TCP/THA/3101
DRAFT FINAL REPORT

TECHNICAL COOPERATION PROGRAMME

POLICIES AND STRATEGIC PLANNING FOR THE THAILAND IRRIGATION SECTOR REFORM PROGRAMME

T H A I L A N D

FINAL REPORT
ON DESIGN & OPERATION

by

DR.VARAWOOT VUDHIVANICH
NATIONAL SENIOR IRRIGATION PLANNING EXPERT
(D&O EXPERT)

MINISTRY OF AGRICULTURE AND COOPERATIVES

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

BANGKOK, JULY 2008

Contents Page

Table of Contents i
1.INTRODUCTION 1
1.1 Project Background and Justification 1
1.2 Conceptual Frameworks for Irrigation Sector Reform 2
1.3 Methodology 6
1.3.1 Steps of Work 6
1.3.2 Organizational Structure for Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Reform 7
1.4 Expected Output 8
2. Review of Irrigation Management and Related Issues 9
2.1 Introduction 9
2.2 Vision of Royal Irrigation Department and Other Related Agencies 9
2.2.1 Vision and Strategic Map of RID 10
2.2.2 Vision and Strategy of Department of Water Resources 13
2.2.3 Vision and Strategy of Department of Agricultural Extension 14
2.3 Irrigation Management Structure of Thailand 15
2.3.1 Organization Structure of RID 16
2.3.2 Organization Structure of the Regional Irrigation Office 17
2.3.3 Organization Structure of Irrigation Project 18
2.4 Concept of Irrigation Sector Re4form from ASPL Project 19
2.4.1 Participatory Irrigation Management 22
2.4.2 Cost Sharing 22
2.4.3 Irrigation Service Agreement and Management Audits 23
2.4.4 Promotion of Private Sector Provision of Irrigation Services 23
2.4.5 Restructuring of RID 24
2.5 Tools for Irrigation Project Evaluation 24
2.5.1 Performance Indicators and Service Standards 24
2.5.2 Rapid Appraisal Process 26
2.6 Strategic Issues from 1st National Consultation Workshop 30
2.6.1 Strength-Weakness-Opportunity-Treat in Irrigation Management 30
2.6.2 Strategy for Irrigation Management 34
2.6.3 Strategies and Activities 35
2.7 Service Oriented Management and Irrigation Modernization 36
2.7.1 Service Oriented Management 36
2.7.2 Irrigation Modernization 38
3. Pilot Project Performance Assessment by RAP 40
3.1 Introduction 40
3.2 The Detail of the Pilot Projects 40
3.2.1 Phetchaburi O&M Project 40
3.2.2 Borrommathad O&M Project 41
3.2.3 Huai Fi and Nam Puey Small Scale Irrigation Projects 42
3.2.4 Huai Sam Pad Medium Scale Irrigation Project 43
3.2.5 Huai Mong Irrigation Pumping Project 44
3.3 Pilot Project Evaluation by RAP 45
3.3.1 External Indicators 46
3.3.2 Internal Indicators 53
3.4 Main Problem Issues in Water Management of the Pilot Projects Deriving from Stakeholder Meeting 62
3.4.1 Phetchaburi O&M Project 62

3.4.2 Borrommathad O&M Project 62
3.4.3 Phayao Irrigation Project 64
3.4.4 Huai Sam Pad Medium Scale Project and Huai Mong Pumping Project 64
4. Issues and Options for Design and Operation 66
4.1 Main Issues Afflecting Design and Operation of Irrigation Project 66
4.1.1 The Present Practices on Design and Operation 66
4.1.2 Lack of Analysis for MOM Budget Requirements 67
4.1.3 Less Support to Field Operation 67
4.1.4 Weak Water User Groups 68
4.2 Issues and Options on Design 68
4.2.1 Present Design Concept 68
4.2.2 Gated Manually Operated System-Increasing Flexibility but Difficulty in Operation 69
4.3 Issues and Options for Irrigation Project Operation 70
4.3.1 Water Allocation 70
4.3.2 Water Delivery Scheduling 71
4.3.3 Water Delivery Control 72
4.3.4 Monitoring and Evaluation 73
5. Strategy for Design and Operation 74
5.1 Introduction 74
5.2 Concept in Formulation of Design and Operation Strategy 74
5.3 Strategy for Operation 76
5.3.1 Operation Strategy at River Basin Level 76
5.3.2 Operation Strategy at Project Level 78
5.4 Strategy for Design 88
6. Guidelines for Design 90
6.1 Introduction 90
6.2 Practical Guidelines for Design of Irrigation System 91
6.2.1 Existing Practices for Canal Design 91
6.2.2 Existing Practices for Pipe System Design 102
6.3 Proposed Concept for Irrigation System Design 106
7. Guidelines for Water Management 112
7.1 Introduction 112
7.2 The Existing Practices in Water Management 112
7.2.1 River Basin Water Management Practices 114
7.2.2 Irrigation Project Water Management Practices 114
7.2.3 On Farm Water Management Practices 117
7.2.4 Structure of RID Related to Present Water Management Practices 117
7.2.5 Process and Procedure for Existing Water Management Practices 122
7.26 Example of Solution Approach for Critical Water Problems in Dry Season 123
7.3 Water Management Problems of the Pilot Projects 124
7.3.1 Water Management Problems of Phetchaburi O&M Project 124
7.3.2 Water Management Problems of Borrommthad O&M Project 124
7.3.3 Water Management Problems of Huai Fi Small Scale Irrigation Project 124
7.3.4 Water Management Problems of Nam Puey Small Scale Irrigation Project 124
7.3.5 Water Management Problems of Huai Sam Pad Medium Scale Irrigation Project 125
7.3.6 Water Management Problems of Huai Mong Pumping Project 125
7.3.7 Water Management Problems of Tab Salao O&M Project 125
7.3.8 Summary of Pilot Project Water Management Problems 126

7.4 Proposed Water Management Approach 126
7.4.1 Guidelines for Water Allocation for Different Sectors in the Basin 127
7.4.2 Guidelines for Service Agreement Based Water Management 128
8. Monitoring and Evaluation System 133
8.1 Introduction 133
8.2 Objective of M&E System for Irrigation Project 133
8.3 Key Questions on M&E 133
8.4 Design Concept of M&E System 135
8.5 Parameters of M&E System 136
8.6 Development of M&E System 137
8.7 Guidelines for Application of the M&E-IP Model for Irrigation Project 142
8.8 Problems in Application of M&E-IP Model for the Pilot Projects 143
9. Guidelines for Irrigation Modernization Training 154
9.1 Introduction 154
9.2 Training of The Trainers 154
9.2.1 Implementation Procedure 154
9.2.2 Basic Contents of the Training of The Trainers Program 155
9.3 Draft Curriculum Structure of the Training of The Trainers 156
9.4 Structure of the National Upgrading Program 163
10. Guidelines for Developing Reservoir Rule Curves 164
10.1 Introduction 164
10.2 Development of Rule Curves by Simulation Using HEC-3 164
10.3 Development of the Probability Based Rule Curves 165
10.4 Development of Rule Curves by the Combined Simulation – Optimization 166
10.5 Recommendations 166
11. References 168
ANNEX 170
1. TOR 171
2. KPIs of the 2007 RID Strategy 172
3. IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects 175
4. RAP Manual in Thai Version 180

1. INTRODUCTION

1.1 Project Background and Justification

For a century ago, the primary mission of the Royal Irrigation Department (RID) has been to develop irrigation and manage medium and large-scale irrigation systems throughout the country. The RID has been successful at enabling the country to develop more than 27 million rai of irrigated land. Thai rice is a well-known commodity around the world. But the conditions upon which the RID's original mission was based have changed in recent years. Most of the economically and environmentally suitable sites for development of medium and large-scale irrigation schemes have already been developed. Population growth and economic diversification are increasing the competition for water. There is urgent need for more integrated planning and management of water resources at the river basin level. The problem of food shortages has largely been solved and the main concern of most Thai farmers today is how to increase the economic productivity of irrigated agriculture. In recent years the Royal Thai Government (RTG) has adopted a number of important reforms. These include the new Constitution of Thailand of 1997, the Decentralization Act of 1999, the Eighth and forthcoming Ninth National Economic and Social Development Plans, and the promotion of people's participation, decentralization of government, stronger private/public sector partnership and greater transparency and accountability in government agencies notably through the introduction of result-based management and key performance indicators. Government financial pressures, the program of the Civil Service Commission and the restructuring program of the Ministry of Agriculture and Cooperatives (MOAC) require that greater efficiencies be achieved in the agriculture and irrigation sectors. It is necessary to reduce the need for high-cost, externally financed rehabilitation projects. More efficient ways must be found to ensure the sustainability of irrigation systems.

Thailand has an ancient history of farmer-managed irrigation. And yet today, RID staff manages many irrigation systems from the headworks to the field ditch, at no cost to farmers. This is no longer affordable to the government, nor sustainable. To enable more farmers financing of Thailand's irrigation schemes, irrigation management must become more oriented toward the farmers' dynamic demands for water than administrative routines. The RID will need to change the way it interacts with farmers from a top-down relationship to a partnership. The RID will shift its emphasis toward building capacity of water users organizations and providing appropriate support services to them. Under the irrigation component of the ongoing Agriculture Sector Program Loan (ASPL), financed by the Asian Development Bank and in addition to rehabilitation of irrigation infrastructure, the RTG is committed to implementing a number of reforms in the irrigation systems selected for rehabilitation under the ASPL. This policy consists of the following 4 key principles including: (1) participatory irrigation management (PIM) (2) cost sharing (3) service agreement and management audits and (4) restructuring of RID. This policy has not been realized in practices. A PIM manual has been developed in year 2005 to be a guideline for irrigation projects to change their practices to participatory irrigation management. In year 2008, RID provides more financial support (1 million THB per project) to irrigation projects in order to stimulate the PIM process.

Successful adoption of these policies will require many efforts. These will include legislation, participatory planning, studies, consultations with farmers and other government agencies and the ingenuity and team efforts of staff of the RID. In order for the Reform Program to be a success, the productivity and profitability of irrigated agriculture should

increase. Hence, it will be necessary for RID to collaborate closely with the Department of Agricultural Extension and other agencies that support farmers in agricultural and marketing aspects.

In support of the ISR Program, high-level administrative regulations will be needed to provide adequate legal status to water users organizations, water use rights and service agreements and to provide direction to the Reform Program. Studies are needed about asset management and establishment of an Irrigation Repair and Improvement Fund. Feasibility assessments and guidelines will be needed for privatization options and contracting procedures for water users organizations.

Adoption of a service orientation within RID will also require that RID staff of project offices are capable of improving services to farmers at the least possible cost and that the irrigation systems are designed to provide simple operation and the level of performance expected by the farmers and defined in the service agreements. RID staff at all levels, including staff of the pilot medium-and large-scale projects of the ASPL, lack knowledge and training in the corresponding modern water control management concepts and water user association activities. In particular, canal operation requires more attention in the curriculum of the Irrigation Development Institute and other training program for RID staff. Water measurement is presently lacking in all RID systems and suitable water measurement systems need to be installed to allow implementation and monitoring and evaluation of irrigation service agreements as well as effectiveness of the reforms. It is therefore necessary to upgrade the training of present and future system operators and managers.

The RID is still largely an infrastructure development and management agency. It lacks expertise in legal aspects of the reforms, in economic and financial aspects of irrigation, in setting up demand-oriented funds and in strategic planning. The mechanisms, arrangements and procedures for adopting irrigation management service agreements and irrigation management audits still need to be developed and introduced. These are essential for ensuring proper accountability between water users and service providers for delivery and payment for irrigation services in the future.

RID therefore has an urgent and critical need for technical assistance in these areas to enable the Department of Agricultural Extension to complete the design of sustainable and effective reforms, and to ensure that present and future operation and management staff have the skills to operate the irrigation systems with the level of performance required to deliver the expected level of services to farmers. These two conditions are essential for the sustainability of the reform program.

1.2 Conceptual Framework for Irrigation Sector Reform

From the project background and justification as mentioned in section 1.1, irrigation sector reform is needed. The concept of irrigation service oriented should be adopted such that the water could be delivered to farmers in the most efficient and effective way. The service standards need to be defined and agreed by all parties concerning the operation of the irrigation system. The service standard must be defined according to the socio-economic conditions and ways of living of people in the project. The performance indicators must be defined to measure how good the actual service is comparing to the service standard. The performance assessment will be helpful for improving irrigation services

Basically, the service standard are related to the volume, flow rate and duration of water delivery which can be defined by the following indicators.

(1) Flexibility which indicators how good the irrigation system can respond to the variation of actual demand

(2) Reliability which indicates how good the actual amount and timing of water delivery to farmers matching with the actual desired water delivery or actual demand.

(3) Equity which indicates how good water is being distributed among the head-end and tail-end users.

After the service standard is defined by the agreement of both the service provider, water users and all stakeholders. The methodology for performance assessment must be developed. This performance assessment is a tool for examination of how good the project provides the irrigation service to the water user and what irrigation efficiency is. If the actual service does not meet the service standard, the actual operation needs to be diagnosis to identify what are the problems and what are the causes of that problem. What are the main causes of providing the service below the service standard and how this problem can be solved in the future. Similarly if the irrigation efficiency is low, some measures are needed to improve the efficiency of the system.

The main idea of service oriented management can be explained as follows. If irrigation project can provide the service to water user group according to the service standard in term of efficiency, reliability, equity and flexibility, farmers can plan for the crop cultivation according to the market demand and their potential without any constraints on irrigation water supply. If this happens, it can increase opportunity for farmers to increase their productivity and income. The increase in crop production and farmer income will help improve the socio-economic conditions of the region and of country in the future as shown in Figure 1.1.

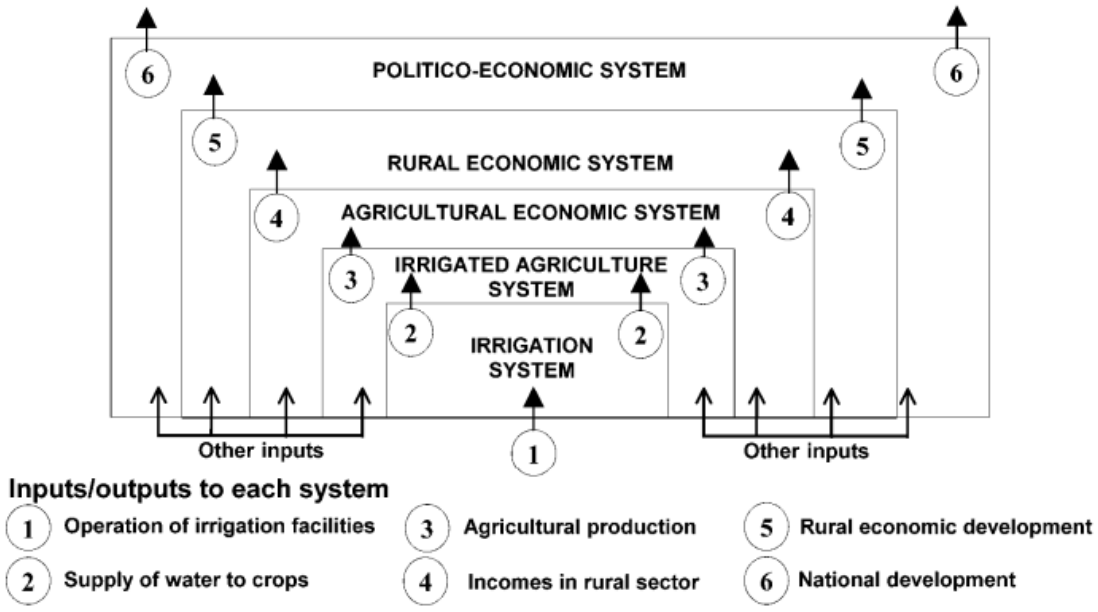


Figure 1.1 Irrigation in the Context of Nested System (Small and Svendsen. 1992)

In changing the irrigation manage from the actual practices, the government sector has full authority in allocation and control of water from the headworks to farm turnout while the water user groups are responsible only for operation and maintenance of on farm water irrigation system, to irrigation service oriented management, the vision, ways of thinking, procedure, organizational structure, law and regulation and budget allocation system need to be changed in order to support the new concept of irrigation service oriented. The change can be defined into 4 aspects as follow.

(1) Change in irrigation management approach - This change will focus on the introduction of Participatory Irrigation Management (PIM) which is suitable to socio-economic conditions and the ways of living of people in the project area.

The main idea of PIM is not to transfer the burden to farmers. Instead, the purpose is to improve the irrigation service to farmers in such a way that the crop production and farmers income can be increased. The important issue on PIM is to clarify the scope of authority and responsibility between irrigation project and farmers. Who has the authority and responsibility in main canal lateral and farm ditches. There must be a good plan to transfer the authority and responsibility between irrigation project and farmers so that each party has time to prepare themselves ready for the irrigation transfers. At present Royal Irrigation Department (RID) has the plan for irrigation management transfers as follow.

- Up to year 2002 - The responsibility in O&M in service unit was transferred to farmers.
- Year 2003-2004 – The operation responsibility on sub-lateral canal was planned to transfer to farmers, but it has not been completed.
- Year 2005-2007 - Plan to transfer the maintenance responsibility (before rainy season) on sub-lateral canal to farmers.
- Year 2008 on – Plan to transfer O&M responsibility of the whole lateral canal to farmers. The maintenance means the duty to do maintenance before the rainy season.

(2) Change in law and regulations to support PIM

In this aspect, there must be law and regulations about the property rights, water rights, water allocation criteria, the authority and responsibility of the various organizations including the irrigation project, water user organization, tambol administration organization (TOA), irrigation service fee, budget allocation for O&M.

(3) Irrigation Service Agreement

To support the new approach of service oriented irrigation, there must be an acceptable service standard that can be accounted for. The suitable service agreement between the service providers anal users need to be developed for each area. The main idea of the service agreement is how much water the project can supply to water user organization according to the service standard. There are 3 main indicators including flexibility, reliability and equality. What is the duty of water user organization? Who will pay the O&M cost ? All this mentioned issued are the main factors effecting the success of PIM. There must be agreement between different parties concerning in irrigation management including farmers versus water user organization, water user organization versus irrigation project, water user organization versus tambol administration organization, etc.

(4) Change in Financial Aspect

To support the irrigation service oriented, the main idea of this change is where the source of fund for O&M is. For small irrigation system that has been transferred form RID to TAO, the O&M budget has been transferred accordingly. O&M budget is enough for tambol administration organization to do small repair but this budget may not be sufficient for significant improvement of irrigation system. The irrigation repair and improvement fund needs to be established. With this fund, the water user organization can apply for the loan from this fund for the major repair and improvement of irrigation system. The water user organization has to pay the debt service back to the fund similarly to the SME fund. At present, the farmer group can apply for the SME Loan from Bank of Agriculture and Agricultural Cooperative (BAAC).Therefore it is the task of TAO to give some financial support for the O&M works. TAO has to do its function and specify how much TAO can support for O&M of the small scale irrigation system and on farm irrigation system. For the main irrigation systems of large and medium scale projects, at present there are 2 sources of budget for financing the O&M works, government fiscal budget and irrigation revolving fund (IRF) collecting from non-agricultural users. In year 2007, the IRF has the total asset of 1,534 million THB with the annual income of 380 million THB. RID has tried to strengthen the IRF by amending the Royal Irrigation Act to increase the tariff rate but it is not success. The present tariff rate is 0.50 THB/m^3 for non-agricultural sector and 5 THB/rai for agricultura;l sector as specified in the Royal Irrigation Act 1942, The Royal Thai Government (RTG) has the stand point that irrigation fee should not be collected. Therefore the revolving fund should be established at local level to support the O&M through local contribution, TAO and WUO (Water User Organization).

(5) Change in Design and Operation

The new design aspect must emphasize on the irrigation system with simple in operation, robustness and low O&M costs. Irrigation canals and farm ditches must not be too long so as to make it difficult to operate or a regulating reservoir is provided for improving redistribution and reliability in water delivery. The appropriate number of cross regulators and FTOs must be provided. The technical manual must be prepared in order to assist the O&M staff in operation of canal system. The service oriented management with appropriate target service level and the service agreement should be considered in future irrigation management. The monitoring and evaluation system should be developed and used for improving irrigation performance.

The conceptual framework for irrigation sector reform which focused on irrigation service oriented is shown in Figure 1.2.

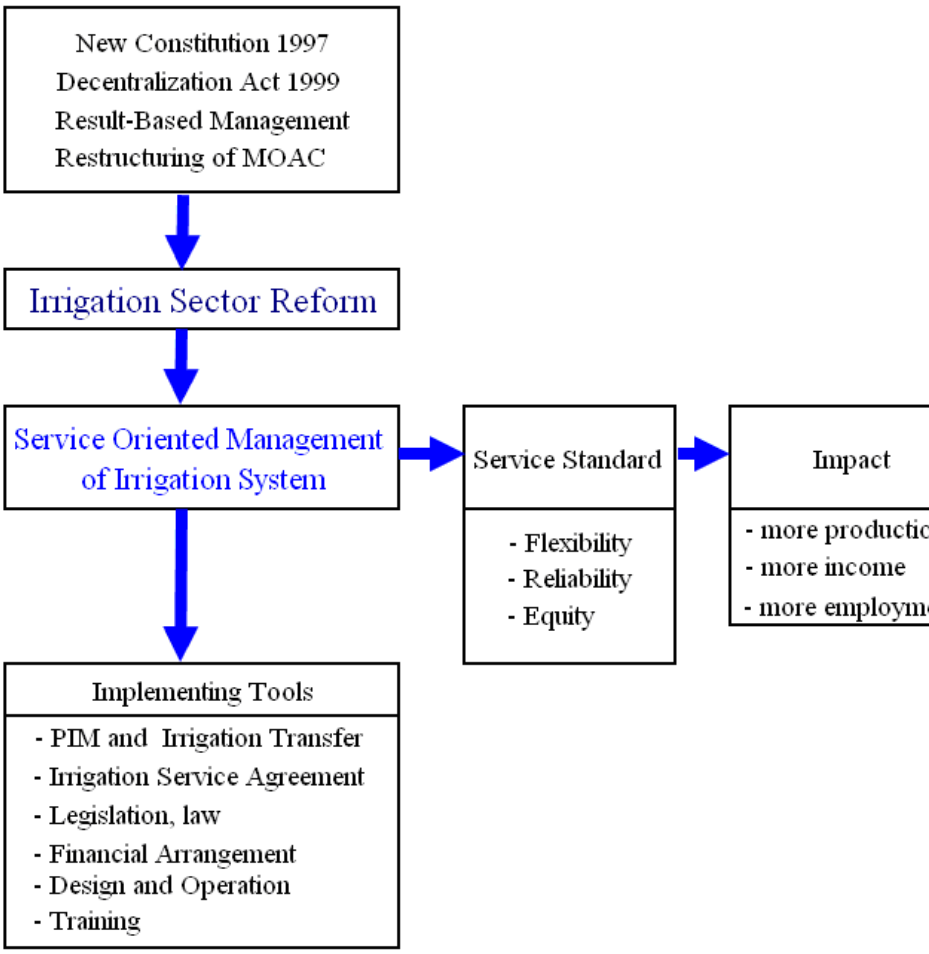


Figure 1.2 Conceptual Framework for Irrigation Sector Reform

1.3 Methodology

1.3.1 Steps of work

Step 1 – Formulation of the committee and working groups including Steering committee at Ministry level, steering committee at RID level, Core Team, working groups, Pilot project working groups, National consultants, International consultant and FAO supporting services have established the organization chart and the general scope of works for the strategic planning (Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Return Program).

Step 2 - The Core Team and FAO Experts have developed the general work plan or road map for the strategic planning and the selected 5 pilot projects.

Step 3 - The conceptual framework for irrigation sector reform was developed. The concept of service oriented management was proposed as a future option for irrigation sector reform to improve the yield and income of farmers.

Step 4 - Field trip to check the feasibility of the 5 pilot projects and identify the problems in irrigation management of the pilot project.

Step 5 - Submit the inception report.

Step 6 – Kick Off Meeting workshop to present the concept, methodology and expected output from the Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector

Reform Program and get feedback from the committees on ministry and department levels and the working groups.

Step 7 - 1st National Consultation Workshop was held to present the conceptual framework, work plan and methodology and expected outputs from strategic planning. The stakeholders from ministries, departments, projects, TAOs and water users were invited for the workshop for consultation.

Step 8 – Strategic planning training workshop was arranged by the international consultant and FAO expert to improve strategic planning skill for RID staff, pilot project staff and national consultants.

Step 9- Two RID staffs were sent for the training of the trainer at ITRC (CalPoly) and US.Bureau of Reclamation in USA.

Step 10- Study the present vision and strategy of RID and other related agencies.

Step 11 – Conduct the rapid appraisal using RAP and conduct the stakeholders meeting for SWOT discussion at the pilot projects in order to identify the options for service oriented management and service agreement based irrigation management

Step 12 – Identify the approaches and steps for service agreement based irrigation management and testing the approach at the pilot projects.

Step 13 – MASSCOTE workshop was arranged by the FAO expert and the international consultant to improve skill of RID staff, pilot project staff and national consultants on canal operation techniques. The MASSCOTE approach should be applied for each pilot project in order to identify the modernization plan. However this part has not been completed due to time conctraint. It is recommended that RID should continue this work in the future.

Step 14 – Study and analyze the issues and options for improving the design and operation to support the service oriented management with the service agreement.

Step 15 – Develop the monitoring and evaluation system and test with the pilot projects.

Step 16 - Draft final report workshop.

Step 17 - 2nd National Consultation workshop to present the policies and strategic plan for irrigation sector reform to RID and all stakeholders.

Step 18 - Submit the final report.

1.3.2 Organizational Structure for Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Reform

In order to conduct the study and analysis for Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Reform effectively, the organizational structure was formulated by the core team, national and international experts as shown in figure 1.3.

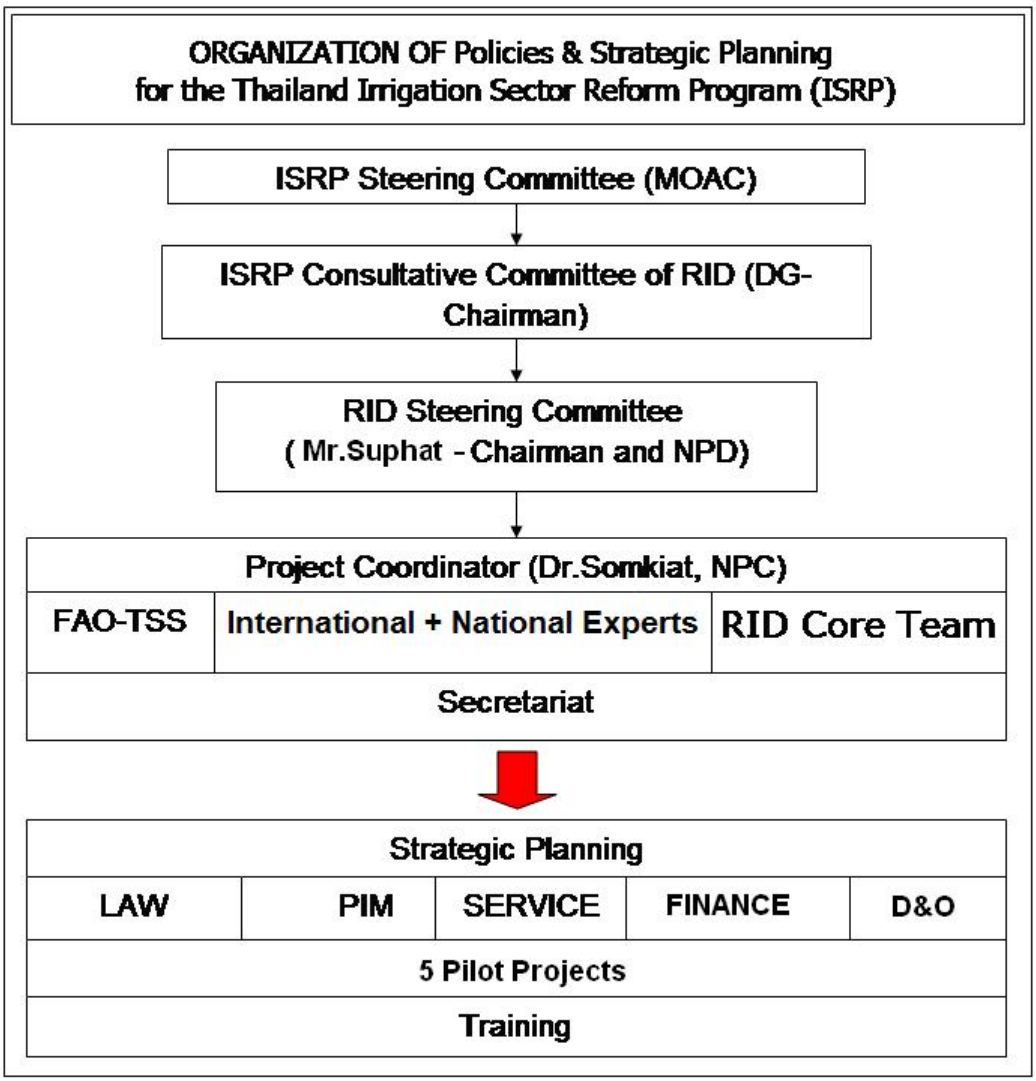


Figure 1.3 Organizational Structure for strategic planning

1.4 Expected Output

The expected output from the study consists of:

(1) The strategy for design and operation.
(2) Guidelines for design to support the service agreement based water management.
(3) Guidelines for operation for the new service oriented management and the service agreement based water management.
(4) Guidelines for monitoring and evaluation of irrigation system.
(5) Guidelines for training to support the service agreement based water management.
(6) Guidelines for developing the reservoir rule curve.
(7) RAP manual in Thai version.

2. REVIEW OF IRRIGATION MANAGEMENT OF THAILAND AND RELATED ISSUES

2.1 Introduction

Since A.C. 1902, the irrigation in Thailand has been progressively developed. The inundation projects were initiated during the early period by constructing the canals linking the major rivers to bring water during flood season to the central plain. Later on, the diversion weirs and dams were constructed in the major rivers to increase the water diversion capacity to the irrigation canal systems in Northern and central plains. During this period, the irrigated agriculture was rapidly expanded. Around year 1957, the large scale multi-purpose reservoirs such as Bhumipol and Sirikit storage dams were constructed to store large volume of water for crop cultivation, flood control and etc.

At present, many water resources and irrigation development including large, medium and small scale projects have been developed country in the 25 river basins throughout the country. Those projects can deliver irrigation water for cultivation to an area of more than 27 million rai. The general statistics of irrigation projects are given in Table 2.1. The irrigated area of Thailand is given in Table 2.2.

Table 2.1 Data of irrigation projects in Thailand by 30 September 2006. (RID. 2007)

Types of project	No. of projects	Storage volume (mcm)	Irrigated area (million rai)
Large scale irrigation projects	85	7,549	17.19
Medium scale irrigation projects	703	3,893	6.54
Small scale irrigation projects	11,567	1,673	0.57
Electricity pumping projects	2,129		3.78
Large scale reservoirs of EGAT	10	61,203	
Total	14,494	72,645	27.99

Table 2.2 Total cultivation area and irrigated area in different regions of Thailand

Region	Cultivation area (million rai)	Irrigation area (million rai)	% irrigated area to cultivated area
Central	25.17	10.95	43.5
North	23.07	5.06	21.9
East	11.62	2.54	21.8
South	20.95	3.28	15.6
North-east	59.00	6.16	10.4
Total	139.81	27.99	20.0

2.2 Vision of Royal Irrigation Department and Other Related Agencies

In this section, the vision of RID and other related agencies including Department of Water Resources and Department of Agricultural Extension are reviewed and used in formulation of the design and operation strategy.

2.2.1 Vision and Strategic Map of RID

RID has developed the new vision and strategic map by participatory approach. The high ranking officials, operational staffs form both central and regional offices were participated in strategy formulation. The new vision and strategy have been used for planning and implementation of irrigation development and management since 2007. The new strategic map contains 40 strategic issues, 20 goals, 69 KPIs, 29 tactics and 146 projects (RID. 2007).

"Sufficient water supply to support agricultural production for enhancing quality of life and stable economy" is the vision of RID with 5 main missions below:

(1) To develop water resources according to the potential of the river basin for maintaining the balance and sufficiency.
(2) To provide good quality management of water for all types of users in efficient, equitable and sustainable manners.
(3) To allow people, communities and all agencies participation in the integrated water resources development and management.
(4) To prevent and mitigate water problems.
(5) To conserve agricultural lands in irrigation command area.

In order to mobilize RID according to the new vision and missions, RID has defines 4 strategic issues as follow:

(1) Develop water resources sufficient for all sectors.
(2) Efficient management.
(3) Prevent and mitigate water problems.
(4) Conserve agricultural lands in irrigation command area.

The 4 strategic issues were used to construct the strategic map as shown in Figure 2.1

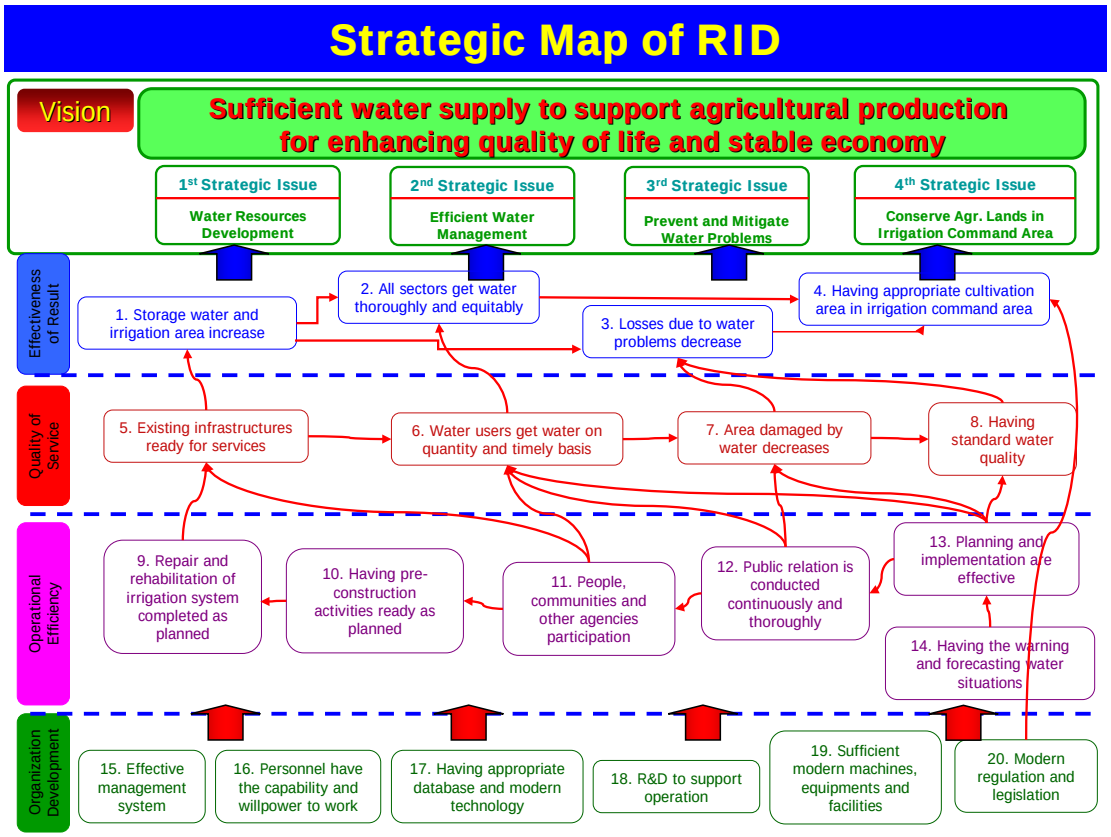


Figure 2.1 Strategic Map of RID

The new strategic map has the primary and secondary goals and the number of key performance indicators (KPIs) as given in Table 2.3. The detail of the 69 KPIs is given in the Annex 2.

Table 2.3 Goals and KPI of the new RID strategy

Primary Goals	**Secondary Goal**	**No. Indicators**
1. Effectiveness of result	1.1 Storage water and irrigation area increase	6
	1.2 All sectors get water thoroughly and equitably	4
	1.3 Losses due to water problems decrease	1
	1.4 Having appropriate cultivation area in irrigation command area	1
2. Quality of service/ Customer satisfaction	2.1 Existing infrastructures ready for services	4
	2.2 Water users get water on quantity and timely basis	2
	2.3 Area damage by water decreases	1
	2.4 Having standard water quality	2
3. Operation Efficiency	3.1 Repair and rehabilitation of irrigation structures completed as planned	7

Table 2.3 Goals and KPI of the new RID strategy

Primary Goals	**Secondary Goal**	**No. Indicators**
	3.2 Having pre-construction activities ready as planned	5
	3.3 People, communities and other agencies participation	5
	3.4 Public relation is conducted continuously and thoroughly	3
	3.5 Planning and implementation are effective	11
	3.6 Having the warning and forecasting water situations	3
4. Organization Development	4.1 Efficient management system	3
	4.2 Personnel have the capability and will power to work	5
	4.3 Having appropriate database and modern technology	2
	4.4 Having research reports to support operation	2
	4.5 Sufficient modern machines, equipments and facilities	1
	4.6 Modern regulation and legislation	1

The KPIs related to design and operation which can be used to develop the monitoring and evaluation (M&E) system in Chapter 8 are summarized in Table 2.4

Table 2.4 KPIs which can be used for M&E system

KPI code	KPI description
Irr09	% irrigated area to target wet season irrigation area
Irr13	% irrigation structure functioning
Irr17	% water users in irrigated area satisfied with the water delivery service
Irr18	Number of calibrated structures
Irr20	% large scale reservoir with water quality above standard
Irr21	% natural water courses with water quality above standard
Irr36	% irrigation area with water user groups established
Irr37	% water user groups with active water management
Irr42	Wet season irrigation efficiency (%)
Irr43	Dry season irrigation efficiency (%)
Irr44	Water management cost per rai (THB/rai)
Irr45	% large and medium scale reservoirs with storage rule
Irr46	% large and medium scale reservoirs with release rule for dry season
Irr48	wet season/dry season water utilization rate (cubic meter/rai)
Irr58	% of users satisfied with service
Irr63	% of staff satisfied with the project performance

2.2.2 Vision and Strategy of Department of Water Resources

(Source : http://www.dwr.go.th)

Department of Water Resources (DWR), Ministry of Natural Resources and Environment was established in 2002 from the government structure reform policy. DWR is the new water related government agency responsible for developing policy and plan for the integrated water resources management of the river basins and of the whole country while RID is the agency for planning, implementation and management of irrigation projects. Although the functions of these two agencies (RID and DWR) are different, the linkage of work of these two agencies are not clear defined in practices. Therefore the role and responsibility of RID and DWR have to be defined in order to reduce the redundancy in practices between the 2 government agencies. The organizational structure of DWR is given in Figure 2.2.

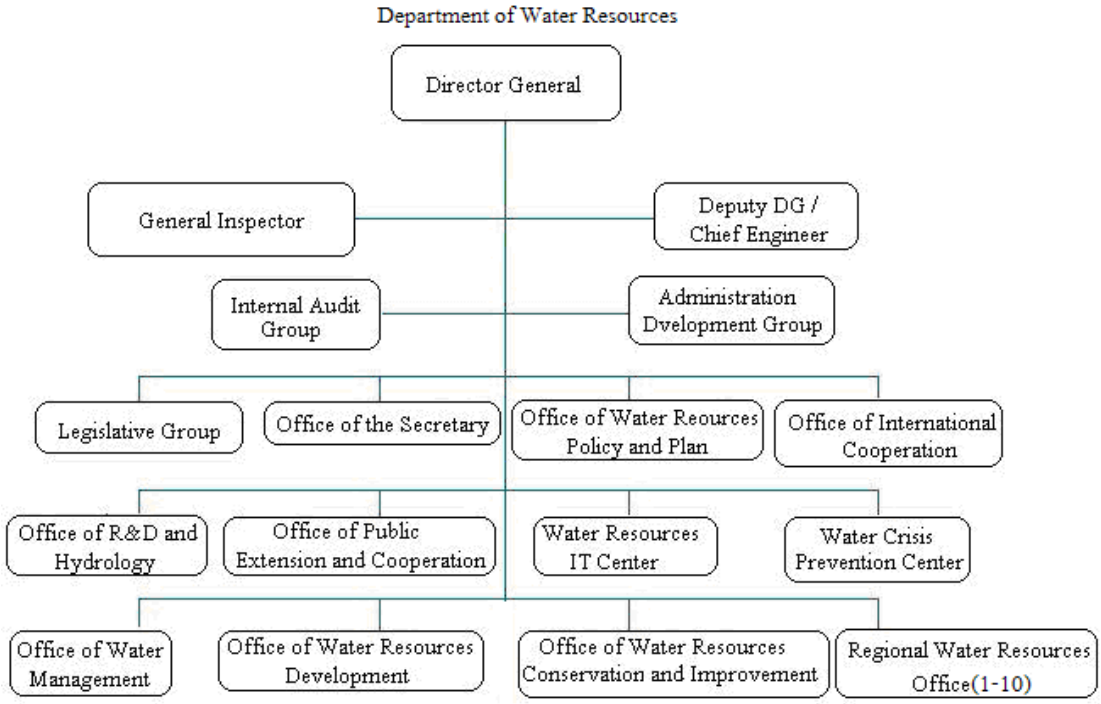


Figure 2.2 Organization structure of DW

The vision, mission, policy and strategy of DWR are given below:

(1) Vision

"Integrated water resources management in the efficient and sustainable manners under the good cooperate governance" is the DWR vision.

(2) Mission

"Develop the policy, plan and measures related to water resources including management, development, conservation and improvement and all together with controlling, directing, coordinating, evaluation and resolution of water resources

problems, research, standard specifications and water resources technology transfer on both national and river basin levels" are the DWR mission.

(3) Policy

DWR is the organization for management, conservation, development and resolution of water resources problems in efficient, equitable and sustainable manners under good governance. The participation of the Tambol Administration Organization (TAO), communities, non-government organizations and all sectors of the society to improve the quality of life of the people is the main focus of the DWR.

(4) Strategy

1. Develop recommendations, policy, plan, specification and measures for active integrated water resources management under public participation of all sectors in the river basin for sustainable development of the nation.
2. Management, development, conservation and improvement of water resources throughout the country in order to response to the people needs and to ensure that water resources are managed in sustainable way including prevention, mitigation and resolution of critical water problems.
3. Promote and support human resources development of stakeholders, local organization and water resources management organization networks via public relation, knowledge and technology transfer in order to sustain water resources management.

2.2.3 Vision and Strategy of Department of Agricultural Extension

Department of Agricultural Extension **(**DOAE), Ministry of Agriculture and Agricultural Cooperative is an important department to support the increase of agricultural production of irrigation projects. At present, DOAE focuses its agricultural extension activities only on the cultivation area out of the project command area. Thus RID has to work with DOAE in order to provide the necessary services to improve the agricultural production for the irrigated area including irrigation water, other production techniques and marketing conditions.

The vision, mission and objectives of DOAE are given below:

(1) Vision

DOAE is the prime agency for extension and development to improve the well-being and sustainability of farm families.

(2) Mission

1. To study, research and develop agricultural extension and technology transfer to promote production and services for agriculture.
2. To promote and develop the farmer family and institution to have enough strength and be self reliance.

3. To promote and develop small and micro community enterprise (SMCE) to improve the production and services capacity according to the self sufficiency economy concept.

4. To provide the sufficient support to solve the farmers and community problems

(3) Policies

In year 2008, DOAE focuses on the promotion and development of the quality of life of farmers by sufficiency economy philosophy. The main KPIs of this policy are the ability of farmers to be self reliant. By this approach, farmers are the center for development. The main issues for implementation of this policy are to change the ways of thinking and behavior of farmers on both the ways of living and working in accordance with the self sufficiency economy. DOAE has to coordinate all the assistances to relief the farmers' problems in all aspects. DOAE has to change the approach from resource-based to knowledge-based. The field officials will act as the coordinator and facilitator in working with farmers and will integrate their works with other sectors via the center of agricultural service and technology transfer at tambol level in order to utilize the limited budget effectively.

The policy for agricultural extension in year 2008 consists of 5 aspects as follows:

1. To raise the ability of DOAE to be the main agency in driving the self sufficiency economy in agricultural sector.

2. To change the working approach from the resource-based to knowledge-based.

3. To develop working partners in order to integrate and expand the sources of budget to support the agricultural extension in the area.

4. To adjust the field work approach by using the agricultural service and technology transfer center at tambol level as the center of operation and to maximize the utilization of the network of partners.

5. To increase the efficiency of organization and personnel in order to effectively response to the policy under the planned budget and other assignments.

2.3 Irrigation Management Structure of Thailand

Irrigation in Thailand has been continuously developed since the establishment of Canal Department in 1902 and Royal Irrigation Department in 1923. At present, there are the large scale, medium scale, small scale and pumping projects more than 15,000 projects covering the irrigation area of more than 27 million rai or about 20% of the total cultivated area of the nation.

Royal Irrigation Department is the main and only agency responsible for irrigation development and management of the country in the area of more than 27 million rai. RID also works with other agencies in order to relief and solve the water problems including drought, flood and water quality on both in the command and non-command areas.

2.3.1 Organization Structure of RID

RID has set up the organization structure in irrigation management of the country as shown in Figure 2.3.

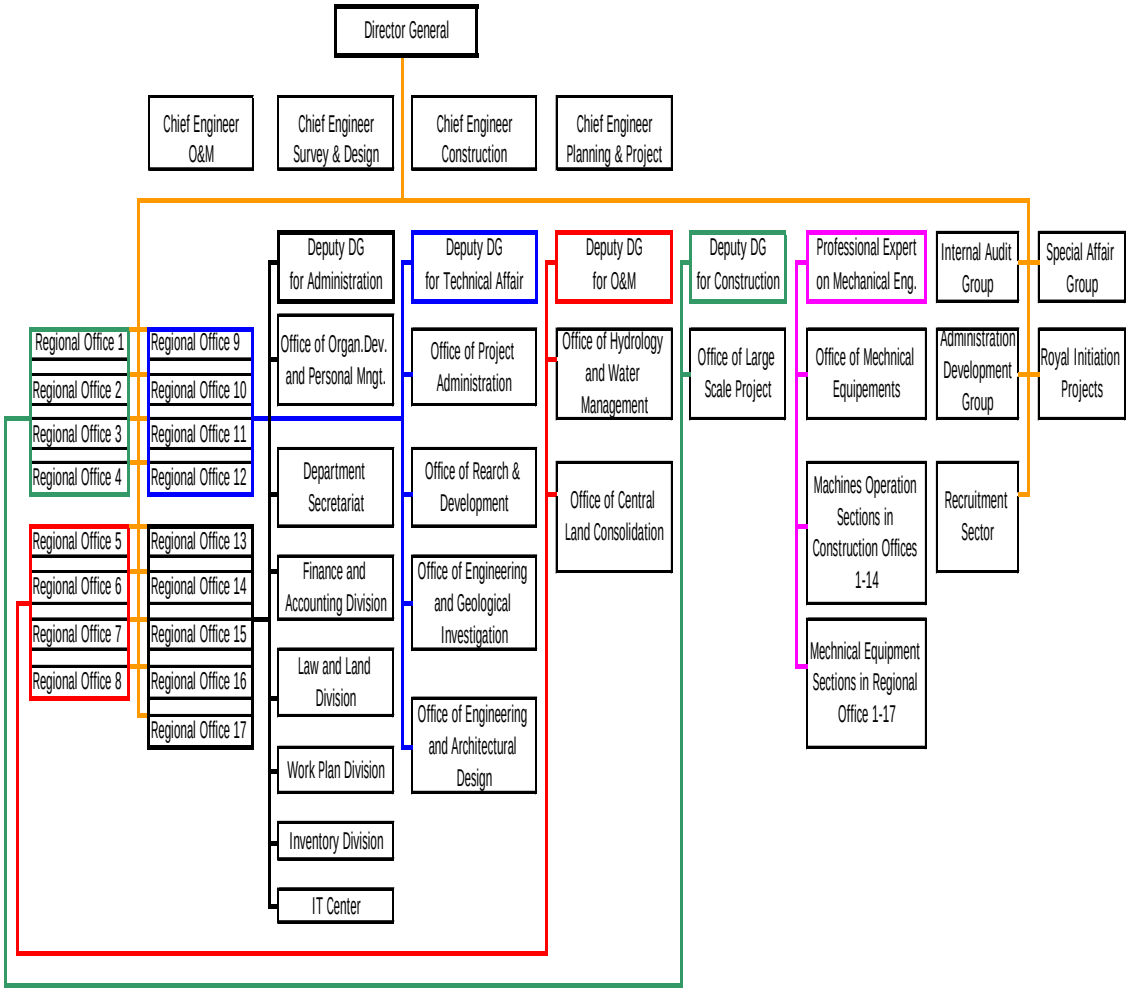


Figure 2.3 Organizational Structure of RID

As shown in Figure 2.3, the 17 Regional Irrigation Offices of RID are the main organization responsible for irrigation management of 27 million rai. The Office of Hydrology and Water Management provides the technical support in operation, maintenance, establishment of and strengthening the water user groups. The Office of Organizational Development and Personnel Management provides the support on training and human resources development for the projects and regional offices. Irrigation Development Institute under the Office of Research and Development is responsible for research and development to solve the irrigation problems. In the past, the Regional Irrigation Offices are under the administration of the Deputy Director General for O&M. However in the present organizational structure, the administration of the 17 Regional Irrigation Offices are divided among the 4 Deputy DGs (O&M, Construction, Administration and Technical). The 4 Deputy DGs have to be responsible for administration of the 17 Regional Irrigation Offices besides the responsibility for theirs functions.

For the line of advisory, there are 4 chief professional engineers in 4 main tasks of RID as follow:

(1) Planning and project
(2) Survey and design
(3) Construction management
(4) Operation and maintenance

The chief professional engineers are the chief technical advisors in the particular aspects. Besides, RID has established the professional experts on various aspects including project planning, design, operation and maintenance. The professional experts are responsible for technical support and assistant to the DG, Deputy DG and the Office Directors in the central RID.

2.3.2 Organizational Structure of the Regional Irrigation Office

The organizational structure of the regional irrigation office or regional RID consists of the operation and maintenance projects, the provincial irrigation projects, water management division and other divisions. The operation and maintenance projects and provincial irrigation projects have their own command area or service area. Their main tasks are planning, operation and maintenance and management of the service area. The division of water management is the regional unit working closely with the projects on water allocation, monitoring and control of the budget, establishing the criteria and procedure for water management , analyzing and solving water problems, and establishing and strengthening the water user groups. This division is the supervisor of irrigation projects. Its roles is to provide guidelines and to monitor the water management performance of irrigation projects. The organizational structure of the regional irrigation office is given in Figure 2.4.

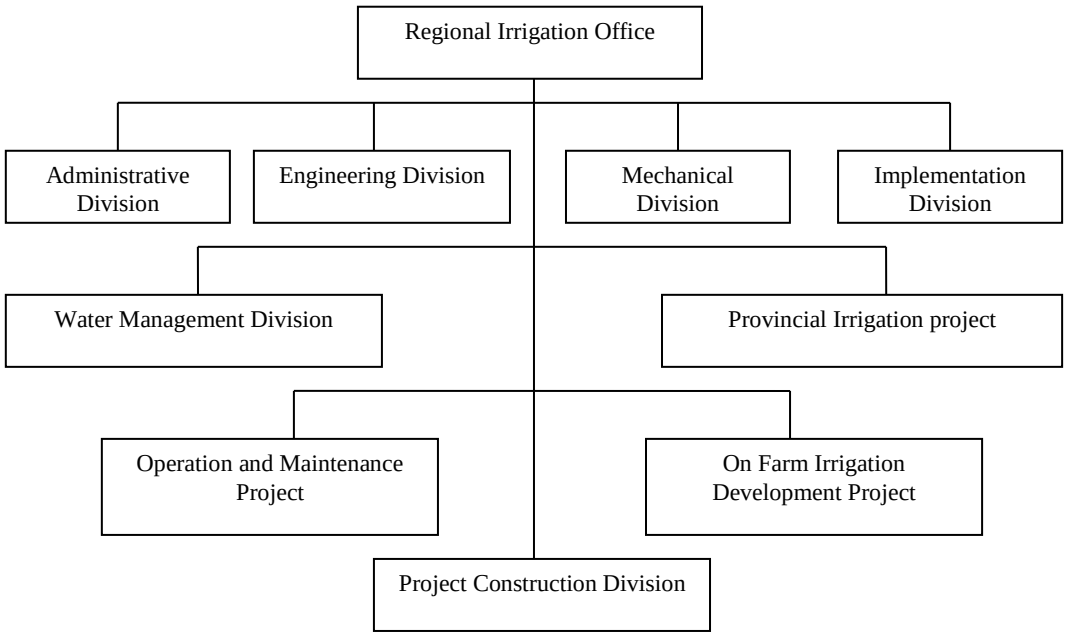


Figure 2.4 Organizational Structure of Regional Irrigation Office

2.3.3 Organizational Structure of Irrigation Project

The irrigation project is the unit for planning, operation and maintenance and management in the field. There are 2 types of irrigation projects namely (1) O&M project and (2) provincial irrigation project. The O&M project is the large scale project which may have it own storage reservoir, such as Phetchaburi O&M project or may not have its own storage reservoir such as Borrommathad O&M project. The O&M projects have the water delivery and distribution system including the main, second level, third level canals and farm ditch system to distribute water to the crop cultivation area. The O&M project has the organizational structure as shown in Figure 2.5. There are 76 provincial irrigation projects. The provincial irrigation projects are responsible for operation and management of the medium scale, small scale and irrigation pumping projects and work with other agencies in the province to solve water problems of the province. The organizational structure of the provincial irrigation project is the same as that of the O&M project.

