLOCK E

รายการ	ชื่อพื้นที่	รายละเอียดของงาน	ราคารวม (บาท)
1	BLOCK E	งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.40 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 2,632 m.	4,735,800
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 3,315 m.	7,624,500
		งานวางท่อระบายน้ำ ค.ส.ล. ∅ 0.80 ม. พร้อมบ่อพัก	
		L = 3,408 m.	8,520,000
รวมราคาระบบระบายน้ำท่า BLOCK E			20,880,300

ตารางที่ 4.20 สรุปราคาค่าลงทุนเบื้องต้นของระบบท่อระบายน้ำเทศบาลตำบลเมืองเก่า

ลำดับที่	สถานที่ก่อสร้าง (BLOCK)	ราคา (บาท)
1	ระบบท่อระบายน้ำBLOCK A	26,379,900
2	ระบบท่อระบายน้ำBLOCK B	21,898,700
3	ระบบท่อระบายน้ำBLOCK C	18,783,900
4	ระบบท่อระบายน้ำBLOCK D	22,136,900
5	ระบบท่อระบายน้ำBLOCK E	20,880,300
	รวมเป็นเงิน	110,079,700
	Factor F (งานทาง) 1.1914	131,148,954.58
ปรับตัวเลขมูลค่าก่อสร้างทั้งสิ้น เป็นเงิน 131,149,000 บาท		

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าเช่น ข้อมูลจำนวนประชากร, ข้อมูลการก่อสร้างอาคาร และข้อมูลปริมาณน้ำท่า เพื่อนำมาวิเคราะห์หาขนาด,จำนวน และงบประมาณการดำเนินการพัฒนาระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 จากการสำรวจข้อมูลการก่อสร้างอาคารภายในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า ในช่วงปี พ.ศ.2551-พ.ศ.2555 ที่ผ่านมา พบว่าปริมาณการก่อสร้างอาคารมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกๆพื้นที่ทั้งที่อยู่ในบริเวณชุมชนเมืองและชุมชนชนบทแต่บริเวณพื้นที่ก่อสร้างอาคารบางแห่งยังขาดระบบระบายน้ำสาธารณะเพื่อรองรับน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนราษฎร ดังนั้น เทศบาลตำบลเมืองเก่าควรดำเนินการพัฒนาระบบระบายน้ำของชุมชนต่างๆ ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าให้เพียงพอ ต่อไป

5.1.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรในพื้นที่ด้วยสมการความสัมพันธ์แนวโน้มการเพิ่มขึ้น โดยใช้สมการเส้นตรง และสมการโพลีโนเมียม พบว่า จำนวนประชากรมีอัตราเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี ซึ่งการคาดการณ์จำนวนประชากรโดยสมการเส้นตรง จำนวนประชากรมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 และ การคาดการณ์จำนวนประชากรโดยสมการโพลีโนเมียม จำนวนประชากรมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และเมื่อมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นปริมาณน้ำเสียจึงเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นความจำเป็นในการพัฒนาระบบระบายน้ำให้เพียงพอต่อพื้นชุมชนต่างๆจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

5.1.3 ในช่วงปี พ.ศ.2546-พ.ศ.2555 ที่ผ่านมามีปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่เข้ามาในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าปริมาณสูงสุด เฉลี่ย 1,795,522.56 ลูกบาศก์เมตร แต่ระบบระบายน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำท่ารวมถึงเทศบาลตำบลเมืองเก่ายังไม่มีการวางขนาดและกำหนดทิศทางการระบายน้ำให้ลงสู่แหล่งรองรับน้ำสาธารณะเทศบาลตำบลเมืองเก่าจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบระบายน้ำของชุมชนต่างๆ ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าให้เพียงพอปริมาณน้ำท่าที่เข้ามาในพื้นที่

5.1.4 จากการสำรวจพื้นที่พบว่าระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าที่มีในปัจจุบันบางแห่งมีความชำรุดเสียหายเกิดการทรุดตัวอุดตันไม่สามารถระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพได้ และบางแห่งระบบระบายน้ำมีขนาดเล็กไม่สามารถรองรับน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้ เช่นท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านก้องตะวัน (ชุมชนสามทหาร), หมู่บ้านเชนการ์เด้นโฮม (ชุมชนเหล่าหลวง) และหมู่บ้านชัยจินดา (ชุมชนตำรวจ) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.1 - รูปที่ 5.3 ดังนั้นการพัฒนาระบบระบายเดิมที่มีอยู่ รวมถึงการก่อสร้างระบบระบายน้ำใหม่เชื่อมระบบระบายน้ำเดิมให้เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ ระบายลงสู่แหล่งรองรับน้ำสาธารณะโดยเทศบาลตำบลเมืองเก่าสามารถทราบถึงงบปริมาณการลงทุนเพื่อดำเนินการโครงการเพื่อการสรรหางบประมาณดำเนินการ ต่อไป