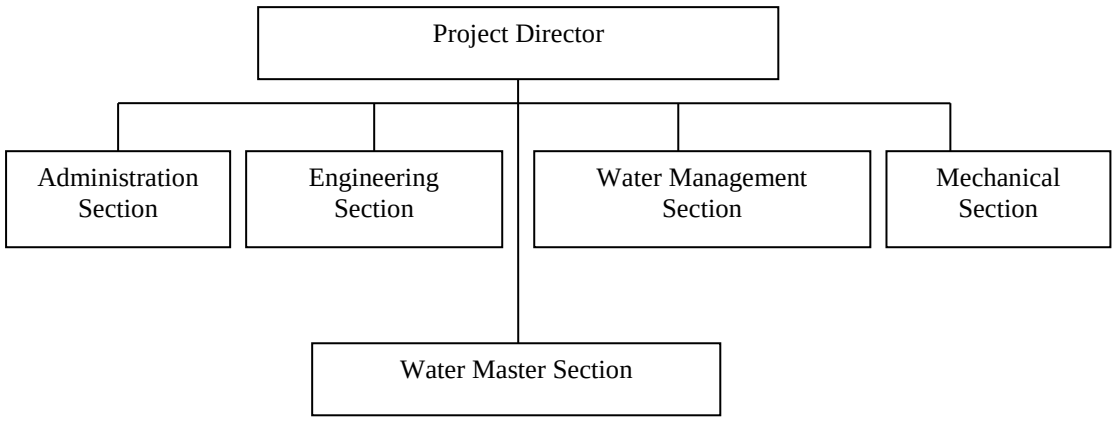


Figure 2.5 Organizational Structure of the O&M Projects.

Although the O&M project and the provincial irrigation project have similar organizational structure but the scope of work are different. The O&M project is responsible for the large command area of many hundred thousand rai along the irrigation canal. The project command area is divided into water master sections. Each water master section has the command area around 50,000 rai. The provincial irrigation project is responsible for operation and management of medium scale, small scale and irrigation pumping projects. At present, most of the small scale irrigation projects and irrigation pumping projects are transferred to TAO. Besides, the provincial irrigation projects work with others agencies for solving the water problems such as water for agriculture and flooding problems. Although the provincial irrigation projects have less command area than the O&M projects but the non-command area that the provincial irrigation project have to work is quite large. At province level, there is another implementation unit of DWR that also works on the water issues. However, recently this implementation unit has been transferred from DWR to the provincial office of MONRE. This water resources implementation unit of provincial MONRE works on the policy and plan for solving the water problems at the province level. There are 2 agencies from 2 ministries working on water problems

in the province. Sometimes, the province is confusing on which agencies should responsible for the water problems. Besides, TAO is the organization responsible for management of natural resources including water resources at local level. Therefore it is necessary that the role and responsibility of the 3 agencies in water management practices at provincial level are clearly defined. The water resources unit of provincial MONRE should focus on the establishment of policy and plan for integrated water resources management. Provincial RID should focus on development and management of medium scale irrigation projects. TAO is responsible for development and management of small scale water resources projects and maintenance of irrigation facilities transferred from RID. However at present TAO is lacking of personnel and know-how to do this function. RID should provide the technical support to TAO. This issue will be discussed in strategy for operation in Chapter 5.

The structure of O&M project related to irrigation management is the engineering section, water management section and water master section. The engineering section is responsible for planning and control of the budget and planning for project maintenance and repair. The water management section is responsible for water allocation and delivery to different water master sections, data collection, control of repair and maintenance activities of the water master section and working with the water master section in order to establish and strengthen the water user groups. The O&M project is divided into various water master sections. Each water master section has an approximate area 50,000 rai. The water master section is the field operation unit responsible for planning and control of water distribution to different zones (each zone consisting of approximately 5,000 rai), repair and maintenance of irrigation system, collecting and reporting the data related to irrigated area, crop yield and other data to the water management section, and establishing and strengthening the water user groups.

In each zone, there is one zoneman responsible for controlling of water delivery to different areas according to the water allocation and delivery plan. The zoneman is also responsible for water measurement, routine maintenance of canal and irrigation structure, coordination with water user groups in order to collect data and problems for the water master section. The zoneman may have the gate operator and canal tender as assistant for gate operation and routine maintenance of the canal and irrigation structures.

Typically, the nature of works of the provincial irrigation project in the command area of medium and small scale irrigation projects are similarly to those of the O&M project. However the provincial irrigation project has large area out of the irrigation command area to deal with. Each water master has to handle quite a large area of about 2-3 districts.

2.4 Concept of Irrigation Sector Reform from ASPL Project

From the ADB Technical Assistance No. 3260 which is a part of the Agricultural Sector Program Loan (ASPL), the ADB submitted the report on Capacity Building in Water Resources Sector. This report consists of 3 volumes as follow:

Volume 1-		Summary of all Components
Volume 2-	**Component A:**	Developing A Unified Water Management System at the National Level
	Component B:	Decentralizing Water Resources Management in River Basins
	Annex to Volume 2	River Basin Profiles and Action Plans for the Four River Basin Committees
Volume 3-	**Component C**:	Reoriented and Reorganizing of Service Delivery in Irrigation

The report have mentioned about the needs for irrigation sector reform which can be summarized below:

(1) The cost of providing irrigation service delivery is a significant cost to Royal Thai Government (RTG) and, by extension, to the Thai public as taxpayers. The present budget is close to 40,000 million baths. Therefore the cost needs to be reduced.

(2) The transfer of decision making authority to local administration and communities is considered to become more efficient, but perhaps more importantly, bring local people and communities into the governance processes and makes them take more of responsibility in their own economic and social development.

(3) The new constitution advocates social change and has led to policies of reducing the role of government and increasing the role of the private sector, restructuring government administration for increasing efficiency and effectiveness, reduction of civil service to maintain only necessary or key functions and reduce duplication, decentralization to local government and communities and increasing the participation of communities and public.

(4) In the 8th national plan, the role of the community was raised in its status and is being greater scope for participation in decisions concerning it. In the 9th National Plan, it was a priority for the Thai Government to put the community above the national government in terms of its authority and responsibilities for its own functions. Because of the importance of the community in irrigated agriculture, this national priority will have a significant impact on how irrigation service will be carried out. Communities will become empowered to manage their own affairs, which extend to irrigation.

(5) The Civil Service Commission has enacted administrative system improvement measures and staff control measures and amended the Civil Service Law of 1992 to respond to the pressure of downsizing, a maximum of 20% replacement of leaving staff.

From the above reasons, there is the need for irrigation sector reform in order to decentralize the authority and reduce the manpower and cost of irrigation service delivery. The community will have more role in decision making and management of irrigation. The term reform in the ADB report does not imply to reorganization of the departmental structure of RID. Instead it recommended to change to more client oriented approach to irrigation design and delivery service.

The concepts in irrigation sector reform consist of the following components including:

- Introduction of the Participatory Irrigation Management (PIM) on all large, medium and small scale irrigation projects and introduction of the performance indicators and service standards (PI&SS) for irrigation management.
- Introduction of the service agreement between the water user groups and irrigation project.
- Cost Recovery or cost sharing and expanding the scope of contracting out to cover service contracts for O&M.
- Reorientation of RID in preparation for the future.

The pilot projects need to be conducted in order to test the feasibility of the components of the new concepts.

The main components related to the irrigation sector reform as mentioned above can be presented in Figure 2.6 which can be seen that each component are important and related to each others and are the key factors to the success in the pilot projects and in other irrigation projects as well.

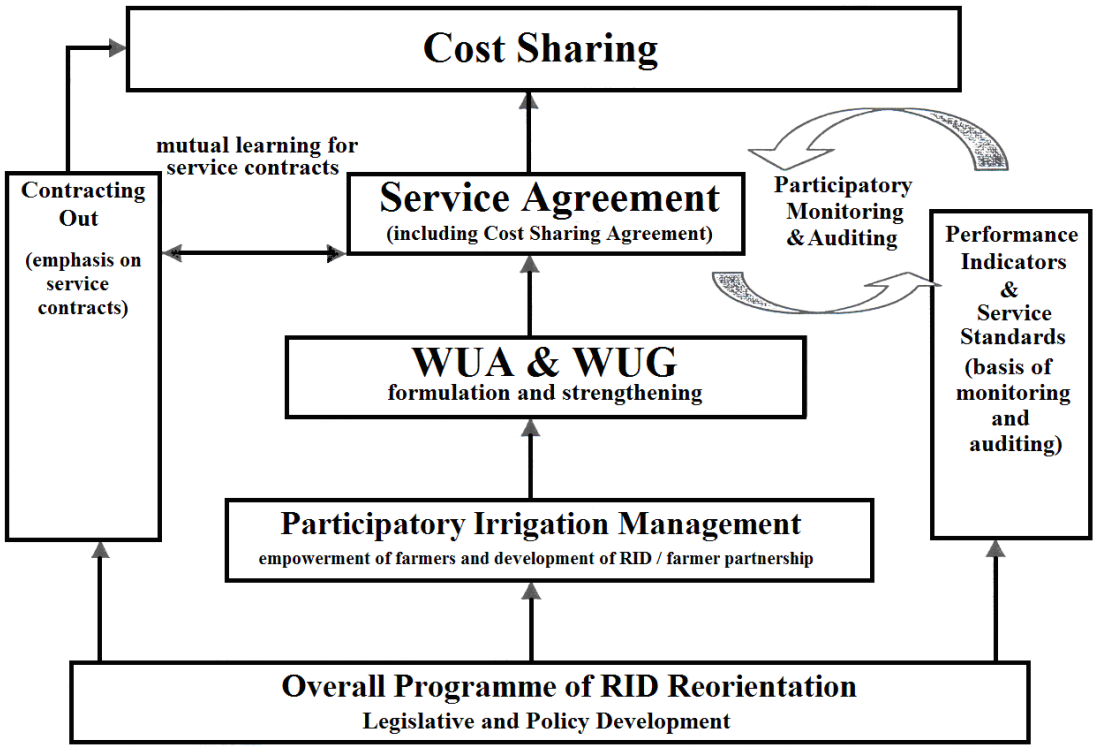


Figure 2.6 Irrigation Sector Reform (ADB

The concept in irrigation sector reform is to increase the decision making authority to farmers and create the partnership between farmers and government which are the key factors for efficient and effective irrigation management. By the new concept, the future irrigation management must be the demand driven and cost sharing approach. The farmers are not the beneficiaries but the clients.

However the irrigation sector reform cannot be realized if the high ranking official of RID, Ministry of Agriculture and Agricultural Cooperatives and the Cabinet do not really support this new reform approach. The RID officials, farmers

and other stakeholders must understand that in the irrigation sector reform, what will be changed and how that changes will effect the stakeholders.

ADB has proposed the new irrigation sector reform concept on 5 aspects as mentioned below. At present, only PIM has been included in the new RID strategic map in Figure 2.1.

2.4.1 Participatory Irrigation Management (PIM)

Water users on RID schemes at large, medium and small scales, will be organized at all levels of the irrigation system. Where they do not already exist, Water Users Groups (WUG) will be created at the sub-lateral canal. Integrated Water Users Groups (IWUG) will be created as federations of all Water Users Groups within a lateral canal command. At the scheme level, Water Users Associations (WUA) will be created to unify all IWUG and WUG within a scheme. For extremely large systems, more than three levels may be required. Also, more than one WUA may be required. Normally, IWUG and WUGs should be organized as legal entities under the Association Act, rather than the Cooperative Act. There are aspects of the Cooperative Act, which may not be compatible with the responsibilities of a water users organization. The additional legislation will be promoted to strengthen and clarify the legal status, powers and responsibilities of water users organizations. After WUG, IWUG are organized, sub-lateral canals should be managed fully by WUG. Lateral canals and the main system will be managed jointly between the new organizations and RID during a transition period by Joint Management Committees, which will be formed at lateral and main scheme levels. Eventually, responsibility and full decision-making authority for irrigation management will be transferred, first to the IWUG at the lateral canal level and eventually to the WUA at the main system level. Large headwork structures and very large main canals may continue to be managed jointly between RID and the WUA indefinitely.

2.4.2 Cost Sharing

Cost of irrigation development and management will be shared between farmers who benefit from the projects, local government and RID. For capital costs, on new and rehabilitation projects, farmers will agree to a Cost Sharing proposal as part of the project approval process. Farmers will also agree to take part in the PIM programme for later transfer of responsibility for irrigation O&M.

For O&M Cost Sharing, after management responsibility and authority for the sub-lateral canal is transferred to the WUG, farmers will be expected to take responsibility for paying the full cost of routine operations and maintenance at this level. After management responsibility and authority for the lateral canal is transferred to the IWUG, water users will be expected to take over responsibility for paying the full cost of routine operations and maintenance at this level. It is likely that the full cost of O&M at the main system level will be shared approximately on a 50/50 basis between the WUA and RID. After management transfer at the scheme level occurs, the cost sharing ratio may adjusted according to need and negotiations, between RID and the WUA. Cost sharing by the water users organizations may be in the form of direct labour, hired labour, materials, or other in–kind contributions. It is not envisioned that water users organizations will pay irrigation service fees to the

government. Rather, they will manage directly all resources which they mobilize from their own members. The details of RID and farmer contributions to the irrigation service will be detailed in a Service Agreement. Up to now the concept of cost sharing has never been discussed with the water users groups seriously. The in-kind contribution for maintenance of the sub-lateral canal before starting of the water delivery is success only in some project.

RID will initiate a planning process to provide a new and more efficient way to finance the rehabilitation and upgrading of irrigation systems. It is likely that this will include establishment of an Irrigation Repair and Improvement (IRI) Fund at the region or province level. After WUA are formally organized, they may periodically submit proposals to the fund for assistance in making special repairs and improvements to their irrigation systems (beyond routine maintenance). In order to strengthen water users organizations, special criteria will be used to select proposals made by WUA to the Fund, including requirements for matching investments by the water users organizations. We expect that in the future, such arrangements will reduce the need for costly rehabilitation projects. At present RID has focused on increasing the revolving fund collecting from non-agricultural users. The farmers are required for in-kind contribution only as mentioned previously.

2.4.3 Irrigation Service Agreements and Management Audits

After the IWUG and WUA are created and Joint Management Committees are formed at lateral and scheme levels, RID project staff (assisted by the Regional Office) will begin making Irrigation Service Agreements with the IWUG and WUA, respectively. The Irrigation Service Agreement will specify in writing what specific operations and maintenance services and costs will be provided by RID and what will be provided by the IWUG and WUA. The agreement will specify at what hydraulic levels and according to what criteria and standards the services will be provided. The Project Manager and Head of O&M of the RID Regional Office will sign the Service Agreements on behalf of RID. At least two leaders for each IWUG and WUA will be expected to sign the Service Agreements on behalf of the IWUG or WUA. Normally, the Service Agreements will be made annually before the rainy season, but should be reviewed at the start of other growing seasons to account for specific conditions.

After the Irrigation Service Agreements have been made, Irrigation Management Audit will be conducted annually for each irrigation scheme. Normally, an Irrigation Management Audit Team will consist of RID staff from the Regional Office and the Project as well as representatives of the Water Users Association. Staff from the Department of Local Affairs will also be invited to participate as members of the Audit Team. The Team will assess to what extent each party complied with its Irrigation Service Agreement during the previous year, including technical and financial aspects. The Team will also examine to what extent the IWUG and WUA followed their own democratic rules and processes. IWUG and WUA will be given performance ratings.

2.4.4 Promotion of private sector provision of irrigation services

RID will promote further involvement of the private sector in irrigation service delivery and other functions. RID will also assist IWUGs to to build their

capacity to make and supervise contracts for O&M services with private sector entities. The Service Agreements can be used as a learning tool for subsequent contracts.

2.4.5 Restructuring of RID

The RID will undertake a process of strategic planning to bring its mission, functions, organizational structure and processes, human resource deployment, staff incentives and budgets into alignment with the Irrigation Sector Reform Policy. This will involve consultations with staff at all levels.

Successful adoption of these policies will require many efforts. These will include legislation, participatory planning studies, consultations with farmers and other government agencies and the ingenuity and team efforts of staff of the RID. In order for the Reform program to be a success, the productivity and profitability of irrigated agriculture should increase. Hence, it will be necessary for us to collaborate with the Department of Agricultural Extension and other agencies which support farmers for the agricultural and marketing aspects.

Senior officers will be appointed as members of a special Irrigation Sector Reform Program Team. Members will be at Central as Regional Offices. Each will have responsibility for planning and oversight of one or more of the components of the ISR Program.

2.5 Tools for Irrigation Project Evaluation

This section will discus 2 types of the tools for performance assessment of irrigation projects including (1) Rapid Appraisal Process (RAP) of FAO/World Bank and (2) Performance Indicators and Service Standards or PI&SS from the ASPL project as mentioned in section 2.3. The volume 3 of the ASPL reports, the Reoriented and Reorganizing of Service Delivery in Irrigation (ADB. 2001), provides the analysis and recommendation on the performance indicators and the service standards.

2.5.1 Performance Indicators and Service Standards (PI&SS)

In the ASPL study, a long list of the performance indicators from the international institutions such as IWMI, IPTRID, INPIM and etc. were proposed (MOAC.2001). There were 56 indicators covering various aspects of irrigation performance as indicated in Table 2.5. RID established a working group on performance indicators and service standard or PI&SS. Only 10 indicators was selected from the long list and modified in order to test in the pilot projects under ASPL program. The PI&SS computer program, web based software, was developed in such way that the data can be input and the result can be presented on the internet. The detail of the 10 indicators and the service standard in irrigation are shown in Table 2.6 and 2.7 respectively.

Table 2.5 Summary of the ASPL long list performance indicators

Performance Indicator Classification	No. of ASPL long list indicators
1. Production	10
2. Water delivery and farmer participation	
2.1 Water delivery	22
2.2 Farmer participation	12
3. Investment costs and benefits	2
4. Equity	6
Total no. of indicators	56

Table 2.6 Ten RID selected ASPL performance indicators in PI&SS

RID Selected ASPL Performance Indicators(PI)	Indicators Descriptions
Land utilization - PI1(%)	100*Actual crop cultivation area/Irrigation command area
Land utilization - PI2(%)	100*Actual crop cultivation area/Target Irrigation Area
Irrigation Efficiency - PI3(%)	100*Net irrigation water requirements/Total water supply
Comparative crop yield - PI4(%)	100*Project yield/Out-of project yield
Budget allocation - PI5-1(B/rai)	Annual budget*(7/12)/Wet season irrigation command area
Budget allocation - PI5-2(B/rai)	Annual budget*(5/12)/Dry season irrigation command area
Water allocation problems - PI6(%)	100*No. of WUGs with water allocation problems/Total no. of WUGs
Participation - PI7(%)	100*No. of WUGs cleaning ditch/Total no. of WUGs
Farmer satisfaction - PI8(%)	100*No. of surveyed farmers having problems/Total no.of surveyed farmers
Farmer satisfaction - PI9(%)	100*No. of surveyed farmers with satisfaction and very satisfaction/Total no. of surveyed farmers
Officer satisfaction - PI10(%)	100*No. of surveyed officers with satisfaction and very satisfaction/Total no. of surveyed officers

Table 2.7 The proposed service standard for some performance indicators in PI&SS

Performance Indicators(PI)	Service Standard (SS)		
	Good	Fair	Poor
Land utilization (PI2)	>90%	>80%	<80%
Irrigation Efficiency (PI3)			
Comparative crop yield (PI)			
Water allocation satisfaction of WUGs (PI9)			
Water allocation problems (PI8)	<10%	<20%	>20%

The PI&SS program is the web-based program written with PHP in order to manage the database on MYSQL. There was a Thai manual. However the program PI&SS has never been used in the practice due to many reasons including (1) lack of personnel who are experts on this program (2) lack of data for testing the program. This program requires a lot of detail data. Some of which have never been recorded (3) nobody is interested to use the program (4) modification of this program to meet the requirements of the projects or regional office is difficult due to lack of personnel who can work on PHP programming and MYSQL database.

RID should adopt the concept of PI&SS to develop the monitoring and evaluation system for irrigation projects. The performance indicators should be carefully selected to match the requirements of irrigation projects and RID. The M&E system should be developed on spreadsheet since most of the new engineers in the irrigation project are familiar with the spreadsheet. The data input, the presentation via tables or graph and the modification of the performance indicators formula can be done easier than other programming approach such as the PHP used in PI&SS softwares.

2.5.2 Rapid Appraisal Process (RAP)

Rapid Appraisal Process or RAP is a tool developed by the joint effort of FAO/IPTRID/World Bank for quick water delivery service performance evaluation and the irrigation system capability evaluation of various components of irrigation system. RAP is developed on Excel which is easier to understand and modify.

Rapid Appraisal Process (RAP) allows qualified personnel to systematically and quickly determine key indicators of irrigation projects. The RAP can generally be completed with 2 weeks or less of field and office work – assuming that some readily available data on the project have been organized by project authorities in advance of the RAP. Key performance indicators from RAP help to organize perceptions and facts, thereby facilitating informed decisions regarding:

- The potential for water conservation within a project
- Specific weakness in project operation, management, resources, and hardware
- Specific modernization actions that can be taken to improve project performance.

Rapid Appraisal Process (RAP) for irrigation projects is a 1-2 week process of collection and analysis of data both from the office and from the field. The process examines external inputs such as water supplies, and outputs such as water destinations (ET, surface runoff, etc.). It provides a systematic examination of the hardwares and processes used to convey and distribute water internally to all levels within the project (from the source to the fields). External indicators and internal indicators are developed to provide the following information:

(i) a baseline of information for comparison against future performance after modernization.
(ii) benchmarking for comparison against other irrigation projects

(iii) a basis for making specific recommendations for modernization and improvement of water delivery service.

An essential ingredient of the successful application of RAP is adequate training of the evaluators. Experience has shown that successful RAP program requires:

(i) evaluators with prior training in irrigation.
(ii) specific training in the RAP techniques.
(iii) follow-up support and critique when the evaluators begin their field work.

A RAP will be unsuccessful if the EXCEL files are merely mailed to local irrigation projects to be filled out. Evaluators must understand the logic behind all the questions, and must learn how to go beyond the obvious when obtaining data. Ideally, if two qualified persons complete a RAP on a single irrigation project, the indicators that are computed by both persons will be very similar.

Typical baseline data for external indicators (such as water balances and irrigation efficiency) are either readily available or they are not. Individual irrigation projects have differences in the ease of access to typical baseline data on the command area, weather, water supply, etc. In some projects the data can be gathered in a day; in others it may take weeks. Usually the delays in data organization are due to simply finding the time to pull the data out of files and organizing it. If the data does not already exist, spending an additional 3 months on the site will not create the data. The question of what is "reasonably accurate" in data collection and computations can always be debated. Confidence intervals should be assigned to most water balance data – reflecting the reality that we always have uncertainties in our data and computation techniques. In irrigation matters, one is typically concerned about 5-10% accuracy.

For the RAP, one begins with a prior request for information that can be assembled by the irrigation project authorities – information such as cropped areas, flow rates into the project, weather data, budgets, and staffing. Upon arriving at the project, that data is organized and project managers are interviewed regarding missing information and their perceptions of how the project functions. One then travels down and through the canal network, talking to operators and farmers, and observing and recording the methods and hardware that are used for water control. Through this systematic diagnosis of the project, many aspects of engineering and operation become very apparent.

The external indicators do establish key values – such as whether or not it might be possible to conserve water (without defining how that might be accomplished). As such, low values of external indicators often provide the justification for modernization of projects – with the anticipation that modernization or intervention will improve the values of those external indicators. The internal indicators are necessary to understand the processes used within an irrigation project, the level of water delivery service throughout a project, and they also help an evaluator to formulate an action plan that will eventually result in an improvement of external indicators.

RAP was developed on MS.Excel consisting of 14 worksheets as shown in Table 2.8.

Table 2.8 The detail of the 14 RAP worksheets

Sheets	Name	Worksheet Description
1	1.Input-Water Balance for Year1	If one wants to use only one year data, the average water year should be used. It requires the input (mostly monthly) of: - Crop names - Irrigation Water Salinity - Crop threshold ECe values - Field crop coefficients, by month - Areas of crops - Water supply - Precipitation - Recirculation and groundwater pumping - Special agronomic requirements
2	2.Input-Water Balance for Year 2	Insert sheet2 and copy form and format from sheet1 to sheet 2 and rename. Make appropriate link cells in column X-AI in sheet 4.
3	3.Input-Water Balance for Year 3	Insert sheet3 and copy form and format from sheet1 to sheet 3 and rename. Make appropriate link cells in column AK-AV in sheet 4.
4	4.External Indicators *(ignore these, except to input needed "CI" values)*	Automatic computations of monthly and annual values of various water supply indicators. These are temporary values- except the user must input "CI" values. The final, important values can be found in the worksheet '14. World Bank BMTI Indicators'
5	5. Project Office Questions	Most of the data for this sheet are obtained from the Project office. They include: - General project conditions - Water supply location - Ownership of land and water - Currency - Budgets - Project operation, as described by office staff - Stated water delivery service at various levels in the system.
6	6. Project Employees	Requests information regarding employee training, motivation, dismissal, and work descriptions.
7	7. WUA	Data for Water User Associations (WUA) that were not obtained in the “Project Office Questions” are obtained here. This requires asking questions in the Project Office as well as having interviews with Water User Associations. Questions are related to: - Size of WUAs - Strength of organization - Functions - Budgets - Water charges

8	8. Main Canal	Data for the Main Canal, including - Control of flows - General canal characteristics - Cross regulators - General conditions - Operation rules - Turnouts - Communications - Regulating reservoirs - The level of service provided to the next lower level
9	9. Second Level Canals	Same as Main Canal
10	10. Third Level Canals	Same as Second Level Canals
11	11. Final Deliveries	Information regarding the level of water delivery service to individual ownership units, and at the last point of operation by paid employees.
12	12. Internal Indicators	This worksheet summarized the internal indicators that were calculated in the previous worksheets, plus asks for input regarding a few extra indicators. Weighted category indicators are computed for groups of sub-indicators.
13	13. Benchmark Indicators	This worksheet holds intermediate calculated values.
14	14. World Bank BMTI Indicators	This, plus worksheet 12, provide the final summary for the exercise.

The evaluation results in term of the external indicators are given in Sheet 4, the internal indicators in Sheet 12 and the World Bank Technical Indicators (BMTI) in Sheet 14.

Benchmarking is the process that uses the concept similar to RAP to ensure that the irrigation projects improved continuously. There are the comparative analysis on both internal and external indicators. The internal comparative analysis is to compare the actual performance with the target. The external comparative analysis is to compare the project performance with the performance of other projects or other organizations working on the similar function.

In worksheet 14, World Bank BMTI indicators is the attempts of FAO/World Bank/IPTRID to utilize the RAP internal and external indicators for benchmarking.

The example of RAP for performance evaluation of 16 irrigation projects around the world was reported in FAO Water Report 19- Modern Water Control and Management Practices in Irrigation- Impact on Performance (Burt and Styles, 1999). This report can be downloaded from the website http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm.

There is one problem regarding to the RAP is that the RAP sheet questions are written in English. It may not convenient for the RID staff who may have English

language problem. The RAP sheets are translated into Thai in order to ease RID staff to use RAP for performance evaluation of the project water delivery services and to evaluate the capability of the irrigation system. The Thai version RAP is given in the ANNEX 4 of this report.

Under the Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Reform Program (ISRP), RAP was selected for performance evaluation of the pilot projects. The information from RAP is useful for developing the strategy for irrigation sector reform.

2.6 Strategic Issues from 1st National Consultation Workshop

The 1st National Consultation Workshop was held on 29 September 2006 at Irrigation Management Institute. There were more than 200 stakeholders from RID, river basin committee, other government agencies, TAO and water user representatives participating in the workshop. The feedback from the workshop was good information in formulation of policies and strategy for Thailand irrigation sector reform.

2.6.1 Strength-Weakness-Opportunity-Threat in Irrigation Management

The small group discussion provides the useful information for identifying the strength-weakness-opportunity-threat (SWOT) in irrigation management in Thailand. The result of SWOT can be summarized below:

(1) FUND

Strength	**Weakness**
1. government agencies 1.1some budget available 1.2 manpower support	1. government agencies, TAO, WUO 1.1 lack of funds/budget for maintenance
Opportunity	**Threat**
1. government agencies 1.1 provide budget	1. government agencies 1.1 limit power to make decision and negotiation with the Budget Bureau 1.2 difficult to establish the irrigation repair and improvement fund by RID and TAO 2. TAO 2.1 TAO has no willingness to pay the maintenance cost 3. WUO 3.1 WUGs do not want to pay the maintenance cost 3.2 farmers do not agree with water fee collection

(2) INSTITUTION & OTHERS

Strength	Weakness
1. government agencies 1.1 irrigation staff has ability and experience in operation 1.2 use the irrigation communication officers 1.3 establish the center for coordination, public relation and transfer of technology at the TAO office and water master office 1.4 select the successful ASPL pilot projects 1.5 effective communication system 2. TAO 2.1 transfer functions in water resources to TAO 3. Water User Organization 3.1 strong community leaders 3.2 unity of water user group member	1. government agencies 1.1 limited field staff 1.2 very little incentive to work 1.3 no freedom to work
Opportunity	**Threat**
1. government agencies 1.1 good cooperation among the government agencies 1.2 strong support from high ranking official and very active field operators 1.3 availability of the manpower support 1.4 zoneman should be responsible only for water delivery service but not to safe guard the government property 2. TAO 2.1 training TAO and farmers 3. water user organization 3.1 strong water user groups 3.2 create good understanding, training and service mind for water user group on irrigation management 3.3 promote the agricultural careers 4. revise the transfer functions regulation 5. good public relation 6. take advantages of the government reform program	1. government agencies 1.1 duplicate and not unity 1.2 lack of coordination 1.3 insufficient field staff 2. TAO 2.1 lack of technical knowledge, irrigation law and practical transfer function 3. water user organization 3.1 no activities, weak 4. farmers 4.1 lack of knowledge in O&M 4.2 improper water use tradition 4.3 small profit from crop cultivation 4.4 small plots 4.5 competition in crop cultivation 5. lack of national master plan and policies 6. existing laws do not supporting the field operation and no practical enforcement

(3) PIM

Strength	**Weakness**
1. government agencies 1.1 government policy support the transfer functions and public participation 1.2 good relationship between staff and WUG 2. water user organization 2.1 members of WUG have unity and cooperation 2.2 provide the training and good understanding to water user good 3. participation on thinking, doing and inspecting 4. systematic irrigation management and participatory cooperation	
Opportunity	**Threat**
1. government agencies 1.1 good cooperation 2. water user groups 2.1 strong WUG 2.2 training, creation of service mind 3. people exciting about the transfer functions and participation	1. government agencies 1.1 lack of coordination 2 .TAO 2.1 TAO employees are not ready to take the transfer of functions 3. water user organization 3.1 no activities, not strong 3.2 lack of understanding about the participatory concept 3.3 good cooperation during shortage 3.4 lack of common responsibility 4. farmers 4.1 lack of sense of ownership 4.2 lack of good understanding about RID 4.3 government official must provide the service

(4) SERVICE AGREEMENT

Strength	Weakness
1. government agencies 1.1 RID has an experience in irrigation 1.2 RID staff must pay attention to the service 1.3 RID staff should give an advice to water users 2. promote the understanding on water management 3. establish the maintenance schedule for canal and farm ditches	1. government agencies 1.1 lack of field staff 1.2 lack of M&E 1.3 discontinuity in implementation 2. irrigation system 2.1 structures and delivery system damaged and lack of maintenance 2.2 insufficient water control structures 2.3 insufficient farm ditches access 3. water management 3.1 lack of water measurement 3.2 lack of efficiency evaluation of the canal 4. lack of public relation on water allocation activities
Opportunity	**Threat**
1. government agencies 1.1 RID has an experience in irrigation 1.2 strong support from high ranking official and very active field operators 1.3 RID can control water delivery even though there is no irrigation fee	1. government agencies 1.1 insufficient field staff 2. TAO 2.1 lack of technical skill on irrigation 2.2 do not pay attention to water management. 3. farmers 3.1 inefficient use of water 3.2 lack of technical skill on irrigation 3.3 need government support 4. irrigation system 4.1 insufficient water resources 4.2 lack of maintenance on the transferred small scale reservoir 4.3 canal sedimentation problem. 4.4 canal encroachment 4.5 maintenance service sufficient 5 .water management 5.1 inequity, unreliable 5.2 water shortage problem 5.3 insufficient water distribution due to canal closed for maintenance 5.4 non-strict water control 5.5 political interference 6. people dumps garbage in the canal

2.6.2 Strategy for Irrigation Management

(1) FUND

1. The O&M costs can be obtained from the government budget allocated through RID and TAO and by collecting from water users. The negotiation with Budget Bureau is needed.
2. The irrgation fund should be established at water user organization level in the first phase.
3. Promote participation, create the sense of ownership and acknowledge the economic value of water.

(2) INSTITUTION & OTHERS

1. Water delivery service must be the main issues in provincial meeting.
2. Establish the joint management committee consisting of the representatives from the project, water user organization, TAO and other agencies.
3. Establish the coordination and public relation center at TAO office and water master section office.
4. Promote the use of irrigation communication organizer (ICO).
5. Recommend to implement in the selected ASPL projects.
6. Establish the national policy and master plan.
7. Training TAO officers on technical and legal issues and procedure for transfer functions.
8. Training water user organization on O&M and promote the good understanding on water management.
9. Modify the transfer functions regulation to match the existing conditions.
10. Revise the obsolete laws to support the operation and establish the practical way of law enforcement.
11. Raise the farmer incomes by creating the agricultural industry in irrigated area.
12. Develop the strong water user organization which focuses on the activities during the critical period.
13. Increase budget and manpower to match the workload.

(3) PIM

1. Establish systematic water management system and promote public participation.
2. Establish good understanding on participatory approach and sense of ownership. Define the role and responsibility in water management.
3. RID must continue supporting TAOs and water user groups on the transfer functions.

(4) SERVICE AGREEMENT

1. Establish the systematic process of water management including planning, implementation, monitoring and evaluation.
2. Maintain good conditions of water delivery and distribution systems.
3. TAO must give the priority to the transfer functions.
4. The service of TAO must be uniform, particularly on the canal located under the 2 TAOs.

5. There must be law enforcement of canal encroachment and garbage dumping into the irrigation canal.
6. Water allocation must consider the issues of equity, monitoring and evaluation and strict control of water, particularly during the crisis and should not be interfer wwith the politic .
7. Conduct water measurement and estimate the project irrigation efficiency.
8. Adjust the maintenance plan to match the cropping calendar.
9. Continuous promotion of public relation on water alloaction and maintenance.

2.6.3 STRATEGIES AND ACTIVITIES

Strategy 1: Budgetary O&M

1. Establish the fund by starting from water user organization level,
2. Fund raising for O&M expenditure, from RID and TAO budget. It requires to make understanding and agreement with Budget Bureau, the other sources may be collecting water fee from water users.

Strategy 2: Establishment and Development of Institution and Organization

1. Establish the Joint Management Committee (JMC) for Irrigation, composing of representatives from water users, TAO, irrigation projects, the concerned government agencies and private sectors.
2. Establish the coordination, public relation and technology transfer center at the TAO office as well as irrigation project or at the water master office.
3. Upgrade the irrigation project to be an agro-industrial development project in irrigation system in order to increase more income to the farmers.
4. TAO must accept and recognize the transferable activities.
5. TAO in upstream and downstream of canals must take O&M responsibility in theirs own boundaries along the canals.
6. Employ irrigation community organizer.
7. Increase numbers of staff or budget to be appropriate with the quantities of O&M work.
8. RID need to provide support to TAO and WUO on the transfer function for some period of time.

Strategy 3: Training and Strengthening the Organization

1. Training the TAO's Staffs in the topics relevant on the O&M techniques, irrigation laws and the processes in transfer functions.
2. Train the WUO in the topics of O&M,
3. Strengthen the WUO and promote the unity of WUO by establishing some activity during water crisis,
4. Promote participation by providing water users the knowledge about their roles and responsibilities, sense of belonging, joint effort on thinking, doing, monitoring and evaluating, water right, value of water, good attitude on RID.

Strategy 4: Operation and Maintenance

1. Irrigation systems must be in good condition and also have sufficient canal densities and canal structures.
2. Select the ASPL projects having good performance as pilot project.

3. Water management should have full participation from stakeholders in carry out the whole processes of planning, implementation, monitoring and evaluation.
4. Water allocation must be equitable and reliable. Users should get the proper amount of water for the required period of time. There is effective monitoring and control system with no political interference.
5. Locate the position for measuring the water quantity and water level. The canal irrigation efficiencies should be investigated.
6. Maintenance plan should be adjusted so as to conform with cropping calendar.
7. Public relation on water allocation process should be continuously done to keep the stakeholders in the irrigation project inform.
8. Water Management should be one of the important issues in the provincial committee meeting.

Strategy 5: Policy, Laws and Regulation

1. Set up the master plan and the national policy.
2. Revise the regulation of transfer function which is appropriate for implementation.
3. Revise and improve the related water laws in order that they could be enforced.
4. Enforce the laws on construction of structures in the waterways and releasing waste water and garbage in the irrigation canal.

2.7 Service Oriented Management and Irrigation Modernization

2.7.1 Service Oriented Management

The modern concept of water management is to deliver water to clients according to the service agreement and crop water requirements. This concept is called service oriented management concept (SOM). SOM should be adopted to replace the existing water management concept, top-down concept which is inflexible.

SOM is the concept similar to the general service concept in business sector which can be explained in Figure 2.7.

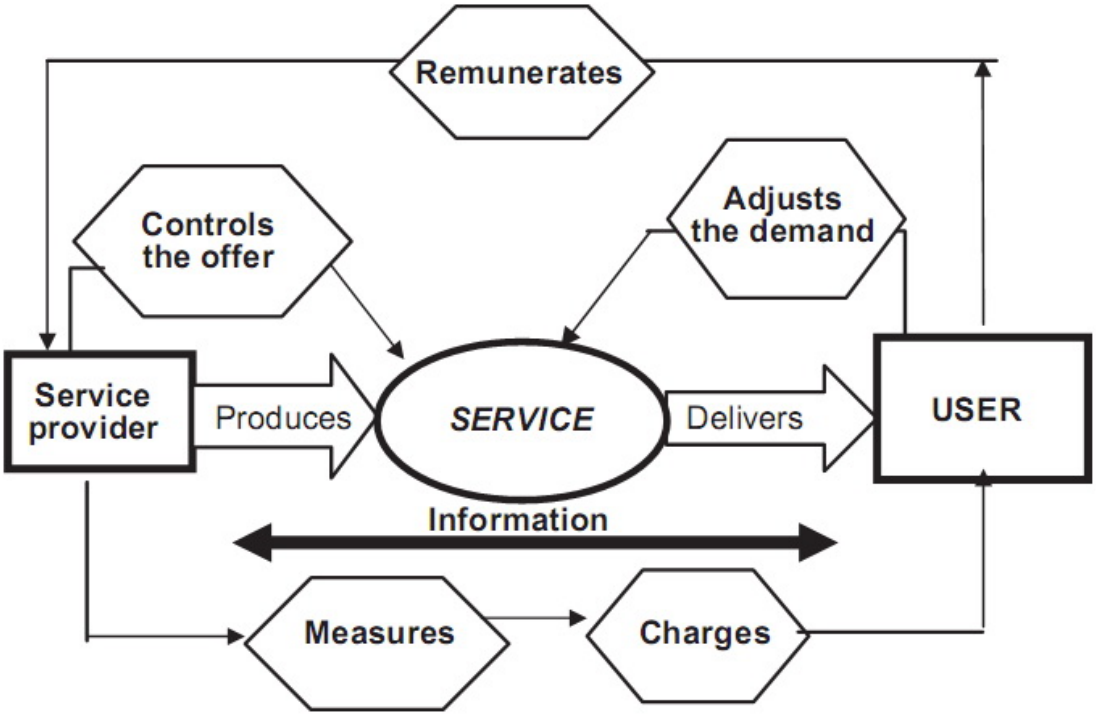


Figure 2.7 Service Oriented Management Concept

The main principles of the service oriented management by mean of service agreement are (1) the irrigation project or the service provider and the water user or the client have to establish the service agreement which specifies the detail of the water delivery service for example where and when water is required, how and how much water is delivered and etc; (2) the project has to establish the water delivery schedule and to control the water delivery according to the service agreement; (3) the clients have to pay something back in return such as in kind contribution for maintenance of the canals and farm ditches and controlling members of the water user groups to give the cooperation with the project in water delivery services.

The irrigation project can deliver water according to the service agreement and to meet the water requirements of the water users if water delivery services are flexible and reliable. The water users can choose or adjust the water delivery service according to the crop water requirements. The irrigation project can control the water delivery to water user groups. If the water user groups do not follow the service agreement, the project has authority to stop the water delivery service to the water users.

The important issue about the service oriented management is the flow of information between the service provider and the clients and the flow of information among the clients. The information must be accurate enough for the following analysis:

(1) Analysis of the level of water delivery services.
(2) Estimation of the water requirements.
(3) Adjust the water requirements according to the situation during the season.
(4) Adjust the actual services to match the requirements.
(5) Water measurement and fee collection.

Thus, this concept has 3 main basic flows between the service provider and the clients. Those are (1) flow of water (2) flow of information and (3) flow of money. The project can deliver water to the water users if (1) the water requirements of the users are known (2) the water delivery system must be ready to use and have enough capacity to deliver water according to the schedule (3) the field operators must have enough experiences and have responsibility. The O&M budget, water measurement and control, penalty system for those who do not follow the service agreement are the pre-requisite for the water delivery system to do its function.

2.7.2 Irrigation Modernization

The service oriented management is the new concept for Thailand. In order to adopt SOM, the water management and control practices need to be changed and the water delivery system needs to be improved through the process of irrigation modernization. The irrigation modernization is a process of technical and managerial upgrading of irrigation schemes with the objective to improve resource utilization (labor, water, economics, environmental) and water delivery service to farms. The irrigation modernization is different from the rehabilitation which focuses only on the structural improvement.

FAO has proposed the techniques for irrigation modernization according to the service oriented management. This technique is called MASSCOTE (Mapping System and Services for Canal Operation Techniques) (Renault et. al. 2007). The main principle of MASSCOTE consists of 11 steps as shown in Figure 2.8.

Figure 2.8 The Steps in the MASSCOTE Approach

Modernization of irrigation project according to the concept of MASSCOTE consists of 11 steps which is divided into 2 phases as shown in Table 2.9.

Table 2.9 The MASSCOTE framework

Mapping …	**Phase A - Baseline Information**
1. The performance (RAP)	Initial rapid system diagnosis and performance assessment through the RAP. The primary objective of the RAP is to allow qualified personnel to determine systematically and quickly key indicators of the system in order to identify and prioritize modernization improvements. The second objective is to start mobilizing the energy of the actors (managers and users) for modernization. The third objective is to generate a baseline assessment, against which progress can be measured.
2. The capacity & sensitivity of the system	The assessment of the physical capacity of irrigation structures to perform their function of conveyance, control, measurement, etc. The assessment of the sensitivity of irrigation structures (offtakes and cross-regulators), identification of singular points. Mapping the sensitivity of the system.
3. The perturbations	Perturbations analysis: causes, magnitudes, frequency and option for coping.
4. The networks & water balances	This step consists of assessing the hierarchical structure and the main features of the irrigation and drainage networks, on the basis of which, water balances at system and subsystem levels can be determined. Surface water and groundwater mapping of the opportunities and constraints.
5. The cost of O&M	Mapping the costs associated with current operational techniques and resulting services, disaggregating the different cost elements; cost analysis of options for various levels of services with current techniques and with improved techniques.
Mapping …	**Phase B - Vision of SOM & Modernization of Canal Operation**
6. The service to users	Mapping and economic analysis of the potential range of services to be provided to users. Mapping a vision of the irrigation scheme.
7. The management units	The irrigation system and the service area should be divided into subunits (subsystems and/or unit areas for service) that are uniform and/or separate from one another with well-defined boundaries.
8. The demand for operation	Assessing the resources, opportunities and demand for improved canal operation. A spatial analysis of the entire service area, with preliminary identification of subsystem units (management, service, O&M, etc.).
9. The option for canal operation improvements / units	Identifying improvement options (service and economic feasibility) for each management unit for : (i) water management, (ii) water control, and (iii) canal operation.
10. The integration of SOM option	Integration of the preferred options at the system level, and functional cohesiveness check. Consolidation and design of an overall information management system for supporting operation.
11. A consolidated vision & a plan for modernization and M&E	Consolidating the vision for the Irrigation scheme. Finalizing a modernization strategy and progressive capacity development. Selecting/choosing/deciding/phasing the options for improvements. A plan for M&E of the project inputs and outcomes.

3. PILOT PROJECT PERFORMANCE ASSESSMENT BY RAP

3.1 Introduction

The process for Policies and Strategic Planning for Thailand Irrigation Sector Reform Program was started from the formulation of the 6 working groups namely legal, participatory irrigation management (PIM), service agreement, financial arrangement, design and operation and training. The pilot projects in 4 different areas were selected for studying the issues in irrigation management and the approaches to solve the problems in order to formulate the strategic issues for irrigation sector reform of Thailand. The pilot projects selected for this study are.

(1) Phetchaburi O&M project, Phetchaburi Province, which has its own reservoir.
(2) Borrommathad O&M project, Chainat province, which is the large scale irrigation project in central plain without reservoir. Water has to be diverted from other water resources.
(3) Huai Fi and Nam Puey are small scale reservoir projects initiated by the King. They are small scale farmer managed irrigation systems in Phayao province, Northern Thailand.
(4) Huai Sam Pad reservoir is the project initiated by the King. It is the medium scale O&M project in Udon Thani province, North of Thailand.
(5) Huai Mong pumping project in Nongkai province, Northeastern part of Thailand.

In this chapter, the background of pilot projects and the result of project analysis and evaluation by RAP are presented.

3.2 The Detail of the Pilot Projects

3.2.1 Phetchaburi O&M project

Phetchaburi O&M project located in Phetchaburi province. It was constructed in 1950 or 58 years ago in Phetchaburi river basin. Kaengkrajan reservoir is the main source of water having the storage capacity of 710 million cubic meter. Phetch diversion dam is the headworks located downstream of Kaengkrajan reservoir. Its function is to divert water into 4 main canals covering an irrigation area of 468,280 rai. There is the farm ditch system for water distribution but no land consolidation. In wet season, 415,594 rai can be irrigated but in the dry season only 150,000 rai or 34% of the wet season irrigation can be irrigated. The main functions of Phetchaburi O&M project are to deliver water for the following purposes; domestic water supply, sea water intrusion, crop cultivation and industrial uses.

Most of the cultivated area used for paddy cultivation in wet season. In dry season, paddy, peanut, soybean, mung bean, water melon, sweet corn, lemon and fruit tree are cultivated.

There are 3 right main canals and 1 left main canal. The detail of the canal system is shown in Table 3.1. Most of the farm ditches are earth ditches. There are 1,633 farm ditches with the total length of 153 kilometers.

Table 3.1 Detail of Water delivery System of Phetchaburi O&M project.

Main Canal	Types of the Canal	Canal Length (km.)	Peak Flow Rate (m^3/second)	Irrigated Area. (rai)
RMC 1(Right Bank)	Concrete lined	16.660	10.625	65,048
RMC 2(Right Bank)	Concrete lined	19.556	5.960	54,330
RMC 3(Right Bank)	Concrete lined	25.900	22.803	232,404
LMC	Unlined	36.339	14.570	72,719
			Total	424,501

The project has established the water delivery scheduling for both wet and dry season. In wet season, the water is delivered on continuous basis to the maximum target area of 415,594 rai. In dry season, water is limited. The dry season irrigation area varies according to the water available in the Kaengkrajan reservoir at the beginning of dry season. On the average, 150,000 rai can be irrigated. The rotation water delivery is usually practiced. The project has declared 132 irrigation canals on the right bank of Phetchaburi river, by the authority of Irrigation Act 1942, as the irrigation water coarse since 1962. At present, the water fee is collected from non-agricultural water uses to the irrigation revolving fund. RID uses the irrigation revolving fund to buy the equipments for maintenance of the irrigation system.

The water user groups (WUGs) and the integrated water user groups (IWUGs) have been established. At present, there are 27 IWUGs. Some IWUGs are quite active in water management due to 2 key factors (1) strong leadership of the IWUG chairman and (2) the active field operation staffs to work with IWUGs.

3.2.2 Borrommathad O&M Project

Borrommathad O&M project is the diversion type irrigation project on the right bank of Chao Phraya river constructed in 1964 in Chainat province. The water is diverted from Chao Phraya diversion dam into 3 main canals namely 1L, 2L and 1R main canals. Most of the main canals are unlined. The detail of canal system is given in Table 3.2. Up to 365,000 rai can be irrigated, of which 152,717 rai are land consolidation area and 212,283 rai are typical farm ditch system.

Table 3.2 Detail of Water delivery System of Borrommathad O&M project.

Main Canal	Types of the Canal	Canal Length (km.)	Peak Flow Rate (m^3/second)	Irrigated Area (rai)
1R	Unlined	41.7	26.97	191,570
1L	Unlined 99%	62.7	12.76	90,090
2L	Unlined 79%	24.4	10.516	83,340
			Total	365,000

In year 2006, about 753 mcm of water was delivered Borrommathad O&M project with estimated irrigation efficiency of 63%. The total annual rainfall was 1,090 mm. The total number of farmers is 144,550. Most of them are paddy farmers with the average income of 46,000 baht per household. In year 2007, the project got the total budget of 154 million baths or 423 bahts/rai. There was very small amount of water collected for non-agricultural uses.

Borrommthad O&M project is facing the water shortage problem. The water cannot be delivered to the tail end of the canals on both wet season (during land preparation period) and dry season. The main reasons are (1) the weekly water level fluctuation at Chao Phraya diversion dam due to the variaton of flow released from Bhumipol and Sirikit reservoirs for hydropower generation, the reservoir releases are lower during the week end, resulting in too small discharge diverted to the main canals when water level is lower than the target control level; (2) Borrommathad O&M project is the supplementary irrigation project (the design water duty is 0.13 lps/rai) which limits the water delivery during the dry season. There are 2.5 cropping intensity. Farmers cultivate up to 5 paddy crops per 2 years in the area on the head end of the canals. In dry season, the water shortage is critical. The project has tried to solve the inequity in water distribution by adopting the default water delivery practices. All the cross regulators (check structures) are fully open in order to maintain the water level in the canals below the FSL level and water cannot flow through the FTO by gravity. Farmers have to pump water into their farm lands. One advantage of this default water delivery is to increase water use efficiency due to pumping cost of about 200 bahts per rai per season that is paid by farmers. The main dis-advantage is the cost of paddy cultivation increased. The study should be conducted to assess the feasibility of water delivery by default as practiced in Borrommathad O&M project.

3.2.3 Huai Fi and Nam Puey Small Scale Irrigation Projects

Huai Fi and Nam Puey are the small scale reservoir projects located in Bhuzang district, Phayao province. Huai Fi is the King initiated project but Nam Puey is the project for national security on Thai –Lao border. The 2 reservoirs are farmers managed irrigation systems under the responsibility of Phayao irrigation project. These 2 small scale projects are not transferred to TAO due to the special background of the projects, the King initiated and nation security. These 2 projects are managed by the farmer water user groups, which is the typical practices in Northern part of Thailand.

RID constructed Huai Fi reservoir in 1983 on purpose to store water for domestic and agricultural uses. Huai Fi reservoir has the storage capacity of 0.825 mcm. The water from the reservoir can be delivered to irrigate 3,000 rai of paddy in wet season via 14 small weir-ditch systems, 10 of which constructed by Bhuzang Tambol Council and 4 of which by farmers, and 2 village ponds having the storage capacity of 17,000 and 45,000 cubic meters. In dry season, the main crops are vegetable crops such as onion. Less than one third of the command area can be irrigated. In the past, there were water use conflicts. The staffs of Phayao irrigation project took the opportunity to provide the knowledge on water uses, water delivery and distribution and help establishing the Huai Fi water users groups in 1989. At present there are 19 WUGs under 1 IWUG. The Huai Fi IWUG is one of the strong IWUG in Thailand due to the strong leadership of the IWUG chairman. In year 1991, Huai Fi IWUG won the best water user organization awards of the country. In year 2006, Huai Fi was selected as the pilot project of the Ministry of Agriculture and Agricultural Cooperatives for integrated plan and development of all departments of the ministry.

Nam Puey reservoir is located in Ban Huok, Bhuzang district, Phayao province. It is the project for national security purpose along Thai-Lao border proposed by the Regional Army 3. The reservoir was constructed in 1986 with the total construction cost of 7 million baht. The main purpose is to store water for domestic and agricultural uses. The reservoir has the storage capacity of 192,500 m^3. The watershed area is 6 km^2 with the average total rainfall of 1,400.8 mm/year. The annual inflow to the reservoir is 2,101,200 m^3/year. The reservoir can deliver water to irrigate 1,500 rai and is also used for domestic water supply,

fishery and recreation purposes. The reservoir is the mean to create the good impression of the government support to the remote people who are living along the Thai-Lao border.

3.2.4 Huai Sam Pad Medium Scale Irrigation Project

Huai Sam Pad project is a medium scale irrigation project in Udon Thani province initiated by the King. The project was constructed in 1992. It is a part of Udon Thani irrigation project consisting of a reservoir with the storage capacity of 15 mcm. The main purpose of the project is to store water for domestic water supply, irrigation and recreation. The irrigation system consists of the concrete lined canals on both the left and the right bank with the total length of 37.93 km. The detail of the canal system is given in Table 3.3 There are 161 farm ditches with the combined total length of 92.41 km. The project can deliver water to irrigate in the area of 16,910 rai. Huai Sam Pad project is operated under the water master section 4. There are 1 permanent employee and 2 temporary employees working at Huai Sam Pad project. In year 2007, Huai Sam Pad got the total annual budget of 1.8 million batht including the salary.

Table 3.3 Detail of Water delivery System of Huai Sam Pad Medium Scale project.

Main Canal	Types of the Canal	Canal Length (km.)	Peak Flow Rate (m^3/second)	Irrigated Area. (rai)
RMC	Concrete lined	9.680	3.00	13,710
LMC	Concrete lined	5.365	0.672	3,200
			Total	16,910

Most of the farmers cultivate paddy, some upland crops and vegetable in wet season. In dry season, most of them do other works such labour work.

The organization structure of Udon Thani irrigation project and Huai Sam Pad medium scale irrigation project is shown in Figure 3.1.

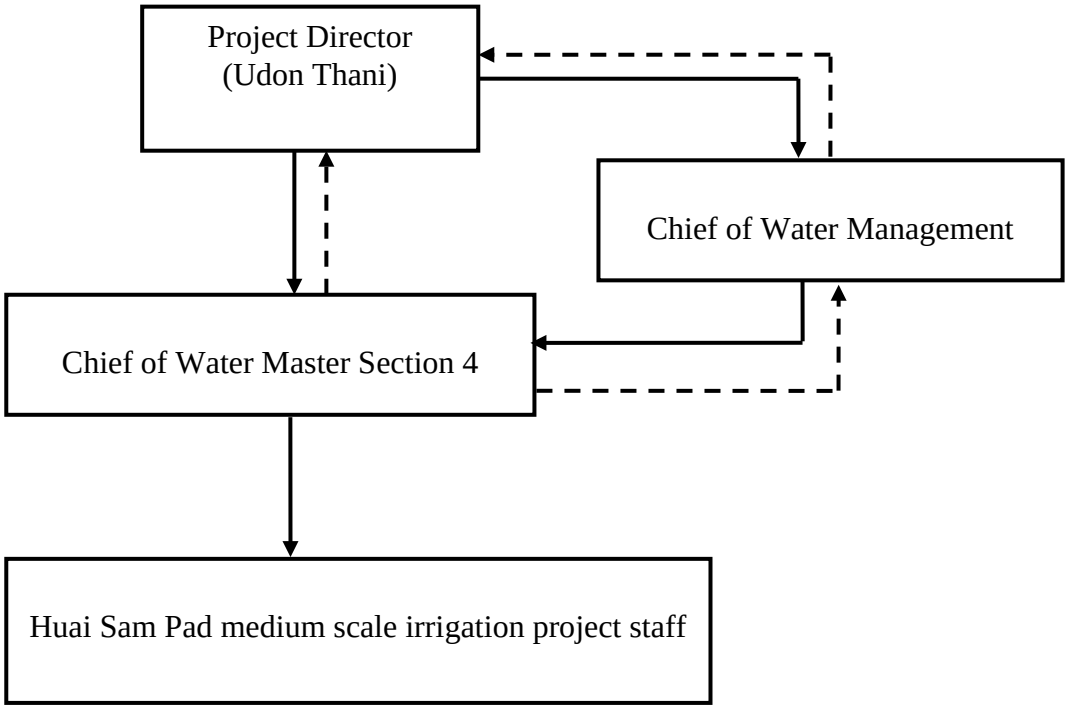


Figure 3.1 Organization Structure of Huai Sam Pad medium scale irrigation project

The water organization of Huai Sam Pad is the water user cooperative established in 1992. The water user cooperative was quite successful during the initial period. At present, the water user cooperative is facing financial problems, lack of support from the government agencies and declining.

Udon Thani has established the water management procedure for Huai Sam Pad as shown in Table 3.4.

The water management problems of Huai Sam Pad irrigation project can be summarized as follow:

(1) Some of the canals are damaged due to the erosion from flash flood. The distance between check structures are too long to be effectively control the water level. Some of the check structures lost the gate to control the water level.

(2) The field operators do not have the knowledge and skill in water delivery control and measurement. There is no incentive for the field operators to work effectively. The water user groups and water user cooperatives are weak and have no confident on water delivery services of the project. By all of these reasons, the project is under utilized in dry season. Only half of the target area (4,000 rai) is cultivated.

Table 3.4 Procedure for Water Management of Huai Sam Pad medium scale irrigation project

Activities	Responsible Persons
1. Estimate the available water	Chief of water management section
2. Defining the irrigated area	Chief of water management section
3. Farmer meeting	Chief of water master section 4
4. Collect tentative farmer cultivation plan	WUGs
5. Field check of the cultivation plan and report	Chief of water master section 4
6. Calculate the discharge delivery	Chief of water management section
7. Inform farmers the water delivery schedule	Chief of water master section 4
8. Water delivery control	Reservoir staffs and WUGs
9. Adjust the water delivery schedule according to the field situation	Chief of water master section 4
10. Reporting the actual cultivation and irrigated area	Reservoir staffs
11. Summarize the water delivery on annual basis.	Chief of water management section

3.2.5 Huai Mong Irrigation Pumping Project

Huai Mong irrigation pumping project (or Huai Mong O&M project) is located in Thabor district, Nongkai province covering an area of 6 tambols in 3 districts including Thabor, Srichiengmai and Photak. Huai Mong is the electricity pumping project. The purpose of the project is to increase the irrigation potential of Mae Kong river basin area. This project is induced from the feasibility study conducted by the Lower Mae Kong River Basin Committee and is a part of Pha Muong Phase 1 project. The project was financially supported by the grant from EU and Government of Belgium and some budget from Royal Thai Government (RTG). The project construction was started in 1981 and the operation was started in 1987.

Two phases of Huai Mong project have been developed. The 1st phase was the construction of the basic infrastructure, flood control, irrigation and drainage systems by

the Department of Energy Development and Promotion during 1981-1987. The 2nd phase was the development of on farm water distribution system by Agricultural Land Reform Office during 1992-1998. Due to the government sector reform in 2002, the electricity pumping projects of Department of Energy Development and Promotion were transferred to RID. Huai Mong pumping project has been operated under RID Regional Office 5 since 9 October 2002. Huai Mong pumping project has been changed to Huai Mong O&M project by RID order on 17 October 2005.

Huai Mong headwork was constructed at the mouth of Huai Mong tributary connecting to Mae Kong river. The headwork consists of the main regulator and the main pumping station. The function of the regulator is to regulate the flow from Huai Mong to Mae Kong river in order to maintain water level in Huai Mong at +165.50 m.(msl.) for irrigation pumping by sub-stations. Huai Mong has the storage capacity of 14.36 mcm. The main pumping station consists of 4 main pumps which can pump water from Mae Kong river back to Huai Mong when water level in Huai Mong is insufficient for sub-station pumping. There are 9 irrigation pumping sub-stations located around the storage of Huai Mong in order to pump water to the gravity water delivery system with the total command area of 61,183 rai.

Table 3.5 Detail of Water delivery System of Huai Mong pumping project

Pumping Station	Types of the Canal	Peak Flow Rate (m^3/second)	Irrigated Area. (rai)
Regulator	Concrete lined	9.520	525
P.1	Concrete lined	1.125	4,475
P.3	Concrete lined	1.124	5,645
P.4	Concrete lined	2.170	7,603
P.5	Concrete lined	1.615	6,466
P.6	Concrete lined	2.987	10,792
P.7	Concrete lined	3.250	11,328
P.8	Concrete lined	1.275	4,602
P.9	Concrete lined	0.700	2,795
P.10	Concrete lined	9.520	6,952
		Total	61,183

After operation for more than 20 years, the irrigation pumping sub-stations and distribution systems are deteriorated. Many of the pumps are out of order. The remaining pumps are not in good conditions. The pumps may break down any time during the irrigation season. The budget for repair of the pumps is needed in order to prevent the pumps break down and have effect the crop cultivation.

3.3 Pilot Projects Evaluation By RAP

RAP as mentioned in section 2.5.2 was used for performance assessment of the pilot projects. The information generated from RAP together with others information will be used to identify the strategic issues for pilot projects improvement. The NCS, NPC, the core team, working groups and the pilot projects have organized the RAP programs for project evaluation of the pilot projects as presented in Table 3.6 below.

Table 3.6 RAP Program for Pilot Projects Assessment.

Date	Location	No. of RAP team member
16-18 Nov. 2006	Phetchaburi O&M project, Phetchaburi province	37
29 Nov. – 1 Dec. 2060	Borrommathad O&M project, Chainat province	34
24-27 Dec. 2006	Huai Fi and NamPuey small scale FMIS, Phayao province	35
10-13 Jan. 2007	Huai Sam Pad medium scale irrigation project, Udon Thani province	19
10-13 Jan. 2007	Huai Mong pumping project, Nong Kai province	18

The detail activities of RAP and general conclusion andrecommendations for the 5 pilot projects are available in the RAP mission report submitted to FAO via NPD on January 17,2007.

At the end of each RAP program, the general result was presented to the stakeholders meeting. The problems, recommendation and supporting activities were discussed. In each meeting, there were 80-100 stakeholders participating. The stakeholders were divided into 3 groups including (1) the project field staff (2) farmers and (3) other stakeholders. The opinion from 4 stakeholders meeting were analyzed by the National strategic planning expert in order to formulate the strategy for irrigation sector reform.

The RAP results were analyzed in detail using (1) internal indicators and (2) external indicators. The IPTRID indicators are given in ANNEX 3.

3.3.1 External Indicators

External indicators are the indicators of the input and output of a project in terms of money, labor and water used to produce the agricultural output. The external indicators show how high or how low is the performance or efficiency of the irrigation project and should guide the need for project improvement. However the external indicators cannot tell how to increase the performance of the irrigation project, so internal indicators are needed to assess the performance of the infrastructure and management to understand how to improve the irrigation project performance.

The external indicators from RAP are calculated from the water balance analysis in Sheet 1. The external indicators of the pilot projects are shown in Table 3.7. Some important external indicators of the 3 pilot projects namely (1) Huai Fi and Nam Puey small scale farmer managed irrigation systems in Phayao province (2) Huai Sam Pad medium scale irrigation project in Udon Thani province and (3) Huai Mong pumping project in Nong Kai province cannot be calculated due to no water measurement. Only the external indicators of Phetchaburi O&M project and Borrommathad O&M project can be calculated as shown in Table 3.8.

From Table 3.8, the irrigated areas of Phetchaburi O&M project and Borrommathad O&M project are almost the same size (57,063 and 56,368 ha) and the cropping intensity is almost the same (1.00 and 0.97). The relative water supply of Borrommathad O&M project (3.12) and Phetchaburi O&M project (2.93) are very high due to high estimation of

effective rainfall. However the annual agricultural production value of Phetchaburi O&M project (US.$2,320 per ha) is almost 3 times higher than that of Borrommathad O&M project (US.$790 per ha) due to the cultivation of high yield crops including orchard and fish-shrimp farms in Phetchaburi O&M project while paddy is the main crop in Borrommathad. Most of the irrigation projects in Thailand have never estimated the irrigation efficiency. The approximate value of irrigation efficiency is used in water allocation and delivery. Phetchaburi O&M project used very high stated conveyance efficiency (90%) since most of the canal in Phetchaburi are concrete lined canals while Borrommathad O&M project used only 50% stated conveyance efficiency since most of the canal are unlined. The calculated command irrigation efficiency of the 2 pilot projects are the same (62%). The field irrigation efficiency of Phetchaburi O&M project is 55% while that of Borrommathad O&M project is above 100% indicating insufficient water delivery to Borrommathad since the data on groundwater pumping and drainage reuse by each individual framer are unavilable and are not estimated in this study.

Table 3.7 External Indicators of 5 Pilot Projects

Item Description	Units	Phetchaburi	Borrommathad	Phayao	Huai Sam Pad	Huai Mong
Stated Efficiencies						
Stated conveyance efficiency of imported canal water (accounts for seepage and spills and tail end flows)	%	90	50	n.a.	n.a.	70
Weighted field irrigation efficiency from stated efficiencies	%	24	79	19	80	80
Areas						
Physical area of irrigated cropland in the command area (not including multiple cropping)	Ha	57,063	58,400	163	2,706	9,789
Irrigated crop area in the command area, including multiple cropping	Ha	57,063	56,368	291	2,866	13,288
Cropping intensity in the command area including double cropping	none	1.00	0.97	1.79	1.06	1.36
External sources of water for the command area						
Surface irrigation water inflow from outside the command area (gross at diversion and entry points)	MCM	624	633	0	0	0
Gross precipitation in the irrigated fields in the command area	MCM	516	584	2	30	131
Effective precipitation to irrigated fields (not including salinity removal)	MCM	356	494	3	24	134
Net aquifer withdrawl due to irrigation in the command area	MCM	0	0	0	0	0

Table 3.7 External Indicators of 5 Pilot Projects

Item Description	**Units**	**Phetchaburi**	**Borrommathad**	**Phayao**	**Huai Sam Pad**	**Huai Mong**
Total external **water** supply for the project - including gross ppt. and net aquifer withdrawl, but excluding internal recirculation	MCM	1,140	1,217	2	30	131
Total external irrigation supply for the project	MCM	624	633	0	0	0
"Internal" Water Sources						
Internal surface water recirculation by farmer or project in command area	MCM	121	0	0	0	0
Gross groundwater pumped by farmers within command area	MCM	21	0	0	0	0
Groundwater pumped by Project Authorities and applied to the command area	MCM	0	0	0	0	0
Gross total annual volume of project authority irrigation supply.	MCM	624	633	0	0	0
Total groundwater pumped and dedicated to the command area	MCM	21	0	0	0	0
Groundwater pumped by Project Authorities and applied to the command area, minus net groundwater withdrawl (this is to avoid double counting. Also, all of net is applied to this term, although some might be applied to farmers)	MCM	0	0	0	0	0
Estimated total gross internal surface water + groundwater	MCM	142	0	0	0	0
Irrigation water delivered to users						

Table 3.7 External Indicators of 5 Pilot Projects

Item Description	**Units**	**Phetchaburi**	**Borrommathad**	**Phayao**	**Huai Sam Pad**	**Huai Mong**
Internal authority water sources are stated to have a conveyance efficiency of:	%	42	95	33	40	70
Delivery of external surface **irrigation** water to users - using stated conveyance efficiency	MCM	561	316	0	0	0
All other **irrigation** water to users (surface recirculation plus all well pumping, with stated conveyance efficiencies, using 100% for farmer pumping and farmer surface diversions)	MCM	142	0	0	0	0
Total irrigation water deliveries to users (external surface irrigation water + internal diversions and pumping water sources), reduced for conveyance efficiencies	MCM	703	316	0	0	0
Total irrigation water (internal plus external) - just for intermed. value	MCM	766	633	0	0	0
Overall conveyance efficiency of project authority delivered water	%	90	50	n.a.	n.a.	n.a.
Net Field Irrigation requirements						
ET of irrigated fields in the command area	MCM	457	883	0	19	82
ET of irrigation water in the command area (ET - effective precipitation)	MCM	102	389	-3	-5	-52
Irrigation water needed for salinity control (net)	MCM	0	0	n.a.	0	0
Irrigation water needed for special practices	MCM	287	0	0	0	0

Table 3.7 External Indicators of 5 Pilot Projects

Item Description	**Units**	**Phetchaburi**	**Borrommathad**	**Phayao**	**Huai Sam Pad**	**Huai Mong**
Total NET irrigation water requirements (ET - eff ppt + salt control + special practices)	MCM	389	389	n.a.	-5	-52
Other Key Values						
Flow rate capacity of main canal(s) at diversion point(s)	cms	54.0	52.3	1.6	3.0	10.2
Actual peak flow rate of the main canal(s) at diversion point(s) this year	cms	70.0	62.0	1.3	2.4	7.8
Peak NET irrigation requirement for field, including any special requirements	cms	42.6	31.2	n.a.	1.4	2.3
Peak GROSS irrigation requirement, including all inefficiencies	cms	85.6	50.7	n.a.	n.a.	n.a.
ANNUAL or One-Time External INDICATORS for the Command Area						
Peak liters/sec/ha of surface irrigation inflows to canal(s) this year	LPS/Ha	1.23	1.06	7.67	0.89	0.80
RWS Relative water supply for the irrigated part of the command area (Total external water supply)/(Field ET during growing seasons + water for salt control - Effective precipitation)	none	2.93	3.12	n.a.	-6.03	-2.54
Annual **Command Area Irrigation Efficiency** [100 x (Crop ET + Leaching needs - Effective ppt)/(Surface irrigation diversions + Net groundwater)]	%	62	62	n.a.	n.a.	n.a.

Table 3.7 External Indicators of 5 Pilot Projects

Item Description	**Units**	**Phetchaburi**	**Borrommathad**	**Phayao**	**Huai Sam Pad**	**Huai Mong**
Field Irrigation Efficiency (computed) = [Crop ET-Effective ppt + LR water]/[Total Water Delivered to Users] x 100	%	55	123	n.a.	n.a.	n.a.
RGCC - Relative Gross Canal Capacity - (Peak Monthly Net Irrigation Requirement)/(Main Canal Capacity)	none	0.79	0.60	n.a.	0.47	0.23
RACF - Relative Actual Canal Flow - (Peak Monthly Net Irrigation Requirement)/(Peak Main Canal Flow Rate)	none	0.61	0.50	n.a.	0.58	0.30
Gross annual tonnage of agricultural production by crop type	m Tons	see Table 9 on each INPUT worksheet (1-3)				
Total annual value of agricultural production	$ US	132,395,528	44,538,672	297,675	1,108,100	19,961,530

Table 3.8 External Indicators of Phetchaburi and Borrommathad O&M Projects

ANNUAL External INDICATORS for the Command Area	**Unit**	**Phetchaburi**	**Borrommathad**
Stated conveyance efficiency of imported canal water (accounts for seepage and spills and tail end flows)	%	90	50
Weighted field irrigation efficiency from stated efficiencies	%	24	79
Physical area of irrigated cropland in the command area (not including multiple cropping)	Ha	57,063	58,400
Irrigated crop area in the command area, including multiple cropping	Ha	57,063	56,368
Cropping intensity in the command area including double cropping	none	1.00	0.97
Peak (lps/ha) of Surface Irrigation Inflows to Canal(s)	Lps/ha	1.23	1.06
Relative Water Supply(RWS) : [Total external water supply/(Field ET during growing seasons + Water for salt control - Effective precipitation)]	none	2.93	3.12
Command Area Irrigation Efficiency : [100 x (Crop ET + Leaching needs - Effective ppt)/(Surface irrigation diversions + Net groundwater)]	%	62	62
Field Irrigation Efficiency : [Crop ET-Effective rainfall + LR water]/[Total Water Delivered to Users] x 100	%	55	***123***
Relative Gross Canal Capacity(RGCC) : [Peak Monthly Net Irrigation Requirement/Main Canal Capacity]	None	0.79	0.60
Relative Actual Canal Flow(RACF) : [Peak Monthly Net Irrigation Requirement/Peak Main Canal Flow Rate]	None	0.61	0.50
Total annual value of agricultural production	$US	132,395,528	44,538,672
	$US/ha	2,320	790

3.3.2 Internal Indicators

The internal indicators from RAP can give 2 sets of the very useful information about the performance of irrigation system as explained below:

(1) The stated and actual performance of water delivery service using the measurement and control of flow, number of fields , flexibility, reliability and equity as the prime indicators at 3 different levels of the irrigation system namely

- At the fields or farms
- At most downstream point operated by the paid employee (MDP), for the condition of the pilot project, this can be the head regulators of the second level or third level canals.
- At the main canal system

(2) The performance of various components of irrigation system that can have direct effect on the water delivery of irrigation system namely.

- the main canal
- the second level canal or lateral canal
- the third level canal or sub-lateral canal
- the budgets, employees and WUAs

Six system components on the main, second level and third level canals are appraised including

- cross regulator
- turnouts
- regulating reservoirs
- communications
- general conditions
- operation

Figure 3.2 can help explain different levels of water delivery service and various components of the irrigation system as mentioned above.

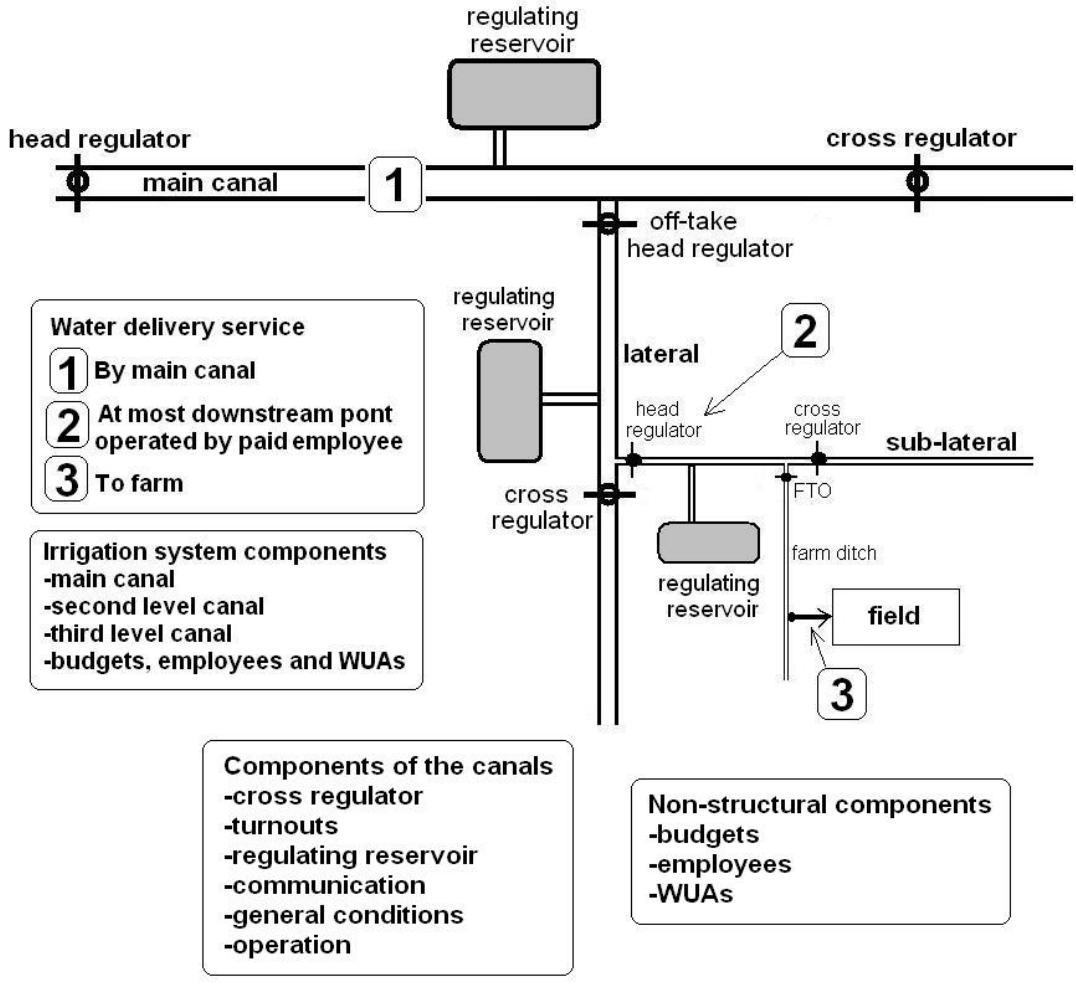


Figure 3.2 Irrigation system from RAP view point

The internal indicators on both the primary indicators and sub-indicators were evaluated by number 0-4 (4=very good, 3=good, 2=fair, 1=poor, 0=very poor).

The internal indicators showed the performance of water delivery service and the capability of various components of the irrigation system which can be summarized as follow.

3.3.2.1 Conclusion and Recommendation on Water Delivery Services of the Pilot Projects

(1) Conclusion on Water Delivery Services of the Pilot Projects

- The overall stated and actual water delivery services of the pilot projects are poor (~1.0) and the improvements are needed as shown in Figure 3.3.
- The stated and actual water delivery services to fields and at the most downstream point operated by paid employee (MDP) are close to 1.0. The stated and actual water delivery service by the main canal is a little higher (actual=1.51 and stated=1.88) as shown in Figure 3.4.

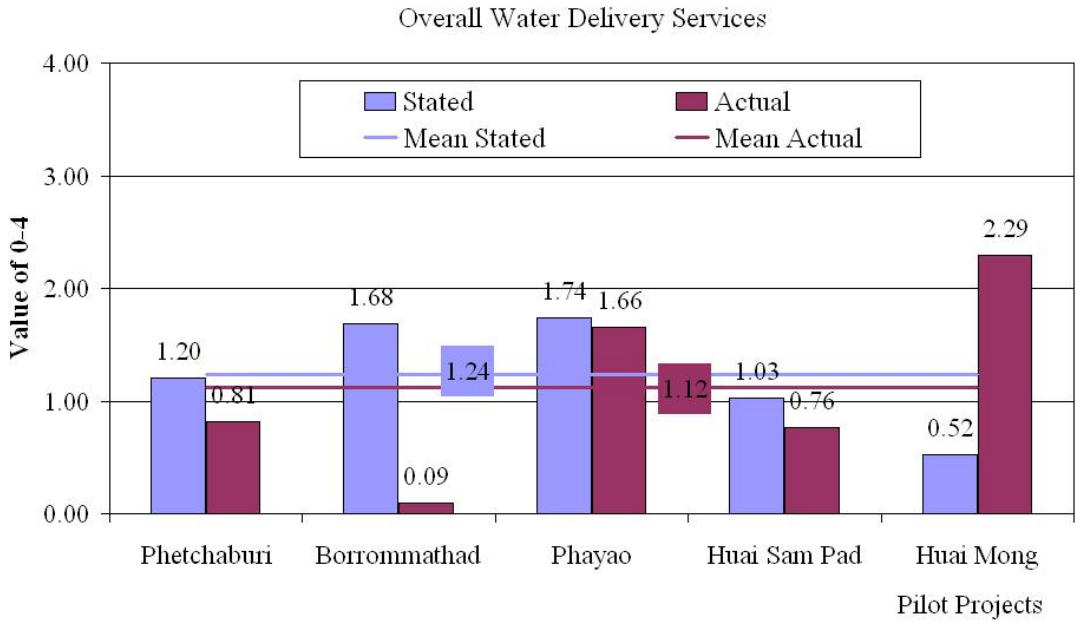


Figure 3.3 Overall water delivery services of different pilot projects

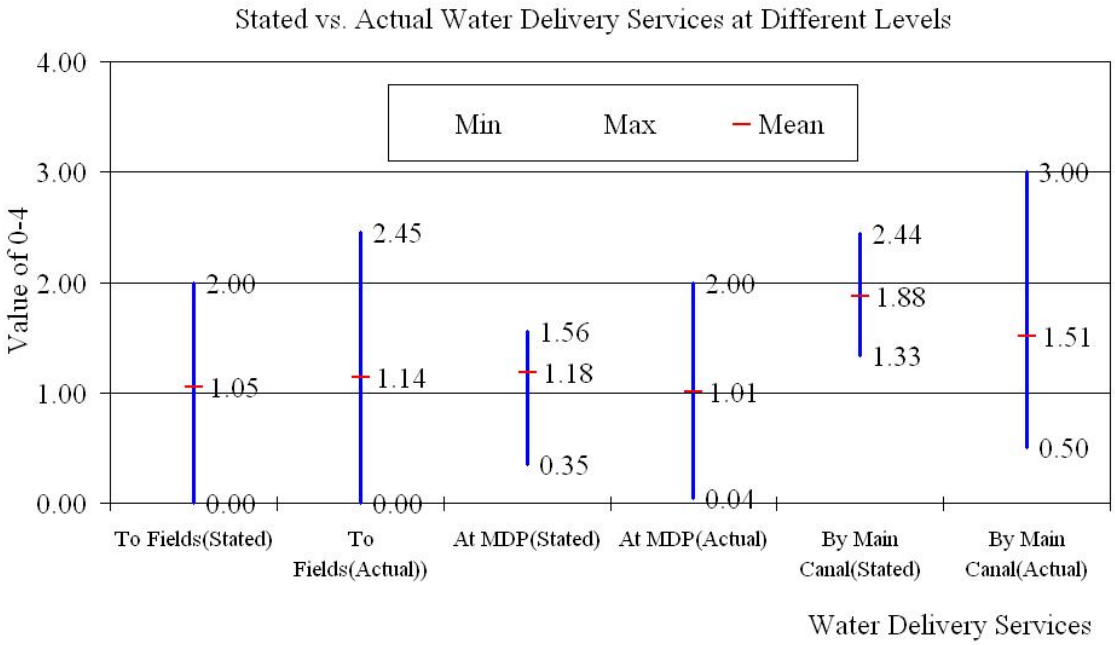


Figure 3.4 Stated versus actual range of water delivery services at different levels of irrigation system

The sub-indicators showing the performance of water delivery service in term of measurement of volume, flexibility, equity and control of flow rate of all 5 pilot projects are very low as shown in the Table 3.9.

Table 3.9 Sub-indicators indicating very low water delivery performance of the 5 pilot projects

	Phetchaburi	Borrommathad	Phayao	Huai Sam Pad	Huai Mong
WDS to fields					
Measurement of volume	0	0	0	0	0
Flexibility		0	0.75	0	
Reliability		0			
Apparent Equity		0			
WDS to MDP					
Too many numbers of fields downstream of MDP	0.5	0	0	0	0
Measurement of volume	0.25	0	0	0	0.5
Flexibility		0.17			
Reliability		0			
Equity	0.75	0			
WDS by Main Canals					
Control of flow rate		0.83			
Flexibility		0.33			
Reliability		0			
Equity		0.67			

From the analysis of the primary indicators and sub-indicators of 5 pilot projects, the general recommendations for water delivery performance improvement are given below:

(1) Set ***flow measuring system*** at the head regulator and turnouts by installing the staff gages and gate calibration.
(2) To reduce **the number of fields downstream of MDP**, the field staffs of the project have to be increased. However it is most impossible to increase the number of paid employees. The alternative is to use ***the PIM approach***. If the WUAs can work with the field staff in operation of the final deliveries system, it may improving the water delivery service in this level of the project.
(3) ***Water allocation and delivery rules*** need to be written and used in the actual operation. Good rule and flow measuring system in (1) can improve the flexibility, reliability and equity in the final deliveries and the main canal systems.
(4) The flow measurement system in (1) is a pre-requisite for the control of flow rate in the main canal system. The written rule in (3) can help the zoneman and gate operators in the actual operation. However ***the training*** of the field staffs on flow measurement and canal control is needed.

3.3.2.2 General Conclusion and Recommendation on Capability of Irrigation System Components

In general, the main canal has a little higher capability than the others as shown in Figure 3.5. Among the sub-indicators as shown in Figure 3.6, the regulating reservoir has a lowest capability of all. The turnouts, communication and general conditions are about the highest capability. The cross regulator and the operation are in between.

The capability of the second level canal is similar to that of the main canal as shown in Figure 3.7. The regulating reservoir is the lowest capability. The communication, the general conditions and turnouts are the highest. The cross regulator and operation are in between.

The capability of the third level canal is similar to that of the second level canal, except the turnouts have lower capability, as shown in Figure 3.8.

Among the non-structural components, the budgets are the lowest capability as shown in Figure 3.9.

The sub-indicators of the irrigation system components having very low performance (performance value below 1) of the 5 pilot projects are shown in the Table 3.10.

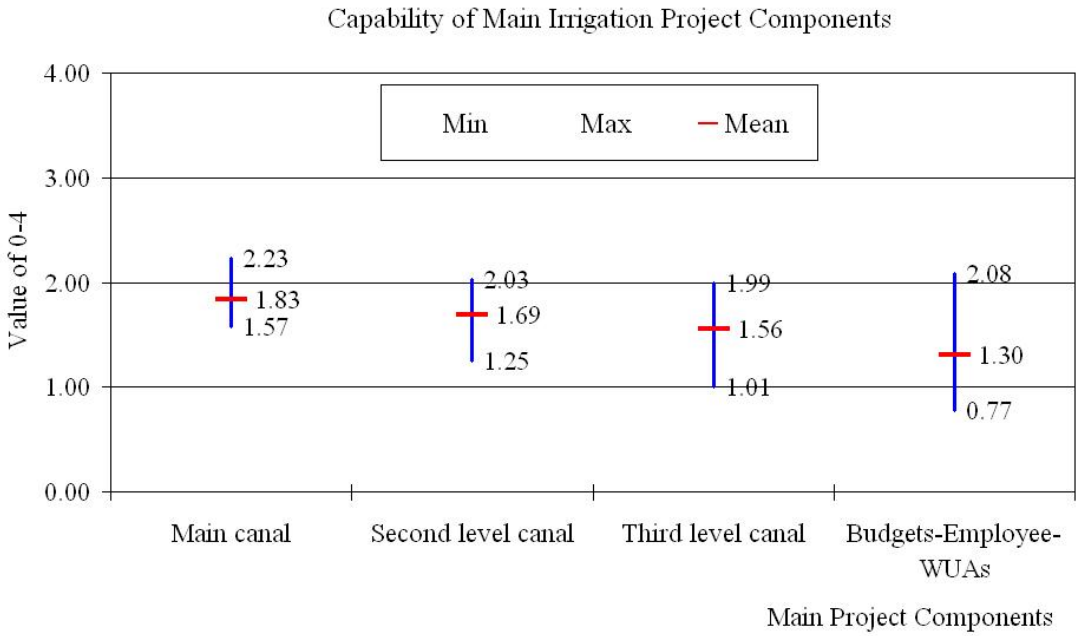


Figure 3.5 Range of the capability of the main components of irrigation system

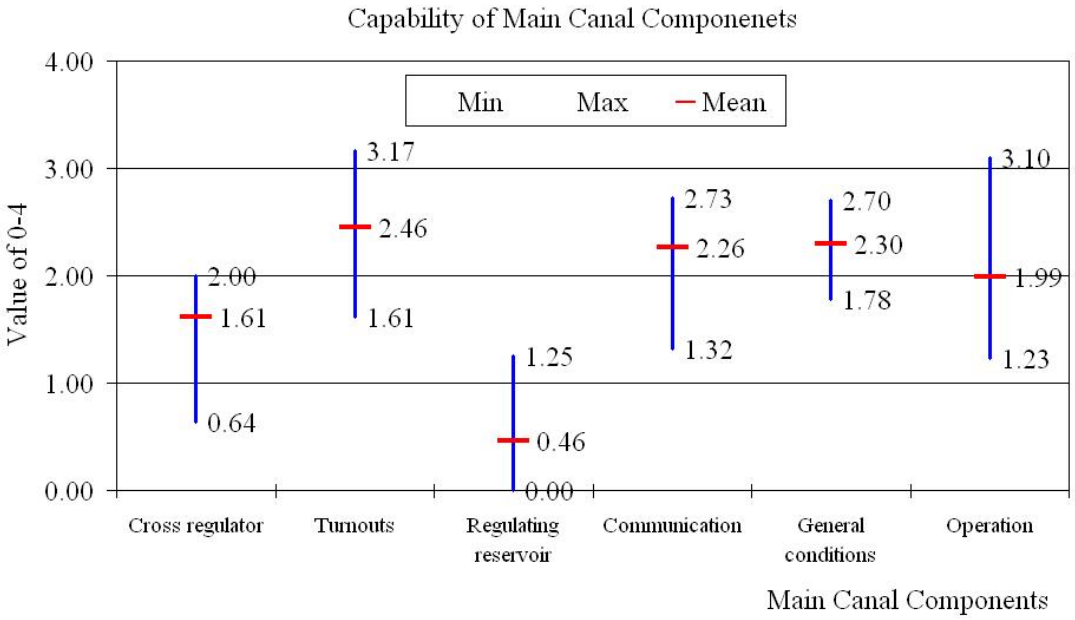


Figure 3.6 Range of the capability of the main canal components

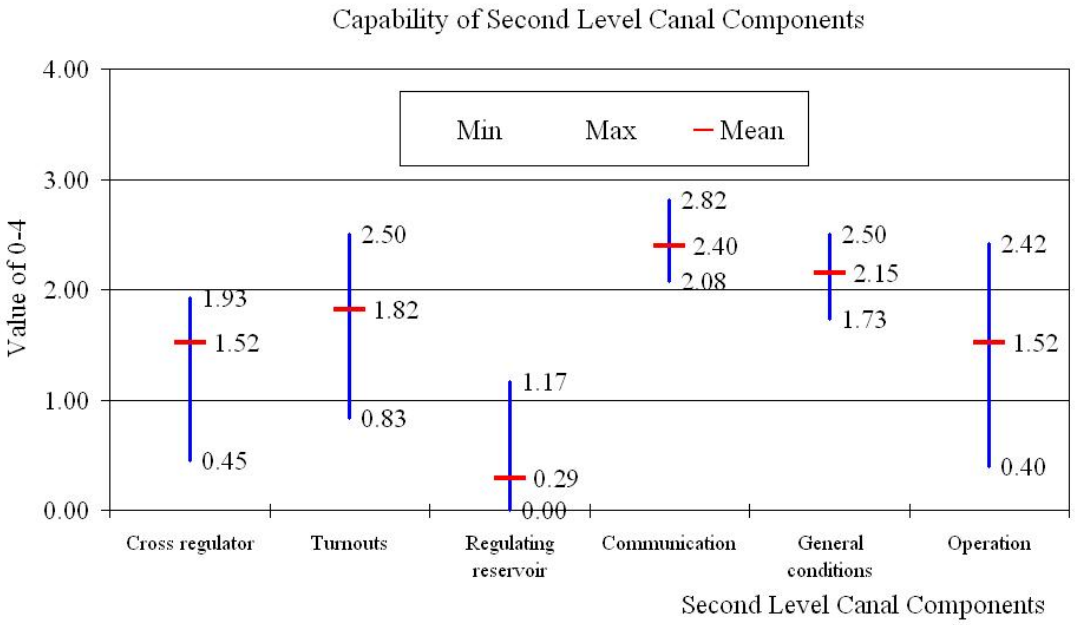


Figure 3.7 Range of the capability of the second level canal components

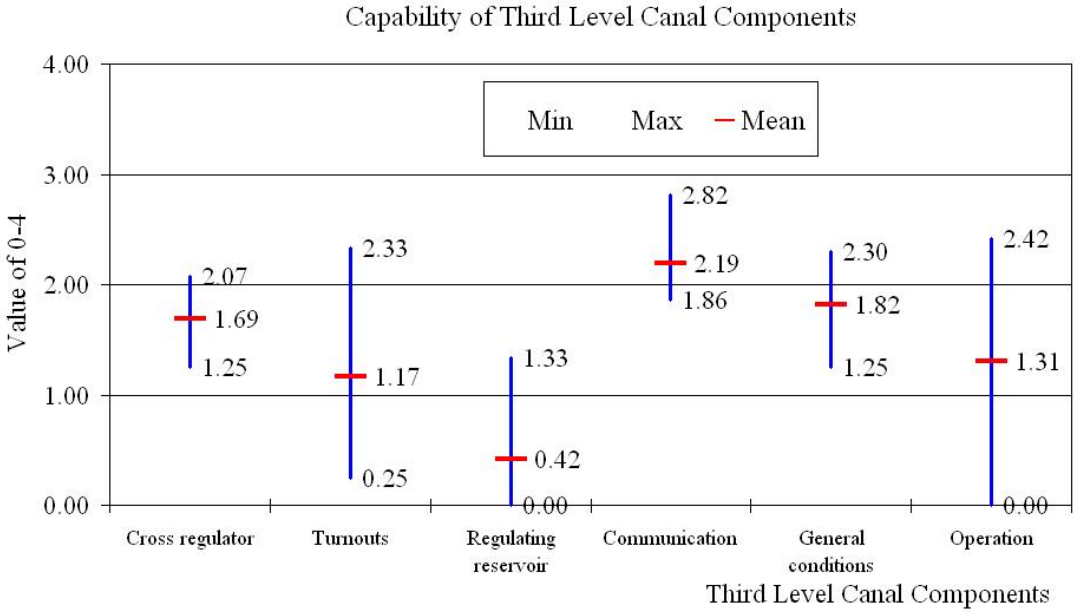


Figure 3.8 Range of the capability of the third level canal components

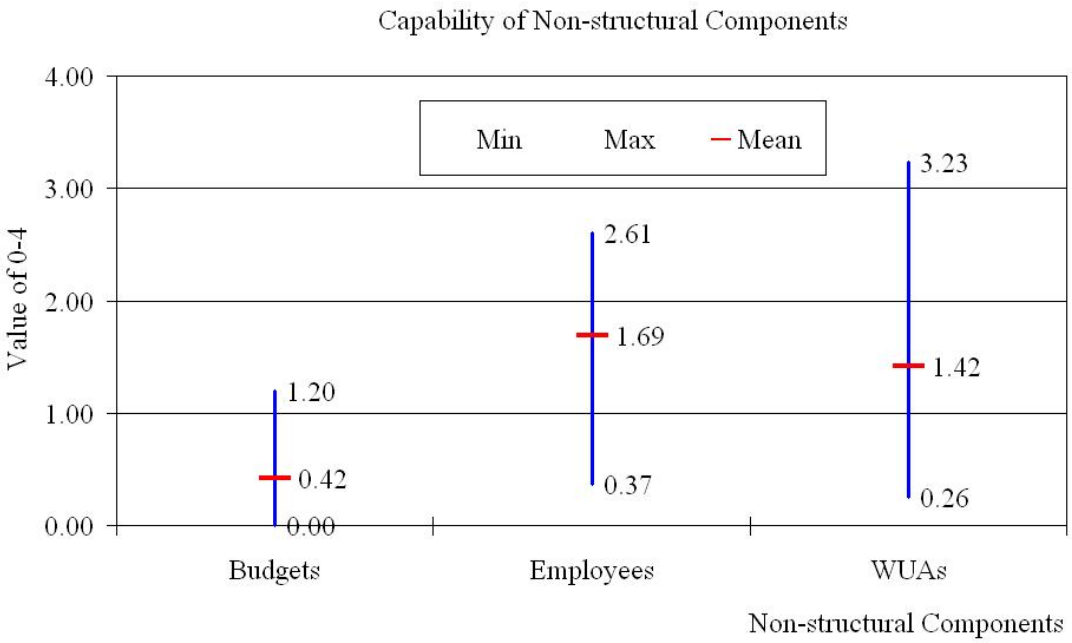


Figure 3.9 Range of the capability of the non-structural components

Table 3.10 Sub-indicators indicating very low performance of irrigation system components

	Phetchaburi	Borrommathad	Phayao	Huai Sam Pad	Huai Mong
Main Canal					
(1) Cross regulator		0.64			
(2) Turnouts					
(3) Regulating reservoirs	0.17	0.89		0	0
(4) Communication					
(5) General conditions					
(6) Operation					
Second Level Canal					
(1) Cross regulator		0.45			
(2) Turnouts		0.83			
(3) Regulating reservoirs	0			0	0
(4) Communication					
(5) General conditions					
(6) Operation		0.40			
Third Level Canal					
(1) Cross regulator					
(2) Turnouts	0.25	0.25			
(3) Regulating reservoirs	0.33	0			0
(4) Communication					
(5) General conditions					
(6) Operation		0			
Budget-Employees-WUAs					
(1) Budgets	0.60		0.30	0	0
(2) Employees					0.37
(3) WUAs	0.42	0.26		0.50	

General Recommendations for Improvement of Irrigation System Capability

(1) ***Cross regulator.*** The operation rule is not clearly written. Field staffs operate the canal system mainly by their own experiences which differ from one to the others. The operation rules/guides need to be written based on their capability and experiences. The water level fluctuation at the cross regulators is high, due to the difficulty to operate the sluice gate at the cross regulators and the unclear water allocation and delivery rules. The operation rules/guides on participatory approach need to be written based on their capability and experiences.

(2) ***Turnouts.*** There are a large number of small turnouts (FTO) in canals in the large and medium scale pilot projects. Many of them have no turnout gates due to damage or losing or unauthorized installing improper turnouts. The first thing to improve the system capability is to install the turnout gates, otherwise the issues of efficiency, reliability, flexibility and equity can not be discussed. The flow measurement discussed in previous section can help improving the capability of turnouts in distributing water to WUAs.

(3) ***Regulating reservoir.*** The regulating reservoir is not part of the original system design like other project in Thailand. It can help improve the flexibility, reliability and equity of water distribution in the irrigation system. The concept of regulating reservoir should be investigated further about the location, size and O&M in order to improve the water delivery service. However, construction of regulating reservoir can be costly.

(4) ***Operation.*** Although the pilot projects have many year experiences in operation of the canal system, the operation rule is not clearly written. Field staffs operate the canal system mainly by their own experiences which differ from one to the others. The operation rules/guides on participatory approach need to be written based on their capability and experiences

(5) ***Budgets.*** The government budget allocated to the project is limited. It covers only less than 40% of the needed budget. This really has an effect the O&M of the canal system. PIM approach and irrigation repair and improvement fund may be an alternative.

(6) ***Employees.*** The employee is one of the weak point of some pilot projects due to (1) the availability of written performance rules (2) the ability of project to dismiss employees with cause (3) rewards for exemplary service and (4) the relative salary of an operator comparing to a day laborer. In order to strengthening the capability of the employees, the rule for personnel performance evaluation and rewarding has to be established.

(7) ***WUAs***. WUAs are one of the weak points in most of the large and medium irrigation systems in Thailand. Although the pilot projects try to re-establishing and strengthening the WUGs, the degree of success is still limited by many reasons including (1) most of the WUAs have no financial strength at all, (2) they have difficulty to develop the acceptable rule and even more difficult on rule enforcement, (3) there is no legal basis related to water allocation and distribution and (4) inability to influence water delivery. On the opposite, the WUAs of small scale FMIS such as Huai Fi and Nam Puey and Huai Mong pumping project have rather high performance rating, 2.7 for small scale FMIS projects in Phayao and 3.2 for Huai Mong pumping project. There is an agreement among water users in Huai Mong that they have to pay the electricity fee to cover the pumping cost. PIM approach is needed.

3.4 Main Problem Issues in Water Management of The Pilot Projects Deriving from Stakeholder Meeting

Four field operation staffs meeting were held at the pilot projects after conducting RAP during November 2006-January 2007. There were about 20-30 field operation staffs including zone men, gate operators and canal tenders participated in each meeting. The main problem issues derived from the meeting can be summarized as follow.

3.4.1 Phetchaburi O&M Project

Phetchaburi O&M project is the large scale irrigation project having Kaengkrajan multi-purpose reservoir with 700 mcm storage capacity as the main sources of water. The headwork is located at Phet diversion dam where water is diverted and distributed into 4 main canals namely RMC1, RMC2, RMC3 and LMC. The command area is divided into 5 mater master sections for irrigation management for the following purposes:

- Irrigation in the area of 500,000 rai
- Domestic water supply

- Maintaining Phetchaburi river environment
- Salt water protection
- Flood control

The main problem issues from the field operation staff meeting can be summarized below:

(1) Water Delivery System

- Most of FTO do not have gates. Most of them are lost.
- There are a lot of sediment and weeds in the canal, particularly at the tail portion of the main canal and lateral canals. Water cannot be delivered to the tail portion.
- There are bottlenecks in the canal particularly at the railway intersection. The railway culvert is too small. Water cannot be delivered to the tail portion.
- The concrete slabs in the lateral and sub-lateral canals are damaged. The budget is not sufficient for repair.
- Gates are rusty and some are damaged. They are difficult to operate.

(2) Water Management

- Tail portion of lateral and sub-lateral canals does not get water during the dry season and during the period of high water requirements.
- Lack of zonemen due to the government downsizing policy. The project has to assign the gate operators or canal tenders to work as zonemen. However the acting zonemen do not have the technical background and the skill to work. Besides there are no incentives to work since they have to pay for the gasoline for transportation and the telephone for communication with the project and water users.
- Lack of canal maintenance due to insufficient canal tenders.
- No water measurement and monitoring and evaluation system.
- Water users do not follow the water delivery rule, operate check illegally at night.
- High requirements for paddy cultivation, 2-3 crops per year. Water is not sufficient.
- Dumping garbage into the canals
- Water user groups do not know how to take part in water management of the project.
- Canal encroachment
- Insufficient budget

3.4.2 Borrommathad O&M Project

The main problem issues from the field operation staff meeting can be summarized below.

(1) Water Delivery System

- Most of the canals are unlined, high sediment deposit, a lot of weeds and the canal bank eroded. Water cannot be delivered to the tail portion in many canals due to limited delivery capacity of the canal, variation of flow at the head

regulator and too high intensity of paddy cultivation as mentioned in section 3.2.2.
- Most of the gate hoists are damaged.

(2) Water Management
- Unable to control the target paddy cultivation area and the timing of paddy cultivation.
- Water level fluctuation at Chao Phraya diversion dam effecting the flow to the main canals. Water cannot be delivered to the tail portion of the canals particularly in dry season. There are water use conflict, stealing water and illegal operation of the check structures.
- Lack of zonemen due to downsizing policy. The gate operators and canal tenders are assigned to work as zonemen without experiences. Some of them are very old and not enthusiastic to work. Lack of incentive to work. No penalty for those who have low performance.
- Political interference on the water delivery scheduling due to some farmers request.
- Weak water user groups, low cooperation between WUGs and the project and between farmers and WUGs. The attitude between field operation staffs and farmers is not good.
- Lack of field operation manual, law and regulation to support the field operation.
- Lack of budget from the project and lack of cooperation from the water user groups.

3.4.3 Phayao Irrigation Project.

The main problem issues from the field operation staff meeting on the small and medium scale irrigation projects can be summarized below:

(1) Water Delivery System
- The water distribution system covers only some part of small scale irrigation project. The unlined canal is difficult to maintain, high seepage loss.
- Lack of staff gage for water level measurement in the reservoir.

(2) Water Management
- The water availability for small scale reservoir is limited. It is insufficient for dry season cultivation. However some medium scale reservoir is under utilization in dry season, the actual cultivation area is below the target area.
- Lack of vehicle and gasoline for field operation.
- Lack of budget to support field operation
- Lack of budget to support water user meeting.
- Most of the water user groups are weak except Huai Fi.
- Irrigation communication organizers (ICO) are very helpful for coordination with water user groups.

3.4.4 Huai Sam Pad Medium Scale Project and Huai Mong Pumping Project

The main problem issues from the field operation staff meeting on the medium reservoir project and the pumping project can be summarized below.

(1) Water Delivery System

- Main canals are damaged, a lot of weeds and sediment due to many years of operation, insufficient maintenance budget. Water cannot be delivered to the tail end.
- The FTO and farm ditch system cannot distribute water equitably. The fields located at some distance from the farm ditches cannot access to irrigation water due to the farmers upstream do not allow water passing their fields.

(2) Water Management

- Water cannot be delivered to the tail portion of the canals. There are water use conflict, stealing water and vandalism.
- Farmers are lack of knowledge about establishing water user groups and water utilization.
- There are canal encroachment, particularly the canal that has water distribution problems.
- The field operation staffs are limited and have the limited experiences in water delivery control and measurement.
- Lack of budget to support the field operation.
- Weak water user groups. Farmers are not interested in participation of the water user group activities and the meeting due to lack of strong leadership.

4. ISSUES AND OPTIONS FOR DESIGN AND OPERATION

4.1 Main Issues Affecting Design and Operation of Irrigation Project

4.1.1 The Present Practices on Design and Operation

At present, most of the irrigation projects allocate and deliver water to agricultural and other sectors with the main objectives to minimize the operational problems and complaints that will affect the status of the project and the project staffs. In order to minimize the complaints from the users, the irrigation project tries to minimize the conflict among users and the conflict between users and the project staffs and the risk of critical water shortage. With these objectives, the irrigation water management approaches are focused on the priority setting and public participation. For example, Phetchaburi O&M project, Phetchaburi province, held a stakeholders' meeting before the dry season in order to inform the stakeholders about the water availability and the amount of water allocation for each sectors and to establish the time period for water delivery in dry season. Tab Salao O&M project, Uthai Thani province, where water shortage is a serious problem due to the limited water availability comparing to the water demand of the Tab Salao basin, the water allocation committee at river basin level was established by the provincial governor order. The water allocation committee consists of relevant officials and the representatives from TAO (Local Administration Organization). The vice governor of Uthai Thani is the chairman, the director of Uthai Thani irrigation project is the secretary and the director of Tab Salao O&M project is the secretary assistant. The function of the committee is to make decision on the water release volume from Tab Salao reservoir when it is requested from the majority of water users groups in Tab Salao basin. Tab Salao O&M project is an important case study on how the project was developed, how the water shortage crisis take place, how the water allocation committee functioning and how effective is the water allocation committee in allocation of the water to the users in the basin. The detail of Tab Salao O&M project management will be discussed later. In general, the problems related to the present operation and management practices can be summarized as follow:

(1) The objective of the present water management practices is to minimize operational and management problems and complaints which is not fulfilling the expectation of the society and the vision of RID. The RID vision during the past ten years focuses on the key words including efficiency, equity, raising productivity and income, minimizing environmental adverse effect and the sustainability of the irrigation system. The draft RID new vision of 2007 is highlighted on the efficiency, equity, sustainability and participation. Therefore the objectives and the attitudes of the irrigation project need to be changed in order to allocate and management irrigation more efficient and effective.