รูปที่ 5.1 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านก้องตะวัน

รูปที่ 5.2 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านเชนการ์เด้นโฮม

รูปที่ 5.3 ท่อระบายน้ำทิ้งภายในหมู่บ้านชัยจินดา

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อมูลระบบระบายน้ำเดิมในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าแล้วปรากฏว่าระบบระบายน้ำเดิมที่มีอยู่บางพื้นที่เกิดความชำรุดเสียหายและมีขนาดไม่เหมาะสมเพียงพอต่อการระบายน้ำ รวมถึงการขาดการวางแผนการดำเนินการโครงการก่อสร้างวางระบบระบายน้ำให้เหมาะสมต่อทิศทางการขยายตัวของชุมชน ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจึงมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานเทศบาลตำบลเมืองเก่าซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบการพัฒนาระบบการระบายน้ำ ตามภารกิจของเทศบาลดังนี้

5.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ ของเทศบาลตำบลเมืองเก่า เช่น ข้อมูลตำแหน่งการก่อสร้างอาคารในพื้นที่, ข้อมูลระบบระบายน้ำเดิมที่มีในปัจจุบัน และข้อมูลอื่นๆ ควรมีการรวบรวมข้อมูลโดยละเอียด และควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์โครงการในด้านต่างๆซึ่งมีความต้องการในการใช้งานข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงสุด รวมถึงการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลให้เป็นระบบอิเล็คทรอนิคส์ประชาชนทั่วไปสามารถสืบค้นข้อมูลได้โดยตรง สามารถช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่และประชาชนทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อไป

5.2.2 จากการศึกษาข้อมูลระบบระบายน้ำที่มีอยู่ในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่าปรากฏว่าท่อระบายน้ำขาดการซ่อมแซมบำรุงรักษามีความชำรุดเสียหายหลายแห่ง รวมถึงระบบระบายน้ำมีตะกอนอุดตันขัดขวางการระบายน้ำ ดังนั้นหากเทศบาลตำบลเมืองเก่ายังขาดงบประมาณในการก่อสร้างระบบระบายน้ำขึ้นใหม่ เทศบาลตำบลเมืองเก่าควรดำเนินการขุดลอกทำความสะอาดระบบระบายน้ำทั้งหมด ก่อนเดือนกรกฎาคม (ช่วงฤดูฝน)ของทุกปีเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ชุมชน

5.2.3 สร้างความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ให้เห็นถึงประโยชน์ของการวางระบบระบายน้ำเพื่อกำหนดโครงการไว้ในแผนพัฒนาเทศบาล โดยวางโครงการพัฒนาระบบระบายน้ำให้สอดคล้องตามงบประมาณรายจ่ายในแต่ละปีโดยแบ่งพื้นที่ดำเนินการโครงการเป็นช่วงๆตามความจำเป็น

5.2.4 นอกจากการศึกษา และนำเสนอข้อมูลการพัฒนาระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลเมืองเก่า แล้วควรมีการศึกษาสำรวจพื้นที่ในหมู่บ้านอื่นๆ โดยรอบด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำพระสทึง เพื่อทำการวางแผนการบริหารจัดการน้ำรวมกับประชาชนและหน่วยงานราชการอื่นที่เกี่ยวข้อง ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

แผนพัฒนาสามปีเทศบาลตำบลเมืองเก่า.(2556).**สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐาน** (หน้า 6-9). ปราจีนบุรี :กองวิชาการและแผนงานเทศบาลตำบลเมืองเก่า

ปรียาพร โกษา. (2549).**เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาอุทกวิทยา 1** (หน้า 4-8)

โชติไกร ไชยวิจารณ์.(2549).**แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างยั่งยืน (ออนไลน์).**ได้จาก: http://www.engineer-thai.com

ปัญหาและสาเหตุทั่วไปของการเกิดน้ำท่วม (ออนไลน์). ได้จาก : http://ridceo.rid.go.th/buriram/flood_problem.html

หนังสือสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15. ได้จาก : http://ku.ac.th/school/snet6/envi3/subwater1/ water.html

นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. ได้จาก : http://www.mahidol.ac.th/e.media/Ecology/chapter3/chapter3_water.html

Mishra, S.K. and V.P. Singh. (2003). **Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology** . Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และ พิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์. (2551). **การกำหนดค่า SCS-CN ของพืชคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่ต้นน้ำ**. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สานักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ (เอกสารเผยแพร่ที่ 7/2551) **:** กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ดิเรก ทองอร่าม. (2525). **ความต้องการน้ำชลประทานและค่าชลภาระในการออกแบบระบบส่งน้ำ**. เอกสารการสัมมนาวิชาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทางานชลประทาน

Ven te chow. (1959). **OPEN-CHANNEL HYDRAULICS**

ประวัติผู้เขียน

นายยศพงศ์ โบศรี เกิดวันที่ 16 มีนาคม 2517 ที่จังหวัดนนทบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีก่อสร้าง มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ในปี พ.ศ. 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2555 ด้านการทำงาน ตุลาคม 2547 นายช่างโยธาเทศบาลตำบลเมืองเก่า ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี กุมภาพันธ์ 2556 หัวหน้าฝ่ายแบบแผนและก่อสร้าง เทศบาลตำบลเมืองเก่า ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ที่อยู่ปัจจุบัน 78/3 หมู่ที่ 8 ตำบลกบินทร์ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25110 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 086-074-1459 e-mail: yos5113@hotmail.com สถานที่ทำงาน สำนักงานเทศบาลตำบลเมืองเก่า เลขที่ 173/7-8 หมู่ที่ 9 ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25240 โทร (037) 281666 ต่อ 107