(2) Most of irrigation projects are lacking of water measurement system. The water level is usually measured at the headworks and head regulators of the main canals only. The water level is measured by staff gage and translating into flow rate using gate rating curve. However the accuracy of the rating curve is rather low due to poor or no calibration. The flow data records are usually not complete, a lot of missing records, due to lack of utilization of flow data in water management. The field operators operate the

canal by their experiences with the objective to minimizing problems and conflict. They do no use the flow data for operational planning and have attitude that the flow measurement is not important in operation and management of irrigation project.

(3) Lack of performance measurement, management information system (MIS) and using modern technology for improving performance such as SCADA, GIS.

(4) Lack of written rule for water allocation and water delivery scheduling and controlling.

(5) Lack of good cooperation between project operation staff and water user groups.

(6) The new law and government policies have some effect on water management such as the government decentralization policy which reduces the O&M budget for RID, the government policy on public participation which has not realized in practices.

(7) The performance of irrigation system is declining due to the deterioration of physical structure which is the result of insufficient O&M budget and improper utilization of the irrigation system.

4.1.2 Lack of Analysis for MOM Budget Requirements

At present, the project is operated based on the government budget allocated annually. However, the budget requirements for management, operation and maintenance (MOM) are not actually analyzed and used for budget allocation. The budget is allocated based on the amount allocated in the previous year. It results in insufficient budget for management, operation and maintenance of the irrigation project. Although there is the irrigation revolving fund collecting from the water charge from non-agricultural users at THB 0.5 cubic meter, the fund allocation is quite limited comparing to the budget demand. It can only support the irrigation project on some items that is difficult to get from the fiscal budget such as the pick-up truck and computer. The irrigation system including canal and its control structures are now deteriorating and affecting the operation and maintenance of the irrigation project. The study of national financial expert shows that the actual budget allocated for irrigation management are 436 THB/rai in 2006 and 429 THB/rai in 2007. The annual budget allocated for RID decreases at 2.6% per annum during year 1997-2007 while the price index increases at 4.48% per annum. According to the data from the pilot projects in year 2006, the irrigation management cost 0.33-2.55 THB/m^3, which is not sufficient for maintenance and repair of the irrigation system. Therefore the strategy for increasing the irrigation revolving fund is proposed in his study. Due to the drawback of the budget allocation practices, it is recommended that the budget be allocated according to the actual needs by considering the size of command area and the condition of canal and irrigation structures.

4.1.3 Less Support to Field Operation

At present, the number of zonemen, canal tenders and gate keepers are reducing due to the government policies on down sizing the government sector and decentralization. The field operators are insufficient according to the normal standard of RID. One zoneman is responsible for operation and maintenance in the area of 5,000-10,000 rai. One canal tender is responsible for routine maintenance of 2.5 km of main and

lateral canal. One gate keeper is responsible for the routine maintenance of 2-3 gate structures. Lack of the qualified zonemen and the project has to assign other workers to act as zone men. Many canals and regulators do not have field staff to do maintenance. Besides, the field operation is lacking of operational budget, practical field operation manual for the field staff, equipments and skill in water measurement, result based evaluation system and opportunity for training to develop their knowledge and skill. Theses factors give the combined effects on the level performance of irrigation project in water allocation and delivery of irrigation project.

4.1.4 Weak Water User Groups

The water user groups which are the important mechanism to the success of irrigation water management is functioning, although RID has tried to develop and strengthen water user groups for more than 30 years. At present, there are many fundamental water user groups have been established in most of the irrigation projects but no continuing activities. It establishes only in the papers. The non-functioning or weakness of water user groups result in difficulty to control the cropping pattern and the crop cultivation area particularly in dry season when water available is limited. Many water user groups do not maintain the ditch as stated in ditch and dike law. The water use conflict, illegal outlet and vandalism are issues affecting water allocation and delivery. Therefore it is necessary to find the appropriate approach to strengthen the water user groups in order to make the PIM works.

4.2 Issues and Options on Design

4.2.1 Present Design Concept

The irrigation canal system in Thailand is designed in upstream control mode of operation with the assumption of steady state flow. The water duty and command area are used to calculate the size of canal and control structure. There is no consideration on unsteady flow that is usually affecting the actual canal operation and flow rate. The perturbation, tolerance and precision in canal operation have never been mentioned in the design of water control structures. A lot of the main canals have the direct outlet (FTO) which will complicate the operation, monitoring of the flow. Although the water measuring device such as staff gages is given in the design specification, it may not be installed in actual construction. There are no operational considerations in the design phrase. The present design concept is lack of consideration on operation staff and budget requirements, lack of technical manual such as tolerance and precision of control structures, rating curve/table, reservoir rule curve, conveyance efficiency and other design assumptions to support the operation and maintenance works. The technical manual has to be prepared by joint working group between the experienced design engineers and project irrigation engineers. This joint effort will help design engineer design the better irrigation system that meet the field O&M requirements.

The approaches to improve the design are stated below:

(1) Training on modern canal operation technique (such as MASSCOTE) to design engineers particularly young design engineers in order to understand the concept of operation oriented design.

(2) Develop the new design concept and criteria in order to support the new concept of service oriented management. The reliable delivery to meet service agreement, water measuring structures/devices, sensitivity of control structures, regulating reservoir, limited staff and budget for O&M, direct outlets from the canal are the main issues to be considered in new design concept.

4.2.2 Gated Manually Operated System- Increasing Flexibility but Difficulty in Operation.

Most of the irrigation projects in Thailand use the gated manually operated system, undershot type, both at the cross regulators and the offtakes. The advantages of the gated operated system is the flexibility, theoretically the flow rate can be adjusted to match any size of demand. However, in actual operation, it is difficult to control the flow in canal (World Bank Technical Paper No.246 - Modern Water Control in Irrigation by Herve' Plusquellec, C.Burt and H.W.Wolter, 1994). This is due to high sensitivity of undershot type gates and various types of perturbation that exist in the canal system such as (1) a large number of legal and ill-legal direct outlets from the main or second level canals (2) high variation of rainfall which is unpredictable (3) lager scale operation and maintenance projects in Greater Chao Phraya and Greater Mae Klong irrigation projects have very long canal such as 1L of Borrommathad O&M project with total length of 63 km. Besides some canals were designed to supply irrigation water to many O&M projects such as canal 2L of Greater Mae Klong irrigation project was designed to supply irrigation water to 3 O&M projects in series (Phanom Tuan, Song Phinong and Band Len O&M projects. For very long canal the amplitude of perturbation will increase according to the distance. At present there is no consideration on perturbation and the canal mechanism that can reduce the perturbation such as regulating reservoir.

At present, the mixed regulators (gate with side weirs) having lower sensitivity have been used as the cross regulator in many projects. However in actual operation the mixed regulators are normally operated in undershot type gate mode. Side weir is used as the safety feature against canal bank overtop. FAO has suggested to lower the sensitivity of the undershot type gate by installing oblique side weir on both side of gate and operating in mixed mode.

In some irrigation project such as Huai Sam Pad medium scale irrigation project in Udon Thani province, the long crested weirs such as duck-billed weir or oblique weir are used as cross regulators. This weir type of canal structure has many advantages such as lower sensitivity, lower cost, ease of operation and robustness. However this type of control structures are often destroyed by water users on the lower reach who do not get sufficient water and believe that this kind of structure is obstructing the water delivery to the tail portion of the canal.

The approaches to solve theses problems are:

(1) The feasibility study should be made regarding to the construction of regulating reservoir if the topography is allowed. A pilot project should be established to study the efficiency of the regulating reservoir in reducing the perturbation in increasing the performance of irrigation system management.

(2) Training on modern canal operation technique (such as MASSCOTE) to young engineers in order to understand the concept of operation oriented design.

(3) Communication with the water users about the function and the important of canal structures to reduce the vandalism.

4.3 Issues and Options for Irrigation Project Operations

The operational process in water delivery of an irrigation project can be divided into 4 steps including (1) water allocation (2) water scheduling (3) water delivery control and (4) monitoring and evaluation.

4.3.1 Water Allocation

As mentioned previously, the objective in seasonal water allocation of an irrigation project is to minimize the complaint from water users, minimize the conflict with water users and among the water users and to minimize the water shortage problems. Therefore if water is available, the project will allocate water to meet the water users demand. If water is insufficient, the water is allocated according to the priority that is set by the project and the equity in water allocation is not the prime concerned. The problems in water allocation at the present are (1) lack of written rule in water allocation particularly the priority in water allocation (2) most of irrigation projects is lacking of process or procedure that allows water users to participation in defining the criteria and rule for water allocation (3) lack of reliable database and technology to determine the minimum amount of water that can be safely allocated to water users to support the agricultural production as mentioned in the RID vision " sufficient water, support the production, enhance quality of life and stabilize the economy". If the minimum firm water can be determined with high reliable and the project can inform the water users (farmers) at the beginning of the season, it will be very useful to water users to plan for their crop cultivation practices. Farmers can decide what types of crop to be grown and how much area they should cultivate. If the irrigation project does not have reliable database and the forecasting technique, there is a risk that the project may not be able to deliver the firm water users. In this situation, the project will use high factor of safety in estimation of the amount of water that can be allocated which will reduce the benefit of water utilization of the project.

The approaches to solve these problems are:

(1) The written rule for water allocation has to be established. The rule should emphasize on the equity and participatory in water allocation. From RAP results, the equity of actual water delivery service of Huai Mong in Nong Kai and small scale FMIS projects in Phayao are better than other pilot projects. Its value at different level of the system was rated between 2.6-3.5 by RAP. The factors contributing to this rather high equity are (1) the command areas are small, only a few thousand rai (2) Huai Mong has the agreement that farmers have to pay the pumping cost (3) Huai Fi is a famer managed irrigation system with rather strong water user organization.

(2) Water allocation must be done according to the rule in transparency manner. The meeting between water users and the project management team should be held officially in order to discuss how water be allocated.

(3) The irrigation project must have the reliable database and technique to support the water allocation. The irrigation project should have the database on reservoir inflow, side flow, reservoir evaporation and seepage, crop water requirements, effective rainfall, land preparation water requirement, water requirements for other purposes, conveyance efficiency, project and field irrigation efficiencies, etc. The reservoir rule curves and the technique for water balance study should be available for the project.

4.3.2 Water Delivery Scheduling

In order to deliver the allocated amount of irrigation water to the users in the most effective way, the schedule of irrigation water delivery has to be established according to the amount of water available to the project, delivering capacity of the irrigation system and crop water requirements. The water delivery schedule from the canal system to farm irrigation system can be divided into 4 types namely (1) continuous delivery (2) rotation delivery (3) arranged delivery and (4) on demand delivery or free access. For continuous delivery, irrigation water is delivered to water users at small flow rate for 24 hours per day throughout the season. This type of water delivery is usually practiced in paddy area where farmers can store water in their paddy field. The advantage of the continuous delivery is the operational simplicity. However when there is a scarcity of water, the water delivery to the downstream users may be unreliable. In rotation delivery, the rotation delivery schedule is designed by the project in advance. The water users will get water (flow rate and duration) according to the schedule. The method is lack of flexibility for water users. In Thailand, the irrigation project that is facing the water scarcity problem will adopt the rotation delivery. Many projects use rotation delivery for dry season. In arranged delivery, the water users can request the flow rate and duration to the project a few day in advance before the project arranges water delivery to that users. This method gives more flexibility to the users. For the last method, on demand delivery, the concept of this method is similar to the city water supply system. Water is available to users at all time at limited flow rate. It is rarely use in irrigation project. Since many projects where paddy is predominant crop in dry season are facing problem of water delivery to the tail portion of the canal, the arranged delivery should be trial.

Most of irrigation projects in Thailand where paddy is the predominant crop use continuous water delivery. In some project and some season particularly dry season, rotation delivery is practiced. The arranged delivery is rarely practiced. The important issues on the water delivery scheduling are the flexibility and reliability. More flexible delivery schedule with high reliability will support farmers in making optimal crop cultivation for their own lands. At present the scheduling process is lacking of participation in establishing the water delivery schedule. The water users know only tentative water delivery schedule. The project has no promise on when and how much water will be delivered to the users. The service agreement between the project and the water users need to be established.

The general approaches to remedy the water scheduling are:

(1) Use participatory approach in establishing the water delivery schedule which has sufficient flexibility and reliability to encourage the optimum crop cultivation. The acceptable rule for water delivery scheduling and control has to be written.

(2) The service agreement between the project and water users has to be implemented. The duty and responsibility of each party must be clearly defined.

(3) The project does not have the information regarding to the water delivery such as lag time, actual capacity of the canal and regulators, the sensitivity of the structures, types-magnitude-effect of perturbation and the seepage loss in water delivery.

(4) At present the irrigation system is managed by area basis. The area is defined by water master and zone. Some water master section has to manage several parts of canal or some canals are under management of two or more water master sections. This makes difficulty in irrigation water management. The conflict between upstream and downstream water master sections always be found. Therefore the management hierarchy of the canal system needs to be revised. Each water master should have an autonomous in management of the whole canal in order to establish the service levels of the main, second level and third level canals. Besides, in Chao Phraya and Mae Klong river basin, there are very large size canal which convey water to many O&M projects such as main canal-1R supplying water to both Borrommathad and Channasutra O&M projects or Chanat-Pasak canal supplying water to Manorom, Chongkae, Kokkratiem O&M projects. Management of this type of canal is more complicated. The RID regional office must establish the rule for water allocation and delivery such that each O&M project can get water equitably and corresponding to the demand of water users. The monitoring system is needed in order to ensure good water distribution among O&M projects.

4.3.3 Water Delivery Control

The main problems in actual operation of the irrigation system have been addressed once in the section 4.2 (issues and options on design) including (1) the uses of gated manually operated system (2) high perturbation in canal system (3) no mechanism to reduce the perturbation in canal system such as regulating reservoir (4) the field official is lacking of the knowledge and skill to define the tolerance and precision in actual gate operation (5) lack of water measuring devices and (6) canal and regulating structures cannot deliver water according to the design due to lack of maintenance, weed and sediment deposit problems. (7) There is no monitoring and evaluation system. All of these issues make the actual water delivery difficult.

The general approaches to remedy the water delivery control problems can be addressed below:

(1) The problems regarding to the human can be improved by training. The training courses on MASSCOTE (MApping System and Service on Canal Operation TEchnique), canal and regulators operation, design concept (from design engineers) should be designed for field operators (water master, zonemen, canal tenders).

(2) A pilot project has to be established for on the job training on canal operation and improvement. The pilot project has to be selected from the O&M project that is ready for irrigation modernization. RID must announce the policy on irrigation modernization, assign the responsible persons and define the key performance indicators to measure the success of the pilot project modernization. The canal operation experts have to train the project staffs on canal operation technique and guide the project to improve the actual operation until the real performance of the pilot project is improving.

4.3.4 Monitoring and Evaluation

The monitoring and evaluation system (M&E) is an important tool to make sure that the actual project operation and management meets the objectives. The M&E will help the project manager identify the actual performance of irrigation system and the factors affecting the performance and how to adjust the operation accordingly. Besides, the M&E will help the project manager evaluate the output, outcome and impact to the environment. However the main problem regarding to the M&E system is most of the irrigation project do not have the water measurement system and water measurement is the most important element of the M&E system.

The approaches to solve these problems are:

(1) In order to implement the M&E system, RID must declare a policy on water measurement. The cost of installing the water measuring device is actually small comparing to the project cost of investment. Without water measuring system, the management of irrigation water can never been success.

(2) By this study, the general form of M&E system was developed on spreadsheet by D&O expert in such way that it can be modified to suit any project easily. The training on modification of the general M&E spreadsheet program for each pilot project was conducted on January 2008 where 4 irrigation engineers from Phetchaburi O&M project, Borrommathad O&M project, Phayao irrigation project and Huai Mong irrigation pumping project were attended. The M&E system will be tested for monitoring and evaluation for dry season irrigation 2008 of the 4 pilot projects.

(3) Once the M&E system was developed. There must be a person under water management section of the irrigation project who is responsible for M&E of irrigation project.

(4) M&E training needs to be conducted based on the test result of dry season 2008 from the 4 pilot projects.

5. STRATEGY FOR DESIGN AND OPERATION

5.1 Introduction

Thailand has a total area of more than 300 million rai with the total population of 62 million. The total cultivation area exceeds 130 million rai, of which 67 million rai is paddy cultivation. At present some of the paddy cultivation area has been transformed to fish-shrimp farms. Although the economic return of agriculture is less than that of industrial and tourism sectors, the agricultural sector is still the main sector of the country. Most population of the country are working and living in agricultural sector. Therefore, the development and promotion of the agricultural sector in Thailand is needed in such way that farmers can cultivate crops according to the market demand. Since water is an important factor for crop cultivation, crops cannot be cultivated without water. With limited water, the cultivation area is limited. Unable or incomplete control of water, the risk in crop cultivation is increased. Shortage of water in any period will effect the crop growth and yield. Shortage of water in the critical period will significantly effect on yield. Most or all yield will be lost. On the other hand, flood can cause the losses of crop yield, life and properties. Thus it is necessary to formulate the water management strategy on short, medium and long ranges which reflects the real need of the country and can be implemented in practice.

"Sufficient water supply to support agricultural production for enhancing quality of life and stable economy" is the present vision of Royal Irrigation Department. In order to fulfill the above vision, the following strategic issues were formulated.

(1) Develop water resources sufficient for all sectors.
(2) Efficient management.
(3) Prevent and mitigate water problems.
(4) To conserve agricultural lands in irrigation command area.

At present, RID is responsible for irrigation water delivery and management in the area of 27 million rai. Most of the irrigation systems were constructed and utilized many years ago with limited maintenance budget. Some of the irrigation canals and control structures are deteriorated. The field operators are limited and lack of budget to support field operation. The new water resources and irrigation projects require high investment cost and are protested by some NGO groups. RID is facing 2 aspects of water problems, flood and drought, which incur more often and produce higher magnitude of damage in both within and outside the irrigated area.

The strategic issues to be discussed in this section are the strategic issues on design and operation which relate mainly to water delivery for crop cultivation.

5.2 Concept in Formulation of the Design and Operation Strategy

Design aspects in this sector include the design of new irrigation system and design for modernization of the existing project. Operation aspects mean the management of water delivery on both canal and pipe systems for crop cultivation in irrigated area of large, medium and small scale irrigation projects.

From the SWOT analysis on irrigation management in Thailand from the 1st National Consultation workshop on 29 September 2006 as mentioned in section 2.6 and RAP analysis of pilot projects, the strategic planning expert has proposed the 5 strategies for irrigation sector reform of Thailand as follow:

Strategy 1: Budgetary O&M
Strategy 2: Establishment and Development of Institution and Organization
Strategy 3: Training and Strengthening the Organization
Strategy 4: Operation and Maintenance
Strategy 5: Policy, Laws and Regulation

The strategy for design and operation is part of the strategy 4 (Operation and Maintenance).

The important issues in formulation of design and operation strategy is to change the attitude and concept in irrigation management from Top-Down to Service Oriented Management (SOM). The concept of SOM includes the establishing the service level, developing water delivery plan in order to achieve the desired service level, implementing the plan, developing the monitoring and evaluation system and establishing the performance assessment as shown in Fig. 5.1.

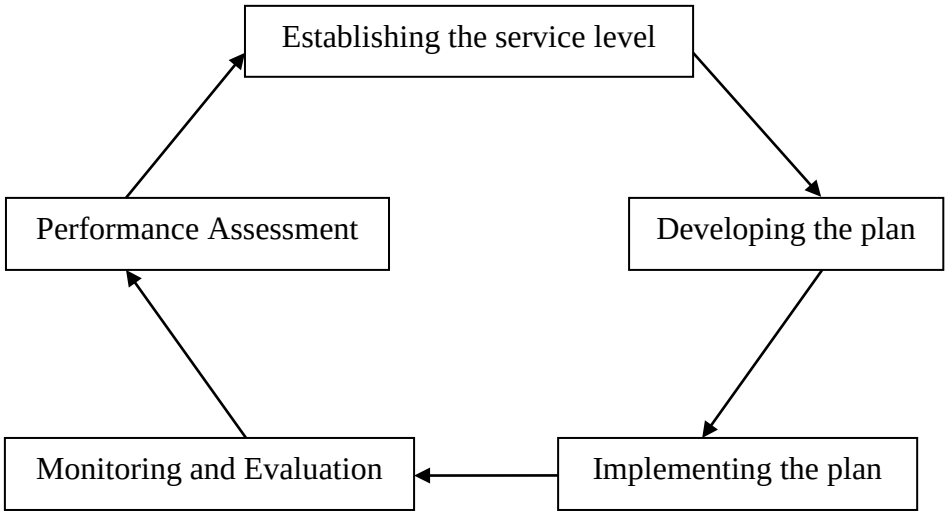


Fig. 5.1 Concpet in Strategy Formulation based on Service Oriented Management

At present, almost all irrigation projects have similar pattern of irrigation water management problems….. starting with farmers who are not confident of irrigation allocation and water delivery. The project is facing the difficulty in controlling the crop cultivation area. Over-cultivation results in water shortage, water use conflict and vandalism which reduce the ability to control irrigation water of the project. Since it is the government policy to provide irrigation water to farmers free of charge, the irrigation water is used inefficiently. This increases the degree of water shortage and water use conflict and makes the situation more difficult to control. The water users at the head end utilize irrigation water without consideration of the tail enders. The tail enders have to find the alternative sources of water

such as pumping water from the drainage system or from shallow wells by theirs own costs. Besides there is limited budget to support field operation. The field operators lack incentive to work in the field. All of these combined factors result in the low level of performance of water delivery and management. Besides the water user groups, which are one of the key factors for success of irrigation water management at farm level, are not strong enough. The water user organizations do not understand their duty and responsibility in water management. They do not know how to communicate with the project. Agricultural activities produce low economic returns. Farmers work in agricultural sector due to no other alternatives.

Due to the cycle of problems in irrigated agricultural system and the concept of service oriented management as mentioned, it is therefore necessary to design the highly reliable managed irrigation system such as the domestic water supply system. The domestic water system supplies water to each house by buried pipe system. It can respond to the need effectively. The key factors to the success of the domestic water supply system are (1) the users have to submit the water use request form and install water meter at their houses (2) the water use is recorded and the water fee is collected on volumetric basis (3) the water supply will be terminated if the users do no pay the water fee. On the other hand, if the water fee cannot be collected, the water users do not have to submit the request form, the water agency has duty to provide water to each house free of charge, with all these conditions the domestic water supply agency will have the problems similar to irrigation system. The water users may use water inefficiently. The water supply system may not be able to supply water to the tail enders. The tail enders may have to use water during the night time when the head enders do not use water or they have to install the water storage and pump to store water for their own uses. The domestic water supply agency may not have sufficient budget for operation and maintenance and improvement of the water system according to the expansion of the community. The key factor to the success of the domestic water supply agency is the authority to collect the water fee. Government does not give the authority to RID to do so, therefore it should not design irrigation system similar to the domestic water supply system.

5.3 Strategy for Operation

5.3.1 Operation Strategy at River Basin Level

Strategy 1: Establish and strengthen the river basin committees.

The main functions of river basin committee (RBC) are to establish the policy for water allocation, water management control in river basin, and the water use priority for various sectors on both normal and critical periods (flood and drought) and be the main organization in making decision and to solve water use conflict. At present although the river basin committees are established in most of the main river basins in Thailand, many of them are newly established and have not yet been functioning due to the slow process of water law enactment. The government by the National Water Resources Committee and Department of Water resources, MONRE, need to provide all supports in order for the new river basin committees to start their functions effectively. The river basin committee should have the team of experts in water management of that particular basin to give an advice to RBC on important issues related to water allocation and measures to handle flood and drought.

Strategy 2: Develop water management information system.

The water management information system has to be developed. The data and information related to water supply from various sources including surface water, groundwater, rainfall and the water requirements from various sectors in the river basin both at present and future have to be analyzed. The water accounting should be developed for each river basin in order to know water utilization in various process, the potential utilization and potential development of the river basin. The database and forecasting techniques on flood and drought should be developed such that the RBC can have the preventive measures. The stakeholders in the river basin have to be informed about the cost of water provision, particularly the agricultural sector who are using more water than other sectors. The water resources in the river basin must be used in efficient and sustainable manner.

Strategy 3: Develop the water allocation system among various sectors.

The water allocation rule must be developed in such way that water is allocated in equitable manner. There is a penalty for those who do not follow the rule. The basis for water allocation system can be developed as follow: (1) to define the basic water requirements for domestic water supply (2) to define the minimum water requirements for securing the environment and (3) to establish the quota sharing system for agricultural and non-agricultural sectors. The basis for water allocation among various sectors is shown in Fig. 5.2.

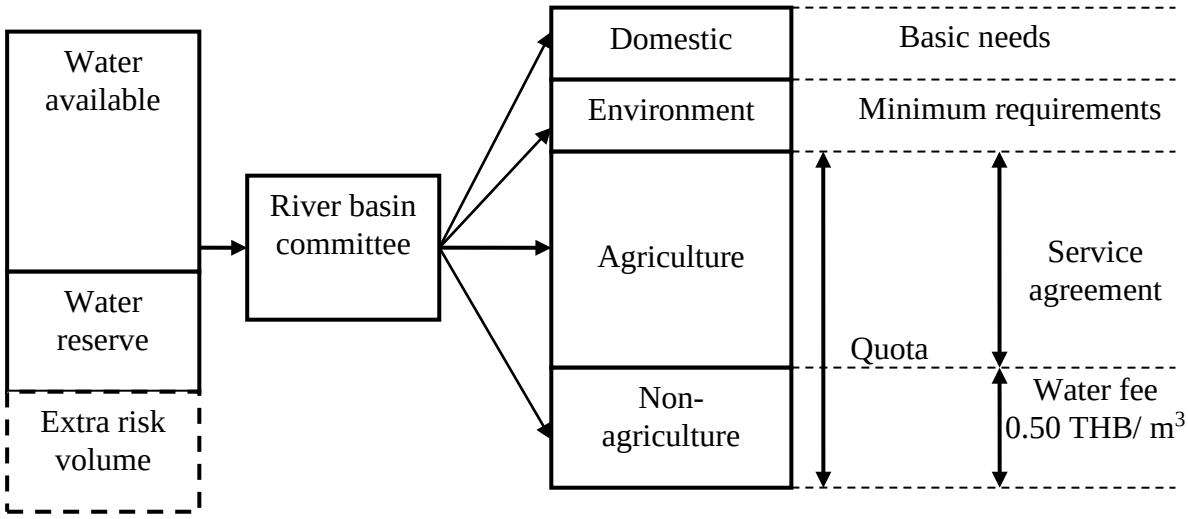


Fig. 5.2 Proposed Basis for Water Allocation in River basin

According to the water allocation system as proposed in Fig. 5.2, the water use quota can be calculated from the total water available and water requirements of different sectors for each season. Due to the uncertainty in estimation of the water availability and water requirements, some water should be reserved for future use if it is anticipated that the next season will have less water than normal. On the other hand, the extra risk volume may be allocated if it is anticipated that more water will be available in the next season. However at present the uncertainty and risk is not considered in water allocation in Thailand, the

acceptable risk level needs to be studied for trading between the future and the present uses of water. 20 % risk is proposed as the initial guideline.

The use of water from the irrigation watercourses for non-agricultural proposes has to pay water fee at the rate of THB 0.50 per cubic meter of water according to MOAC declaration by the authority of Royal Irrigation Act 1942. However the agricultural sector does not have to pay the water fee since the government has considered that agricultural sector has lower income than other sectors.

For the agricultural sector, the water fee will not be imposed according to the present government policy as mentioned before. The strategy to manage and control the utilization of the allocated water is therefore needed to use the service agreement between the irrigation project and the water user organization. The detail of this strategy will be discussed in detail in section 5.3.2.

Strategy 4: Inform stakeholders about value and threat of water

A public relations program should be launched to inform stakeholders and people in the river basin about the following issues including the value and threat of water, cost of water provision, water saving program, water management policy of the river basin committee, water availability and water requirements, foold and drought conditions of the river basin. The information and knowledge on water as mentioned is good material for introducing to school students. This information will help the new blood understand the importance of water, water management process and finally be convinced on the importance of effective water utilization.

5.3.2 Operation Strategy at Project Level

The service agreement based water management should be used in management of the O&M irrigation projects and provincial irrigation projects. By the concept of this approach, the irrigation project is the service provider and the water user groups are the clients or users. Both the service providers and the clients have the responsibility in water management. The clients have the responsibility to inform the service providers what kinds of services they need in term of volume, duration and flow rate of water delivery. The service providers will use that data to establish the level of water delivery service in term of volume, flow rate and duration. The responsibility of the water user groups are to distribute irrigation water to the farmer members equitably and efficiently. There is a penalty for those who intentionally do not follow the agreement. The detail of the service agreement will be mentioned in the report of the service agreement expert.

5.3.2.1 Operation and Maintenance Projects

The water delivery system of the O&M project can be irrigation canal or pipe systems. The management of O&M project can be divided into 2 levels namely the main irrigation system and on farm irrigation system. Theoretically the main and on farm systems should be clearly divided by a structure like regulating reservoir. The main system is consisting the headwork, main canal, lateral and main drainage system. The on farm irrigation system starts from the farm turnout (FTO) which takes water to the farm ditch and distribute to farms via farm inlets. The on farm irrigation system should be managed by the water user groups. At present the management authority of on farm irrigation system is transferred from RID to

TAO (Tambol Administration Organization). The management function between WUG and TAO in management of on farm irrigation system is not clearly understood by both organizations. Therefore it is an urgent need to divide the management function between WUG and TAO in practice.

The present RID policy is to promote the WUG to IWUG (integrated water user group) and finally to Joint Management committee (JMC). The O&M projects try to establish the IWUGs, but the management function of IWUGs are not really defined.

The organizations involved in management at various levels of the O&M projects are given below:

Irrigation System Components	RID	Water users	TAO
Headwork and main canal	Project	Representatives (Joint Management Committee)	
Lateral canals	Project	IWUG	
On farm irrigation system		WUG	TAO

The strategy for water management of O&M projects is first to define the role and responsibility of the 3 organizations in management the canal and control structures of both main and on farm irrigation systems.

Strategy 1: Define the role and responsibility of related organizations

(1) Define the role and responsibility for on farm irrigation system management

In the first 3 years of irrigation reform, the role and responsibility of related organizations in on-farm irrigation system management should be defined in such a way that it is acceptable by WUG and TAO. The irrigation project can be the facilitator in arranging the meeting and providing the data and information related to role and responsibility of each organization. At present, the TAO have land taxing authority for agricultural land in their command area. Besides, the budget for maintenance of the on farm irrigation system (ditch and dike) has been transferred from RID to TAO. The basic WUGs are responsible for maintenance of the ditches and dyke according to the Field Dyke and Ditches Act 1962 (Land owners who benefit from the system have the responsibility to look after and maintain the conditions of the ditches and dykes as well as dredge the canals once a year). The meeting between TAO and WUG should be held in order to clearly divide the responsibility in maintenance, repair and improvement of the on-farm irrigation system. The expert and the working groups on PIM will have to formulate the strategy to divide the role and responsibility between WUG and TAO. In case of one ditch has the command area within 2 TAOs. The 2 TAOs have to share the responsibility in maintenance, repair and improvement of that ditch.

In the first phase, besides defining the role and responsibility of WUG and TAO, the WUG must be convinced on the importance of formulation of the strong integrated WUG to incharge of the second level canal so that the WUG will support the changing role among Irrigation project, WUG and IWUG in operation and maintenance of the second level canal in the future.

The management of the on farm irrigation system is solely the responsibility of the WUGs. However, TAO can be a supervisor when water conflict arises.

(2) Define the role and responsibility in management of main irrigation system at second level canal

At the same time as (1) the role and responsibility in management, operation, maintenance and improvement of the second level canal has to be defined. There are 2 organizations involved in joint management of the second level canal. Those are the project and the IWUG. The joint management committee should also be established in order to develop the rule and guidelines for the project and IWUGs to work together effectively.

At present, the operation, maintenance and improvement activities are the whole responsibilities of the project. The WUGs have been established only in some irrigation projects. Most of the irrigation projects still have a problem in establishment of IWUG. In ISRP, IWUGs have been established in Phetchaburi O&M project and Huai Fi farmer managed irrigation system only. Huai Fi reservoir is a small scale irrigation project managed by WUGs which is the typical weir type irrigation system in the northern part of Thailand. Huai Fi is one of the successful IWUG in Thailand due to the existence of the traditionally managed irrigation system before RID had involved in this project. The experiences from Huai Fi can be used in establishing and strengthening the IWUGs in other irrigation projects. At present, Huai Fi FMIS has the water allocation rule which is acceptable by most members. The IWUG can do the routine maintenance of the weirs and distribution system and can handle most of the water use conflict. However, Phayao irrigation project still has to support the Huai Fi FMIS by providing the material such as concrete for repair of water distribution system. The detail of management of small scale irrigation project will be discussed in other section.

In order to support the irrigation projects and IWUG to work together under the agreement based water management system, the role and responsibility in operation and maintenance between the project and IWUG have to be established as follows.

(2.1) Operation of second level canal

The service agreement based water management should be introduced once the Joint Management Committee established. By this approach, the project has to allocate and distribute water to IWUGs as specified in the service agreement. The IWUGs have to allocate and distribute water to WUGs according to the agreement that is agreed upon by both project and IWUGs. On the first glance, the issue on transfer of water management authority from the project to IWUGs may be difficult or even impossible to be implemented. Both organizations may not agree to this irrigation management transfer strategy. The projects may not be willing to transfer their water management authority to IWUGs. The IWUGs may not be willing to accept this transfer due to the burden on operation and maintenance. However, the irrigation management transfer at second level canal will improve the efficiency in water management. At present, the projects have the main threat on budget and manpower constraints. The annual budget allocation for project in term of maintenance and repair budget and the number of field operation staffs are now limited. There is no field operation budget such as (1) the cost of gas for vehicle travelling along the canals (2) the cost for mobile telephone for communication and (3) the cost of meetings with WUGs. Due to the budget limitations, the second level canal will be deteriorated. If irrigation management transfer cannot be implemented, it will be more

and more difficult to manage the second level canal effectively. From the view point of IWUGs, the IWUGs on the upper portion of the canal who are now get most of benefit from the irrigation system, they may not willing to change. On the other hand, the IWUGs at the tail of the canal have disadvantage in getting water. These IWUGs should be the target groups to be approached since they will get the benefit from irrigation management transfer. The project must allocate some budget and field staff to support the IWUGs in the first phase of irrigation management transfer in order to show that the irrigation management transfer is not the policy to push the burden to IWUGs (the issue on water management at the second level canal will be discussed in other section). The support from the project to IWUGs can be done through the contract. At present the IWUGs are not juristic persons. The project cannot do the contract directly with IWUGs. The amendment of Royal Irrigation Act on the section of water user group as proposed by the legal expert will make the WUGs a juristic person. The contract between the project and IWUGs can be done legally.

The case of Phetchburi O&M project where water user groups on the tail end of RMC3 (Water Master Section 2) faced all classic water problems; insufficient water in dry season, flooding in wet seaon and the water quality problem. The WUGs decided to work with the project in order to remedy their water problems. The WUGs along 1L-RMC 3 has organized into 6 IWUGs. Each IWUGs cover 1-4 third level canal with the average service area of 9,000 rai. Many water use conflicts and the problems of illegal outlets have been reduced. More communication among the WUGs and between WUGs and the project operators and administrator have been established. The IWUGs in 1L-RMC 3 are willing to have the service agreement with the project in dry season 2007 and dry season 2008. They accept the conditions that they have to help the project do maintenance of the canals and farm ditches and provide the crop cultivation data to the project if the project promises to deliver the amount of water to their canals as specified in the service agreement. On the first year of introducing the service agreement, the IWUGs keep watching the water level in their canal although there are no water measuring devices. The detail of the service agreement and its consequences of Phetchaburi O&M project will be mentioned in the final report on the service agrement. This evidence from the pilot project study during 2007-2008 can confirm the possibility that the role and responsibilty in O&M between IWUGs and the project can be arranged, particularly for 1L-RMC 3 of Phetchaburi O&M project.

(2.2) Maintenance of the second level canal

The maintenance of the second level canal can be done either through the maintenance contract between the project and the IWUG. However the maintenance budget of the project is limited it may not be sufficient to handle all the maintenance activities. It is recommended that the RID revolving fund should partially support IWUG with the agreement that IWUG will contribute in-kind or in-cash for the maintenance works.

(2.3) Repair of second level canal

The small repair can be done through the contract between the project and IWUG and partial contribution between RID revolving fund and IWUG but the important repair using high construction techniques should be done by the project.

(2.4) Physical improvement of the second level canal

Planning for physical improvement of the second level canal should be done by the project by consultation with IWUG but the implementation of the physical improvement plan should be done by the project.

From the division of role and responsibility in operation, maintenance and physical improvement of the second level canal as mentioned above, it is highly possible that both project and IWUGs will agree in principle and willing to participate. However a good PIM approach is required in order to convince both WUGs, IWUGs and the irrigation project about the benefit of this approach in the long run.

(3) Define the role and responsibility for main irrigation system at headwork and main canal level.

The project should have the authority in operation, maintenance and physical improvement of the headwork and main canal but the consultation with the IWUG is needed. The project is responsible for operation of the main canal to deliver water to the second level canal offtakes using the service agreement based water management.

Strategy 2: Service agreement based water management approach

Irrigation management involves water control and distribution, maintenance, repair and physical improvement of the canal system. At present, the irrigation sector is facing many problems including declining numbers of staff, low budget, and the challenges of the new constitution which states the one important issue on reducing the executive power of the government sector and removing the unfair use of executive power. People and communities have right to sue the government sector over abuse of their executive power.

The present RID policy has focused on the issues of efficient use of water, equity distribution, a participatory approach in planning, development and management in an integrated manner. Therefore, the service agreement based water management should be adopted in conjunction with the transform of role and responsibility in operation, maintenance and repair to IWUG as mentioned in strategy 1.

The principle of service agreement based water management, the project is the service provider and the water user groups are the clients. Both the service providers and the clients have to arrange the service agreement in accordance with the RID criteria and framework. The WUGs have to be registered with the irrigation project. The WUGs have to provide the information regarding to the water requirements to the project such that the project has sufficient data for water allocation planning and scheduling of water delivery for the coming season. The service agreement is then developed to specify the level of service including the volume, flow rate, duration and frequency that the project can provide the water delivery service to IWUGs. The role and responsibility of IWUGs have to be defined. The penalty is specified for those who do not follow the service agreement intentionally. The detail for establishing the service agreement is given in the report of service agreement expert.

The irrigation project may think that the service agreement based water management will cause some difficulty to the project. If the project cannot deliver water according to the service agreement, the project will have to pay the penalty cost. Besides, the project may be afraid of IWUGs suing for not giving the service according to the agreement, particularly for those who have to sign in the service agreement. However, actually the service agreement

based water management will reduce the risk that the IWUGs will sue the project for not giving good water management and cause some damage to agricultural production. The service agreement based water management will make both the project and the IWUGs understand the situation of water requirements and water delivery constraints better than the present practices. The project will have to manage water more reasonably. The water delivery will have to be scheduled according to the service agreement. The field operators have to control the water level and flow rate to the IWUGs according to the agreed delivery schedule. The monitoring and evaluation system has to be developed and used. The performance indicators have to be analyzed as shown in Figure 5.1. Besides, WUGs have to provide the water requirements data and cooperation as mentioned in the service agreement. With the good water management system, the risk of suing by IWUGs will be minimised.

After the role and responsibility of both the project, IWUGs and WUGs have been defined as mentioned in strategy 1: the project is responsible for O&M of the headwork and main canals, the IWUGs are responsible for O&M of the second level canals and the WUGs are responsible for O&M of the on-farm irrigation system. The service agreement can be established at 2 levels including:

- Service agreement between project and IWUGs.
- Service agreement between IWUG and WUGs.

The service agreement for the 2 levels has similar pattern. However at the service unit level, there must be a guideline for WUGs to distribute water to farmers equitably.

The main advantage of service agreement based water management is to improve the water delivery and distribution to the tail enders of the canal. This will support the RID vision on the issues of efficiency and equity in water delivery and distribution. The project will have deliver water to IWUGs and IWUGs will have to delivery water to WUGs according to the service agreement or else they have to pay the penalty. With this principle, the water delivery and distribution will be more corresponding to the crop water requirements which will be benefited to crop yield and income of farmers and of the country.

The basic principle of service agreement based water management is to consider that every one on the same the canal have equal right to use irrigation water. The right can be transferred. Therefore the water will be allocated on the number of members basis. Each member has equal right to use water.

For example, if the project has 1,000 units of water available for 100 members in various WUGs and IWUGs as shown in Table below. The conveyance efficiencies of the main canal to lateral canal 1, 2 and 3 are 95, 90 and 85% respectively. The amount of water allocated to each member can be calculated as given in Table below.

Let X be the mean of water allocation to each member in IWUGs.

Ec (%) for main canal in delivery water to different lateral canals		Number of members	Volume of water delivering to lateral canal or IWUGs	
Lateral canal 1	95	20	20X/0.95 = 21.1X =	186
Lateral canal 2	90	35	35X/0.9 = 38.9X =	345
Lateral canal 3	85	45	45X/0.85 = 52.9X =	469
Total		100	112.9X =	1,000
112.9X = 1,000				
X = 1,000 / 112.9 = 8.86 units				

Similarly, an IWUG will have to allocate water to each WUG by taking into account of the conveyance efficiency of the lateral canal. The WUGs will have to allocate water to each farmer in similar manner.

In case of insufficient water available, each farmer will not get sufficient water to irrigate full area of paddy. Farmers have to decide how water should be used such as cultivating paddy for some portion of the area or cultivating less consumption crop in larger area or trade the water use right with their neighbours. The water allocation on the number of member basis can ensure that each member get equal amount of water and it is the right of member to use water for any purpose.

The water use right is changing according to the amount of water availability and the number of members requesting water in each season.

After the water is allocated to each member, the project has to develop the water delivery schedule to IWUGs by PIM approach. The water delivery schedule to IWUGs may be continuous or rotation. The field staffs will have to be organized in order to control the water delivery to the offtakes of IWUGs as scheduled. The water has to be measured and recorded in order to check how much water is delivered to each IWUG. The IWUGs may be informed about the amount of water used and remaining on weekly basis so that the IWUGs can decide about the remaining water. The IWUGs can request to adjust the water delivery schedule according to the rainfall or progress of cultivation activities.

The water delivery schedule from IWUG to WUGs and from WUG to farmers can be done similarly. The important issue for this type of water management is every one must know his/hers role and responsibility. The irrigation project and IWUGs must have good database. The irrigation project staffs must work professionally. The IWUGs must be strong enough to handle the water distribution problems and water use conflict. There must be a penalty system for those who do not follow the service agreement intentionally. The water delivers to IWUGs, WUGs and farmers must be measured and recorded. The canals and farm ditches must be in good condition. The offtakes and FTO must be in good operational condition.

5.3.2.2 Provincial Irrigation Projects

A provincial irrigation project has a different role and responsibility from a large scale O&M project in some aspect. Besides the command area of medium scale O&M and small scale projects (not yet transferred to TAO), the provincial irrigation project has to look after the non-command area in the province facing water problems. The other agency working on water resources issues at provincial level is the Water Resources Unit of Provincial Office of MONRE (previously it was the implementation unit of DWR). The water resources unit has a mandate to work on both surface and groundwater resources in the province. On surface water resources, its functions are (1) to coordinate the water resources planning and (2) to monitor, direct and maintenance of surface water resources and flood warning system. On groundwater resources, its functions are (1) to give permit and control for groundwater uses and (2) to integrate the groundwater management for drought remedy in the province. The role and responsibility of RID and DWR at provincial level on water management of the non-command area of irrigation projects needs to be defined.

Strategy 3: Define role and responsibility of the Provincial RID and Water Resources Unit of Provincial MONRE

At present, a provincial irrigation project is responsible for water management of medium and small scale irrigation projects (small scale that is not transferred to TAO). For the non-command area of medium and small scale irrigation projects covering very large area, both Provincial RID and Water Resources Unit of Provincial MONRE are working almost independently to relieve the water problem. The water resources development and management plans proposed by these two agencies will be integrated with those proposed by others agencies to be the provincial plan in order to define the priority for budgeting purposes. Most of the provincial water resources development plan is not integrated with the river basin plan since the river basin committee is not functioning well in many river basins. Thus the river basin strategy in section 5.3.1 needs to be established and functioning as soon as possible.

As mentioned above, although the province has the water resources development plan, the two main water agencies (RID and Water Resources Unit of Provincial MONRE) still work independently and separately. At present, Provincial RID focuses its activities on water resources development for agriculture while the Water Resources Unit of Provincial MONRE focuses on (1) the policy and plan for water resources development and management, (2) water resources development for domestic water supply for the rural area and (3) the water quality problem in natural rivers. However the scope of work of these 2 water agencies is not clearly defined in practices. At provincial level, RID should be the main agency for water resources development and management for agriculture. The Water Resources Unit of Provincial MONRE should be the core agency for coordinating the integrated water resources management policy and plan at the provincial level under the direction of the river basin committee.

For the medium scale irrigation project, the provincial irrigation project can use the management strategy 1 and 2 as mentioned above for the large scale O&M project. For the small scale irrigation projects that have not yet been transferred to the TAO, the provincial irrigation has to strengthen the capacity of the water user groups by using the experiences from Huai Fi farmer managed irrigation system where the water user groups are quite successful in water management and maintenance of theirs irrigation system. The role and

responsibility in maintenance and repair of the small scale irrigation system has to be divided between the water user groups and the project similarly to TAO and WUGs in strategy 1.

Strategy 4: Establishing monitoring and evaluation system for water management

In order to ensure the success of the service agreement in project operation and management, the monitoring and evaluation system has to be established. Water measuring devices have to be installed at all the main offtakes to each IWUGs. The flow rate to each IWUGs and the water level at cross regulatirs have to be monitored at least twice a day to ensure that the correct flow rate is delivered to each IWUG as specified in water delivery schedule. The more sensitive structures and vulnerable area require more frequent monitoring. The water user satisfaction, IWUG's contribution to O&M, PIM activities and progress, water productivity, irrigation efficiency need to be monitored and evaluated. The guidelines for monitoring and evaluation is provided in chapter 8.

Strategy 5: Establishing the pilot projects for testing the service agreement based water management

Service agreement based water management is a new concept for Thailand. Although the concept of service agreement has been introduced to the 5 pilot projects under this FAO irrigation sector reform program, the study time was too short to prove the practicability of this new service agreement concept. Besides the present pilot projects conditions do not favour the application of the service agreement based water management. All the pilot projects lack water measurement, FTO gates, have weak WUGs, and the senior management of the pilot projects are not ready to change and some do not realize the need for it, with the result that the field operation staff do not understand the new concept. The advantages of the service agreement based water management are not realized in most of the pilot projects except in Phetchaburi O&M project. The management of Phetchaburi O&M project realizes that the service agreement can reduce the complaints from WUGs in dry season 2007. The WUGs, particularly those from the downstream part of water master section 2, are more willing to establish the service agreement with the project. Therefore RID needs to continue using Phetchaburi O&M project as one of the pilot projects to test the practicability of the service agreement based water management and gives the following support to Phetchaburi O&M project.

1. Improve the capability of water delivery and control system that effects the water delivery services such as bottleneck and canal dredging.
2. Support the WUGs to install the FTO gates.
3. Improve the cross regulators with the side channel spillways to work as mixed regulators or combined regulators such that they can be operated in both weir and under short mode.
4. RID should provide additional financial support to the pilot projects in order to employ more staffs for water measurement, data collection, study and analysis and coordination with WUGs and some operational budget for changing the water management practices from top-down to service agreement based. It is estimated that the pilot projects should get additional of THB 10 million per year.
5. The project should provide some budget for field operation at the rate of THB 7 per rai per year, which is estimated from the following basis:

Estimation of the field operation expenses	
One zoneman is responsible for the command area of	5,000 rai
Requirement of motorcycle gasoline is 2 liter per day. [2 liter/day x 260 days/year x THB 30 /liter]	15,600 THB/year
Mobile telephone expense is THB 600 per month. [THB 600/month x 12 months]	7,200 THB/year
Expenses for meeting with IWUG at THB 1,000 per month. [THB 1,000/month x 12 months]	12,000 THB/year
Estimated field expenses [THB 34,800 / 5,000 rai = 6.98 ~ 7]	7 THB/rai

6. Assign 1 RID water management expert to work with the pilot projects and evaluate the effectiveness of the service agreement based water management.
7. Assign 1 RID PIM expert to work with the pilot projects.
8. Inform the RID regional office and the Office of Hydrology and Water Management to provide the technical support to the pilot projects.
9. Conduct the feasibility study for construction of the regulating reservoir and construct the regulating reservoir in some pilot project if it is feasible.

The other pilot projects should be selected from projects which have good infrastructure and where the management of the project and the field operation staffs are ready to change to service agreement based water management in order to minimize the infrastructure improvement costs. However the RID should provide the expert support and additional budget as mentioned above. About 4-5 large scale O&M projects should be selected as the pilot projects.

The pilot projects should be trial for at least 3 years. The first year is for preparation on various aspects including the infrastructures, the operational staffs, the WUGs and the manual for service agreement based water management of the pilot projects. The second year is to test the new water management concept and assessment of the result in order to adjust the service agreement based water management on the third year program. At the end of the third year, the pilot projects and the experts on water management and PIM will have to make the conclusion on the advantages and disadvantages of the service agreements based water management and to develop the manual for service agreement based water management in order to apply for other irrigation project in Thailand.

Strategy 6: Study the Feasibility of Irrigation Fee Collection on Volumetric Basis

As mentioned in Strategy 1(2), the IWUGs will be responsible for operation, maintenance and repair of the second level canal. Although the RID by irrigation project can provide some financial support to IWUGs via the maintenance contract, the RID budget is limited. Therefore the IWUGs need to establish their own fund for O&M. The IWUGs should have an authority to collect the irrigation fee according to the volume of water delivered to WUGs who are the members of IWUGs. It is anticipated that the service agreement can help improving the performance of the irrigation system and have contribution to crop productivity. If the government has the policy and measure to regulate the crop price at a reasonable level, the farmers' income will be increased and have the enough ability to pay the irrigation fee. In principle, the irrigation fee may be collected according to the quality of irrigation service. No service is no irrigation fee. The partial service is partial irrigation fee.

Full service is full irrigation fee. If the farmers understand the reason why the irrigation fee has to be collected, it is possible that this option can be realized in the future.

5.4 Strategy for Design

The design strategy for modernization of large, medium and small scale irrigation project must support the service agreement based water management. At present, most of the irrigation projects are not confident to deliver water according to the service agreement due to many problems such as no water measuring devices, no gate control FTOs, many direct outlets from the main canal, difficulty in controlling water level in the canals, too long canal in some project, a lot of sediment and weeds in the canals, lack of field operation manual, lack of experiences in water measurements, lack of field operation budget, weak water user groups, not sufficient communication between WUGs and the project, etc. Therefore it is necessary to improve the irrigation system to meet the requirements of service agreement based water management.

The existing RID design process is beginning from the feasibility study. The feasible project will be selected for detail design. At present, RID has developed the general design criteria and the specific design criteria for some irrigation projects, the standard drawings for canal, drainage canals, water control structures and safety structures, the design criteria and standard drawings for on farm irrigation system, design criteria for pipe irrigation system. It can be concluded that RID has the design criteria and standard drawings which meets the engineering standard. The drawback or the missing part of design process is no evaluation of the actual performance of those irrigation structures comparing to the design objective, how difficult to operate, how high the O&M costs are and how many field staffs required for operation. Besides, there is no technical manual for field staffs.

Thus the strategy for design is given below:

(1) Use MASSCOTE (Mapping System and Services for Canal Operation Techniques) approach to evaluate of the performance of existing the irrigation system in order to develop the modernization plan. However the MASSCOTE is the new technique developed out of the confluence of several streams of works conducted by FAO, IWMI, ITRC, World Bank and IPTRID since 1990s. A training workshop on MASSCOTE should be conducted in order to improve the capability of design and O&M engineers in diagnosis of irrigation system such that the appropriaqte modernization plan can be developed. Furthermore the concept of MASSCOTE should be included in the irrigation engineering degree program in the university.

(2) No direct outlets (FTO) from the main canal must be allowed. By the new service agreement concept, the project controls the water delivery in the main canal to the second level canals managed by IWUGs. The IWUGs control the water delivery in the second level canals to FTO managed by WUGs. If it is possible that one second level canal should be managed by one IWUG. If the large second level canals have to be divided into 2 IWUGs, the classic upstream and downstream IWUGs problems will exist. The monitoring system is required in order to make sure that the flow to the lower IWUG should not be impaired by the upper one.

(3) The canals or farm ditches must not be too long. If the canals or farm ditches are too long it is necessary to have the regulating reservoir to divide the canals or farm ditches into 2 independent units. The criteria for long canals or farm ditches may be considered from the numbers of users. If there are more than 10 users (farm inlets), it is long farm ditch and

regulating reservoir has to be provided. The second level canal with more than 10 WUGs (FTO) is considered as long canal. The main canal with more than 10 second level canals is considered as long main canal. In this case, the regulating reservoir has to be provided. The size of the regulating reservoir can be considered from the uncertainty of the water availability and water requirements. If there is high uncertainty, the larger size of regulating reservoir is required. However the economic return of the regulating reservoir need to be analyzed.

(4) The conjunctive use of surface, groundwater and surface water reused should be considered from the design phase. At present, the irrigation project which paddy is the main crop such as Borrommathad O&M projects, farmers on the tail end have to pump water from the drainage canal to irrigate their paddy. In this case, the farm ditch should be designed with zero or very small longitudinal slope with level bank to support the reuse of drainage water via pumping. The pump sump may be provided at the end of farm ditch.

(5) At present many irrigation projects use the gated cross regulators with side channel spillways. The side channel spillways are used to safe the canal from over-topping. The gated regulators are more flexible in operation but the main disadvantage is more difficult to control the water level and requires more effort and skill of the field operator. The gated cross regulator with side channel spillways can be modified to be mixed or combined regulator which can be operated on both overflow and undershot flow modes. In normal period, the mixed regulator should be operated in weir mode in order to control the water level more accurately and use less effort. The overflow mode structure has less sensitivity than the overflow mode structure. In case of emergency, the operation can switch to the undershot flow where gate can be adjusted to increase the flexibility in water control.

(6) The water measuring device such as the broad crested weir should be installed downstream of the canal offtake and FTO in order to measure the flow which is important for service agreement based water management.

(7) The technical manual should be written in order to facilitate the irrigation project in water delivery operation. The detail of the technical manual will be given in Chapter 6 (Guidelines for Design).

6. GUIDELINES FOR DESIGN

6.1 Introduction

The Office of Engineering and Architectural Design is responsible for the design works of RID. The Chief Engineer – Executive Advisor in Survey or Design and 6 Civil Engineering Experts on Design and Computation are the advisory team to Director General on the design.

The organization structure of the Office of Engineering and Architectural Design is divided into 6 work groups as follow:

1. Engineering Group consisting of 3 sub-work groups
2. Architectural Group consisting of 3 sub-work groups
3. Special Structural Design consisting of 2 sub-work groups
4. Standard Design Group consisting of 4 sub-work groups
5. Irrigation System Design Group consisting of 8 sub-work groups
6. Ditch and Dyke and Land Consolidation Design Group consisting of 6 sub-work groups
7. Dam Design Group consisting of 4 sub-work groups

The work groups related to irrigation system design and related to this study are the standard design group, irrigation system design group and ditch and dyke and land consolidation design group. The last 2 work groups are responsible for design of irrigation system, ditch and dyke and land consolidation projects in 17 RID regional offices. Each group is responsible for each group of the RID regional offices.

At present, the standard design group has developed the standard design for various types of irrigation system and CD as listed below:

1. Manual for Design of Conveyance and Drainage System (2004)
2. Manual for Standard Drawings of Conveyance and Drainage System and Standard Drawings of Conveyance and Drainage System (2004)
3. Manual for Design of On Farm Irrigation System (2004)
4. Manual for Standard Drawings and Standard Drawings of On Farm Irrigation System (2004)
5. Standard Drawings for Small Scale Irrigation Project (Reservoir) (2004)
6. Manual for Standard Drawings of Road Culvert (2007)
7. Manual for Standard Drawings of Road Check Culvert (2007)
8. Manual for Standard Design of Canal Intake (2007)
9. Standard Drawings for Road Culvert, Road Check Culvert, Canal Intake, Check Gate, Single gate and Hoist (2007)

It is noted that only the conventional design groups are established. It is recommended that the design group for system modernization needs to be established. An associated training program on system modernization is required. The guidelines for irrigation modernization training will be mentioned in detail in Chapter 9

In case of hiring an engineering consulting firm to survey and design an irrigation system, the specific design criteria will be developed for that irrigation project such as:

- Design Criteria for Pipe Irrigation System of Huai Mongkol Reservoir, Prachupkirikhun province (2003)

- Design Criteria for Ban Pum Reservoir Project, Sakol Nakorn province (2006)

Besides, the design engineers in each group use the design textbook as the guidelines for planning and design of irrigation system such as:

- Planning and Design of Water Distribution System by Arun Intarapalit (1991)
- Design of Conveyance Structures by Assoc.Prof.Pratipan Ammarttayakul (1995)
- Design of Small Earth Dam and Weir by Pramote Maikut (1987)

6.2 Practical Guidelines for Design of Irrigation System

The design of irrigation water delivery system can be divided into 2 approaches.

1. Canal system
2. Pipe system

Most of the irrigation water delivery systems are the canal systems. Pipe system is the new concept, which has been used for small irrigation projects by pumping water from the nearby existing reservoir to the higher elevation area which water cannot be delivered by gravity. This type of pipe system was introduced during the past 10 years according to the government policy.

6.2.1 Existing Practices for Canal Design

In general, the design of the irrigation canal system can be divided into 2 phases. Phase 1 is the design of the main irrigation canal and drainage systems. The main irrigation system is the system that delivers water from sources to the on farm irrigation system. The main irrigation canal system ends at the FTO, from where water is distributed to farms. The irrigation system design group is divided into 8 sub-work groups. Each sub-work group is responsible for design of the main irrigation system for the area of about 2 RID regional offices. After the main irrigation system is designed and constructed, Phase 2 or the design of on farm irrigation system may start. The Ditch and Dyke and Land Consolidation Group which consists of 6 sub-work groups is responsible for the design of on farm irrigation system for the area of 2-3 RID regional offices. The design of the on farm irrigation system in phase 2 may not be started immediately after phase 1. Sometimes it takes many years before phase 2 is started depending on the budget. The budget for development of on farm irrigation system is limited. At present, many irrigation projects do not have the on farm irrigation system. Farmers have to construct the farm ditches from FTO to distribute water to their fields or get water from the upper fields. Water distribution from field to field creates many problems. Some upper field owners do not want water to flow passing their lands. This is one of the conflict that is unsolved in Huai Sam Pad project, Udon Thani province.

The irrigation project with no on farm irrigation system will have the difficulty in distributing water to farmers equitably and efficiently. Thus the development of the on farm irrigation system is highly important.

The practical ways for design of irrigation system can be divided into 2 ways (1) designing irrigation system by RID (2) designing irrigation system by consultants

(A) Designing Irrigation System by RID

The existing practices for designing the irrigation system can be summarized as follow:

(1) The data from the feasibility study conducted by the project planning work group is initially used to start the design of irrigation system. The important data from the feasibility study are listed below:

- The background and the purposes of the project
- Location of water resources and headworks
- Recommendations on the types and size of irrigation structures, benefit area and number of household getting benefit.

(2) The design engineer in charge of the project requests the survey team to prepare the topographic map of 1:4,000 scale and the detail site plan of the headwork and the construction sites with 1:500 scale and inspects the site.

(3) Analysis of water availability for reservoir design.

(4) Estimate the water duty and water requirements for canal and structural design according to the recommended cropping pattern in the feasibility report. The basic water duty is given in the table below:

Water Duty for Paddy	0.2-0.3 lps/rai
Water requirements for city water supply	200-300 l/capita/day
Water requirements for rural water supply (drought area)	50-100 l/capita/day

Some project uses L.J. Wen formula in equation 6.1 for estimation of water duty for paddy with rotation water delivery system. This formula assumes the peak irrigation water requirements take place during the land preparation and transplanting period. The number of days in this period can be defined below.

Land Preparation and Transplanting Period for	Number of days
Ditch	30
Lateral canal	42
Main canal	60

L.J.Wen method considers the variable rate of land preparation in such way that the paddy water requirements during the land preparation period constant. This concept can reduce the size of water delivery system.

$$q = \left[\frac{1}{54EaEc}\right]\left[\frac{Dt.Ci}{1-e^{-(Dt/Ds)N}}\right] \qquad (6.1)$$

when q = Water Duty (lps/rai)
Dt = Water Requirement in Transplanted Rice Field (mm./day)
Ds = Soaking Water Requirement (mm.)
N = Land Preparation Period (days)
Ec = Conveyance Efficiency
Ea = Application Efficiency
Ci = Crop Intensity Factor (=1.00 for On Farm System)
e = Base of Natural Logarithm = 2.718282

One good thing about the formula of L.J. Wen is the smaller water duty than the using peak water requirements. Wen's formula can be applicable only if the land preparation rate is high at the beginning and decreases exponentially as mentioned in Wen's assumption. However, in actual paddy cultivation practices, farmers do land preparation independently. Some irrigation projecta have difficulty to control the land preparation schedule as mentioned in section 3.4.2. If this is the case, smaller water duty may cause insufficient supply of water during land preparation period. Therefore Wen's formula has to be used carefully. It is adviced that FAO Cropwat program (version 8) which can be used to calculate project irrigation water requirements for different cropping patterns should be used to estimate the peak flow for design of irrigation system.

The estimated efficiency for design can be found from table below.

Efficiency	Paddy (%)	Upland Crops (%)
Application Efficiency(Ea)	95	80
Operational Efficiency	80	80
Conveyance Efficiency (Ec)	85	80
Overall Efficiency	65	51

The water duty is decreasing when the irrigated area increasing as shown in Table 6.1.

Table 6.1 Water duty for different size of irrigated area

No.	Irrigated Area (rai)	Water Duty (lps/rai)
1	≤1,000	0.298
2	2,000	0.252
3	4,000	0.229
4	6,000	0.221
5	8,000	0.217
6	10,000	0.215
7	12,000	0.213
8	14,000	0.212
9	≥15,000	0.212

From Design Criteria of Ban Phum Irrigation Project, Sakorn Nakorn Province (RID, 2006)

(5) The main canal will be laid out along the contour. The layout has to avoid an undulating area and tries to minimize the number of crossing structures. The full supply level (FSL) has to be designed at 0.5 m. above the ground level. The lateral and sub-lateral canals will also be layout on the contour ridge in order to distribute water on both sides of the canals. The FSL of lateral and sub-lateral canals is 0.3-0.5 m. higher than the soil surface.

(6) Manning's formula is used for canal design.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (6.2)$$

The criteria for selecting the Manning's n is given below.

Earth canal or ditch	0.03
Concrete lining canal	0.018
Concrete lining canal	0.016

The water surface profile is 1:4,000 to 1:10000 for the main canals and 1:1,000 to 1:8,000 for lateral canals.

The maximum allowable velocity in concrete canal is 1.5 m/s. For earth canal, the critical velocity for non-scour and non-deposit can be calculated by Kennedy's formula ($v=Cd^m$ where v = critical velocity in mps, d = water depth in m, C = 0.35-0.547 and m = 0.64-0.66), which is in the range of 0.3-0.8 m/s.

The normal practice is to design the irrigation canal to deliver water continuously. The concrete lined canal is more popular. The standard drawings of the concrete canal is shown in Figure 6.1. In general, the O&M road or the feeder road is located on one side of the canal bank. The O&M road is 4 m wide . The feeder road which is used for transportation of the agricultural inputs and outputs is 6 m. wide.

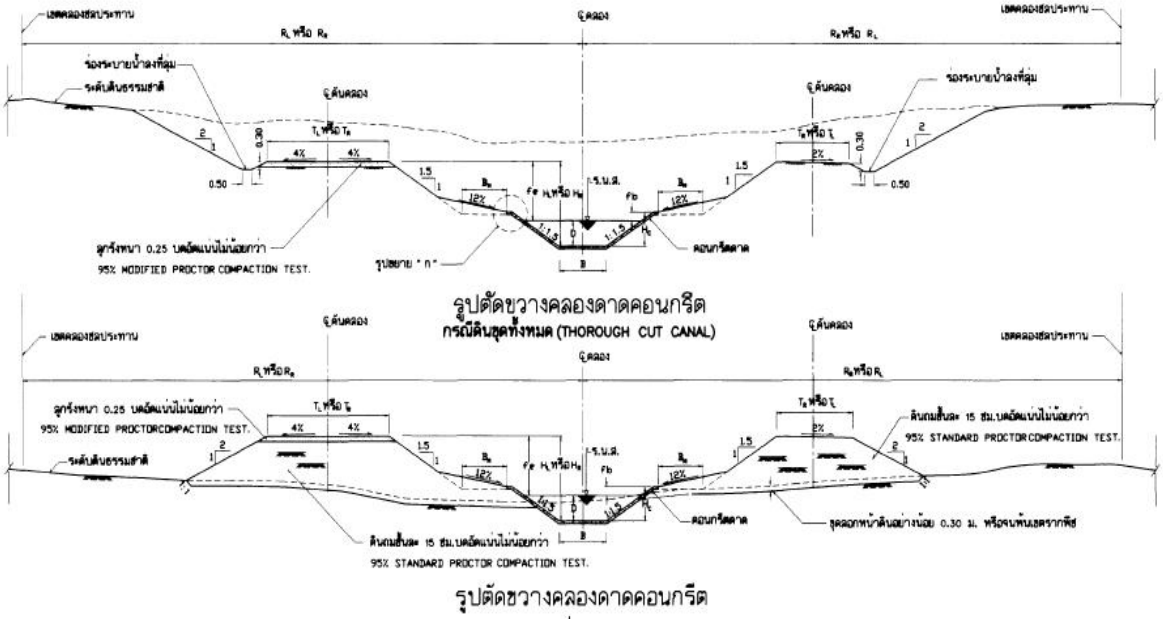


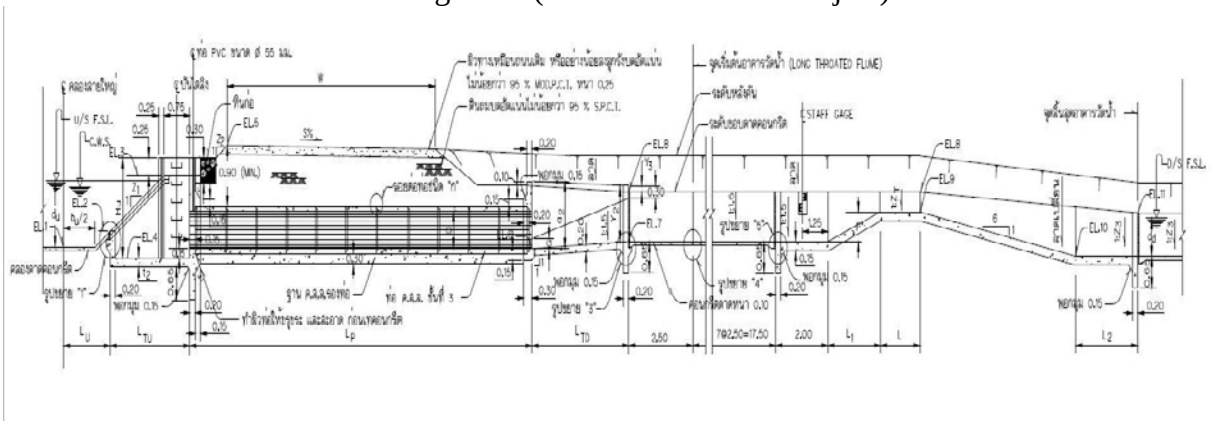
Figure 6.1 Standard Drawings of the Concrete Lined Canal

(7) The canal structures are the water control and conveyance structures in the canal including head regulator, cross regulator or check structure, road culvert, drain culvert, farm turnout or FTO, elevated flume, bench flume, bridge, side channel spillways, drain inlet, over chute, tail regulator. RID has developed the design criteria for design of the canal structures such as the design criteria for design of Ban Phum reservoir irrigation system, Sakol Nakorn province (RID. 2006), which refers to USBR. Design Standard No.3 (Canal and Related Structures). In this section, the practical guidelines for design of the important canal structures such as head regulator, cross regulator, FTO and side channel spillways are discussed.

(7.1) Head Regulator. The head regulator or offtake is the structure located at the head of the canal to control the flow into the canal. The sluice gate is commonly used as shown in Figure 6.2. For small structure, the hoist is designed for manually operated. For the large structure, the gear motor will be used and may use a radial gate instead of sluice gate.

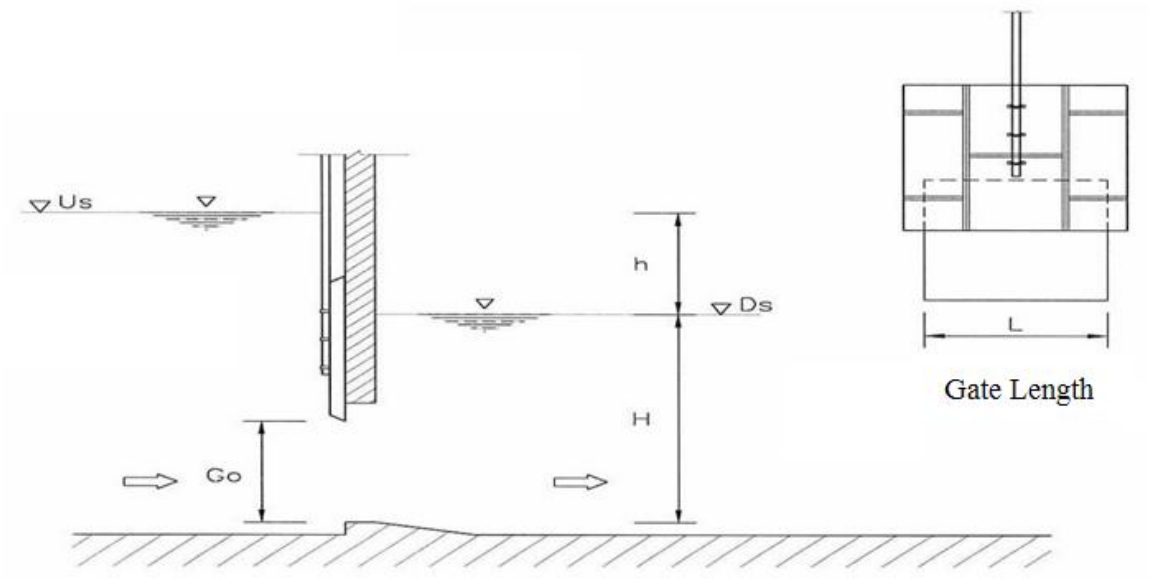
In design of the head regulator with sluice gate, the orifice formula is used. The flow can be free flow or submerged. The orifice formula on submerged flow and free flow is shown in Figure 6.3 and 6.4 respectively.

Head Regulator (Phetchaburi O&M Project)



Standard Drawings of the Head Regulator with Broad Crested Weir Downstream

Figure 6.2 Head Regulator

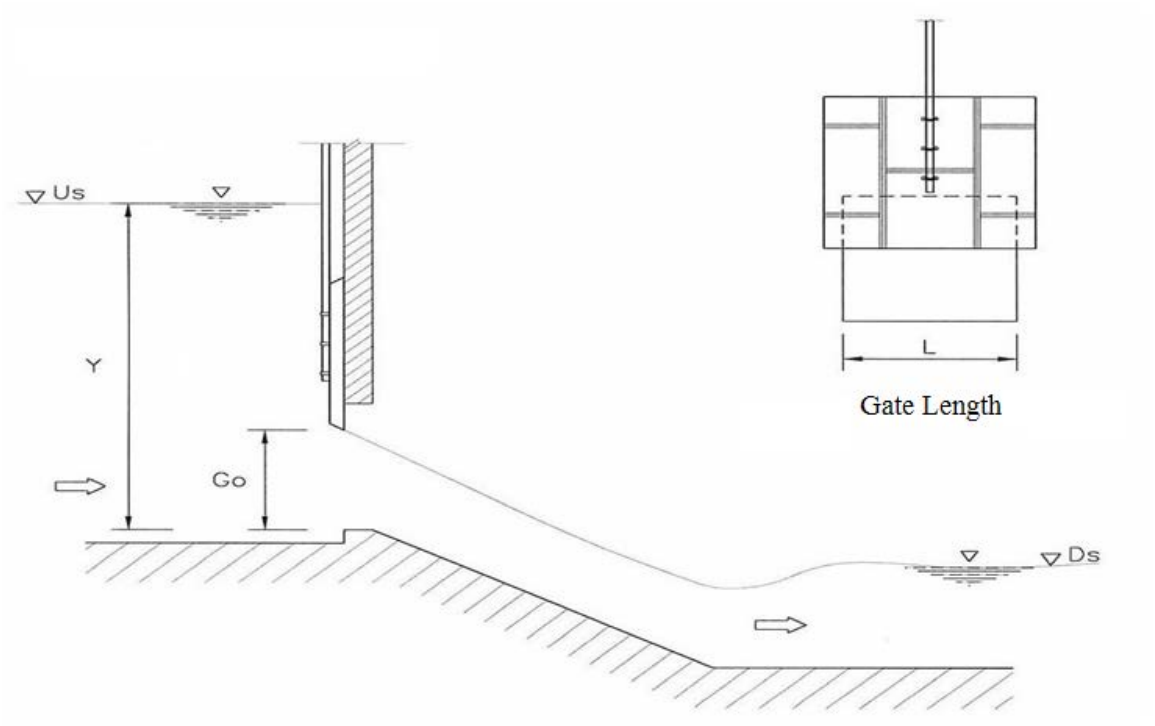


Formula for Submerged Flow

$Q = Cs.L.Go\sqrt{2gh}$

Q = Discharge (cms)
Cs = Discharge Coefficient for Submerged Flow which depends on H and Go
Go = Gate Opening (m.)
Us = Upstream Water Level (m.-MSL.)
Ds= Downstream Water Level (m.-MSL)
H = Ds – Gate Threshold Level (m.)
h = Us – Ds (m.)
L = Gate Length (m.)
g = Gravitational Acceleration = 9.81 (m./s^2)

Figure 6.3 Formula for Submerged Flow



Formula for Free Flow

$Q = Cd.L.Go\sqrt{2gh}$

Q = Dsicharge (cms)
Cd = Discharge Coefficient for Free Flow
Go = Gate Openning (m.)
Us = Upstream Water Level (m.-MSL.)
Ds= Downstream Water Level (m.-MSL.)
Y = Us – Gate Threshold Level (m.)
h = Y – 0.60Go (m.)
L = Gate Length (m.)
g = gravitation acceleration = 9.81 (m./s^2)

Figure 6.4 Formula for Free Flow

(7.2) Cross Regulator or Check Structure. The Cross regulator is the structure for control the water level in the canal at full supply level or at any specified control water level (Figure 6.5). At present, both the sluice gate and the radial gate (for large structure) are commonly used. Some projects use duck-billed weirs or diagonal weirs or oblique weirs for water level control, such as Huai Sam Pad medium scale Project in Udon Thani province. Some project uses the mixed cross regulator such as Phetchaburi O&M project. The gate type and the mixed regulators are more popular than the weir type due to a mis-understanding that the weir type cross regulator blocks the flow. The water users believe that this type of structure is the main cause that water cannot flow to the tail portion of the canal. In some project, the weir type is destroyed by the water users.

It is noted that the cross regulator needs to be located and designed to maintain the desired water level over a range of flow rates, without backwater effects submerging upstream control structures. The design process, at minimum should require the calculation of water surface profiles under varying flow conditions.

(7.3) Farm Turnouts. The farm turnout or FTO is the final offtake from the canal to the on farm irrigation system. Normally one FTO can distribute water to the area around 300 rai. There are several types of FTO that have been used in Thailand including (1) FTO with single gated control (2) Constant Head Orifice or CHO (2) Romijn Weir (4) Baffled distributor or Neyrpic Modules. Different types of FTO are shown in Figure 6.6. The FTO with single gate control is commonly used in Thailand.

Among the various types of FTO, CHO are more expensive and difficult to operate in comparison to the single gated orifice offtakes as experienced in some projects in Greater Chao Phraya. Romijn weirs are highly sensitive offtake (S=1.5/head) comparing to the orifice type offtakes therefore they are not recommended to use in conjunction with gated orifice cross regulators. Baffled distributors are capable of controlling more constant flow rate over wider range of water level fluctuation. They have been used in 6L-2L canal of Song Phi Nong O&M project in Suphanburi province for more than 20 years. However RID design engineers are not familiar with this type of FTO, the uses are still limited. The single gated orifice FTOs is simple and easy to operate if they are used in conjunction with the weir type cross regulator.

Mixed Regulator Operating in Undershot Mode
(Phetchaburi O&M Project)

Mixed Regulator Operating in Overflow Mode
(Phetchaburi O&M Project)

Mixed Regulator for Limited Canal Width Operating
in Undershot Mode (Phetchaburi O&M Project)

Mixed Regulator for Limited Canal Width Operating
in Mixed Mode (Both Undershort and Overflow)
(Phetchaburi O&M Project)

Mixed Regulator with Increasing Weir Length
to Reduce the Sensitivity
(Huai Sam Pad Project, Udon Thani Province)

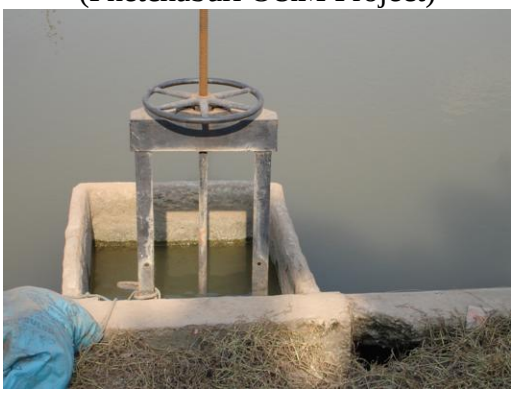
Duck-billed Wier
(Huai Sam Pad Project, Udon Thani Province)

Check Drop with Regtangular Opening
(Phetchaburi O&M Project)

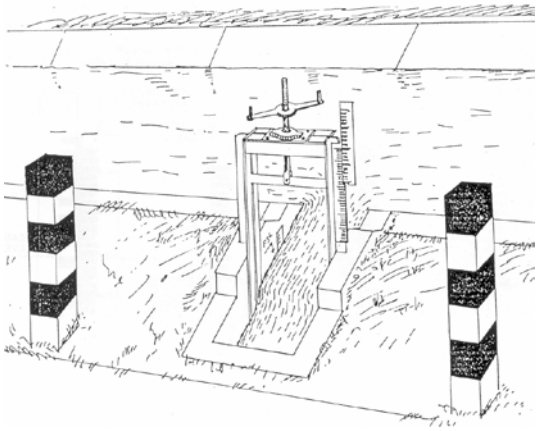
Figure 6.5 Cross Regulators (Check Structure)

FTO with single gate control
(Phetchaburi O&M Project)

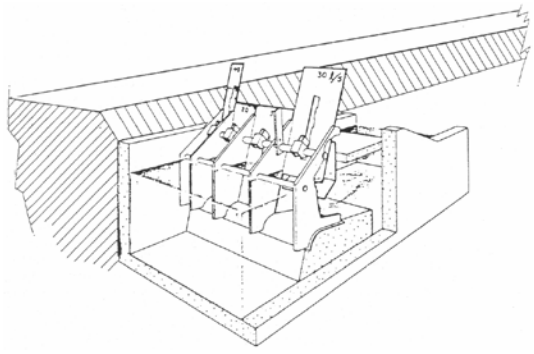
Constant Head Orifice
(Borrommathad O&M Project)



FTO that modified from CHO for pumping water
to FTO when water level in the canal drops below gate threshold
(Borrommathad O&M Project)



Romijn Weir



Baffled Distributor

Figure 6.6 Different Types of FTO

(7.4) Side Channel Spillway. The side channel spillway is the safety structure to prevent canal overflow and eroding the canal bank. Normally, the side channel spillway should be provided at the junction. In case of emergency, the water cannot flow into the lateral or sub-lateral canals, the excess water can overflow through the side channel spillway to the natural water coarse. The crest level of the side channel spillway is designed to be 5-10 cm. above the FSL. The formula for crest length is given below.

$$Q = 1.84\ LH^{1.5} \qquad (6.3)$$

when Q = Design discharge (cms)
L = Crest length (m.)
H = Depth of water above weir crest (m.)

The side channel is designed for sub critical flow.

(7.5) Drain Inlet and Over Chute. These are the structures for preventing the canal damage from runoff. Usually at the intersection of the canal and natural water course, the drain culvert will be constructed. In case that the drain culvert is not appropriate, the dran inlet or over chute may be an alternative to take runoff into the canal. Over chute is usually use for high runoff.

(8) Design of Drainage System. Thailand is in monsoon area. In rainy season, the heavy rain and flooding frequently occurs. Therefore it is necessary to have the drainage system. The earth canals or ditches are usually used for drainage. The drainage system is usually designed with the maximum rainfall of 3 days duration and 5 years return period and assuming the allowable flood depth of 70 mm. With the above assumption, the drainage modulus for drainage system design can be calculated by the following equation.

$$q_d = \frac{1{,}600(R - 70)}{84{,}600T} \qquad (6.4)$$

when q_d = Drainage Modulus (lps/rai)
R = Maximum rainfall of 3 days duration and 5 years return period. (mm.)
T = Allowable flooding time (days)
1600 = area of 1 rai in m^2

The capacity of drainage canal can be designed using the drainage modulus and the drainage area as follow.

$$Q = \frac{fq_dA}{1{,}000} \qquad (6.5)$$

when Q = Drainage canal capacity (cms.)
q_d = Drainage Modulus (lps/rai)
A = Drainage area (rai)
f = Area reduction factor, 1.00 for area less than 2,000 rai and 0.64 for area between 200,000 – 500,000 rai.

The dimension of the drainage canal can be calculated by Manning's formula (similar to the irrigation canal design) using the following criteria.

- n = 0.03-0.35
- longitudinal slope = 1:1,000 – 1:8,000
- Spoil bank must not higher than 1.50 m. and every 200 m. the drain inlet must be provided. The width of the drain inlet must be at least 5 m. wide.

It should be noted that there is no standard design criteria for flow measurement. Flow measuring devices are optional for designer. Some designers may use broad crested weirs for flow measurement at the offtakes but some other may not.

(B) Designing Irrigation System by Consultants

In case of the design load is exceeding the capability of RID design engineers can handle. RID can out source by hiring an engineering consulting firm to do the design. In general, the consultants will be hired for designing the irrigation system with large area. In the design contract, the consultants have to prepare the design criteria for RID approval before the detail design can proceed. The design criteria proposed by the consultants usually is not different from those used by RID.

6.2.2 Existing Practices for Pipe System Design

6.2.2.1 History of the Pipe Irrigation System

In year 1996, the government has the policy to develop the pipe irrigation system in order to reduce the seepage and evaporation from the canal. The main propose of pipe irrigation system is to expand water delivery to the area (outside the existing irrigation command area) that cannot deliver water by canal. The pipe irrigation system is targeted to cover all regions of Thailand over an area of approximately 1 million rai. The cabinet resolution on 19 November 1996 assigned RID oversee piped irrigation system development. The implementation of pipe irrigation system can be summarized as follow.

- Develop the master plan for pipe irrigation system to cover approximately 1 million rai.
- Select the projects from the master plan for feasibility study. 110 projects covering the area of 500,000 rai were selected for feasibility study.
- Select the pilot projects for detail design. 9 pilot projects were selected covering the area of 50,000 rai.

The following pilot projects were implemented.

(1) Don Gog pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province.
(2) Ban Non Kong pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province.
(3) Ban Kut Kan pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province.
(4) Dom Noi Settlement pipe irrigation project, Sirintorn, Ubol Ratchathani province.
(5) Huai Otalut (Tub Tim Siam) pipe irrigation project, Phu Sigha district, Sri Saket province.
(6) Non Soong pumping project for domestic and agriculture, Non Soong district, Nakorn Ratchasima province.
(7) Srinakarind pipe irrigation project, Srisawat district, Kanchanaburi province.
(8) Ban Sum Ta Rueng pipe irrigation project, Kitchagood district, Chantaburi province.
(9) Ban Wang Ku pipe irrigation project, Sanamchaiket district, Chachoengsao province.
(10) Ban Bong Born pipe irrigation project, Mueang district, Trad province (this project is canclled).

The 9 pilot projects were constructed during 2001-2003. The details concerning the implementation of 9 pilot projects are given in Table 6.2.

The objectives of the pipe irrigation system can be summarized as follow.

(1) Increase water availability for domestic supply in the drought area in order to relief water shortage frequently occurred in dry season.
(2) Increase water availability for agriculture or industrial agriculture at the village level in order to create new jobs in rural area which can raise the income and quality of life of the people in the drought area according to the government policy.
(3) Transfer water from the area with excessive water to the neighbourhood area that experiences water shortages.
(4) Maximize water use efficiency according to the environmental conditions and constraints and provide the opportunity for farmers to cultivate dry season crops.
(5) Create or expand jobs for rural people in order to raise the basic income and quality of life according to the government policy.

Table 6.2 Summary of Pilot Projects Implementation of the Pipe Irrigation System

No.	Project	Year completed	Budget (million bahts)
1	Don Gog pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province	2542	27
2	Ban Non Kong pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province	2543	50
3	Ban Kut Kan pipe irrigation project, Nong Reu district, Khon Kaen province	2544	52
4	Dom Noi Settlement pipe irrigation project, Sirintorn, Ubol Ratchathani province	2546	63
5	Huai Otalut (Tub Tim Siam) pipe irrigation project, Phu Sigha district, Sri Saket province	2546	65
6	Non Soong pumping project for domestic and agriculture, Non Soong district, Nakorn Ratchasima province.	2544	52
7	Srinakarind pipe irrigation project, Srisawat district, Kanchanaburi province	2546	48
8	Ban Sum Ta Rueng pipe irrigation project, Kitchagood district, Chantaburi province	2545	26
9	Ban Wang Ku pipe irrigation project, Sanamchaiket district, Chachoengsao province	2546	47
10	Ban Bong Born pipe irrigation project, Mueang district, Trad province	Cancelled	-
	Total		428

Sources: Report on Monitoring and Evaluation of the Pipe irrigation Projects (Pilot Projects) by Monitoring and Evaluation Work Group, Work Plan Division, RID, September 2005.

6.2.2.2 Structure and Components of Pipe Irrigation System

In this section, Ban Don Gog pipe irrigation project is used as an example to explain the structure and component of pipe irrigation system. Ban Don Gog pipe irrigation project, Khon

Kaen province is the project developed during the first period in order to bring water from Ubol Rattana reservoir to the area in the upstream. As shown in Figure 6.7, the main components of pipe irrigation system are listed below.

(1) Feeder channel is the channel that brings water from the reservoir to the pumping station.
(2) Pumping station and pumping equipments.
(3) Pipe system with control equipments which distribute water from pumping station to the cultivation area.
(4) Storage tank with capacity of 108 cubic meters is used as the head tank for water distribution and to store water after stop pumping. The water can be delivered by gravity to the water users in the command area of the storage tank whenever they need.
(5) The distribution outlet is installed for each farm for each household use.

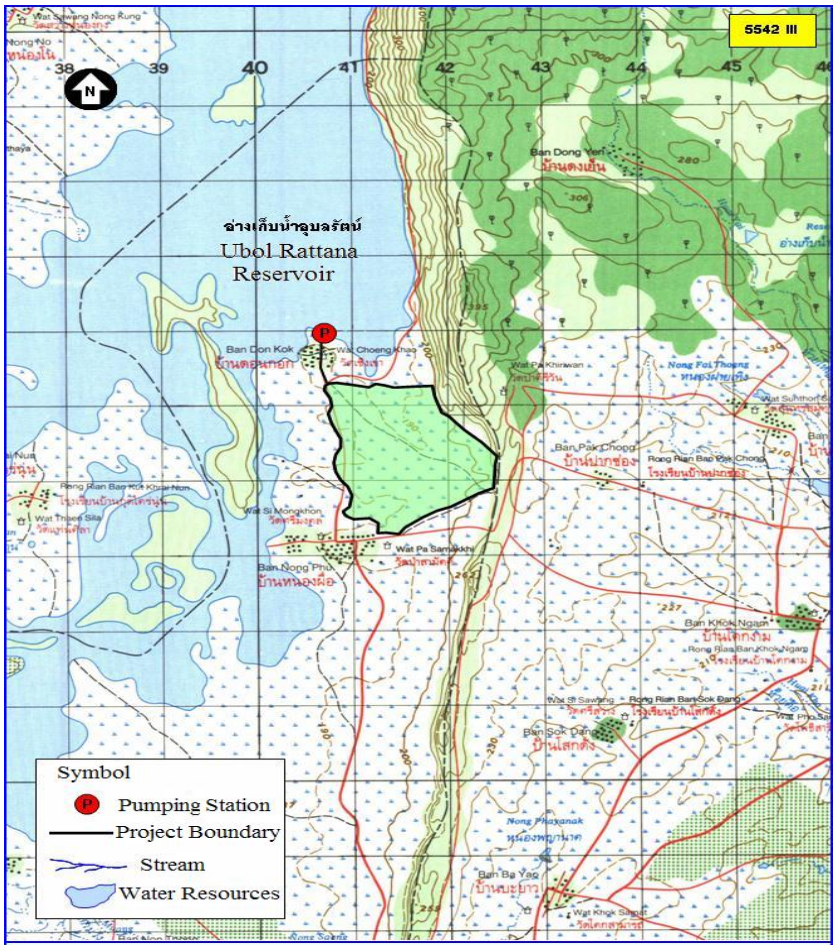


Figure 6.7 Ban Don Gog pipe irrigation project

Ban Don Gog pipe irrigation project has the service area of 1,200 rai. The project is divided into 2 zones with 11 storage tanks for controlling water distribution to the distribution outlets as shown in Figure 6.8.

6.2.2.3 Water User Organization

After the construction of the pipe irrigation system was completed, water user groups were established. The water user group committee was elected from the members. The rules and regulations were established. The function of the water user group is to manage the project and water delivery and distribution to users. Specifically the function of water user organization can be listed below.

(1) Be the center for coordination among water users, TAO, Khon Kaen irrigation project and other government agencies.
(2) Manage the members to respect and follow the rule and regulations established by the water user organization such as submission of the water request and payment of the pumping fee.
(3) Control the pumping operation in order to deliver water to the storage tank and distribute to the distribution outlets equitably.
(4) Organize the water user members to maintain the pipe network, storage tank and distribution outlets.
(5) Manage the water use problems.

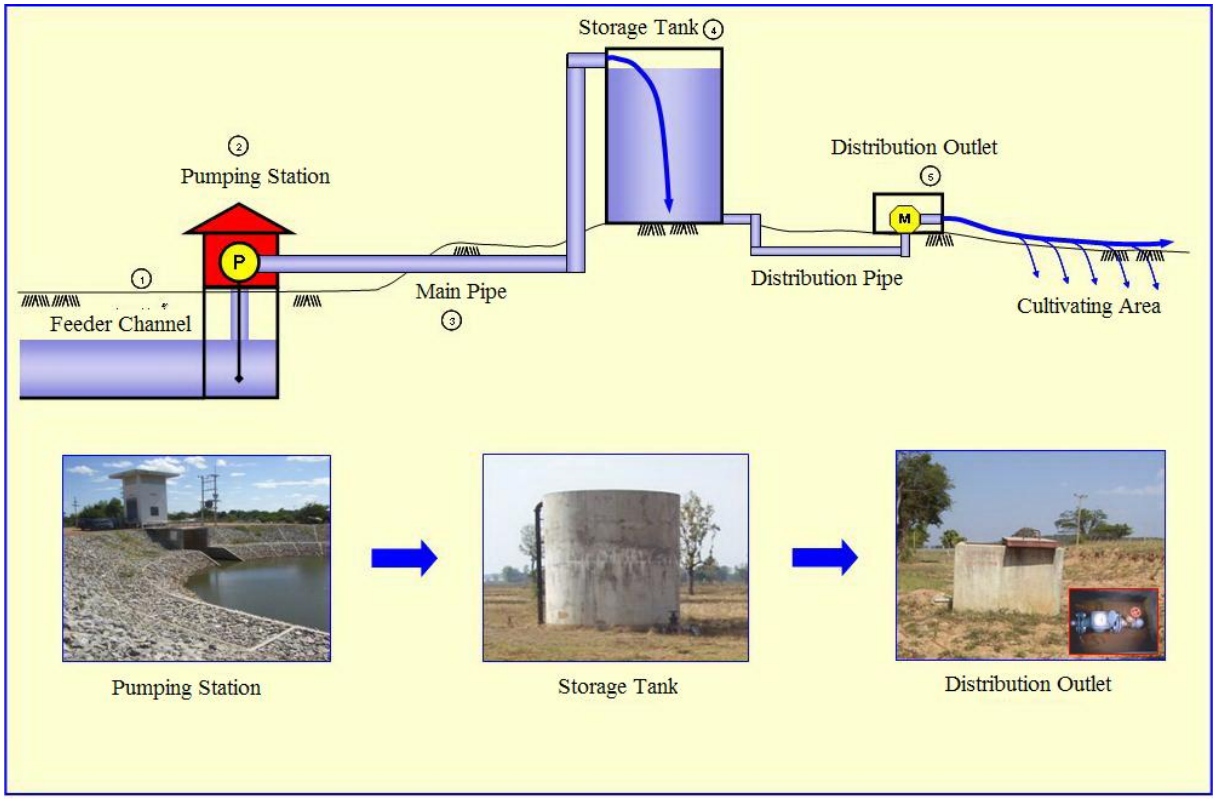


Figure 6.8 Main Components of Pipe Irrigation Project

6.2.2.4 Layout of The Project Area

Ban Don Gog pipe irrigation project is divided into 2 zones. The main components of the project consists of the pumping station, main pipe (HDPE), distribution pipe (PVC), 11 storage tanks and 61 distribution outlets. The layout of the main components of Ban Don Gog project is shown in Figure 6.9.

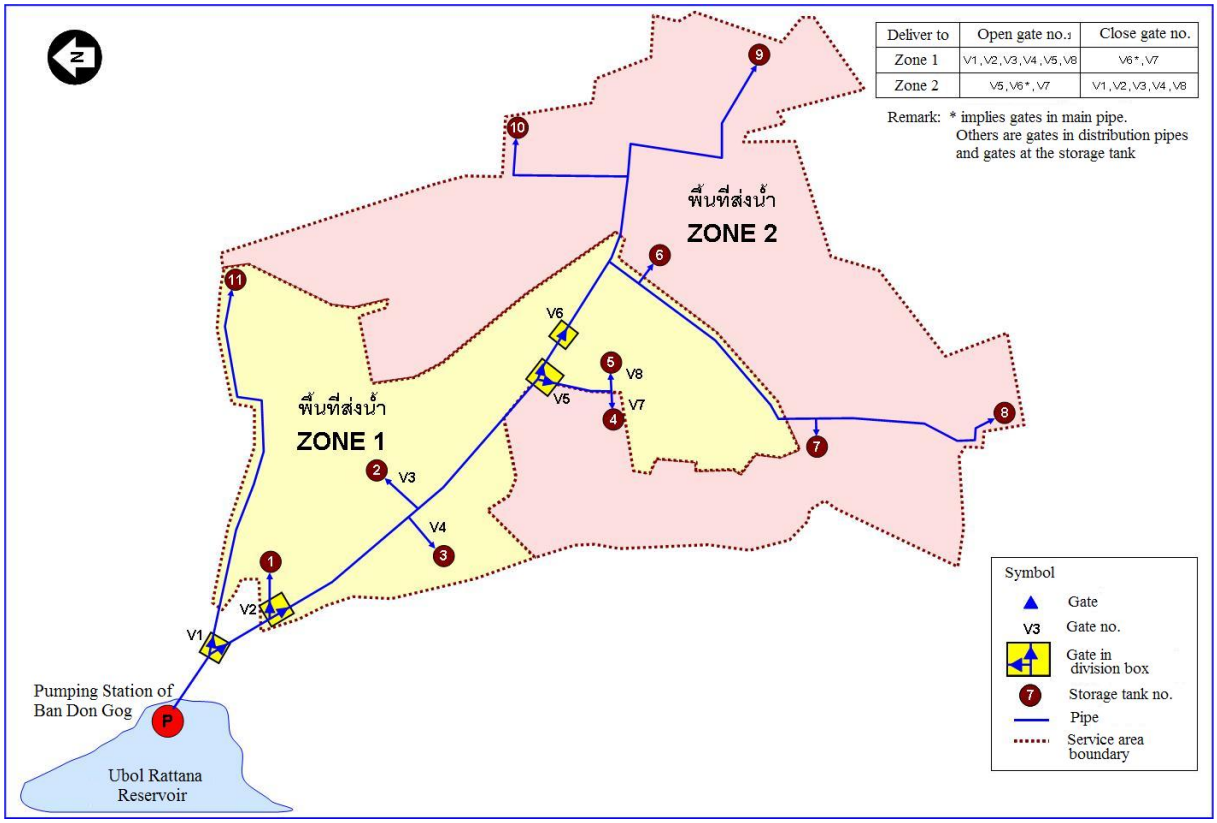


Figure 6.9 Layout of the Main Components of Ban Don Gog Pipe Irrigation Project

6.3 Proposed Concept for Irrigation System Design

The present constitution encourages greater public participation in various government projects. Many previous governments have declared that water problems are national issues in order to give high priority to various aspects of water problems including water conservation, development of basic infrastructure related to water, increasing efficiency in water management, integrated river basin water resources management and promotion of public participation in water management. The vision of RID for the past many years have stated the stand point on participatory approach to improve the efficiency, equity and sustainability in water management and conservation of agricultural land in irrigation project. Besides, the budget and manpower resources for irrigation management are limited. The field operators such as zonemen are reducing due to the downsizing policy of the government. Therefore it is important that the irrigation project has to be designed in such a way that the water conveyance and control structures are easy to operate, robustness and economically on both investment and O&M.

From the existing practices on the design of irrigation system as mentioned above, it can be concluded that RID has the design criteria, design manual and standard drawings for design of the canal water delivery and drainage systems, on farm irrigation system, small reservoir and the pipe irrigation system. There is a team of new design engineers and the design experts who are capable for design of the irrigation and drainage systems by the existing design practices.

However the existing irrigation systems in the command area of 27 million rai around the country are facing many important problems as mentioned in section 3.3 " Pilot Projects Evaluation By RAP" and in Chapter 4 "Issues and Options for Design and Operation". The main problems can be summarized in order improve design concepts and process such that the irrigation system can provide the water delivery service to users efficiently, reliably, flexibly and can allocate and distribute water to users equitably according to the RID vision. Newly designed irrigation systems should be operated and managed with limited budget and manpower. The main problems of the existing irrigation systems can be summarized below.

1. Inability to control the crop cultivation area in dry season. At present, most or all irrigation projects have a problem on controlling the crop cultivation area in dry season. The O&M projects such as Borrommathad, Phetchaburi, Tab Salao and other projects in central plain are facing the serious problem on controlling the crop cultivation area and schedule in dry season. The main factors effecting this problem are; (1) high paddy price (2) private sectors are doing business on tillage, transplanting and harvesting by using mechanization which makes paddy cultivation more convenient than that in the past (3) the advance of bio-technology for agriculture, new varieties of rice have shorter cultivation period, high yield and can cultivate all year round. Farmers can cultivate paddy up to 5 crops in 2 years. In the future, it is expected that 3 crops per year can be practiced. All of these factors make it difficult for the project to control the crop cultivation schedule and area in dry season and result in the difficulty in water allocation and management. The project is facing the equity problem in water allocation. The head end users take advantages without any consideration on the tail end users. Some irrigation project locates the service area in dry season only for the upper portion of the project area. Most of tail end farmers are forced to accept that the head end users have more opportunity to use more water than the tail end users. The tail end users usually have to help themselves by developing the alternative sources of water by their own expenses such as pumping water from the drain or shallow wells or in some project, farmers have to pump water from the irrigation canal, which the water level drops below the threshold of the FTO. Therefore it is necessary to find the appropriate approaches for design and management of the irrigation project such that the project can control the crop cultivation schedule and area according to the water availability of the project.

Besides some old irrigation project has expanded the service area from the original design without consideration on the water balance of the project. This situation increases the degree of water use conflict.

2. Water cannot be delivered to the tail portion of the canal. This is one of the very classic problem in dry season in most of the irrigation projects in Thailand due to the inability of the project to control the cultivation area on one side. On the other side, some old irrigation project was originally designed for supplementary irrigation using the water duty of 0.13 lps/rai the such as Borrommathad and Phetchaburi O&M projects, the delivering capacity of the canal is limited. Although some old irrigation project has increased the delivering capacity of the main canals by raising the canal bank such as Phetcahburi O&M project, only some part of the canal, mostly the upper part, was modified, not all the canals. The problem is still existed. The 2 main factors are still effect the efficiency of water deliver and distribution to the tail portion of the canals, particularly when water availability is limited or when demand for water is high. Borrommathad O&M project is a good example of this problem. The project cannot control the crop cultivation schedule and area due to very high demand for paddy cultivation. Farmers cultivate paddy at will without any consideration on the water availability and the maintenance schedule of the project. The project has a problem to establish the water delivery schedule that satisfies all the water users. The water cannot flow to the tail portion of the canal. At present, Borrommathad O&M project has delivered water by default, with no water level regulation, to keep water level in the canal

below the FTO inlet level in order to allow some water flow to the tail portion of the canal. The disadvantage of this approach is that every farmer has to pump water from the canal into their FTO. Since farmers have to pay the pumping costs themselves, the irrigation water is used more efficiently and more water flows to the tail portion of the canal. Under these circumstances, farmers will not be confident on the irrigation project water delivery. The cooperation from farmers and PIM will not be realised. The water use conflict and vandalism can happen easily. Therefore the irrigation system capability of the old projects needs to be evaluated in order to develop the improvement plan which can provide the better service to users. The appropriate type of water control structures and the conjunctive uses should be considered carefully.

3. Insufficient budget for O&M. The budget for operation, maintenance and management of irrigation project are allocated from the government budget which are limited. This creates the impact of deterioration of the water delivery system; the canal bank eroded, high sediment and weeds in the tail end of canal, the water control structures are not ready for use. The water delivering capacity of the canal is reducing which results in water shortage and other problems as mentioned in the previous section. Therefore it is necessary to choose the control structures that are simple in operation and require low O&M costs.

4. The water delivery and distribution does not satisfy the farmers' water requirements. This is one of reason why the vandalism exists and reducing the delivering capacity of the canal system.

5. Direct outlets. Most of the pilot projects have the FTOs that take water directly from the main canal or simply called the direct outlet. The FTOs are operated by water user groups and many of them have no gates, FTO gates are lost or damaged. These direct outlets are the problem that complicates the canal operation and the water management. The project has difficulty to control the rotation water deliver schedule.

6. Lack of water measurement system. Most of the irrigation projects are lack of water measuring devices. Only staff gages are available for water level measurement at the head regulators of the main canals. The rating curve of the control structure is rarely calibrated. Besides the field staffs have no experiences in flow measurement. The project delivers water to each water master section, lateral and sub-lateral canals by experiences but no flow measurement. The high irrigation performance cannot be achieved without flow measurement. Therefore RID must have the strong policy on flow measurement.

7. The water control structure that is important but difficult to operate is the cross regulator or check structure. The common cross regulators are the gated type. The gated type cross regulator is more flexible in water control but it is more difficult to operate in unsteady flow conditions. The water level upstream of the cross regulator fluctuate due to the perturbation from the adjustment of upstream cross regulators and offtakes and other factors. However, at present, the fluctuation of water level in the canal does not receive much attention due to the following reasons (1) no water measurement (2) the farmers on the downstream portion of the canal have experienced the unreliable water deliver and distribution. Thus the fluctuation of water level within 0.3-0.6 m. of the target water level is quite common. If the water level in the canal is too low to enter the FTO by gravity, farmers will pump water into their fields with their expenses which is not the objective of a gravity system. Water users will lose confidence on water deliver and distribution if the water level is fluctuates a lot. It can result in water use conflict among the head-end and tain-end users. Therefore the appropriate type of cross regulators should be selected carefully in order to improve the reliability in water delivery. Mixed regulators which are simple

for operation, reliable for water level control and rather flexible should be used. At present, there are mixed regulators in some irrigation projects such as Phetchaburi O&M project and the O&M projects in Greater Mae Klong irrigation project but most of them are operated in orifice flow or undershot mode. The side weir is used as the safety feature or the spillways to protect the canal from overtopping. It is therefore necessary for RID design office to revise the design concept on the cross regulators.

8. Lack of regulating reservoir. All irrigation projects in Thailand do not have the regulating reservoir to absorb the perturbation or to re-regulate the water excess or shortage. One of the common problems in most of the irrigation projects is the inability to deliver water to the tail end of the canal. Some irrigation projects such as Phetchaburi O&M project have tried to develop on-line storage in order to store the excess water by improving the borrow pit along some part of LMC. However there is no mechanism for regulating the flow of water between the borrow pit and the LMC. The regulating reservoir is a new concept in Thailand. Theoretically the regulating reservoir is useful for water management but the cost of investment and the availability of land for construction of regulating reservoir can be the major problems for application of the regulating reservoir in Thailand. However, the feasibility of the regulating reservoir should be studied if it can be used to improve the performance of canal operation.

From the 8 problems of irrigation delivery system mentioned above, the design concept should be changed to the more operation oriented design such that the performance of the water delivery service is improved and the RID vision is achieved. The new design concept for irrigation system modernization can be summarized below.

1. The water balance of irrigation system should be re-analyzed in order to define the potential command area according to the water availability. All water resources including surface water, groundwater and the reused water must be considered in the analysis. Besides the potential irrigation efficiency improvement, development of the new water resources and water transfer from the nearby basin must be taken into consideration. Projects where the average water requirements exceed availability may not be sustainable and water use conflict may arise easily.

2. MASSCOTE approach should be used to define the management units. Each management unit must be homogeneous and independent from each others. This management unit is important for identifying the suitable location of the water control and measurement structures which are convenient for operation and management. The factors influencing water management include cropping pattern, soil texture and fertility, water availability and etc. must be considered in order to identify the homogeneous management unit.

3. Downstream control which has the advantage of being able to quickly response to any change in demand should be adopted as a new option for irrigation project modernization. Upstream control which is the common practice in Thailand requires the complex preparation of a demand schedule taking into consideration a number of estimated hydraulic and agro-meteorological factors.

4. Flow measuring devices such as a broad crested weir or flow measuring flume must be provided on the downstream of the offtake structures and the staff gages must be installed at all the water control structures. Besides the volumetric water measuring devices should be tested in the irrigation project adopting service agreement.

5. The telemetering devices for remote monitoring or SCADA for remote monitoring and control should be installed at the head regulators, main regulators and offtakes, particularly at the intersection of O&M projects in very long canal.

6. The water surface profile should be analyzed in order to located the proper location of the cross regulators.

7. Select low sensitivity structures that are flexible enough to respond to variable water requirements of farmers such as the mixed regulators. The mixed regulators can be designed to operate in overflow mode during the normal period to reduce the manpower requirements and operation cost.

8. Design the water delivery system such that water can be controlled more effectively. Some types of FTO such as baffled or modular distributors can be set up to the inflow limit and can be controlled on and off effectively. That can limit the water supplied to the amount allocated to particular FTOs. No direct outlets are provided on the main canals. The pipe irrigation system has more advantages in controlling water delivery and distribution.

9. The feasibility study should be conducted in order to compare the advantages and disadvantages of the existing irrigation management system (area based division) and the new approach (canal based division or canal hierarchy). In the existing irrigation management system, the project is divided into different water master sections, each water master section is independent from each others. The conflict between the upstream and downstream water master section on the same canal is always occurred. The new approach is to divide the management by canals. One section manages main canals, the others manage lateral canal and sub-lateral canals. Under the new approach, the water delivery service performance on each level of the canals can be measured easier.

10. The feasibility study of the regulating reservoirs should be conducted in term of the location, size and economic return of the investment.

11. The technical manual should be provided in order to give the important data and information for O&M staff to use in operation and management of the irrigation project. The important technical data are listed in Table 6.3.

12. Conduct the feasibility study for modernization of the old irrigation system so that it can deliver water for dry season effectively. Some old irrigation system was designed for supplementary irrigation.

Table 6.3 The Required Technical Data for Operation and Management

A. The required technical data of the reservoir.
(1) Area – Capacity Curve (2) Detail specifications of dam and appurtenant structures (3) Detail of tail drain (4) Discharge capacity and rating curve of spillways, emergency spillways and river outlet (5) Detail specifications of control room equipments and manual (6) Estimated sedimentation rate of the reservoir (7) Life span of the reservoir (8) Investment cost and estimated O&M costs (9) Rule Curve of reservoir
B. The required technical data of the canal system
(1) Manning's n (2) Longitudinal slope and side slope of canal (3) List of the canal structures with the following details: type of structures, location, discharge coefficient (c) and peak discharge capacity (4) Formula for calculating discharge through the control structures or rating curve (5) Command area of each canal (6) Full Supply Level of each canal (7) Procedure and step for gate adjustment

7. GUIDELINES FOR WATER MANAGEMENT

7.1 Introduction

Water management is the process for providing the inputs for irrigation including water, man and irrigation system in order to deliver an appropriate amount of water to users and to drain the excess water from the cultivation land before it has negative impact to crop yield. The word “water” implies all water which the irrigation project can be utilize including (1) water from the reservoir or water which can be diverted or pumped to the command area of the project (2) groundwater and (3) reused water. The word “man” implies the project staffs, water user groups and farmers. The word “irrigation system” implies canal or pipe system, water control structures in main irrigation system, on farm irrigation system and drainage system which are the basic infrastructures for water management. The water management consists of the following processes (1) planning the operation (2) implementation of the plan and (3) monitoring and evaluation which is important processes to ensure that the water management success and achieving the objectives or the service agreement.

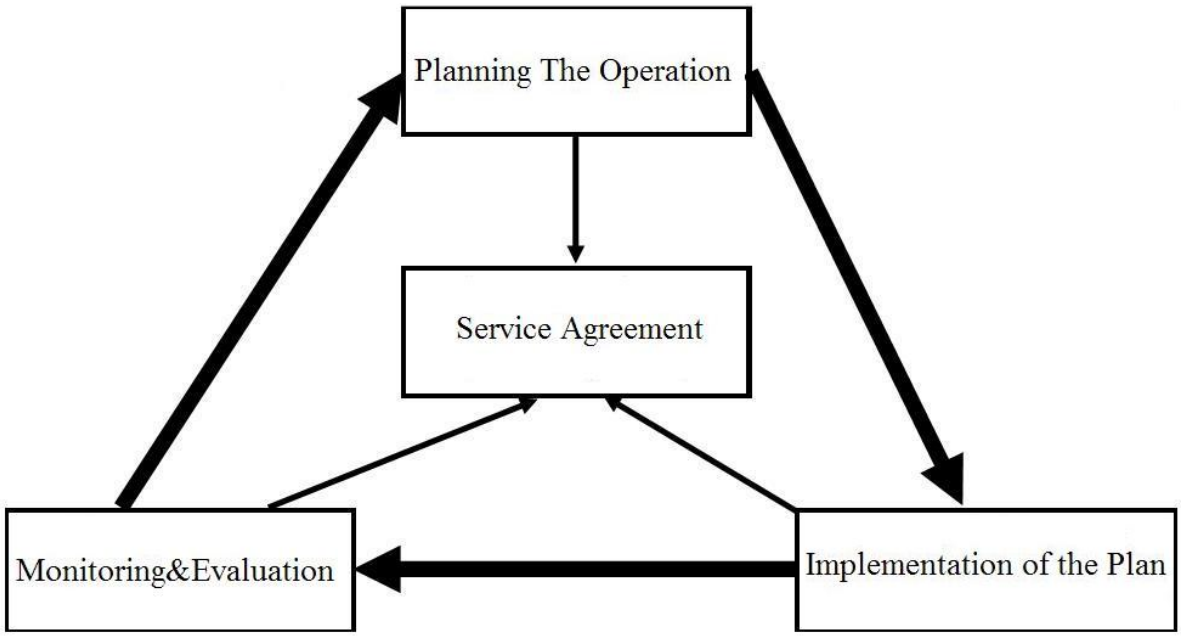


Figure 7.1 Water Management Process

7.2 The Existing Practices in Water Management

At present, the water management approach can be divided into 3 levels including; (1) river basin level, (2) project level and (3) on farm irrigation system level.

Thailand has divided into 25 main river basins as shown in Figure 7.2. Some river basins are independent such as Phetchaburi river basin but some others are interconnected river basin such as Ping, Wung, Yom, Nan and Chao Phraya river basins. RID is the main agency in water resources management of the country until 1989, the Office of National Water Resources Committees (ONWRC) was established under the Prime Minister Office. The ONWRC was later transformed to Department of Water Resources (DWR) under the Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE) in 2002. The new water resources regulation was revised in July 2007 as published in the Government Gazette No. 124, special

section no.84. This new regulation expresses the integrity and integration of water resources management on both at the river basin and the country levels by allowing public participation. By this new regulation, the national water resources committee (NWRC) was established. The member of NWRC consists of the Prime Minister or the Deputy Prime Minister as the chairman, Ministers of the Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE) as the first vice chairman, Minister of Ministry of Agriculture and Agricultural Cooperatives (MOAC) as the second vice chairman, Minister of Ministry of Science and Technology (MOSAT) as the third vice-chairman, the under-secretaries of the related ministries including MONRE, MOAC, MOSAT, Transportation, Energy, Interior, Industry, Director of Budget Bureau, Secertary General of NESDB, Director Generals of RID, DWR, DGR(Department of Groundwater Resources), and the national water resources experts. The Director General of the Department of Water Resources is the secretary of NWRC. The NWRC has the authority to (1) provide the proposal and recommendations to the cabinet related to the policy and plan, law and regulation and the budget framework for water resources management (2) coordinate with government sectors, TAO and other committees related to the environmental management and disaster prevention involving with water resources management (3) monitor and support the operation of the river basin committees, government sectors, TAOs and private sectors on the water issues (4) set the priority for water resources allocation according to the demand for domestic, industrial, agriculture, environment, navigation, hydropower and others (5) provide the direction for monitoring and evaluation of the water resources management authority transfer to TAOs (6) establish the river basin committee (RBC).

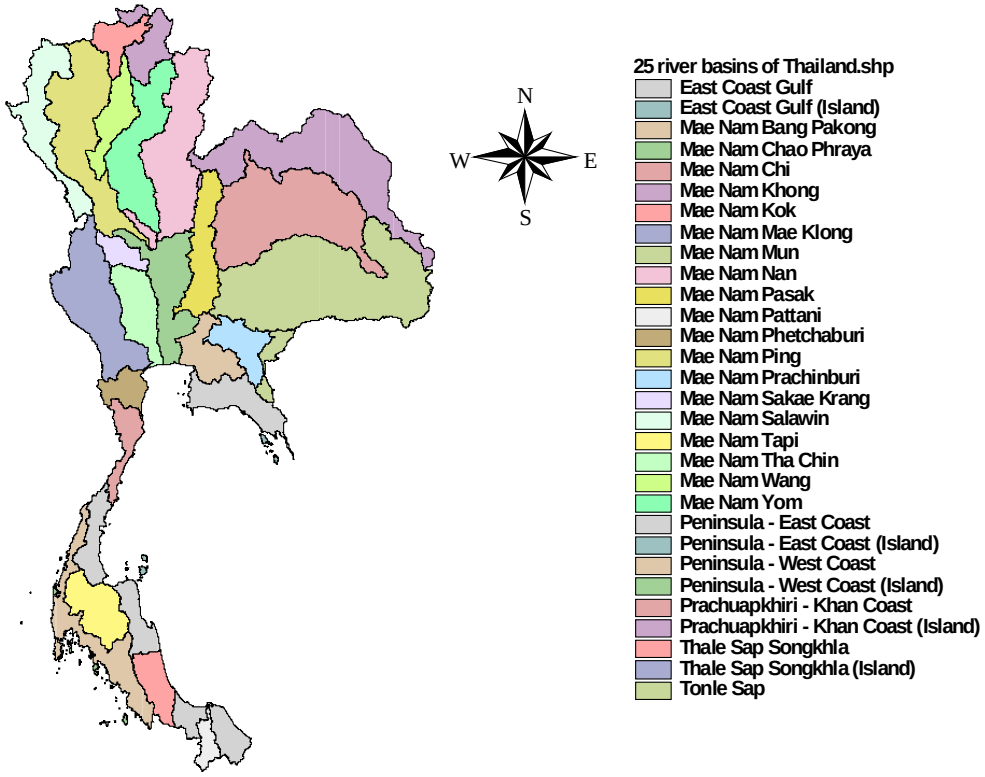


Figure 7.2 The 25 River Basins of Thailand

7.2.1 River Basin Water Management Practices

Water management at river basin level has focused on the integrated approach. There are several agencies working on water management from policy issues to implementation such as the river basin committee and the operating agencies including RID, DWR, TAO and other agencies such as Water Quality Management Bureau, Pollution Control Department of MONRE, which is responsible for establishing policy, developing strategic plans and water standards as well as monitoring water quality of the Kingdom's water resources.. The water resources are used for several purposes including domestic water supply, agriculture, industrial, tourism, environment preservation, hydro-electric power and flood control. The water use in domestic supply, agriculture and industry creates waste water which is finally drained to natural water courses. The waste water will create impact on water quality in the river, high groundwater table and salinity problems which will be lower the productivity of the agricultural lands. Therefore it is necessary to use the integrated water resources management approach in order to allocate water to each user equitably and uses water more efficiently. The increasing water requirements due to the expansion of the urban and agricultural area, the water balance study at the river basin level, the potential of water resources development need to be analyzed in order to provide the important data and information for water allocation and management in such a way that the equity, efficiency and sustainability. At present, the river basin committee was established in order to define the policy and control measures for water management in Thailand. The river basin committees were elected from different sectors including the government sector, TAO, the representatives from farmer groups, industrial, tourism and etc.

7.2.2 Irrigation Project Water Management Practices

There are various types of irrigation project in Thailand such as the project with reservoir and the project without reservoir. Phetchaburi, Huai Sam Pad, Huai Fi and Nam Puey and Tab Salao projects are the reservoir type irrigation projects. Borrommathad O&M project is another type of irrigation project, the project without reservoir. Both types of irrigation projects have the similar function, the main purpose is to water delivery for agricultural uses, the other purposes are to deliver water for domestics water supply, flood control and the environmental conservation.

In wet season, all of the irrigation projects deliver water to supplement rainfall. Normally the project will give freedom to farmers to grow any crops they want. No cropping pattern neither the crop types nor cultivation area, is imposed during the wet season. In dry season, the water resources are limited such as Borrommathad, Phetchaburi and Huai Mong irrigation projects. The dry season cultivation area should be limited due to the limited water availability or the project should promote non-paddy cultivation. However some projects in the Northeastern part of Thailand has not faced the water shortage problems such as Huai Sam Pad irrigation project due to the main 2 factors (1) Northeast farmers prefers cultivating vegetable and upland crops about 2-3 rai per household. The Northeast farmers have the tradition to cultivate paddy in wet season only. In dry season, most of the farmers prefer working in town due to the risk for agricultural cultivation and the return from agricultural is lower than labor salary.

In Thailand, the water management at the project level can be divided into the types (1) the water management of the large scale O&M project and (2) water management of the

provincial irrigation project. These 2 types of irrigation projects have different water management approach.

(1) Water Management for Large Scale O&M project

A large scale O&M project is the irrigation project with the command area of many hundred thousand rai such as Phetchaburi and Borrommathad O&M projects. At present, Thailand has 84 large scale O&M projects with the total command area of 17 million rai. The large scale O&M project has specific command area and. The project area is divided into different water master sections. Each water master section is divided into many zones. The organization structure of the O&M project is shown in Figure 7.3.

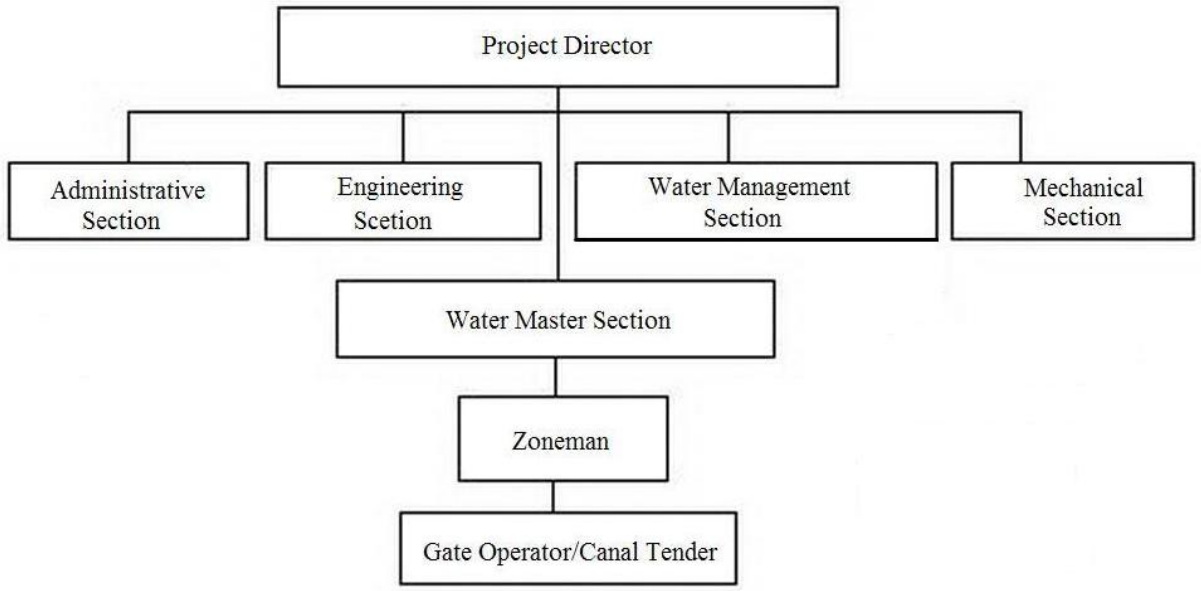


Figure 7.3 The Organization Structure of O&M Projects.

The director of O&M project is primary responsible for defining the policy, guidelines for implementation, assigning and controlling the works of the 5 sections. Briefly each section has a specific task as follow.

The engineering section is responsible for planning and control of the budget for maintenance and improvement of the irrigation system.

The water management section is responsible for water allocation, development of the water delivery schedule for each water master section, data collection, controlling the maintenance and improvement activities and working with the water master section in order to establish and strengthen the water user groups.

The water master section is responsible for water delivery service and maintenance of the irrigation system within the command area. The command area of water master can the whole command area of one lateral canal or some part of the large size lateral canal or the total command area of many small lateral canals. Each water master section has the command area of many thousand rai but on the average 50,000 rai. Zonemen are the field operators who help the water master in the O&M works within the zone command area. Gate operators are zoneman assistant on the operation works and the canal tenders are zoneman assistant for maintenance. Zonemen, gate operators and canal tenders are the field operators who work closely with the water user groups. In the past, RID has established various types of water user organization such as WUG at farm ditch level, the WUGs at ditch can be combined to be

the water user association or water user cooperatives. However most of the water user groups that have been established are not active in water management. Therefore during the last 10 years, RID has changed its strategy on water user organization development. RID now is focusing on establishment of the strong basic WUGs at ditch level. The O&M projects have to strengthen the capacity of these basic water user groups before they are combined to be the integrated WUGs or IWUGs. At present some O&M projects have started to form integrated WUGs, such as Phetchaburi O&M project. Now Phetchaburi O&M project has established 27 integrated WUGs. Each IWUG has the service area of 10,000-20,000 rai.

There are two very large irrigation systems in Thailand namely Greater Chao Phraya and Greater Mae Klong irrigation systems. These irrigation system have are very large size canals that can deliver irrigation water to many large scale O&M projects such as Chainat-Pasak canal in Greater Chao Phraya that supplies irrigation water to Manorom, Chongkhe, Kokkrateim and Ruengrang O&M projects or 2L canal in Greater Mae Klong that supplies irrigation water to Phanom Tuan, Song Phi Nong and Bang Lane O&M projects. Since these type of canasl are involved with more than one O&M projects and it takes many days for water to travel from the canal head regulator to the tail end. The water management division of RID regional office is responsible for control of water delivery to these type canals. There is often the case that inequity distribution exists among the upstream and downstream O&M projects particularly in dry season in Chao Phraya where water is limited. Therefore an effective monitoring and control is needed for these very large size canals. The telemetering or SCADA system should be used in these type of canal to ensure proper control of water delivery to each O&M projects.

(2) Water Management for Provincial Irrigation Project.

The water management outside of the command area of the large scale O&M project is under responsibility of the provincial irrigation project. There are 75 provincial irrigation projects throughout the country. The provincial irrigation project is responsible for operation, maintenance and management of the medium, small scale projects and other area in the province having water problems. Although most of the small scale irrigation projects have been transferred to TAO, irrigation projects initiated by the King and the small irrigation projects established for (border) security purposes are under RID management. The organization structure of the provincial irrigation project is similar to that of the O&M project as mentioned in the previous section. Due to the fact that the total command areas of medium and small scale irrigation projects in the province are small compared to the command areas of large scale O&M project, the number of field operators such as zonemen and gate operators are limited. Besides medium and small scale irrigation projects are located in different areas which make it more difficult to manage. With very limited field operation staffs, the provincial irrigation projects are more difficult to managem, particularly when the WUGs and IWUGs are weak. Some provincial irrigation project such as Phayao irrigation project employs the ICO (Irrigation Community Organizer) to help on data collection and work with water user groups. The ICO is helpful for the provincial irrigation project to work with the water user groups. However some other provincial projects do not have the ICO due to the policy of the RID and the regional office.

Besides the provincial irrigation projects that are responsible for management and solving water related problems in the provincial area, the provincial water resources unit (previously provincial DWR), Ministry of Natural Resources and Environment, also has a role and responsibility for defining policy to solve water problems. The role and responsibility

of provincial RID and provincial water resources unit on water management have to be defined in order to reduce the redundancy and increase cooperation between the 2 agencies in the future.

7.2.3 On Farm Water Management Practices

On farm water management implies the water management in farm ditch command area receiving water from one FTO. The command area of one farm ditch is called “tertiary unit or chak”. One tertiary unit can have the area around 300 rai which consists of 10-30 farmers organized to be the basic WUG. WUG is responsible for operation and maintenance of the farm ditch system. WUG will work very closely with zonemen and gate operators in order to provide the data on crop cultivation schedule and water requirements to zonemen and to get to know the water delivery schedule for their FTO and lastly to help distribute water to members. The WUGs on both O&M project and provincial irrigation projects are not strong enough on water management activities. Most of the WUGs are not understand their roles and responsibility on water management. The most important is they are lack of incentive to work with the project. Thus RID has to formulate the practical strategy for strengthening the basic WUGs and IWUGs.

PIM manual was developed by Water Use Promotion work group of the Office of Hydrology and Water Management in 2005. In this manual, 14 steps for participatory O&M are proposed as follows: (1) the project staff defined the initial target irrigation area (2) WUGs specify a crop cultivation plan (3) the project staff develops an O&M plan to meet farmers’ requirements (4) WUG committees meeting is held in order to make decision on the O&M agreement (5) informing the WUG members about the O&M agreement (6) farmers do farm ditches maintenance (7) the project staffs and WUGs works together to control water delivery schedule (8) the project staffs visit WUGs during the season in order to give some advice for improving the capability of WUGs (9) the project staffs measure the amount of water deliver to the fields (10) WUGs report the actual cultivation area (11) the project staffs conduct field survey of crop yield and farmers’ satisfaction (12) the project staffs keep record and analyze the PIM performance (13) the committee appraises the WUGs performance (14) the project and the RID regional office report the O&M result to RID. Although RID has the policy that every irrigation project has to adopt this PIM manual, the success is still limited. In 2008, RID decided to allocate 1 million THB per irrigation project to promote PIM approach.

7.2.4 Structure of RID Related to Present Water Management Practices

As mentioned before, the water management practices can be divided into 3 levels including river basin level, project level and on farm level. Besides the O&M project and the provincial irrigation project , there are several offices responsible for water management including the RID Regional Offices, Office of Hydrology and Water Management, the Chief Engineer and Professional Experts on water management. The RID Regional Offices are responsible for administration and control of the O&M projects and the provincial irrigation projects. At present, there are 17 RID Regional Offices for administration and control of all irrigation projects throughout the country. The Office of Hydrology and Water Management is responsible for giving advice to irrigation projects and the regional offices and for monitoring and evaluation of irrigation performance. The structure of RID was given in detail in section 2.3. The present role and responsibility in water management of each unit is given in Table 7.1.

Table 7.1 The Operation, Maintenance and Management Structure of RID

	MOM	
Level	**Responsible Units**	**Present Role**
RID	Formulation of the vision-strategy-policy-goal, budget and manpower allocation, controlling, monitoring and evaluation and responsible for the overall performance	
	Chief Engineer on Water Management	Chief technical advisory team for MOM
	Deputy DG (4 regions)	Defining policy and goal, budget and manpower allocation, monitoring and evaluation and responsible for the performance of MOM of the area.
	Assistant DG (2 for each region)	Technical advisor for each regions
	Professional irrigation engineering experts (7 experts on water management)	Technical advisor for a specific water management issues.
	Office of Hydrology and Water Management	Providing the technical support to all the RID Regional Offices and Projects.
	-Water management section	-Providing the technical support on water management for all RID regional offices. -Providing criteria and operation manual on water management including water allocation, planning and control of water delivery services, water measurement, monitoring and evaluation of irrigation performance. -Providing technical support, develop criteria and procedure for establishing and strengthening water user groups, participatory irrigation management (PIM)
	-Hydrology section	-Providing data and techniques for estimating the water availability, flood and drought forecasting and warning, reservoir rule curve development.
	-Improvement and maintenance section	-Providing the technical support for improvement and maintenance for RID regional offices. Develop criteria and manual for improvement and maintenance of irrigation system.
	-Water use section	-Providing technical advice on crop water requirements, land preparation water requirements, effective rainfall, seepage loss and water requirements for salinity control.

	MOM	
Level	**Responsible Units**	**Present Role**
	Office of Organization Development and Personnel Administration	Promotion of human resources development
	-Training section	Training on management, operation and maintenance
	Irrigation Management Institute (IDI)	Researching and providing technical support on management, operation and management
Regional Office	Water Management Division	Operation planning at regional level
	-Work plan and budgeting for water management section	Monitoring and controlling the budget expenses of projects and each branch of the regional office according to the allocated budget
	-Water management section	- Data collection, data base development, analysis and remedy water problems of the regional office - Cooperation with the office of Hydrology and Water Management and the irrigation projects to establish criteria and procedure for water allocation practices, water delivery scheduling and control for irrigation project, and reporting the project performance to RID - Management of the government land
	-Water use promotion section	-Establishing and promoting strong water user groups with project and Office of Hydrology -Collecting agricultural data -Providing mobile pump services for agriculture -Developing crop cultivation plan with water management branch, establish criteria and procedure for establishment of strong water user groups and reporting the performance
	-Improvement and maintenance section	- Collection and analysis of budget requirements for improvement and maintenance of irrigation system, setting priority of improvement plans before submission to the deputy DG for approval - Allocating budget for work plan on repair, maintenance, weed clearance, salt water

	MOM	
Level	**Responsible Units**	**Present Role**
		protection, sediment removal from reservoir and canals - Monitoring and evaluation of improvement plan, inspection of the canal and canal structures, development of improvement and maintenance plan for irrigation system
	-Road improvement and maintenance section	-Collecting and analysis of the budget requirements for improvement of the irrigation road, setting the priority for road improvement plan before submission to Deputy DG for approval - Allocating budget for repair and maintenance of irrigation road - Monitoring and evaluation of work plan
	-Planning and operation of important water problem section	Analysis and remedy the critical water issues of the regional office, its role is similar to the water management branch but focuses on critical issues of water
Project Level	Water management section	Field operation planning unit - Water allocation and water delivery scheduling - Data collection, analysis and remedy of water problems of the project - Establishing and promotion of strong water user groups by working with the water use promotion of the regional office according to the guidelines recommended by Office of Hydrology and Water Management -Collecting agricultural data and providing mobile pump service for agriculture - Monitoring, controlling and directing the operation work plan for improvement and maintenance of water master section - management of government lands
	Water master section	Field operation unit -Planning and controlling the water delivery -Water measurement and recording on daily basis -Collecting the crop cultivation area, yield and other agricultural data on weekly basis -Establishing and strengthening strong water user groups by working with water management section and water use promotion section)

	MOM	
Level	**Responsible Units**	**Present Role**
		-Collecting demand for mobile pumping service for agriculture -Implementing the work plan on improvement and maintenance

From the management structure of RID, it can be seen that there are people responsible for different components of water management at all levels, RID central, regional and project levels. However there are many problems on management, operation and maintenance as mentioned in sections 3.4 and 7.3 and the project water delivery service needs improvement as mentioned in section 3.3.2. Some water management strategy is needed which will be mentioned in section 7.4.

7.2.5 Process and Procedure for Existing Water Management Practices

At present, the water management practice in Thailand follows a top-down approach. Most of the irrigation projects allocate water according to the rule and criteria pre-established by the project as shown in Figure 7.4. The result is not responding enough to the water user needs. Irrigation performance is still low and the improvement is needed as mentioned in section 3.3 (Pilot Project Performance Assessment by RAP). The current procedure for water allocation consists of 5 steps as follows:

Step 1: The irrigation project determines the water availability and water requirements before the start of the irrigation season in order to develop the water allocation and delivery plans.

Step 2: Developing water allocation plan and water delivery scheduling. In general, the project establishes water allocation plan and water delivery scheduling according to the amount of water availability. The water requirements for domestic supply usually get highest priority. The water requirements for agriculture get lower priority. In wet season, farmers have freedom in cultivation. However in dry season, water is limited. The water will be allocated to users according to the amount of water availability. The target area for water delivery services are specified by project and inform the water user groups. This water allocation and delivery schedule is developed for internal use by the project operational staff.

Step 3: The water users and farmers are informed of the water allocation and delivery schedule in order to be prepared for the water delivery. Generally, only the target water delivery area and tentative period of water delivery is given to water users.

Step 4: Controlling and monitoring water delivery services as defined in step 2. Zonemen will adjust the regulators in order to deliver water to the target area. If there exists the water allocation problems, the project has to adjust the existing water delivery schedule to match the farmers' demand as much as possible.

Step 5: Reporting the water delivery performance at the end of the season. In general, the project will report the crop cultivation area, types of crop grown, the amount of water delivery and etc. Most of the irrigation projects lack a monitoring and evaluation system. Thus the actual performance of irrigation system is not known.

The top-down approach in water management has some disadvantages such as not paying much attention to the water users, a lack of service standards (the water users are usually do not know the amount of water delivery for them, only tentative period of water delivery is given), equity problems, unreliable control of the flow rate and duration of water delivery to water users, lack of monitoring and evaluation system. These disadvantages reduce the confidence of some water users on the water delivery services and they then do not want to participate in irrigation water management of the project, particularly the tail enders. RID has the policy to reform the irrigation management in order to increase the confidence of water users in water delivery services of irrigation projects and would like to participate in irrigation management. It is hopeful that it will have some impact on the crop yields and incomes of farmers. The key principle of irrigation reform is to change the irrigation management approach from top-down to the service oriented management concept which will be mentioned in the next section.

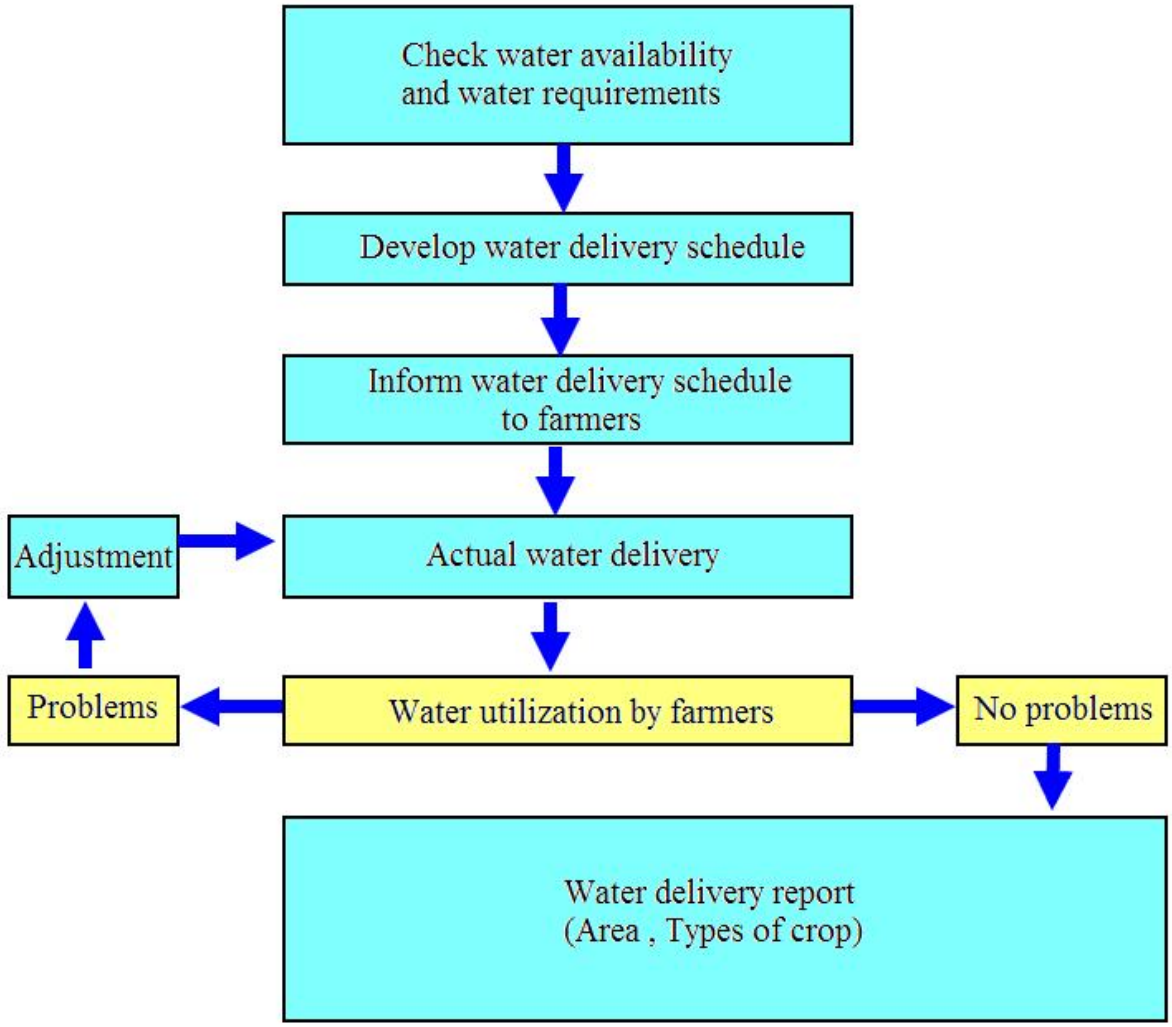


Figure 7.4 Process and Procedure for Existing Water Allocation Practices

7.2.6 Example of Solution Approach for Critical Water Problems in Dry Season

Borrommathad O&M project has serious water shortage in dry season. The project has delivered water to the canals by default, or all the cross regulator gates are open in full position. By this technique, the water level in the canals is maintained below the threshold level of the FTO. The water cannot flow into the FTO by gravity. Farmers have to pump water from the canals into their farm turnouts. Due to the pumping cost that the farmers have to pay, the water is used more efficiently. More water can flow to the tail portion of the canals. The tail end farmers are more satisfied with this practice because thy have more opportunity to access to water. However the pumping cost of farmers is the main dis-advantage of this technique.

Borrommathad O&M project has a total command area of 365,000 rai. The average crop cultivation area is 22 rai per househlod. The number of farmers are 15,000-20,000 households. If 10,000 farmers have to pump water at the cost of 1,000 baht per one farmer. It is estimated that the total pumping cost is 10 million baht per dry season. If all the irrigation projects use this technique for water delivery in dry season, the pumping cost can be very high.

7.3 Water Management Problems of the Pilot Projects

From the pilot project performance evaluation by RAP and the other investigation during 2006-2008, the water management problems of the 6 pilot projects and Tab Salao O&M project can be summarized as follow.

7.3.1 Water Mmanagement Problems of Phetchaburi O&M Project

(1) It is hard to control paddy cultivation area in dry season. This problem is affecting the water delivery and distribution to the tail portion of the canals, the flow rate and duration cannot be controlled as scheduled. This problem can be elaborated as: (a) unable to control the dry season paddy cultivation area in some area. (b) After some rainfall in dry season, the farmers who are not in the target service area for dry season will take risk to cultivate paddy by using the rain on their paddy fields. The unexpected increase paddy area will create water allocation and delivery to IWUGs and field operation staffs during the last period of dry season if no rainfall.
(2) In 1R-RMC1 which supplies water for both domestic use in Hua Hin area and agriculture. Since the water is supplied to Hua Hin on continuous basis, farmers always take water from the canals to cultivate paddy more than the target cultivation area. This effects the water supply to Hua Hin. The normal practice for this canal is to increase the supply to 1R-RMC1 in order to compensate the amount used in uncontrolled paddy area. However the Phetchaburi O&M project has plan to construct the pipe water supply for Hua Hin in order to avoid the water stealing problems.
(3) Lack of water measurement, no staff gages and gate positioning measuring devices during the first period of study. The staff gages were installed during the last few months of 2007-2008.
(4) Most of the FTO cannot be operated due to damaged or missing gates.

7.3.2 Water Management Problems of Borrommathad O&M Project

(1) Farmers cultivate paddy at will continuously all year round.
(2) No water measurement, no staff gages and water measuring devices.
(3) Most of the FTO are damaged and cannot control the flow.

7.3.3 Water Management Problems of Huai Fi Small Scale Irrigation Project

(1) During dry season (March-April), the inflow to the Huai Fi reservoir is reduced and increases the degree of water shortage. Huai Fi IWUG should establish the rule and rule enforcement system in order to control the water use effectively.
(2) Deforestation is one of the main problem of reducing inflow to Huai Fi, the IWUG, the village committee and other government agencies have proposed the project to construct 880 detention weirs on the upper watershed of Huai Fi in order to increase the inflow.

7.3.4 Water Management Problems of Nam Puey Small Scale Irrigation Project

(1) During dry season (March-April), the inflow to Nam Puey reservoir is low, water is not sufficient. Similarly to Huai Fi, the IWUG should establish the rule and rule

enforcement system by participatory approach in order to use water more efficient. The other alternative sources of water should be developed.

(2) There are high sediment load flows to the reservoir due to the steep topography. Soil conservation should be practiced in order to reduce the sediment load to the reservoir.

7.3.5 Water Management Problems of Huai Sam Pad Medium Scale Irrigation Project

(1) The WUGs are weak and are not confident on project water delivery and distribution. The actual crop cultivation area in dry season is always lower than the target area. Farmers do not want to do dry season crop cultivation due to 2 main problems: (a) Dry season crop cultivation is risky since water delivery is not reliable. (b) Farmers have other alternatives to earn money by working in non-agricultural sector.

(2) Huai Sam Pad project has broad crested weirs installed downstream of the main offtake structures. The staff gages are very old cannot be used to measure the water level. New staff gages and gate positioning devices are needed.

(3) The field operation staffs are lack of knowledge and skill for flow measurement. Training is needed.

(4) Canal and water control structures are damaged and the flow cannot be controlled as planed.

7.3.6 Water Management Problems of Huai Mong Pumping Project

(1) The crop cultivation area cannot be controlled. The actual area exceeds the target.

(2) The project does not have the field operators. The project tries to promote the water user groups to in charge of the water distribution in sub-pumping station area. The water user groups are not very well organized since most of the farmers do not volunteer to work. There is no incentive for participation. The actual water delivery usually does not follow the schedule. The water distribution problems exists.

(3) The canal capacity is decreased. Water cannot be delivered to the tail portion of the canals.

7.3.7 Water Management Problems of Tab Salao O&M Project

(1) Tab Salao O&M project has the design command area of 143,000 rai. and the extended service area of 200,000 rai, which has led to water shortages. The water allocation committee at province level was established to decide on water allocation according to the water request from the local representatives such as TAO chairman, sub-district officers, district officers and majors. In general, the water is allocated about 2 times a year at the amount of 20-30 mcm. The water is released from Tab Salao reservoir at the full rate of 30 cms for about 10 days in each allocation to ensure that water can reach Tab Salao diversion weir as fast as possible, within 2 days. The water distribution problem still exists in Tab Salao O&M project. The project and TAO has tried to developed more water resources in order to reduce the degree of the water shortage.

(2) The project cannot control the crop cultivation area and does not have the policy to control the crop cultivation area.

(3) The water delivery system needs improvement.
(4) Water user groups are not well organized. The project must have the better PIM strategy to strengthen the water user groups.

7.3.8 Summary of the Pilot Project Water Management Problems

(1) The crop cultivation area cannot be controlled. There is high demand for paddy cultivation in the most of the projects in the central plain.
(2) Lack of water measurement, staff gages and gate positioning devices.
(3) The field operation is lack of knowledge and skill on flow measurement.
(4) The water delivery and distribution is deteriorated. It cannot deliver water as design.
(5) Most of FTO gates are damaged or missing. The flow to farm ditches cannot be controlled.
(6) There is a problem of high sediment load to the reservoir, particularly small reservoir in Northern Thailand.
(7) There is lack of field operation staff. The water user groups are not well organized for water distribution. The water delivery performance is below the average.

7.4 Proposed Water Management Approach

As given in Chapter 5, the proposed water management strategy consists of the 4 strategies for river basin water management and 6 strategies for irrigation project water management as summarized below.

4 River Basin Water Management Strategies

Strategy 1: Establish river basin committee.
Strategy 2: Develop water resources database for each river basin.
Strategy 3: Establish water allocation system for different water use sectors based on the equity of distribution, the basic minimum water requirements and the quota system.
Strategy 4: Promote the public relation program in order to convince water users about the value and the hazard of water.

6 Project Water Management Strategies

Strategy 1: Define role and responsibility of each organization on the on farm irrigation system, main irrigation system at headwork, main canal and lateral canal levels.
Strategy 2: Service oriented management via service agreement
Strategy 3: Define the role and responsibility of provincial RID and DWR in water management and division of responsibility for maintenance, repair and improvement of small scale irrigation project between water user groups and provincial irrigation project.
Strategy 4: Develop monitoring and evaluation system
Strategy 5: Establish the pilot project for service agreement based water management
Strategy 6: Establish the irrigation fee for agricultural sector (future option)

The water management approach which will be mentioned in this section is proposed according to the recommended strategy 3 (river basin strategies) and the strategy 2 (project level strategies).

7.4.1 Guidelines for Water Allocation for Different Sectors in the Basin

The guidelines for water allocation at river basin levels for different water use sectors as mentioned in strategy 3 of section 5.3.1 is shown in Figure 7.5. The principle of water allocation is given below.

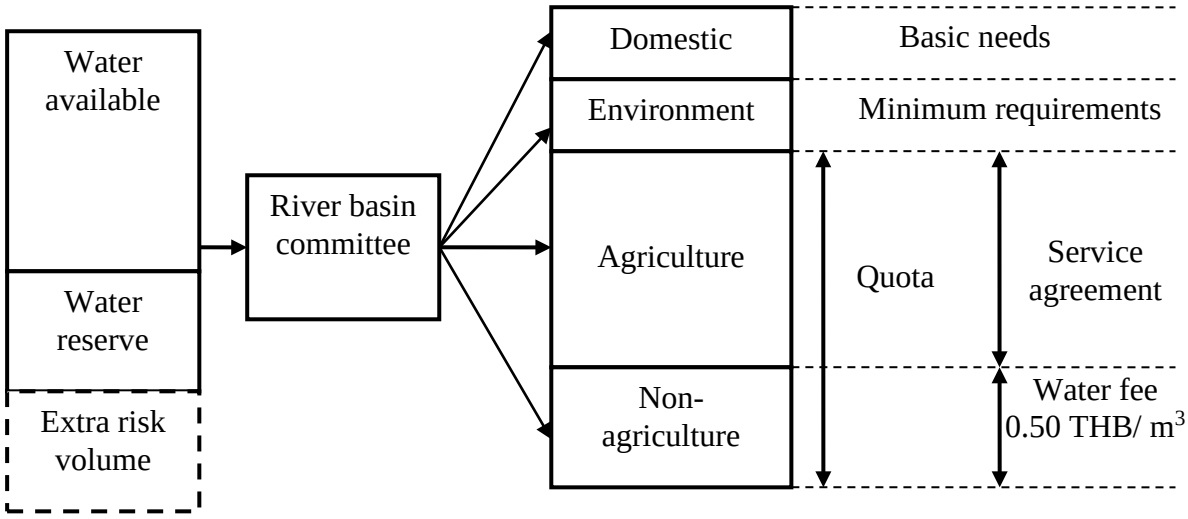


Figure 7.5 Principle of River Basin Water Allocation

(1) The water availability and water requirements are considered in water allocation. If the water is available, all the water use sectors will get the required amount. If water availability is less than the water requirements, the water use priority has to be established. Here is the normally acceptable water use priority.

Priority	Water use sectors
1	Domestic supply
2	Environment
3	Agricultural and non-agricultural sectors

(2) During critical period, the domestic use will get the highest priority in water allocation. The water authority has to allocate water to meet the basic need of the people in the river basin. The basic need for domestic water uses are varied according to the water shortage conditions as follow.

Domestic use for the city	150-200 liter/capita/day
Domestic use for limited water resources area	50-100 liter/capita/day

The basic needs can be changed according to the degree of water shortage in each river basin.

(3) After allocating water for domestic use, the remainder will be allocated to the second priority based on the minimum requirements of the environment and ecological system such as the minimum water requirements for salt water protection at the river mouth in dry season or the minimum water level in the natural rivers which will not have any impact on the ecology of the river. These minimum water requirements will be different from basin to the basin. The research needs to be conducted in order to define the minimum water requirements for the environmental protection.

(4) The remaining water will be allocated for agricultural and non-agricultural sector (industrial, tourism and etc.) by quota sharing system. The water quota is a new concept for Thailand. The equity is the basis for defining the quota for agricultural and non-agricultural sectors. Agricultural and non-agricultural sectors will have the equal important for dividing water quota.

For example

	units
Water requirements for agricultural sector	800
Water requirements for non-agricultural sector	200
Total water requirements	1,000
Water availability for agricultural and non-agricultural sectors	800
Quota for agricultural sector = 800*800/1000 =	640
Quota for non-agricultural sector = 200*800/1000 =	160
Total water allocated for agricultural and non-agricultural sectors = 640+160 =	800

It is noted that, at present, the irrigation project with a multipurpose reservoir gives the priority for water allocation to domestic, environment and industrial uses higher than agricultural uses.

(5) The river basin committee is the authority to define the basic water needs for domestic uses and the minimum water requirements for environmental protection and the quota for agricultural and non-agricultural sectors.

(6) RID by Regional offices or irrigation projects have the authority to control water uses according to the basic needs of the people or the minimum water requirements of the environment or the water quota of the agricultural and non-agricultural sectors

(7) The water allocation can be done from the total water available or some water needs to be reserved for future uses if there is high uncertainty of water availability or some risk may be allowed in water allocation if it is considered that the present benefit is high enough as mentioned in section 5.3.1. The safety factor or the allowable risk in water management is common practices in Thailand, The comprehensive study is needed.

7.4.2 Guidelines for Service Agreement Based Water Management

For the agricultural sector, the service agreement based water management should be used in order to manage the water allocated to the agricultural sector according to the quota system. As mentioned in the strategy 2 of the project water management in section 5.3.2. There are 2 levels of service agreements to be established as follow.

- Service agreement between the project and IWUGs
- Service agreement between IWUG and WUGs

The service agreement based water management has the following basic principles:

(1) The water user groups must be strong enough to integrated into the IWUGs at lateral canal level.
(2) The IWUGs are ready and willing to sign the service agreement with the irrigation project.
(3) The irrigation project is capable to allocate water to each IWUG in equitable manner.
(4) The irrigation project is capable to control the water delivery to IWUGs in accordance with the service agreement and the IWUGs is capable to distribute water to the members in equitable manner.
(5) There is a water measurement system that can monitor the amount of water delivered to IWUGs and WUGs.

7.4.2.1 Procedure and Steps for Service Agreement based Water Management

The important issue for service agreement based water management is to establish the service standard, service agreement and monitoring and evaluation of performance of irrigation service. The success of this new concept is depending on the following factors.

- Promotion of water user participation
- Service agreement arrangement and performance assessment
- Budget for implementation
- Law and regulation supports

The procedure for service agreement based water management can be divided into 7 steps as shown in Figure 7.6.

Step 1: Check water availability

Step 2: Held the meetings to identify the water requirements and settle the service agreement. The key issue on the service agreement in this step is the joint decision making between the project and IWUGs representatives in order to establish the water allocation criteria, role and responsibility of each party in operation, maintenance and monitoring of the water delivery

Step 3: The project develops water delivery schedule, IWUGs and WUGs develop water distribution schedule according to the service agreement.

Step 4: Inform members or water users about the water delivery and distribution schedule.

Step 5: The project controls the water delivery to IWUGs, IWUGs control the water distribution to WUGs and WUGs controls water distribution to farmers according to the schedule and service agreement.

Step 6: Monitor the actual water delivery and distribution and make any adjustment if necessary in order to control the water delivery and distribution to meet the service agreement. If the problem is critical, the meeting can be held in order to make appropriate decision.

Step 7: At the end of the season, the performance of water delivery service must be evaluated to determine whether the service agreement is achieved and corresponding to the defined service standard including the water user satisfaction, operational problems and crop yields.

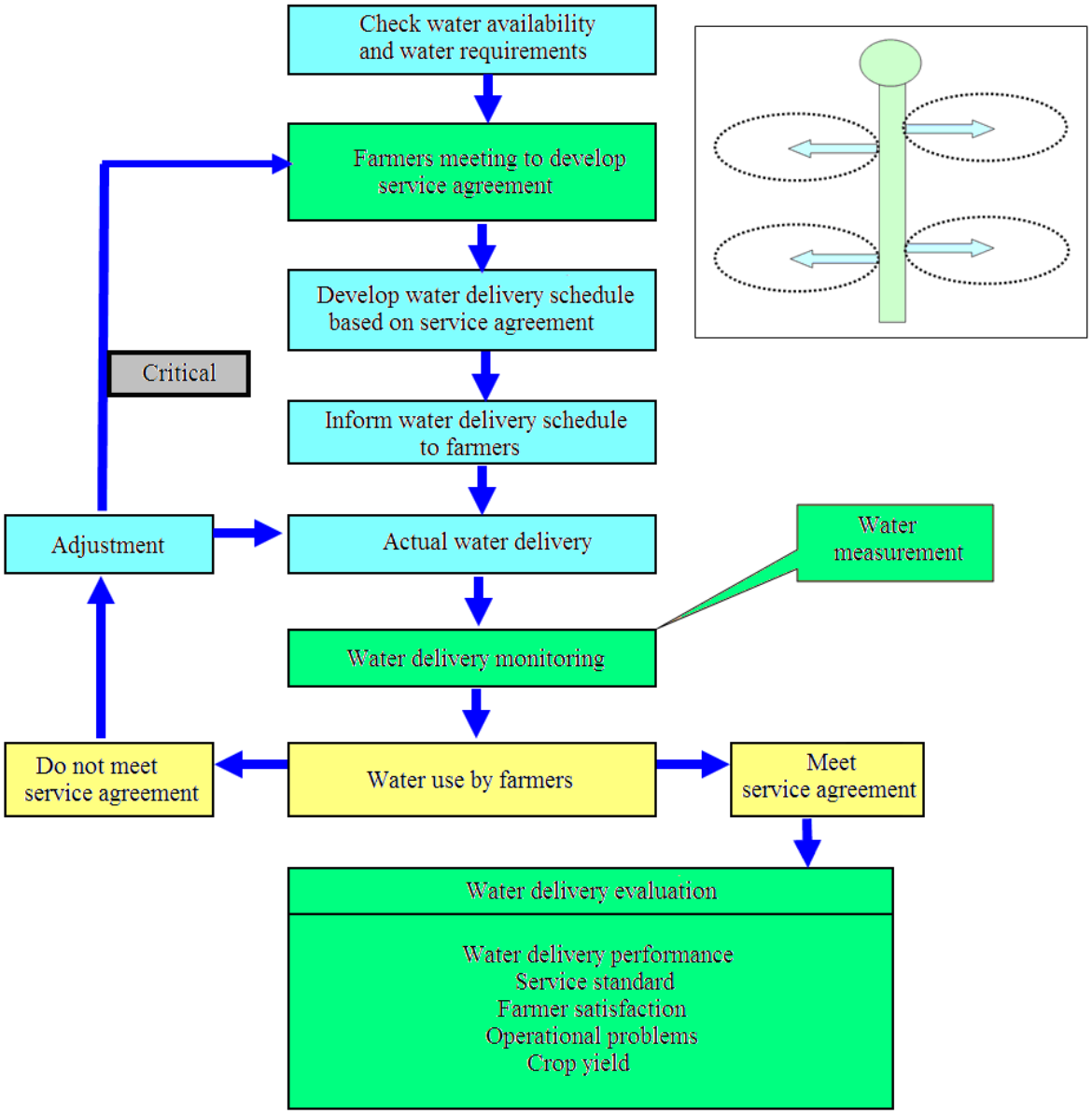


Figure 7.6 Procedure and steps for service agreement based water management

The success of service oriented management concept based on the service agreement depends on how much the involved people understand the basic concept of service oriented management and how serious the basic principle is followed.

7.4.2.2 Service Agreement Based Water Allocation Calculation

From the basic principle of service agreement based water allocation as mentioned in the previous section, the amount of water allocation is calculated based on the number of members and the conveyance loss such that each member can get equal net irrigation water delivery.

(1) Calculation of Water Allocation for IWUGs (Table 7.2)

Assuming that the total amount of water available for the project = A cubic meter.
the average net irrigation water that each member (IWUGs) will get = X cubic meter.

Table 7.2 Calculation of the net irrigation water requirements allocated to IWUGs

IWUG No.	Conveyance efficiency for project water delivery to IWUG (%)	No.of members (person)	Total water allocated to IWUG	Net water IWUG received
1	E_1	n_1	$100\ n_1X/\ E_1$	n_1X
2	E_2	n_2	$100\ n_2\ X/\ E_2$	n_2X
.	.	.	.	.
i	E_i	n_i	$100\ n_i\ X/\ E_i$	n_iX
.	.	.	.	.
N	E_N	n_N	$100\ n_N\ X/\ E_N$	n_NX
			$\sum_{i=1}^{N} 100 n_i x / E_i = A$	

By calculation of X from the equation $\sum_{i=1}^{N} 100 n_i x / E_i = A$, the amount of net irrigation water delivery to each IWUG can be calculated in Table 7.2.

(2) Calculation of Water Allocation for WUGs (Table 7.3)

Assuming that the total amount of water available for IWUGs = B cubic meter.
the average net irrigation water that each member (WUGs) will get = Y cubic meter.

Table 7.3 Calculation of net irrigation water requirements allocated to WUGs

WUG No.	Conveyance efficiency of IWUG water delivery to WUG(%)	No. of members (person)	Total water IWUG deliver to WUG	Net water WUG received
1	E_1	n_1	$100\ n_1Y/\ E_1$	n_1Y
2	E_2	n_2	$100\ n_2\ Y\ /\ E_2$	$n_2\ Y$
.	.	.	.	.
i	E_i	n_i	$100\ n_i\ Y\ /\ E_i$	$n_i\ Y$
.	.	.	.	.
N	E_N	n_N	$100\ n_N\ Y\ /\ E_N$	$n_N\ Y$
			$\sum_{i=1}^{N} 100 n_i Y / E_i = B$	

By calculation of Y from the equation $\sum_{i=1}^{N} 100 n_i Y / E_i = B$, the amount of net irrigation water delivery to each WUG can be calculated in Table 7.3.

(3) Calculation of Water Allocation for Farmers (Table 7.4)

Assuming that the total amount of water available for IWUGs = C cubic meter.
the average net irrigation water that each member (WUGs) will get = Z cubic meter

Table 7.4 Calculation of net irrigation water requirements for each farmer

Member No.	Conveyance efficiency of WUG water delivery to farmers. (%)	Total amount of water WUG deliver to farmers
1	E_1	100 Z/ E_1
2	E_2	100 Z/ E_2
.	.	.
I	E_i	100 Z/ E_i
.	.	.
N	E_N	100 Z/ E_N
		$\sum_{i=1}^{N} 100Z/E_i = C$

By calculation of Y from the equation $\sum_{i=1}^{N} 100Z/E_i = C$, the amount of net irrigation water delivery to each farmer can be calculated in Table 7.4.

In calculation of the net irrigation water delivery to IWUGs, WUGs and farmers, the important information is the conveyance efficiency from the point of delivery to the user points. At present, the conveyance efficiency has not been measured due to no water measurement. Normally the project assumes the project irrigation efficiency of 50 $\pm$10% for calculation. Therefore the actual conveyance efficiency has to be measured.

The calculation of the water allocation to IWUGs, WUGs and farmers can be used as the basis for settling the service agreement.

7.4.2.3 Guidelines for Implementation of Service Agreement Based Water Allocation

As mentioned in Strategy 5 of project water management in section 5.3.2, the service agreement based water management is the new concept for Thailand. It is therefore necessary to conduct the pilot project test. Four to five project pilots should be selected in order to test the suitability of the service agreement based water management approach in the actual practices. The pilot projects should be tested for 3 years under the strong support of RID.

8. MONITORING AND EVALUATION SYSTEM

8.1 Introduction

Monitoring and evaluation (M&E) is an essential part of the irrigation water management cycle, namely planning-implementation-monitoring and evaluation, to ensure good operation performance. The project director and his staff have to start with planning the operation which relates to the issues of water allocation and scheduling of water delivery to different levels of irrigation system. The plan then has to be implemented by first organizing the field staff in order to control the regulators and offtakes along the canal to make sure that the water delivery scheduling is achieved. Monitoring and evaluation is a routine checking in the day-to-day operation in order to identify the problems in actual operation and the correction measures if there is anything go wrong or deviating from the plan and periodically evaluate service to users.

8.2 Objective of M&E system for irrigation projects

This M&E system is designed to be a tool for improving operation performance of an irrigation project. With this M&E system, the project director and his operational staffs have to measure water levels and flow rate in the canal system from water sources or diversion point to the irrigated field and collect other relevant data and information necessarily for making decision on both day-to-day operation and longer term planning. The M&E is usually meant to provide information on two important flows – water and money – and to evaluate the current level of performance of water delivery service and the cost-effectiveness. A good M&E system should be able to provide the managers with information on the available resources (water and money), output produced (water delivery service), performance achieved including efficiency, reliability (adequacy and timeliness), equity, flexibility, etc., and the impact of water delivery and management in order to determine the corrective action that should be taken.

The main objectives of M&E are:

(1) To ensure performance achievements.
(2) To take correct action.
(3) To gain knowledge for future planning & improvement investment.
(4) To compare conditions with other projects or before and after improvement (benchmarking).

8.3 Key questions on M&E

In order to make sure that the output of irrigation water delivery is achieved and can create in a good impact to the irrigated agricultural system, it is required that the input to irrigation system including water, money and information must be available as expected. The water delivery process must be able to perform according to the acceptable standard. The irrigation system must be analyzed in the scope of input-process-output-impact as shown in Figure 8.1.

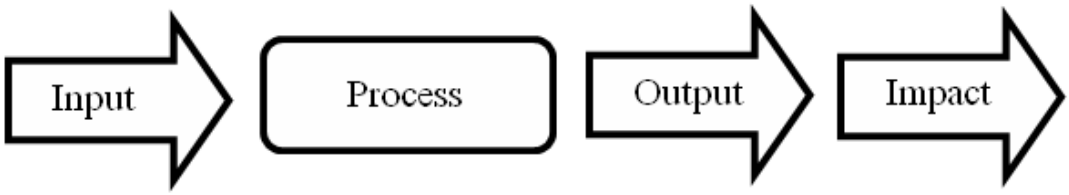


Figure 8.1 Input-process-output and impact of an irrigation system

In view of the irrigation system as mentioned in the above paragraph, there are key questions regarding to the design of M&E system for irrigation project including:

(1) Is the input available as expected?
(2) Is the water delivery process going according to the defined standard?
If not, why not? How should we change it?
(3) Is the output produced as planned?
(4) Are there any impacts (positive/negative)?

The evaluation of water delivery service is done in order to assess objectively and systematically the realization of targets and objectives. It is a task that should be undertaken periodically. Seasonal (crop seasons, rainy and dry) or yearly evaluations of water delivery service are common. They provide a basis for discussion among the managers and water users and their representatives on any changes in operation, infrastructure and targets for water delivery.

Monitoring refers to the systematic collection of information and its use to help managers make decisions regarding: (i) day-to-day operation and management; (ii) asset management; and (iii) medium-term to long-term planning for improvements.

It is a task of operation that, where done properly, can make a difference between good and poor performance, particularly in systems subject to variable inflows and perturbations. For example, without monitoring, it is almost impossible to detect any unscheduled perturbation and related action. A “smart” information system is a must for effective operation.

Canal operation has its own, very specific, information requirements (collection, transmission and processing) and, thus, operational plans have to include specific information management systems.

The main elements of monitoring for operation include:

- water levels at cross-regulators;
- discharges at the start of management units and offtakes;
- the condition of the canal sections and hardware – specifically, at the vulnerable points.
- the monitoring of every structure and canal section is expensive and not necessary.

Therefore, it is important to identify key monitoring points within the system based on the following criteria:

- sensitivity of the structure
- vulnerable points within the system
- service definition and criteria

Sensitive cross-regulators and offtakes require frequent monitoring compared with structures that are not sensitive to changes in water level and/or discharge. Sensitive cross-regulators are good points at which to detect perturbations, and sensitive offtakes may create a perturbation downstream. The monitoring of sensitive structures is necessary for enabling proper action to be taken and operational targets to be achieved.

Vulnerable or weak sections or reaches of the canal network need to be monitored frequently in order to ensure the safety of the infrastructure in the event of a sudden increase in discharge as a result of inflow or rainfall that may result in some damage, e.g. eroding the banks or causing a breach in the canal.

Service definitions and service agreements also define what should be monitored. For example, if the service agreement requires delivery of a certain discharge at certain delivery points, then the discharge at these delivery points should also be monitored. Operations plans should include regular monitoring priorities, procedures and frequencies. The frequency of monitoring depends on various elements, including:

- changes in scheduled operation;
- variations in inflow – perturbations;
- changes in the gate setting of the key control structures;
- special cases (heavy rainfall, floods, etc.).

Conventionally, monitoring is done manually (gate operators and other field staff). However, with improvements in technology, it is now possible to have remote monitoring systems at increasingly reasonable cost, e.g. an electronic sensor that sends information to the operator based on real-time conditions. These technologies are particularly useful in facilitating operations where operators are not based along the canals and where flow deliveries to the farmers are more demand oriented. However, some technologies are expensive and have very specific requirements (physical infrastructure, staff capacity and level of water delivery service) for installation and operation.

There is no point in monitoring and collecting information if it is not analyzed and used for making effective water management decisions. The information gathered through M&E is also used to determine the water balances (a must for good water management) and to assess achieved water delivery performance.

8.4 Design Concept of M&E system

In general the irrigation water delivery system can be divided into 4 levels including main canal, secondary level, third level and farm distribution system levels. The water output of one canal level becomes the input to the next lower level as shown in Figure 8.2. For example, the outflow from the main canal via the offtake is the inflow to the second level canal. The water output from the irrigation water delivery and distribution system is the water input to farmer for crop production. A good process of canal operation and management will be result in the reliable and flexible water delivery to farmers and will have some positive impact on the crop yield and income of farmers.

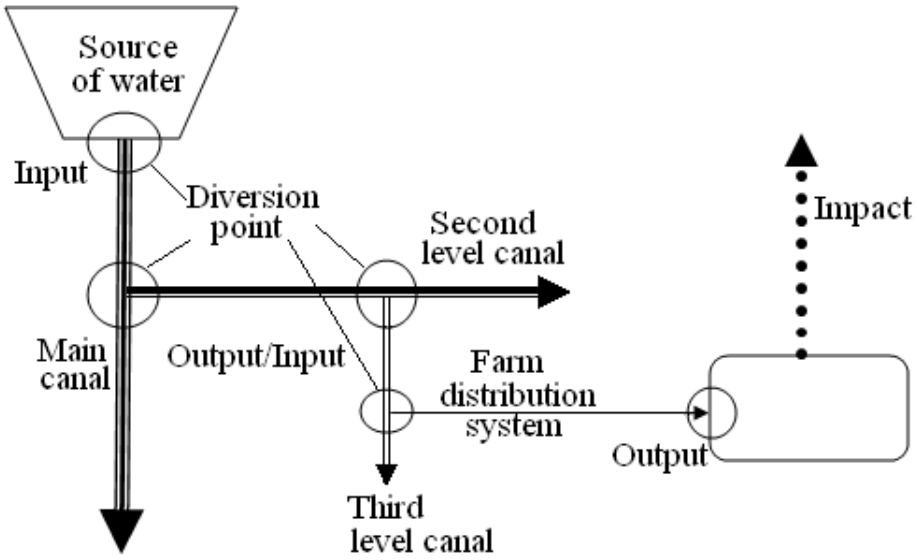


Figure 8.2 Input-Output on different levels of irrigation system

8.5 Parameters of the M&E System

From the M&E concept as mentioned previously, the M&E system must be able to monitor and evaluate the water management system at all levels including input, process, output and impact as shown in Figure 8.1. The parameters for monitoring and evaluation can be divided into 5 groups as follow:

(1) Input paramters
- Water
- Money
- Labor
- Information

(2) Water management processes
- Service Agreement
- Water Measurement
- Gate Adjustment
- Communication
- Maintenance Activities
- Farmer organizations / WUGs / IWUGs

(3) Water delivery metrics
- Volume
- Flow Rate
- Duration
- Frequency
- Reliability, delays,
- Fluctuations and other criteria as per tolerances specified in the service agreement

(4) Outputs from water use
- Crop Yield
- Satisfaction
- Irrigated area

(5) Negative impacts.
- Salinity Problem
- Water logging
- Loss of habitat
- Non point source pollutants (N, P and agrochemicals from farm runoff)
- Groundwater decline

8.6 Development of M&E System

From the M&E concept and the parameters to be monitored, the M&E model for irrigation project or M&E-IP (Monitoring and Evaluation of Irrigation Project) was developed on spreadsheet so that the parameters and the indicators can be modified or adjusted easily. The M&E-IP model which focuses on monitoring and evaluation of inputs-process-ouputs of the irrigation system has the following components:

(1) 15 worksheets as shown in Table 8.1.
(2) Main parameters for calculating the performance indicators as shown in Table 8.2
(3) 26 indicators as shown in Table 8.3.

Table 8.1 The 15 worksheets of M&E-IP model

Sheet No.	Sheet Name	Detail
1	Readme	General instruction
2	System	Hypothetical irrigation system for M&E.
3	I-seasonal	Input seasonal data including irrigation area, cropping pattern, water requirements, crop yield, crop price, no. of staffs, MOM cost, alternative water volume and some indicators.
4	Agreement	Input service agreement on delivery volume and time.
5	I-rainfall	Input daily rainfall.
6	1s	Calculation sheet of the data from I-seasonal by zone and water master section. Do not change anything on this sheet.
7	2s	Calculation sheet of the data from I-seasonal by crops. Do not change anything on this sheet.
8	OM1	Input the water levels and gate opening and the calculation of discharge for key structures in water master section 1.
9	OM2	Input the water levels and gate opening and the calculation of discharge for key structures in water master section 2.
10	OM3	Input the water levels and gate opening and the calculation of discharge for key structures in water master section 3.
11	OM4	Input the water levels and gate opening and the calculation of discharge for key structures in water master section 4.
12	OM5	Input the water levels and gate opening and the calculation of discharge for key structures in water master section 5.
13	Inf-Outf	Calculation of the inflow and outflow to the irrigation canal system.
14	DU	Calculation of the distribution uniformity coefficient.
15	M&E indicators	Calculation of 17 indicators and identifying the status of the system regarding to that indicator.

Table 8.2 The main parameters of the M&E-IP model

No.	Parameters	Unit	Method of measurement	Interval of measurement	Location of measurement/collection	Function	Types of parameters
1	Flow rate	cms	Staff gage+calibration curve	1-2 /day	Reservoirs, Intakes to project, intakes to IWUGs	M, E	Input/Output(Water)
2	Water level	m.MSL	Staff gage	1-2 /day	Cross regulators	M, E	Input/Output(Water)
3	Rainfall	mm.	Rain gage	daily	Project and Water master office	M, E	Input(Water)
4	Alternative water	cubic meter	Field check	seasonal	Field	M,E	Input(Info)
5	Cropping pattern	-	Field check/WUA	seasonal	Field	E	Input(Info)
6	Target irrigation area	rai	Field check/WUA	seasonal	Field	E	Input(Info)
7	Expected irrigation water	cubic meter	estimation	seasonal	Project office	E	Input(Info)
8	Field operation staff	no.of staff	Water master report	seasonal	Water Master Office	E	Input(Labor)
9	Project MOM cost at water master section	bahts	Project report	seasonal	Project office	E	Input(Money)

10	WUA input	bahts equivalence	Interview	seasonal	WUAs	E	Input(Money)
11	Service agreement	% no. service agreements signed	Project report	seasonal	Project office	E	Process
12	Conditions of canal structures	% canal structure functioning	Field check	seasonal	Field	E	Process
13	Satisfaction	% satisfied	Questionaires	seasonal	WUAs	E	Impact
14	Irrigated area	rai	Field check	seasonal	Water Master Office	E	Impact
15	Crop yield	kg/rai	Sampling	seasonal	Field		Impact
16	Crop income	Baht	Sampling	seasonal	Field	E	Impact
17	Salinity	% of area	Field check	seasonal	Field	E	Impact

Table 8.3 The 26 key performance indicators for irrigation project water management

No.	Indicators	Abbreviation	Formula	Unit	Min/max acceptable value	How to interpret. [standard value]	Propose	Referen
1	Conveyance efficiency	Ec	=100 x Water delivered to field/Project irrigation water supply	%	70	Define minimum acceptable value.[>70%]	Efficiency	ASPL-main/la canal efficien
2	Field irrigation efficiency	Field IE	=100 x Net irrigation requirements/Water delivered to field	%	70	Define minimum acceptable value.[>70%]	Efficiency	
3	Project irrigation efficiency	Project IE	=100 x (NIR-Internal water)/Project irrigation water supply	%	50	Define minimum acceptable value.[>50%]	Efficiency	ASPL-system efficien
4	Crop yield-paddy	CY(pad)	Crop yield/Area	ton/rai	0.7	Define minimum acceptable value. [rice > 0.7 ton/rai]	Efficiency	ASPL-y index.
5	Water productiion index	WPI	=Crop income/Project irrigation water supply	THB/m^3	1	Define minimum acceptable value.[rice >1 THB/m^3]	Efficiency	
6	Unit MOM cost of irrigation water	UCW	=MOM cost/Project irrigation water supply	THB/m^3	1	This value can be used to estimate the service fee for future service agreement. [<1 Bahts/m^3]	Efficiency	ASPL-O&M c per volu of wate
7	Income-cost ratio	ICR	=Crop income/(Project MOM cost +WUA Input)	-	2	Income > 2 x Cost	Efficiency	

8	Land producitvity index	LPI	=Crop income/Irrigated area	THB/rai	4000	Define minimum acceptable value. [>4000 Bahts/rai]	Efficiency	ASPL-return f actual irrigatio area(RA
9	Volume reliability index	VRI	=Actual water volume delivery/Volume specified in agreement	decimal	0.9	Less than one indicates lower reliability. [>0.9]	Reliability	
10	Relative water supply	RWS	=(Project water input volume+Rainfall+Alternative water)/Field ET(or NIR)	-	1.5	Ratio of input/output indicates management intensity. Low value of RWS requires high management intensity. If RWS <2, LII>5,000 rai/person	Reliability	RAP
11	Equity index	EQI	Distribution uniformity coefficient(DU)=100*D_{LQ}bar/Dbar	%	90	Define minimum acceptable value. [>90%]	Equity	
12	Satisfaction index	SI	=% WUG satisfied with the service	%	80	Define minimum acceptable value. [>80%]	Equity	
13	Participatory index 1	PI1	=WUA input/Project MOM cost	decimal	0.01	Define minimum acceptable value. [>0.01]	Participatory	
14	Participatory index 2	PI2	=% service agreement signed	%	70	Define minimum acceptable value. [>70%]	Participatory	
15	Maintenance index	MI	=% structure functioning	%	70	Define minimum acceptable value. [>70%]	Other	
16	Area-staff ratio	ASR	=Irrigated area/Field staff	rai/staff	5000	[<5,000 rai/staff]	Other	
17	Environmental indicator	ENI	=% salinity area to command area	%	1	[< 1%]	Environmental	ASPL-s salinity index

8.7 Guidelines for Application of the M&E-IP Model for Irrigation Project

From the concept and the M&E-IP model developed on spreadsheet as mentioned in the previous section, the M&E-IP model is not the program that is ready to apply to any irrigation project, due to the difference in details for different types of irrigation projects in Thailand. The number of water measurement points, types of water measurement structures, cropping pattern and key performance indicators can be varied from project to project. Although the M&E-IP model is designed to make it as simple as possible, it requires some volume of data. The beginner may feel the model rather complicated. The irrigation project that would like to use this M&E-IP model has to send the water management staff who has background on water allocation and delivery of the project for training in order to understand the concept of M&E, the data collection system of the related parameters, the formula for KPIs and the standard values for justifying the KPIs. The trainers will learn how to adapt or modify the M&E-IP model to their irrigation project conditions. This process will allow the project to participate in developing the M&E-IP model for their irrigation project and will create the sense of belonging which should encourage the project to use the M&E-IP model for monitoring and evaluation in the real practices. Besides, the project can modify the M&E-IP model worksheets as necessary such as creating new graph worksheet to show the efficiency of different components of the irrigation system or crop yield. It is also possible to adjust the parameter values to the same scale of 0-4 similar to the internal indicators of RAP: 0=very poor, 1=poor, 2=fair, 3=good and 4=very good. The overall water delivery service performance of an irrigation project can then be estimated by the weighted KPIs.

At the beginning period of application of M&E-IP model, it may be difficult to define the standard values for justifying the KPIs of the irrigation project. For example, to justify the conveyance efficiency of 73% as high or low efficiency, the standard value needs to be defined. If the standard value (minimum conveyance efficiency) is 70%, the conveyance efficiency of 73% is considered as acceptable. If the conveyance efficiency is lower than 70%, it will be considered as low efficiency. The water management staff of the project has to analyze what are the causes of low efficiency and how to increase the conveyance efficiency of an irrigation project. For the first season, the project may use the standard values given in the model. Once the M&E-IP model has been used for one season, the project will know the KPIs of actual operational practices which will be useful to define or adjusting the standard values that can be used during the first 2-3 years.

RID should give the policy to the irrigation projects to use the M&E-IP model for monitoring and evaluation of the water delivery performance and report to the regional office. The regional office can analyze the water delivery performance of the irrigation projects in order to identify the level of water delivery performance of the regional office and report to RID. The Office of Hydrology and Water Management can analyze the water delivery performance of RID as the whole. If the water delivery performance at project, regional office and RID are known, it can be used to define the standard values for justifying the water delivery performance for each level.

The 15 worksheets of M&E-IP model contain the useful data of the project which can be used as the project database for future study and analysis.

In application of the M&E-IP model for the 4 pilot projects including Phetchaburi, Borrommathad, Huai Fi and Huai Mong, the following problems were found:

- All the pilot projects are lacking of water measurement.
- Field operators are lacking of knowledge and skill in water measurement.
- There are no staff responsible for M&E of the project.
- Lack of criteria to justify the water delivery performance.

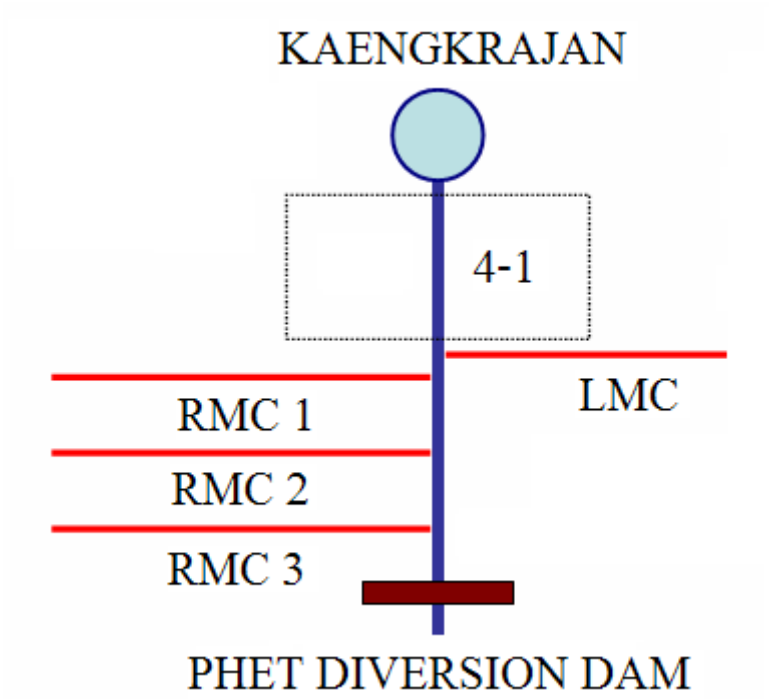
8.8 Application of M&E_IP Model for Phetchaburi O&M Project

The M&E_IP model was applied for monitoring and evaluation of performance of Phetchaburi O&M project in dry season 2008 (February-June). Phetchaburi O&M project is a large scale irrigation project having Kaengkrajan multi-purpose reservoir and 2 other small reservoirs, Mae Krajan and Huai Pak reservoirs, as a main source of water. The reservoirs release water to Phatchaburi river where water is diverted by Phet diversion dam into 4 main canals namely RMC1, RMC2, RMC3 and LMC. The project area of more than 400,000 rai is divided into 5 water masters. Phetchaburi O&M project has developed and strengthened the WUGs to form the IWUGs. 27 IWUGs were established. Starting from dry season 2007, Phetchaburi O&M project has adopted the new irrigation management approach using the service agrement as a basis for water delivery operation. Most of the IWUGs, particularly the tail end of 1L-RMC3, agreed to sign the service agreement with Phetchaburi O&M project. The M&E_IP was then developed to monitor and evaluate water delivery and management performance of the irrigation system. However, due to lack of water measuring system in dry season 2007, the application of the M&E_IP was delayed. The project decided to install staff gages for measuring the water level at the intakes of lateral canals in order to monitor flow to each IWUGs area via the rating curves. The staff gage installation at 39 regulators and offtakes was completed just before the beginning of dry season 2008. Since most of the main canals in Phetchaburi O&M project have a lot of direct FTOs which have no gate controlled, measuring flow at a large number of FTOs are impossible. Besides, many of the rating curves are not calibrated and the field operators do not have experiences on flow measurement, this may effect the accuracy of flow measurement.

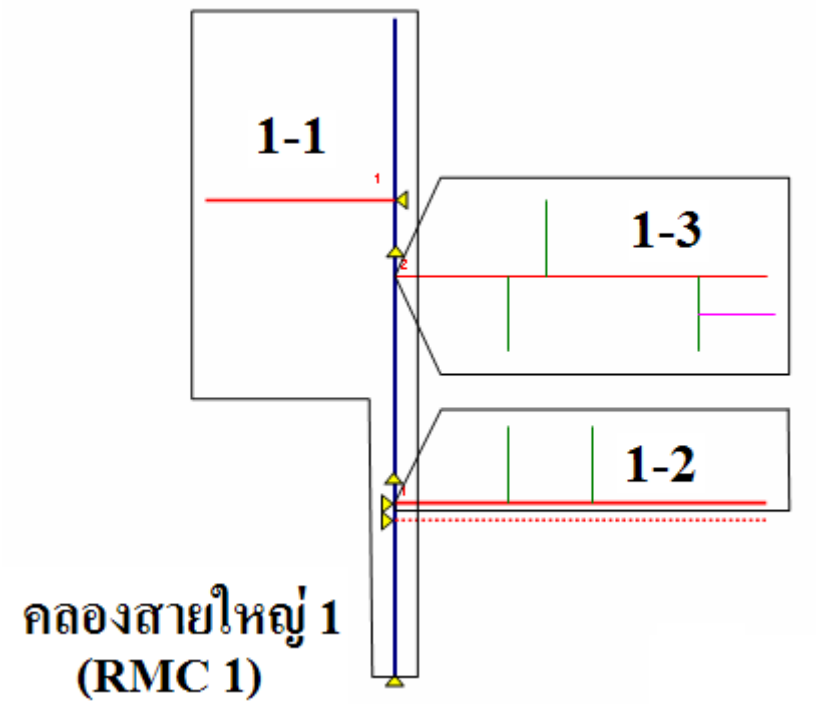
The schematic diagrams of the 4 main canals with the boudaries of IWUGs are given in Figure 8.3(a)-(d). The 17 key performance indicators for dry season 2008 water delivery operation are given in Table 8.4. The main figures for calculation of the 17 indicators are given in Table 8.5. The conveyance efficiency of the canal cannot be estimated due to so many ungated FTOs direct taking water from the main and lateral canals, from RAP the stated conveyance efficiency is 90%. The combined volume of water released from Kaengkrajan, Mae Prajan and Huai Pak reservoirs during 15 February – 30 June 2008 were 366.8 mcm, mainly from Kaengkrajan, for agriculture, domestic use in Hua Hin district and to the lower part of Phetchaburi river. Only 248.6 mcm was diverted to 4 main canals of Phetchaburi O&M project to irrigate 196,194 rai of paddy, orchards, upland crops, pasture, other crops and fish-shrimp farming. The project estimated rougly that there were some groundwater and

drainage reuse pumping by farmers by the amount of 18.9 mcm. The amount of rainfall measured by 5 rain gages (one rain gage in each water master section) was 102.7 mcm or the average of 327 mm. It is noted that there is quite high rainfall in the last period of this dry season. The project irrigation efficiency is 76 which is rather high comparing to the RAP result in Table 3.5 (stated Ec = 90% and estimated Field IE = 55% by this estimate, Project IE = 50%). This different can come from the under estimation of the groundwater and drainage reuse, particularly for the fish and shrimp farming of 16,243 rai on the tail portion of the canals. Relative water supply is 1.78. The paddy yield is 0.8 ton/rai which is acceptable. The total income from cultivation is 3,364 million THB including 325 million THB from fish and shrimp farms. Water productivity is 1.4 THB/m^3 while the unit MOM cost of supplying irrigation water is 0.06 THB/m^3. Land productivity 17,151 THB/rai (this value from RAP external indicator in Table 3.5 is 2,320 $US/ha or 14,848 THB/rai). The project can deliver water to meet the volume of water specified in the service agreement of the main canal. The equity measured by distribution uniformity (DU) is 0.55 which is rather low. More than 80% of farmers satisfied with the project delivery service. IWUGs have in-kind contribution in farm ditch maintenance about 0.03 of the total project MOM cost. The service area for one field operators is 7,266 rai which is higher than the normal RID standard of 5,000 rai.

The water measurement data are plotted in Figure 8.4 (a)-(c) for 1L-RMC3 head regulator of water master section 2, LMC head regulator of water master section 3 and the cross regulator of 1L-RMC3 km 20+769, the most downstream cross regulators of 1L-RMC3, which is used to measure the flow rate for IWUGs 6 of water master section 2. This water measurement data is very important data for the project manager to understand the characteristics of water delivery operation. 1L-RMC3 head regulator and 1L-RMC3 km 20+769 cross regulator of water master section 2 did water measurement 2 times a day while the head regulator of LMC in water master section 3 did one measurement a day. The head regulators of 1L-RMC3 and LMC had very few times adjustment during the dry season 2008. The downstream cross regulator, 1L-RMC3 km 20+769, had a serious problem of controlling flow. The water level in the canal RMC3 and 1L-RMC3 varied considerably. Phetchaburi O&M project manager and RID should pay more attention on flow data in order to develop more effective water delivery control system.

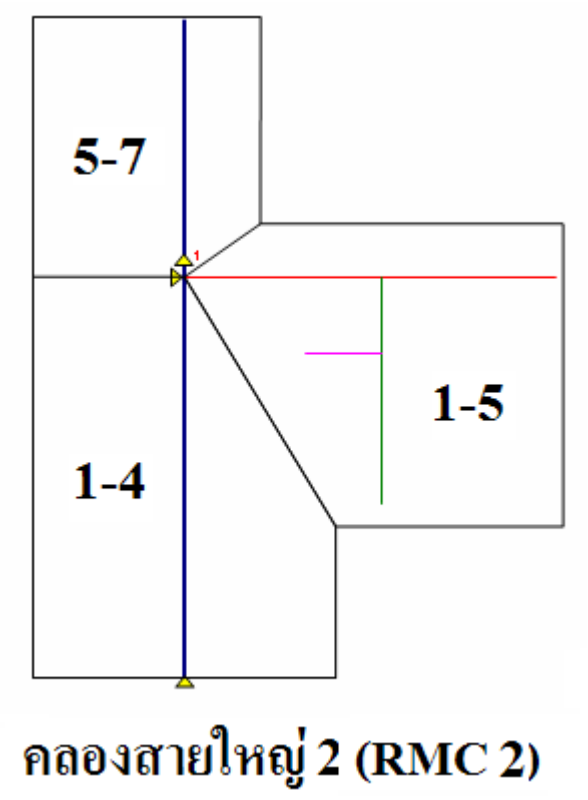


(a) Schematic of the 4 main canals [4-1 means IWUG 1 in water master section 4]

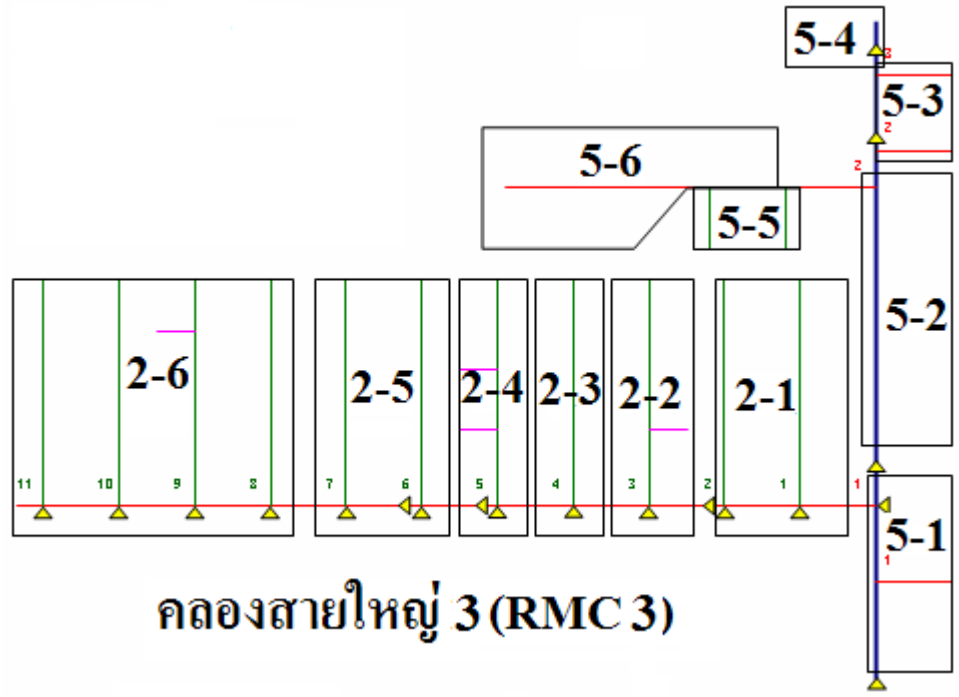


(b) Schematic of RMC1 and IWUGs [1-3 means IWUG 3 in water master section 1]

Figure 8.3 Schematic Diagram of Phetchaburi O&M project and its IWUGs

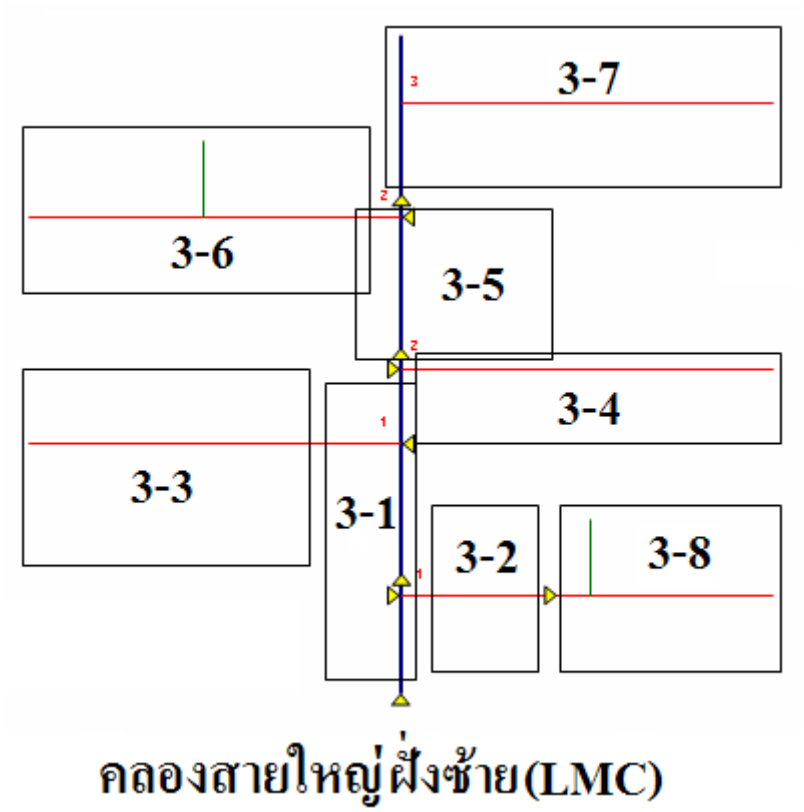


(c) Schematic of RMC2 and IWUGs [5-7 means IWUG 7 in water master section 5]



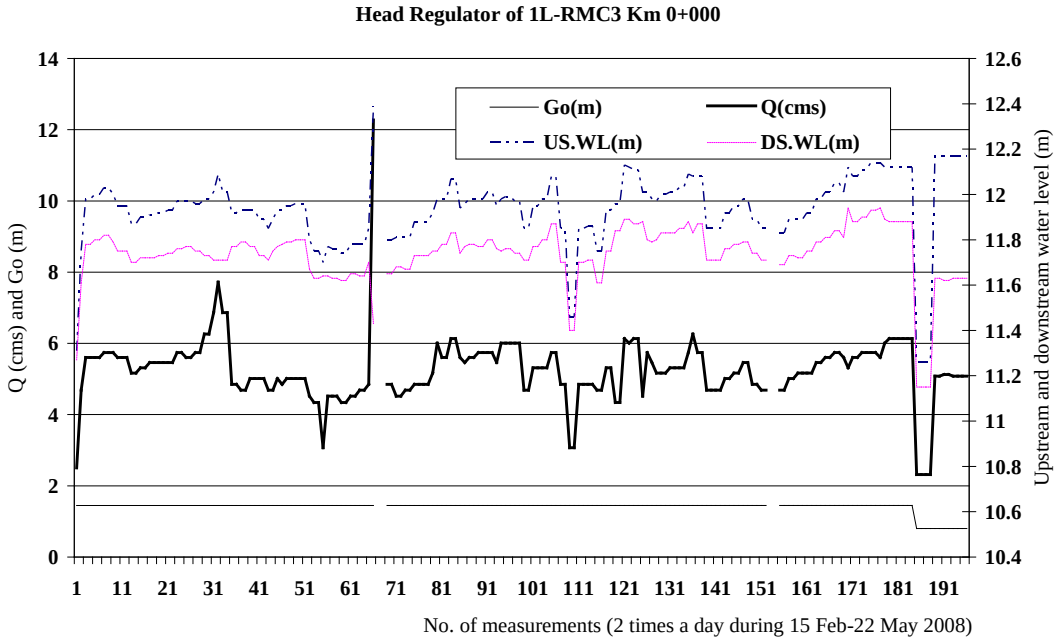
(d) Schematic of RMC3 and IWUGs [2-5 means IWUG 5 in water master section 2]

Figure 8.3 (cont') Schematic Diagram of Phetchaburi O&M project and its IWUGs

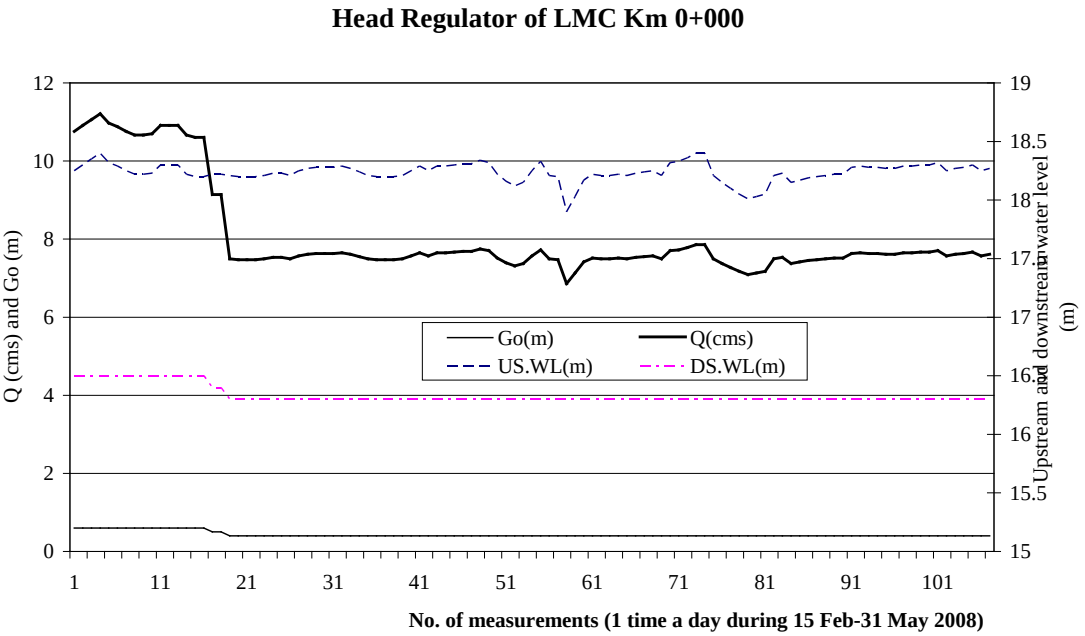


(d) Schematic of LMC and IWUGs [3-8 means IWUG 8 in water master section 3]

Figure 8.3 (cont') Schematic Diagram of Phetchaburi O&M project and its IWUGs

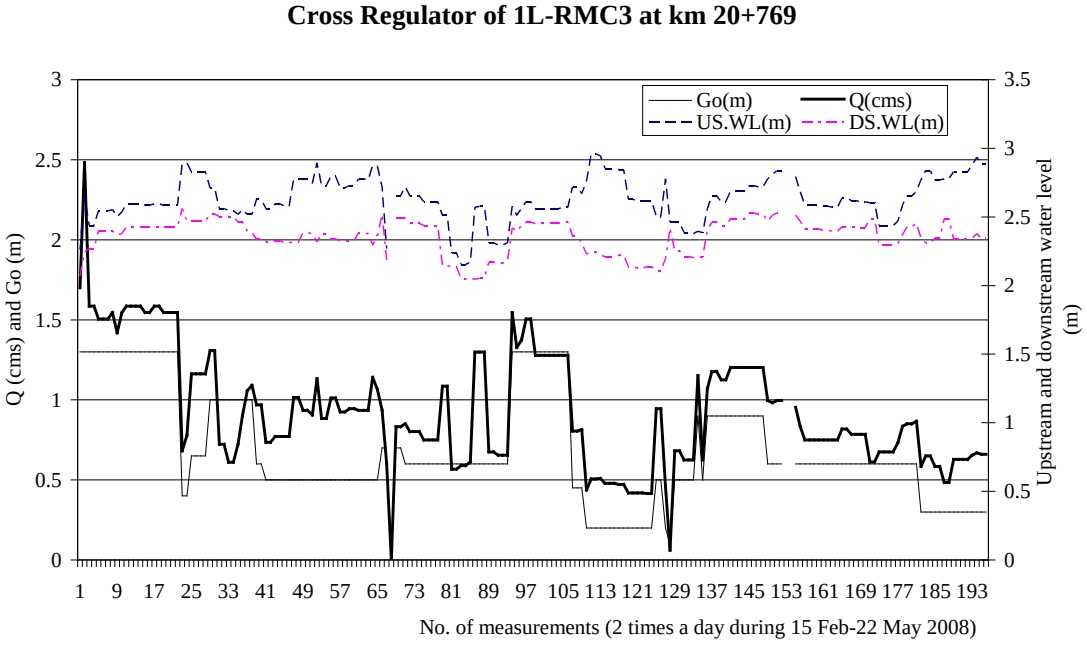


(a) Intake to water master section 2



(b) Intake to water master section 3

Figure 8.4 Example of flow measurement in dry season 2008



(c) Intake to IWUG 6 in water master section 2 – most downstream area

Figure 8.4 (cont') Example of flow measurement in dry season 2008

Table 8.4 The 17 key performance indicators for irrigation water delivery operation for dry season 2008, Phetchaburi O&M project

M&E indicators										
No.	Indicators	Abbreviation	Formula	Indicator value	Unit	Status	Min/max acceptable value	How to interpret. [standard value]	Propose	References
1	Conveyance efficiency	Ec	=100 x Water delivered to field/Project irrigation water supply	n.a.	%	OK	70	Define minimum acceptable value.[>70%]	Efficiency	ASPL-main/lateral canal efficiencies
2	Field irrigation efficiency	Field IE	=100 x Net irrigation requirements/Water delivered to field	n.a.	%	OK	70	Define minimum acceptable value.[>70%]	Efficiency	
3	Project irrigation efficiency	Project IE	=100 x (NIR-Internal water)/Project irrigation water supply	76.0	%	OK	50	Define minimum acceptable value.[>50%]	Efficiency	ASPL-system efficiency
4	Crop yield-paddy	CY(pad)	Crop yiled/Area	0.80	ton/rai	OK	0.7	Define minimum acceptable value. [rice > 0.7 ton/rai]	Efficiency	ASPL-yield index.
5	Water production index	WPI	=Crop income/Project irrigation water supply	1.4	THB/m^3	OK	1	Define minimum acceptable value.[rice >1 THB/m^3]	Efficiency	
6	Unit MOM cost of irrigation water	UCW	=MOM cost/Project irrigation water supply	0.06	THB/m^3	OK	1	This value can be used to estimate the service fee for future service agreement. [<1 Bahts/m^3]	Efficiency	ASPL-O&M cost per volume of water
7	Income-cost ratio	ICR	=Crop income/(Project MOM cost +WUA Input)	203	-	OK	2	Income > 2 x Cost	Efficiency	

8	Land producitvity index	LPI	=Crop income/Irrigated area	17,151	THB/rai	OK	4000	Define minimum acceptable value. [>4000 Bahts/rai]	Efficiency	ASPL-return from actual irrigation area(RA)
9	Volume reliability index	VRI	=Actual water volume delivery/Volume specified in agreement	1.01	decimal	OK	0.9	Less than one indicates lower reliability. [>0.9]	Reliability	
10	Relative water supply	RWS	=(Project water input volume+Rainfall+Alternative water)/Field ET(or NIR)	1.78	-	OK	1.5	Ratio of input/output indicates management intensity. Low value of RWS requires high management intensity. If RWS <2, LII>5,000 rai/person	Reliability	RAP
11	Equity index	EQI	Distribution uniformity coefficient(DU)=100*D_{LQ}bar/ Dbar	55	%	Not OK	90	Define minimum acceptable value. [>90%]	Equity	
12	Satisfaction index	SI	=% WUG satisfied with the service	81.7	%	OK	80	Define minimum acceptable value. [>80%]	Equity	
13	Participatory index 1	PI1	=WUA input/Project MOM cost	0.03	decimal	OK	0.01	Define minimum acceptable value. [>0.01]	Participatory	
14	Participatory index 2	PI2	=% service agreement signed	100	%	OK	70	Define minimum acceptable value. [>70%]	Participatory	
15	Maintenance index	MI	=% structure functioning	75	%	OK	70	Define minimum acceptable value. [>70%]	Other	

16	Area-staff ratio	ASR	=Irrigated area/Field staff	7,266	rai/staff	Not OK	5000	[<5,000 rai/staff]	Other	
17	Environmental indicator	ENI	=% salinity area to command area	8.0	%	Not OK	1	[< 1%]	Environmental	ASPL-soil salinity index

Table 8.5 The figures for 26 parameters for calculating the 17 indicators.

No.	Parameters	Unit	Value	sheet
1	KKJ+MPJ+HP release volume	mcm	366.8	Inf-outf
2	NIR	mcm	207.9	2s
3	Total irrigation water dilverted Phetchaburi O&M project	mcm	248.6	Inf-outf
4	Darinage reuse volume	mcm	12.7	1s
5	Groundwater pumping	mcm	6.2	1s
6	Rainfall	mcm	102.7	I-rainfall
7	Crop yield-paddy	ton/rai	0.8	2s
8	Crop yield-orchard	ton/rai	1.6	2s
9	Crop yield-upland crop	ton/rai	0.6	2s
10	Crop yield-vegetable	ton/rai	1.9	2s
11	Crop yield-pasture	ton/rai	0.5	2s
12	Crop yield-other crops	ton/rai	1.0	2s
13	Fish-Shrimp ponds	ton/rai	0.4	2s
14	Total paddy production	ton	108,274	2s
15	Total crop income	THB	3,364,833,000	2s
16	Project MOM cost	THB	16,110,000	1s
17	WUA input	THB	472,400	1s
18	Irrigated area	rai	196,194	1s
19	Actual water delivery volume	mcm	281.0	Agreement
20	Volume specified in agreement	mcm	279.1	Agreement
21	Distribution Unifromity(DU)	%	55	DU
22	% WUG satisfied with service	%	82	1s
23	% service agreement signed	%	100	1s
24	% structure functioning	%	75	1s
25	No. of field staffs	persons	27	1s
26	% salinity area to command area	%	8.0	1s

KKJ=Kaengkrajan
MPJ=Mae Prajan
HP=Huai Pak

9. GUIDELINES FOR IRRIGATION MODERNIZATION TRAINING[1]

9.1 Introduction

Irrigation modernization is the concept for changing the top-down water management to the new service oriented management approach. The training program is needed to improve the knowledge, skill and capability of the RID personnel such that the irrigation modernization program can be implemented effectively. The training programs can be divided into 2 levels.

(1) Training of the trainers
(2) National upgrading program for various levels of the RID personnel

9.2 Training of the Trainers

The service oriented management concept is the new concept. Changing the water management practices will take time and requires the qualified staffs who understand the principle and related techniques for implementation of the new concept. The first step of training is the training of the trainers in order to develop the high qualified personnel to train other staffs of RID. The training of the trainers program has the implementation procedure and the curriculum structure as given below.

9.2.1 Implementation Procedure

The process for selection of the qualified personnel to be the trainers can be explained as follow.

Step 1: Select 25 young active engineers who have good academic background with the experiences on design or operation for the first level training in Thailand. At the end of the training program, the examination will be arranged in order to select the best top 4 participants to be the trainers of the national upgrading program. The selected 4 trainers will be sent for higher level training overseas at the very famous institution on irrigation management. The young engineers who apply to the first level training of the trainers must have the following qualification.

(1) Minimum of B.Eng. or equivalent degree with an emphasis on irrigation or hydraulics with the evidence of innovation and the ability to synthesize facts into strategies. This programme will show the trainers how to revolutionize the design and operation of irrigation projects through modernization. Therefore, the nominees must be very open to new ideas and be real thinkers.
(2) Interest in teaching or training. Experience is desirable but not necessary.
(3) Several years of practical experience in the design or operation of canals.
(4) Good English communication skills will be required. This will include both written and verbal proficiency, as evidenced by a TOEFL score of 450 or greater

---

[1] **Source :** An irrigation modernization training programme by Charles M. Burt Director, Irrigation Training and Research Centre (ITRC) , CalPoly and Thierry Facon Water Management Officer, FAO, Bangkok

(a score of 550 is generally required for admission to a university in the United States).

(5) Excellent communication skills.

Step 2: Design the first level training of the trainers program in the country. The first level training program can be arranged by Irrigation Development Institute (IDI) and the training division. The IDI (or College of Irrigation) can be used as the training center for the first level training of the trainers since the IDI has all the facilities required for the training program. The modern canal operation model to be constructed at Mae Klong water use research center, Nakhon Pathom province (financially supported by FAO), can be used for field practices of canal operation technique. The international institution such as CalPoly, ITRC and the national university such as Kasetsart University can be very helpful to assist RID in developing the first level training course and the training materials.

Step 3: The examination will be given to the trainees of the first level training program. This examination will test them on understanding of details, as well as ability to synthesize information. The top 4 trainees will be selected for participation in the second level training of the trainers in the famous international institution on irrigation management overseas such as CalPoly, ITRC or USBR or others.

Step 4: The 4 trainers who passed the second level training of the trainers have to develop the training course and materials for the national upgrading program.

Step 5: Conduct the national upgrading program by using IDI as the training center and the physical model facility at Nakhon Pathom province as field practices on modern canal operation technique.

The 4 trainers will conduct the national upgrading program. It is estimated that 10 training courses can be conducted per year for the period of 2 years. There will be about 20 participants in each training course. At the end of the national upgrading program, there will be about 425 participants from all the projects and RID offices be trained on the irrigation modernization training program as shown in Table 9.1.

Table 9.1 Estimated Number of Participants Trained on Irrigation Modernization by The National Upgrading Program.

Year	No. of trainers	No. of training courses	No. of participants passing the national upgrading program
1	4	0	25 (first level training of the trainers)
2		10	200
3		10	200
		Total	425

9.2.2 Basic Contents of the Training of the Trainers Program

The training of the trainers training program consists of the following basic contents.

(1) the concepts of water delivery service
(2) how to simplify design and operation by breaking an irrigation project into layers
(3) hydraulic principles of unsteady flow and how they relate to operation
(4) concepts of canal control
(5) specific hardware for making operation easy and effective
(6) developing modernization strategies

(7) RAP (Rapid Appraisal Process) and MASSCOTE (Mapping System and Services fro Canal Operation Techniques)
(8) water ordering procedures
(9) irrigation efficiency and water balances
(10) design of broad-crested weirs for flow measurement

The first level training program will emphasize fundamental concepts which are the foundation of irrigation modernization program. There are many other topics which are also important and which must be covered in future classes after the foundation is built. The example topics are:

(11) unsteady flow computer modelling
(12) tuning of gate controller constants
(13) Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) design and equipment selection
(14) computation of complete water balances for a project
(15) rules and regulations for water user associations

9.3 Draft Curriculum Structure of The Training of The Trainers

The first level training of the trainers at IDI has the training period of 3 weeks. The detail draft contents of the first level training of the trainers program is given in Table 9.2.

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

1. The Nature and Importance of Good Water Delivery Service
(1) The nature of modernization a. What it is b. How it differs from traditional irrigation improvement projects c. Why it is desperately needed (2) Documented status of existing irrigation projects world-wide - actual versus attainable a. Efficiency b. Yields c. Chaos and anarchy d. Environmental impact (3) Concept of water delivery service a. Understanding an irrigation system as a series of layers. i. The layers include (i) main canal, (ii) secondary canals, (iii) tertiary canals, etc. down to field level. ii. Each layer receives water from the upstream layer with some degree of service and provides water to the next downstream layer with some degree of service b. What level of service is required on-farm i. Basic concepts of ET, soil water holding capacities, root zone development ii. Fundamental differences between rice and upland crops iii. Rice irrigation - special requirements at the start of the irrigation season iv. Planting schedules and realities v. Components of on-farm (field) irrigation efficiency and how they are impacted by the water delivery service vi. Water delivery service and its relationship to anarchy or the lack of it vii. What is required if farmers are expected to pay for water

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

c. What feedback is inherently required to provide good service at the different levels

(4) Components of water delivery service
   a. Reliability. This is the first essential ingredient, but by itself it is insufficient to revolutionize irrigation
   b. Volume during a crop season
   c. Equity
   d. Flexibility
      i. Frequency
      ii. Rate
      iii. Duration
   e. Consistency and accuracy

(5) Delivery schedules for all levels within a system.
   a. Random availability
   b. Pre-arranged rotation schedules of various types
   c. Modified rotation schedules
   d. Arranged deliveries
   e. Demand deliveries

(6) The level of service provided by existing projects
   a. Results from World Bank/IPTRID study
   b. Internal Process Indicators
      i. Concept
      ii. Specific indicators
      iii. How to quantify the indicators for a specific project.

(7) Setting priorities for improvement of service.
   a. How one layer affects the performance of the next layer (review)
   b. Cases in which a downstream layer may have better internal process indicators than upstream layers
   c. Selecting what to do first (a preview)

2. Hydraulic Principles

(1) Regime flow
   a. Where it is needed
   b. How changing channel conditions affect system performance
   c. What is needed to properly divide flows and distribute them

(2) The nature of unsteady flow in modern systems
   a. Typical wave travel times
   b. Normal depths vs. depths in channels with control structures
   c. Wedge storage variations
   d. Predicting travel times of waves
   e. How flow changes arrive at various points throughout a system
   f. What does an internal "flow balance" really mean?

(3) Using weirs and orifices as water level control structures
   a. Weirs
      i. Using weirs as control structures rather than as water measurement structures
      ii. Various weir designs and their hydraulics
         1. Flash-boards
         2. Long-crested weirs
      iii. How weirs respond to unsteady flow
   b. Undershot (orifice) flow
      i. Using undershot gates as control structures rather than as water measurement

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

structures
   ii. Various designs and their hydraulics
   iii. How undershot gates respond to unsteady flow
(4) Using weirs and orifices as flow rate control structures
   a. Weir response to unsteady flow
      i. Upstream condition changes
      ii. Downstream condition changes
      iii. Accuracy of flow measurement
      iv. Accuracy of flow control
      v. Accuracy of volumetric measurement
   b. Undershot (orifice) response to unsteady flow
(5) Relationship between canal and turnout designs
   a. Relative importance of upstream water level or flow rate changes
   b. Relative importance of downstream water level changes
   c. Designing the canal/turnout system as a unit rather than just designing a "turnout"
(6) Gated vs. non-gated systems
   a. Documented performance of non-gated systems
   b. Documented performance of gated systems
   c. Why traditional gated systems are so difficult to manage, and how to avoid such problems
(7) The basics of classical control concepts
   a. Upstream control
      i. Design requirements
      ii. Management requirements
      iii. Risk factors
   b. Downstream control
      i. Types of downstream control
         1. Level top canals
         2. Control points at downstream end
         3. Bival
      ii. Design requirements
      iii. Risk factor
      iv. Management requirements
   c. Combination control
   d. Mixed control
(8) Flow rate measurement
   a. Where it is needed in a modern system, and what is done with the information and how often it is used
      i. Upstream control systems
      ii. Downstream control systems
   b. Where it is not needed
   c. Accuracy requirements
   d. Difference between flow rate and volumetric measurement
   e. Difference between measurement and control
(9) Basic strategies of operation and design
   a. Spread the problems throughout the project or isolate them and deal with them
   b. Options with groundwater
   c. Options for systems with re-circulation capabilities vs. those without them

3. Basic Concepts of Cross Regulator Control Hardware

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

(1) Traditional designs for undershot - advantages and disadvantages of each, and small details which have a tremendous effect on their performance
   a. Sluice gates
   b. Radial gates
(2) Traditional designs for overshot - advantages and disadvantages of each, and small details which have a tremendous affect on their performance
   a. Flash-boards
   b. Long crested weirs
   c. Hinged gates
(3) Operation
   a. Mechanical advantages, no motor
   b. Motorized but manual
   c. Hydraulic gates
   d. Automated
      i. Hydraulic
      ii. Electric
(4) Movement
   a. Local manual
   b. Local automatic
   c. Distributed control
   d. Remote manual
   e. Remote automatic
   f. Synchronized control

4. Canals with Upstream Water Level Control

(1) Check structure design
   a. Purpose of the structures
   b. Types of structures
      i. Manual adjustable structures
      ii. Completely static structures
      iii. Automatic structures
         1. Hydraulic
            a. Begemann
            b. AMIL
         2. Electrical (to be discussed in more detail later)
            a. Types of gates
               i. Overflow
               ii. Underflow
            b. Control strategy
               i. Littleman concept and limitations
               ii. Gates in sequence
               iii. PI control
(2) Locating and sizing check structures
   a. Effect on turnout flow rates; trade-off between turnout automation and main canal improvement
   b. Effect on canal bank stability and rodents
   c. Effect on lag time for deliveries
(3) Bifurcation points - available choices for control
(4) Flow rate control and measurement designs for large turnouts
   a. Rated sections

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

b. Flumes
c. Weirs
d. Calibrated check structures

(5) Manual operation of upstream control
a. Information requirements
b. Sequence of operations by typical operators - top to bottom or bottom to top
c. Communications and mobility requirements
d. Consequences of various actions by operators or recipients of service
e. Where flow rates must be controlled and measured

(6) Differences in performance between automated vs. manual system
a. Amount of spill
b. Response time within the system
c. Equity, reliability, flexibility
d. Operator requirements

(7) Turnout designs for small flows (0.5-25 CFS), including ease of installation, design requirements, advantages and disadvantages, flow measurement, vs. flow control
a. Romijn gates
b. Semi-modules
c. Various ungated units
d. Meter gates
e. Calibrated - various types
f. With downstream flow measurement
g. Distributor modules
h. Review of flow and volumetric measurement options for each device

(8) Regulating reservoirs
a. Locations
b. Sizing
c. Control into and out of reservoirs
d. Operations

(9) Canal sizing criteria
a. Traditional canal sizing rules
b. Demand theory (Clement)
c. Documented studies with flexible systems
d. Special considerations in sizing for minimal control requirements and poor maintenance - the Office du Niger example
e. Access, borrow pits, and other details

(10) Selective use of pipelines at the lower ends of projects
a. Advantages and disadvantages
b. Sizing
c. Control and measurement of flows
d. Types of pipelines

(11) Required data collection and communications

(12) Options for responsibilities of operators

(13) Classical mistakes in modernization programmes with upstream control, and how to avoid them

(14) Where to begin with the automation of a manually operated system. Example situations and trainee diagnosis

(15) Computer models - where they do and do not fit

(16) Turnout density

Table 9.2 Contents of Draft Curriculum of The First Level Training of The Trainers

(17)	Roads and access
(18)	Maintenance equipment vs. construction equipment

The second level training of the trainers consists of 3 parts. It will take at least 7 weeks overseas and 4 weeks in Thailand.

(1) The first part is the class room and laboratory scale training at CalPoly, ITRC or USBR or others and the field trip to some irrigation projects around the training center. It will take at least 4 weeks.

(2) The second part is the field trip to the country that is more advanced in irrigation management and modernization which the lesson learned can be adapted to Thailand such as Mexico or India. The second part will take about 3 weeks.

(3) The third part is the RAP and MASSCOTE exercises in selected irrigation project in Thailand where the participants have to analyze and synthesize the water delivery service performance of the selected project in order to develop the irrigation modernization program. The third part will take about 4 weeks.

The detail curriculum of the second level training course is given in Table 9.3.

Table 9.3 Detail of the Second Level Training of Trainers Curriculum

1. Review of Principles and Hardware (1 day)
(1) Wave travel time
(2) Manual operation of an upstream controlled canal
(3) Upstream control hardware - advantages, disadvantages, and design notes for various items
2. Downstream Control (0.5 days)
(1) Review of the basic idea of downstream control
(2) Hardware for level top pools
(3) Hardware for other types - all computerized.
(4) Pool sizing
(5) Sensitivity and risk
(6) Selective implementation of downstream control within a project
3. Basics of pump recirculation plants (0.5 days)
(1) KW-Hr requirements
(2) Locations
(3) Design
4. SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition (2.5 days)
(1) What it is and why it might be used
(2) Costs
(3) Equipment requirements in the field
(4) Equipment in the office
(5) Communication requirements
(6) Software
(7) Best uses and worst uses
(8) Best locations and worst locations
(9) Vandalism
(10) Power supply
(11) Logistical and technical support needs
(12) Examples of successful programmes
(13) Examples of failures

Table 9.3 Detail of the Second Level Training of Trainers Curriculum
(14) Recommended steps to take if SCADA is used
5. Use of computer models to calibrate PI control algorithms (0.5 day)
Flow Measurement and Control in Canals and Off-takes (2.5 days) This will emphasize how to design broad-crested weirs, as well as options with meter gates for turnouts
6. Irrigation Efficiency and Water Balances (2 days)
(1) Irrigation Efficiency definition (2) Differences between field and project efficiencies (3) Developing a water balance a. Components b. Quantifying the components c. Combining the components d. Confidence intervals
7. Rapid Appraisal Process and MASSCOTE (5 days)
The MASSCOTE approach of FAO will be covered. This includes the 11 mapping steps namely (1) RAP (2) system and sensitivity (3) perturbations (4) water networks and water balances (5) cost of O&M (6) service to users (7) management units (8) demand for operation (9) options for canal operation improvement (10) integrating service oriented management options (11) consolidation of vision and plan fro modernization and M&E.
8. Field visits in the USA (2 weeks including travel)
Two irrigation districts will be visited in the U.S. An RAP will be conducted on each. Both districts will be undergoing some type of modernization, and both will primarily be gravity (canal) systems. Possible choices will be Imperial Irrigation District (200 000 ha, all canals, in an area of no rainfall and no downstream users and no rice), and Glenn-Colusa Irrigation District (about 100 000 ha, in an area with considerable winter rainfall, primarily rice, and mainly unlined canals). Each district will be visited for 2-3 days, followed by 2 days of trainee discussion and computations and development of recommendations. The 2 days of discussion will be held in a town near the irrigation districts, so that rapid visits may be made to structures in question, or to talk again with district employees.
9. Field Visits in Other Countries (3 weeks including travel)
Two irrigation projects will be visited in less developed countries. Two possible projects are Rio Mayo in Mexico and Dantiwada in India. Both projects are beginning the modernization process and have very different characteristics. Both projects have been examined in the World Bank/IPTRID study. Rio Mayo has active but imperfect water user associations, and has made tremendous progress in the last ten years. Dantiwada has farmers who are generally satisfied, and is attempting new water delivery schedules and the installation of new control structures. Again, trainees will conduct an RAP of each project, and there will be several days of discussion for each.
10. MASSCOTE Exercise of a Project in Thailand
Trainees will conduct a RAP and MASSCOTE at a selected irrigation project. This will be facilitated by the IDI and training division, but the trainees will conduct this RAP and MASSCOTE exercises without an instructor in attendance. Following the field work, they will then quantify external and internal process indicators, as well as make recommendations for project improvement. Their performance will be evaluated and graded by the primary instructors. This is the final place in the programme at which participants are evaluated for competence as criteria for completing the remainder of the programme.

9.4 Structure of The National Upgrading Program

This national upgrading program has the objective to upgrade the RID staffs on design and operation from all RID regional offices and RID central. The program will take about 3 weeks. The content of the curriculum consists of 2 parts.

Part 1: The Class Room Training for 1 weeks which consists of the following detail.

(1) The importance of good water management
(2) Hydraulic principle
(3) Basic concept of cross regulator
(4) Upstream Control
(5) Downstream Control
(6) Water Reuse
(7) SCADA
(8) Irrigation efficiency and water balance

On the last day of this part, the participants will be trained on water measurement and control at the physical model facility (financed by FAO), Mae Klong Water Uses Research Center in Nakhon Pathom Province.

Part 2: MASSCOTE workshop for 2 weeks.

The workshop on MASSCOTE will be conducted for the selected irrigation project in order to improve the ability to analyze the fact about the irrigation projects and to identify the issues and options for irrigation modernization and finally to develop the modernization and M&E plan.

10. GUIDELINES FOR DEVELOPING RESERVOIR RILE CURVES

10.1 Introduction

There are 3 methods that have been used for developing reservoir rule curves in Thailand. Those methods can be listed below.

(1) Development of the rule curve by simulation using HEC-3 (Reservoir System Analysis for Conservation) of the US.Army Corps of Engineers
(2) Development of the probability based rule curve (Vudhivanich and Rittima. 2003, Kongjun. 2004)
(3) Development of the rule curve by the combined simulation–optimization technique (Suiadee and Tingsanchali. 2007)

10.2 Development of Rule Curves by Simulation using HEC-3

This is the trial and error method for developing the rule curves. The procedure for rule curves development can be explained below.

(1) The upper and the lower rule curves for each month are assumed from the experiences or from the historical records of the reservoir water storage.

(2) The assumed upper and lower rule curves in each month are used as the operational constraints for simulation by using HEC-3 program. HEC-3 has divided the reservoir storages into 3 zones including flood control storage, conservation storage and dead storage. These 3 zones are related to the 4 levels of water control in the reservoir namely top of food control, top of conservation, top of buffer and top of inactive as shown in Figure 10.1. The levels of water control in the reservoir can vary from month to month.

The upper rule curve is the top of conservation or the top of flood control minus the flood control storage. The top of flood control is the crest of spillways. The lower rule curve is the top of buffer.

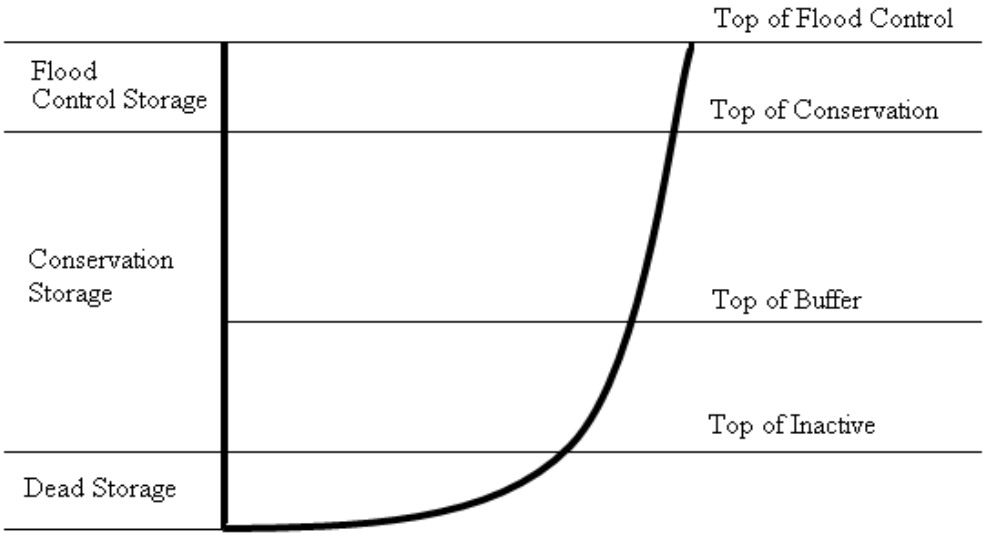


Figure 10.1 Division of Reservoir Storage Volume

(3) The reservoir release priorities of the reservoir system are defined by the following criteria.

- The water in flood control storage of all reservoirs will have the highest release priority in order to reduce the risk of flooding. The water above the top of buffer get the second priority and the water below the top of buffer get the last priority to avoid the critical water shortage..
- When the water storage in all reservoirs is in the conservation storage above the top of buffer, the release priorities of the reservoirs have to be defined.
- When the water storage in all reservoirs is below the top of buffer, the release priorities of the reservoirs have to be defined.

For the case of single reservoir, there is no need to define the release priorities of the reservoir.

(4) The reservoir operation is simulated on monthly basis according to the operational constraints in items (2) and (3) by HEC-3 using long term historical records of reservoir inflow and demand (about 30 years).

(5) The monthly reservoir simulation result is analyzed in order to examine the monthly water shortage and spillage (flow through spillways). The rule curves are adjusted to minimize the shortage and spillage by trial and error.

This method is the commonly used method in the Office of Hydrology and Water Management, RID. There are a few engineers in the office have the experience using this method for developing the rule curves. However the technique for developing the rule curve by trial and error with HEC-3 has never been documented.

10.3 Development of the Probability Based Rule Curves

The probability based rule curves use the probability and statistics principle to determine the upper and the lower rule curves at specified levels of probability. This method has one advantage. The decision maker has options in selection of the upper and lower rule curves depending on the uncertainty and the risk level he should take.

For example, in wet season, if the decision maker would like to store more water in the reservoir, the risk of spillage will be high. On the other hand, in dry season, if the decision maker would like to use more water at present, there is more risk of water shortage in the future. The long term historical records should be used for developing the probability based rule curves. The method for developing the probability based rule curves can be summarized as follow.

(1) The upper rule curve can be determined from the net reservoir inflow (NRI_t = $Inflow_t$-$Outflow_t$) of an appropriate duration such as weekly or daily. The probability distribution of the NRI_t is analyzed. The probability that the reservoir storage exceeding the upper rule curve or risk (α) is selected, for example α (0.05, 0.1, 0.2 and 0.3). The magnitude that NRI_t exceeding the flood control storage (VFC_t) at the risk level of α can be calculated from the following equation.

$$P(NRI_t > VFC_t) = \alpha$$

The upper rule curve is equal to the normal pool or the reservoir storage at the top of flood control minus VFC_t. If the calculated VFC_t for given α equals to 0, it indicates that the upper rule curve is the normal pool level or no flood control storage is required.

(2) The determination of the lower rule curve uses similar principle. The first step is to determined the $\sum_{i=t}^{D} NRI_t$ when t = 1, ……., D and D is the number of durations in month in dry season. The second step is to do the probability distribution analysis of $\sum_{i=t}^{D} NRI_t$. The third step is to select the risk of water shortage (α). The fourth step is to determine the buffer storage ($VBUF_t$) to avoid the critical water shortage from the equation below. The last step is to determine the lower rule curve by adding the $VBUF_t$ to the dead storage.

$$P\left(-\sum_{i=t}^{D} NRI_t > VBUF_t\right) = \alpha$$

The Irrigation Development Institute (IDI) has conducted a few training courses on development of the probability based rule curve. The principle and procedure for development of the probability based rule curve has been written (Kongjun. 2004). The Phayao and Udon Thani irrigation project have tried to use the probability based rule curve to develop the rule curves for Huai Fi small scale reservoir and Huai Sam Pad medium scale reservoir. However due to the no recorded/short record of historical data and using monthly interval for developing the upper rule curve, the result needs to be rechecked. It is noted that developing the rule curves is an expert task, not the irrigation system operators.

10.4 Development of Rule Curves by the Combined Simulation–Optimization

The combined simulation-optimization approach for developing the reservoir rule curves is the method that is modified from the first method. The optimization technique is used to determine the upper and the lower rule curves to replace the drawback of trial & error method. The reservoir simulation model can be easily developed on the spreadsheet or HEC-3 can be used as simulation part. The new irrigation engineers of RID were trained on Genetic Algorithm (GA) to determine the optimum solution for non-linear model. Therefore it is possible that the combined simulation–GA approach can be good method to developing the reservoir rule curves.

At present the combined simulation–GA has been studied and is found to be high potential to use for developing the reservoir rule curves. Suiadee and Tingsanchali (2007) used the combined simulation–GA optimization model for developing the reservoir operational rule curves for Nam Oon, Sakon Nakorn province. Saduak and Jittaradakorn (2005) used the combined simulation optimization (GA and Differential Evolution) for developing the rule curve of Mae Ngut Somboon Chol reservoir in Chiengmai province.

10.5 Recommendations

(1) At present, the reservoir rule curves developed by trial & error using HEC-3 program is more acceptable in practice, since most of the rule curves in Thailand are developed by this technique. However the trial &error method requires a lot of experience and the procedure has never been documented. It is therefore recommended that the combined simulation-GA approach or method 3 should be used in the future since RID by IDI has many staffs who has good experiences on GA and has developed the rule curve of Nam Oon reservoir using the combined simulation-GA.

(2) In the long run, the advantages and disadvantages of the combined simulation-GA approach and the probability based rule curve should be compared.

(3) For small reservoirs where the long term historical data is limited, the reservoir water balance study should be developed on the spreadsheet in order to be a guideline for reservoir operation.

(4) For new reservoirs where the data on inflow and water demand are limited, the stochastic data generation is necessary.

(5) Since developing the rule curves is an expert task, RID by the Office of Hydrology and Water Management must have a program to develop the rule curves experts.

11. REFERENCES

Burt, C. (2001). Rapid Appraisal Process (RAP) and Benchmarking : Explanation and Tools. Irrigation Training and Research Center (ITRC), California Polytechnic State University (CalPoly), San Luis Obispo, California, USA. 48 p.

Burt,C. and T.Facon. 1998. An Irrigation Modernization Training Programme, FAO-ITRC, http://www.fao.org/DOCREP/003/X6626E/x6626e22.htm.

Burt, C. and S.W. Styles. 1999. Modern Water Control and Management Practices in Irrigation: Impact on Performance, Water Report 19-IPTRID, FAO, Rome. 244p.

Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2001.Capacity Building in the Water Resources Sector Project. ADB-TA 3260-THA. Final Report Volume 3 “Component C: Reorienting and Reorganising Service Delivery Operations in irrigation. March 2001. 206 p.

Plusquellec, H., Burt, C. and H W. Walter. 1994. Modern Water Control in Irrigation, World Bank Technical Paper No. 246. World Bank. 110p.

Renault, D., Facon, T. and R. Wahaj. 2007. Moderning Irrigation Management- the MASSCOTE Approach (Mapping System and Services for Canal Operation Techniques, Irrigation and Drainage Paper No.63, FAO, Rome. 227p.

Royal Irrigation Department. 2004. Monitoring and Evaluation of the Productivity Increasing in the Irrigation Area and Natural Water Resources Projects: Manual for PI&SS Program for Operation and Maintenance of Irrigation System . 81 p. (written in Thai Language).

Royal Irrigation Department. 2005. Feasibility Study Report on Phetchaburi O&M Project Improvement Program : Main Report. Progress Technology Consultants and Rodge and Associates Ltd., March 2005. (written in Thai Language).

Royal Irrigation Department. 2005. Feasibility Study Report on Phetchaburi O&M Project Improvement Program : Manual for O&M, Water Management and Database. Progress Technology Consultants and Rodge and Associates Ltd., March 2005. (written in Thai Language).

Royal Irrigation Department. 2006. Report on Survey-Design of Ban Phum Reservoir Project, Sakol Nakhon Province: Design Criteria. Asia Consultants Lid. And Southeast Asian Technology Ltd., July 2006. (written in Thai Language).

Royal Irrigation Department. 2007. RID Strategic Map. 73 p. (written in Thai Language).

Small, L.E. and Svendsen, M.(1992) A Framework for Assessing Irrigation Performance. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance No. 1. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, August. 24 p.

Suiadee, W. and T.Tingsanchali (2007).A combined simulation-genetic algorithm optimization model for optimal rule curves of a reservoir: a case study of the Nam Oon Irrigation Project, Thailand. Hydrological Processes, Vol. 21, No. 23., p. 3211-3225.

Vudhivanich, V. 2007. Field Test of RAP, Mission Report 1 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), November 2006, 10p.

Vudhivanich, V. 2007. Strategic Planning Workshop, Mission Report 2 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), October 2006, 9p.

Vudhivanich, V. 2007. RAP & SWOT Analysis for the 4 Pilot Projects, Mission Report 3 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), January 2007, 34p.

Vudhivanich, V. 2007. Service Agreement Meeting at Phetchaburi O&M Project, Mission Report 4 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), January 2007, 7p.

Vudhivanich, V. 2007. MASSCOTE Workshop at Tap Salao O&M Project, Mission Report 5 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), October 2007, 14p.

Vudhivanich, V. 2008. Pilot Projects Investigation on the Issues of Design and Operation for Year 2008 Dry Season Irrigation, Mission Report 6 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), March 2008, 19p.

Vudhivanich, V. 2007. RAP Analysis of Pilot Projects, Technical Report No.1 for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), February 2007, 99p.

Vudhivanich, V. 2007. Inception Report on Design and Operation for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), April 2007, 16p.

Vudhivanich, V. 2007. Design and Operation Progress Report, Technical Report 2, for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), July 2007, 29p.

Vudhivanich, V. 2007. RAP Manual (Thai Version) for FAO TCP/THA/3101 (Policies and Strategic Planning for the Thailand Irrigation Sector Reform Programme), July 2007, 92p.

http://www.dwr.go.th
http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm.

ANNEX FOR
DESIGN AND OPERATION REPORT

Annex 1 – TERMS OF REFERENCE (if specific TOR for the mission were provided)
National Senior Irrigation Planning Expert

Under the overall responsibility of the Coordinator, Regional Operations Branch (RAPR), FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, the technical supervision of RAPG, the National Strategic Planning Expert and Senior Irrigation Planning Expert will work together closely on all aspects of the strategic planning component. The National Strategic Planning Expert will take the lead in providing technical guidance about strategic planning methodology and the work plan. The Senior Irrigation Planning Expert will be the primary expert to work closely with RID officers such as ISRP Steering Committee, RID core team and RID workers in 4 pilot projects to make arrangements for strategic planning exercises and to provide substantive expertise on the irrigation sector to the National Strategic Planning Expert and other resource persons from outside RID. Together, they will be responsible to do the following:

- consult with the ISRP Steering Committee at the MOAC level to organize an inter-departmental ISRP Strategic Planning Team which includes the ISRP Team of PIM Specialists, other senior staff of RID, DOAE, ONWRC, Bureau of Budget, NESDB, etc.;
- work under the direction of the Coordinator for the ISRP;
- prepare a methodology and work plan for the strategic planning process;
- identify key issues to be considered and acted upon, including new mission statement for RID, governmental consolidation of water management functions, decentralization and devolution options, restructuring of RID, options for future redeployment of personnel and downsizing;
- review and provide the project evaluation tools and software such as PI&SS and Rapid Appraisal Process (RAP) etc. and develop the manual of project evaluation;
- organize, activate and supervise special working groups (RID core team) to analyse selected sub-topics (such as new mission for RID, governmental consolidation, redeployment of personnel and downsizing);
- implement project evaluation in four pilot projects using the developed project evaluation tools. The results of project evaluation will be guided for preparing strategic planning and to identify key issues of irrigation reform;
- organize, activate and supervise working groups on design and operation to develop the guidelines for design, operation and maintenance of irrigation system that are practical and improving the performance of irrigation system.
- organize and conduct a series of consultative meetings for participatory strategic planning exercises at national and regional levels (combining multiple regions in four locations, the north, northeast, central area and southern area of the country);
- prepare a report which identifies main options (with advantages and disadvantages) for revising the mission of RID and restructuring RID and the irrigation sector consistent with the ISRP;
- organize discussion seminars with the ISRP Steering Committee and Consultative Committee and in four multi-regional locations in 12th month to discuss results and recommendations of first phase of the strategic planning (which focuses on the basic restructuring plan);
- assist the ISRP Consultative Committee and Steering Committee to make appropriate recommendations to Permanent Secretaries in relevant ministries about the proposed restructuring strategy;
- prepare, after each mission, a mission report including findings and recommendations which should be discussed and cleared with the government authorities concerned before the end of the mission; present the report in MS Word to FAO, RAPR, Bangkok (within one month after the mission) and amend it in the light of comments received from FAO;
- prepare strategic planning section for interim and final reports.

Duty station: Kamphaengsaen, Nakhon Pathom (home station) and travel in-country as required
Duration: 90 days in several missions on a when-actually employed basis
EOD: 7 October 2007
NTE: 31 March 2008
Language: English

ANNEX 2 - KPIs for the 2007 RID Strategy

Goals	**KPI**
Effectiveness of result	
(1) Storage water and irrigation area increase	(1) amount of storage water increase(mcm)
	(2) increase in irrigation area (rai)
	(3) increase in water benefited area (rai)
	(4) no. of community water resources increase
	(5) increase in domestic water supply (mcm)
	(6) increase in industrial water supply (mcm)
(2) All sectors get water thoroughly and equitably	(7) wet season irrigated area (m.rai)
	(8) dry season irrigated area (m.rai)
	(9) percentage of irrigated area to target wet season irrigation area (%)
	(10) percentage of irrigated area to target dry season irrigation area (%)
(3) Losses due to water problems decrease	(11) percentage of loss values on economic crop in irrigation area due to flood and drought (%)
(4) Having appropriate cultivation area in irrigation command area	(12) percentage of irrigation area being cultivated (%)
Quality of service	
(5) Existing infrastructures ready for services	(13) % of irrigation structures functioning
	(14) % of irrigation canals in good condition
	(15) % of dams repaired and rehabilitated to standard condition
	(16) % of reservoirs the sediment was surveyed
(6) Water users get water on quantity and timely basis	(17) % of water users in irrigation area satisfied with water delivery service
	(18) no. of calibrated structures
(7) Area damage by water decreases	(19) irrigation area damaged by flood (rai)
(8) Having standard water quality	(20) % of large scale reservoir with water quality above standard
	(21) % of natural water courses with water quality above standard
Operation Efficiency	
(9) Repair and rehabilitation of irrigation structures completed as planned	(22) % of large scale irrigation projects completed the construction as planned
	(23) % of medium scale irrigation projects completed the construction as planned
	(24) % of community or rural water resources projects completed the construction as planned
	(25) % of flood control projects completed the construction as planned

	(26)) % of repair work completed as planned
	(27)) % of rehabilitation work completed as planned
	(28)) % of on farm development work completed as planned
(10) Having pre-construction activities ready as planned	(29)) % of feasibility study completed as planned
	(30)) % of survey work completed as planned
	(31)) % of design work completed as planned
	(32)) % of land procurement work completed as planned
	(33) no. of days to get permission to use forest land
(11) People, communities and other agencies participation	(34) % of projects with no protest
	(35) no. of public relation meeting during project planning and pre-construction periods
	(36) % irrigation area with water user groups established
	(37) % of water user groups with active water management
	(38) no. of young irrigation engineers been trained
(12) Public relation in conducted continuously and thoroughly	(39) no. of access to RID web site
	(40) no. of channels for public relations
	(41) no. of times for public relation activities
(13) Planning and implementation are effective	(42) wet season irrigation efficiency
	(43) dry season irrigation efficiency
	(44) water management cost per rai (B/rai)
	(45) % of large and medium scale reservoirs with storage rules
	(46) % of large and medium scale reservoirs with release rule for dry season
	(47) no. of projects having the integrated plan with other agencies for water damage prevention and mitigation
	(48) wet/dry water utilization rate (cu.m/rai)
	(49) income from non-agricultural sector increase
	(50) no. of official irrigation watercourses that can collect water fee increase
	(51) % meteo-hydrological stations established comparing to the plan
	(52) % meteo-hydrological stations working
(14) Having the warning and forecasting water situations	(53) no. of telemetering stations constructed and rehabilitated
	(54) % of telemetering stations working

	(55) % of warning to the events happened
Organizational Development	
(15) Effective management system	(56) no. of work processes that the processing steps and time reduced
	(57) % of budget paid
	(58) % of user satisfied with the service
(16) Personnel have the capability and will power to work	(59) % success in implementing knowledge management plan to support the strategic issue
	(60) no. of staffs trained
	(61) no. of curriculum for human resources management
	(62) % of users satisfied with staff performance
	(63) % of staffs satisfied with the project performance
(17) Having appropriate database and technology	(64) % progress in IT development for water resources development and management
	(65) % projects with GIS database
(18) Having research and development to support operation	(66) no. of research and development projects completed
	(67) no. of research reports that can be used beneficially
(19) Sufficient modern machines, equipments and facilities	(68) % machines and equipments working
(20) Modern regulation and legislation	(69) no. of regulations and legislation revised

ANNEX 3 - IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects

		IPTRID Indicators				
	Description	Phetchaburi	Borrommthad	Phayao	Huai Sam Pad	Huai Mong
	-	Nov-06	Nov-06	Dec-07	Jan-07	Jan-07
DI 1	Availability of water (surface plus ground) to users - using stated conveyance efficiency for surface water and assumed efficiencies for ground water, MCM (includes all farmer pumping)	703	316	n.a.	n.a.	n.a.
DI 2	Surface irrigation water inflow from outside the command area (gross at diversion and entry points), MCM	624	633	n.a.	n.a.	n.a.
	Net groundwater imported into the project, MCM	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
	Total irrigation water supply (surface plus groundwater) brought into the project boundaries, MCM.	624	633	n.a.	n.a.	n.a.
DI 3	Physical area of cropland in the command area (not including multiple cropping), ha	57063	58,400	146	2,706	9,789
DI 4	Irrigated crop area in the command area, including multiple cropping, ha	57063	56,368	226	2,866	13,288
	Annual external irrigation supply per unit command area (m^3/ha)	10931	10,835	n.a.	0	0
	Annual irrigation supply per unit irrigated area (including multiple cropping) - (m^3/ha)	10931	11,226	n.a.	0	0

ANNEX 3 - IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects

DI 5	Total external water supply - including gross precipitation and net aquifer withdrawl, but excluding internal recirculation, MCM	1140	1,217	n.a.	30	131
DI 8	Flow rate capacity of main canal(s) at diversion point(s), cms	54	52	n.a.	3	10
DI 9	Peak gross irrigation requirement, including all inefficiencies, cms	100	51	n.a.	#DIV/0!	#DIV/0!
DI 10	Gross annual volume of irrigation water entitlement, MCM	895	n.a.	n.a.	8	40
DI 10	Gross maximum flow rate entitlement of the project, cms	0	0	n.a.	0	0
DI 10a	Average percentage of the entitlement that is received, %	76		n.a.	100	36
DI 12	Gross revenue collected from water users, including in-kind services. $US	32,665	1,584	313	#VALUE!	15,541
DI 13	Total management, operation and maintenance cost of project. $US	3,265,026	2,672,607	31,312	246,570	579,274
DI 14	Total annual (Project + WUA) expenditure on system maintenance, $US	237,254	1,108,039	n.a.	#REF!	#REF!
	Total number of Project and WUA employees	2,253	199	13	10	46
DI 15	Total cost of personnel in the project and WUAs, $US	2,042,478	777,584	26,283	23,508	189,246
DI 16	Total number of Project and WUA employees who work in the field	1,001	45	8	4	9
DI 17	Gross revenue that is due from the water users, $US	#DIV/0!	#DIV/0!	625	#VALUE!	15,541

ANNEX 3 - IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects

DI 18	Gross annual agricultural production, tons	see note below				
DI 19	Total annual value of agricultural production at the farm gate, $US	132,395,528	44,538,672	148,838	1,108,100	19,961,530
DI 20	Total annual volume of water consumed as ET on the fields (ET) - MCM	458	883	n.a.	19	82
DI 21	Average irrigation water salinity, dS/m	3	n.a.	n.a.	1	1
DI 21	Average drainage water salinity, dS/m	0	n.a.	n.a.	0	0
DI 22	Biological load (BOD) of the irrigation water, average mgm/l	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DI 22	Biological load (BOD) of the drainage water, average mgm/l	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DI 23	Chemical Oxygen Demand (COD) of the irrigation water, average mgm/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DI 23	Chemical Oxygen Demand (COD) of the drainage water, average mgm/l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DI 24	Change in water table depth over the last 5 years, m	n.a.	-1.0	n.a.	n.a.	n.a.
DI 25	Average annual depth to the water table, m	2.5	5.0	n.a.	n.a.	n.a.
DI26	Differences in the volume of incoming salt and outgoing salts	Requires in-depth computations				
RAP 9	Total annual NET groundwater pumping, MCM	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
RAP 20	Crop ET - Effective Rainfall, MCM	102	389	n.a.	n.a.	n.a.
RAP 31	Average Field Irrigation Efficiency, % (computed from ET and Gross)	45	123	n.a.	n.a.	n.a.
RAP 15	Estimated conveyance efficiency for pumped internal aquifer water, %	42	95	n.a.	40	70
	Values for DI 18 must be extracted from Table 9 on each					

ANNEX 3 - IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects

	INPUT-Year"X" worksheet					
IPTRID Indicators (computed from the values above)						
	**Note - IPTRID indicators may not equal the RAP indicators of the same name because the RAP indicators reflect recent USA understanding of terminology for transferrable indicators.					
	Annual irrigation water delivery per unit command area (m^3/ha)	10,931	10,835	n.a.	n.a.	n.a.
	Annual irrigation water delivery per unit irrigated area (m^3/ha)	10,931	11,226	n.a.	n.a.	n.a.
	Conveyance system water delivery efficiency, % (as stated)	113	50	n.a.	n.a.	n.a.
	Annual relative water supply ***does not include rice deep perc.***	2.5	1.4	n.a.	1.6	1.6
	Annual relative irrigation supply ***does not include rice deep perc.***	6.1	1.6	n.a.	0.0	0.0
	Security of entitlement supply, % received	76			100	35.86
	Cost recovery ratio	0.01	0.00	0.01	#VALUE!	0.03
	Maintenance cost to revenue ratio	7	699	n.a.	#REF!	#REF!
	Total MOM cost per unit area (US$/ha)	57	46	49	91	59
	Total cost per employee (US$/person)	890	3,907	2,022	2,351	4,114
	Revenue collection performance	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#VALUE!	1
	Staff per unit area (Persons/ha)	0.0406	0.0035	0.0629	0.0035	0.0035
	(Number of turnouts operated by staff)/(total field staff persons)	0.1705	0.0000	0.8846	1.1000	9.0652
	Total revenue per unit volume of water delivered by project authorities (US$/$m^3$)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Total MOM cost per unit volume of water delivered by the project authorities (US$/$m^3$)	0.0052	0.0042	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	Total annual value of agricultural production (US$)	132,395,528	44,538,672	148,838	1,108,100	19,961,530

ANNEX 3 - IPTRID Indicators of 5 Pilot Projects

	Output per unit command area (US$/ha)	2,320	763	913	410	2,039
	Output per unit irrigated area, including multiple cropping (US$/ha)	2,320	790	511	387	1,502
	Output per unit irrigation supply that is imported into the project boundaries (US$/$m^3$)	0.2123	0.0704	n.a.	#DIV/0!	#DIV/0!
	Output per unit of total water (including precipitation) into the project (US$/$m^3$)	0.1162	0.0366	n.a.	0.0370	0.1523
	Output per unit water consumed (US$/$m^3$)	0.2170	0.0504	n.a.	0.0587	0.2437

180

TCP/THA/3101
Technical document

TECHNICAL COOPERATION PROGRAMME

POLICIES AND STRATEGIC PLANNING FOR THE THAILAND IRRIGATION SECTOR REFORM PROGRAMME

T H A I L A N D

RAP Manual (Thai Version)

by

Dr.Varawoot Vudhivanich
National Consultant on Senior Irrigation Planning Expert
(Design and Operation Expert)

MINISTRY OF AGRICULTURE AND COOPERATIVES

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

Bangkok, July 2007

โครงการความร่วมมือทางด้านเทคนิค TCP/THA/3101

การวางนโยบายและยุทธศาสตร์การปฏิรูปการชลประทานของประเทศไทย

คู่มือ
การประเมินผลโครงการชลประทานอย่างรวดเร็วฉบับภาษาไทย

แปลและเรียบเรียงโดย

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนชลประทาน

(ที่ปรึกษาด้าน Design and Operation)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

และ

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ

กรกฎาคม 2550

คำนำ

เทคนิคการประเมินผลโครงการชลประทานอย่างรวดเร็ว ซึ่งเรียกสั้นๆ ว่า RAP (Rapid Appraisal Process) เป็นเครื่องมือที่ Dr. Charles Burt แห่ง Irrigation Training and Research Center (ITRC) California Polytechnic State University (Cal Poly) ได้พัฒนาขึ้น โดย FAO และ World Bank เป็นผู้ให้การสับสนุนทางด้านการเงิน RAP คือเครื่องมือสำหรับการประเมินผลการดำเนินงานของระบบชลประทาน โดยการออกสำรวจ เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากสำนักงานและสนาม และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง โดยคณะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้เกี่ยวกับระบบชลประทานและรู้เทคนิคการใช้ RAP จำนวน 3-4 คน การประเมินผลการดำเนินงานจะใช้เวลา 1-2 สัปดาห์ ผลการประเมินจะอยู่ในรูปของดรรชนีภายนอกและดรรชนีภายใน ดรรชนีภายภายนอกจะช่วยชี้ให้เห็นว่ามีอะไรที่ต้องปรับปรุง ขณะที่ดรรชนีภายในจะช่วยบอกว่าจะต้องปรับปรุงอะไรบ้างเพื่อให้โครงการทันสมัย ตามแนวคิดของโครงการชลประทานสมัยใหม่ซึ่งเน้นการให้บริการด้านการส่งน้ำที่มีมาตรฐาน (Service Oriented Management, SOM)

RAP ถูกพัฒนาขึ้นบน Excel Worksheet ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน ผู้ใช้สามารถเข้าไปตรวจสอบเกณฑ์การประเมินค่าดรรชนีต่างๆได้ แต่ไม่ควรแก้ไขสูตรการคำนวณต่างๆ ถ้าไม่เข้าใจสูตรการคำนวณต่างๆ อย่างถ่องแท้

ในการใช้งาน ควรคัดลอกไฟล์ไปใช้ ไม่ควรกรอกข้อมูลลงในไฟล์ต้นฉบับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการะบวนการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย แนะนำให้อ่าน World Bank Technical Report No.246 (Modern Water Control in Irrigation – Concepts, Issues and Applications) และ FAO Water Reports No. 19 (Modern Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance) ประกอบ

ผู้เขียนได้แปลเอกสารชุดนี้ขึ้นพร้อมทั้งแปล Excel Worksheet 1-14 เป็นภาษาไทย หลังจากที่ได้ทดลองใช้ RAP วิเคราะห์และประเมินโครงการชลประทานทั้งขนาดใหญ่ ขนากลาง และขนาดเล็ก จำนวน 6 โครงการ โดยมี รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน ช่วยกรุณาตรวจแก้ข้อความให้อ่านง่ายยิ่งขึ้น ผู้เขียนหวังว่าคู่มือ RAP ฉบับภาษาไทยเล่มนี้จะช่วยให้ผู้ที่เริ่มทดลองใช้ RAP สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น ไม่ติดปัญหาเรื่องภาษา และหวังว่ากรมการชลประทานจะสามารถนำ RAP ไปใช้ประโยชน์ในการประเมินผลการดำเนินงานและการปรับปรุงโครงการต่อไป

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนชลประทาน
(ที่ปรึกษาด้าน Design and Operation)

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
หน้าปก	i
หน้าปกใน	ii
คำนำ	iii
สารบัญ	iv
สิ่งสำคัญในการเตรียมตัวก่อนออกสนาม	1
1. บทนำ (Introduction)	2
2. หลักการของการประเมินอย่างรวดเร็ว (RAP)	5
3. ดรรชนีภายนอก (External Indicators)	7
4. กระบวนการภายในและดรรชนีภายใน (Internal Processes and Internal Indicators)	9
5. แนวทางการใช้ RAP Excel worksheet	46
5.1 ชื่อ และชนิดของ Excel Worksheet	46
5.2 การกำหนดสีที่ใช้ในเซลล์ และความหมายของสีต่าง ๆ	46
6. รายละเอียด Worksheet	48
6.1 Worksheet 1 – Input – Year 1	48
6.1.1 ข้อมูลที่ต้องป้อนก่อนตารางที่ 1	48
6.1.2 ตารางที่ 1- สัมประสิทธิ์พืช และ ECe สูงสุดของพืช (Field Coefficients, Kc, and Crop Threshold, ECe)	50
6.1.3 ตารางที่ 2 – ค่า ETo รายเดือน	53
6.1.4 ตารางที่ 3 น้ำผิวดินที่นำเข้าสู่พื้นที่โครงการ (Surface Inflow)	54
6.1.5 ตารางที่ 4 แหล่งน้ำผิวดินภายใน (Internal Surface Water Sources)	54
6.1.6 ตารางที่ 5 พื้นที่เพาะปลูกรายเดือน	54
6.1.7 ตารางที่ 6 ข้อมูลน้ำใต้ดิน (Groundwater)	56
6.1.8 ตารางที่ 7 ฝน(Rainfall) ฝนใช้การ(Effective Rainfall) และน้ำฝนที่ซึมลึกเลยเขตราก(Rainfall Deep Percolation)	56
6.1.9 ตารางที่ 8 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรการพิเศษอื่น ๆ	57
6.1.10 ตารางที่ 9 ผลผลิตพืชและราคาผลผลิต	57
6.2 Worksheet 4 – External Indicator	57
7. ดรรชนีภายใน (Internal Indicators)	58
7.1 Worksheet 5 - คำถามเกี่ยวกับสำนักงานโครงการ (Project Office Questions)	58

เนื้อหา	หน้า
7.2 Worksheet 6 - คำถามเกี่ยวกับพนักงานโครงการ (Project Employees)	59
7.3 Worksheet 7 - สมาคมผู้ใช้น้ำ (WUA)	59
7.4 Worksheet 8 - คลองสายใหญ่ (Main Canal)	60
7.5 Worksheet 9 – คลองซอย (Second Level Canals)	64
7.6 Worksheet 10 – คลองแยกซอย (Third Level Canals)	64
7.7 Worksheet 11 – ระบบส่งน้ำขั้นสุดท้าย (Final Deliveries)	64
7.8 Worksheet 12 – ดรรชนีภายใน (Internal Indicators)	65
7.9 Worksheet 13 - IPTRID Indicators	65
7.10 Worksheet 14 - World Bank BMTI Indicators	65
8. คำจำกัดความของดรรชนี BMTI	66
9. การแปลผล RAP	78
9.1 หลักการเบื้องต้นในการแปลผล RAP	78
9.2 การใช้ประโยชน์จากค่า Field IE	81
9.3 ข้อสรุปเกี่ยวกับการแปลผล RAP	81
9.4 ขั้นตอนหลักในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย	82
9.5 สรุป	85
10. เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก – RAP Worksheets ฉบับภาษาไทย	87

ANNEX 4-1

สิ่งสำคัญในการเตรียมตัวก่อนออกสนาม

ก่อนที่จะออกไปประเมินผลโครงการในสนาม คณะผู้ประเมินควรจัดส่ง Excel Worksheets ดังต่อไปนี้ให้ทางโครงการกรอกข้อมูล

Sheet 1 – Input-Water Balance

Sheet 5 – Project Office Questions

Sheet7 – WUA (เฉพาะบรรทัดที่ 1-94)

คณะผู้ประเมินต้องเข้าใจคำถามก่อนออกสนาม มีคำถามหลายคำถามที่ไม่สามารถตอบได้โดยการสัมภาษณ์ หรือการถามโดยตรงขณะอยู่ในสนาม แต่ข้อสังเกตหรือสิ่งที่พบเห็นขณะสำรวจคลองสายใหญ่ คลองซอย คลองแยกซอย คูน้ำ กลุ่มผู้ใช้น้ำ สำนักงานโครงการ และพื้นที่เพาะปลูก จะช่วยให้สามารถตอบคำถามเหล่านั้นได้

1. บทนำ (Introduction)

การประเมินผลอย่างรวดเร็ว (Rapid Appraisal Process, RAP) คือเครื่องมือที่จะช่วยให้คณะผู้ประเมินผลสามารถหาดรรชนีหลัก (Key Indicators) ที่สำคัญต่อการบริหารจัดโครงการชลประทานได้อย่างเป็นระบบและอย่างรวดเร็ว ถ้าโครงการชลประทานมีข้อมูลพื้นฐานที่ RAP ต้องการอยู่แล้ว การประเมินผลโครงการชลประทานสามารถทำได้แล้วเสร็จภายใน 2 สัปดาห์ ดรรชนีแสดงผลการทำงานหลัก (Key Performance Indicators) ที่ได้จาก RAP จะช่วยให้โครงการชลประทานทราบข้อเท็จจริงที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

- ศักยภาพในการอนุรักษ์น้ำในโครงการ
- จุดอ่อนจำเพาะของโครงการด้านการดำเนินการ การบริหารทรัพยากรและฮาร์ดแวร์
- แนวทางการดำเนินงานที่สำคัญอันจะช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการดำเนินงานโครงการ (Project Performance)

เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน RAP จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นบน Excel ประกอบด้วย Worksheets ต่างๆ 14 Worksheets ดังตารางที่ 1 รายละเอียด RAP Worksheets ฉบับภาษาไทย 14 Worksheets แสดงอยู่ในภาคผนวกท้ายเล่ม

ตารางที่ 1 รายละเอียด RAP Excel Worksheets

Sheets	Name	Worksheet Description
1	1.Input-Water Balance for Year1	If one wants to use only one year data, the average water year should be used. It requires the input (mostly monthly) of: - Crop names - Irrigation Water Salinity - Crop threshold ECe values - Field crop coefficients, by month - Areas of crops - Water supply - Precipitation - Recirculation and groundwater pumping - Special agronomic requirements
2	2.Input-Water Balance for Year 2	Insert sheet2 and copy form and format from sheet1 to sheet 2 and rename. Make appropriate link cells in column X-AI in sheet 4.
3	3.Input-Water Balance for Year 3	Insert sheet3 and copy form and format from sheet1 to sheet 3 and rename. Make appropriate link cells in column AK-AV in sheet 4.
4	**4.External Indicators *(ignore these, except to input needed "CI" values)***	Automatic computations of monthly and annual values of various water supply indicators. These are temporary values-except the user must input "CI" values. The final, important values can be found in the worksheet '14. World Bank BMTI Indicators'

Sheets	Name	Worksheet Description
5	5. Project Office Questions	Most of the data for this sheet are obtained from the Project office. They include: - General project conditions - Water supply location - Ownership of land and water - Currency - Budgets - Project operation, as described by office staff - Stated water delivery service at various levels in the system.
6	6. Project Employees	Requests information regarding employee training, motivation, dismissal, and work descriptions.
7	7. WUA	Data for Water User Associations (WUA) that were not obtained in the "Project Office Questions" are obtained here. This requires asking questions in the Project Office as well as having interviews with Water User Associations. Questions are related to: - Size of WUAs - Strength of organization - Functions - Budgets - Water charges
8	8. Main Canal	Data for the Main Canal, including - Control of flows - General canal characteristics - Cross regulators - General conditions - Operation rules - Turnouts - Communications - Regulating reservoirs - The level of service provided to the next lower level
9	9. Second Level Canals	Same as Main Canal
10	10. Third Level Canals	Same as Second Level Canals
11	11. Final Deliveries	Information regarding the level of water delivery service to individual ownership units, and at the last point of operation by paid employees.
12	**12. Internal Indicators**	This worksheet summarized the internal indicators that were calculated in the previous worksheets, plus asks for input regarding a few extra indicators. Weighted category indicators are computed for groups of sub-indicators.
13	13. Benchmark Indicators *(ignore these)*	This worksheet holds intermediate calculated values. Ignore this page.
14	**14. World Bank BMTI Indicators**	This, plus worksheet 12, provide the final summary for the exercise.

ผลการประเมินอยู่ในรูปของดรรชนีภายนอก (External Indicators) ใน Sheet ที่ 4 และ ดรรชนีภายใน (Internal Indicators) ใน Sheet ที่ 12 และ World Bank Technical Indicators(BMTI) ใน Sheet ที่ 14

Benchmarking คือ กระบวนการที่มีหลักการคล้ายกับ RAP เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการมีการพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งแบบภายในและภายนอก การเปรียบเทียบแบบภายในทำโดยเปรียบเทียบผลการดำเนินการกับเป้าหมาย และการเปรียบเทียบแบบภายนอกทำโดยเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของโครงการหรือองค์กรนั้น ๆ กับโครงการหรือองค์กรอื่นที่มีหน้าที่ทำนองเดียวกัน

ใน Sheet 14 – World Bank BMTI Indicators (BMTI = Benchmarking Technical Indicators) คือผลจากความพยายามของ FAO/World Bank/IPTRID ที่จะใช้ประโยชน์จาก RAP Internal and External Indicators เพื่อนำไปใช้ในการทำ Benchmarking

ตัวอย่างการใช้ RAP ประเมินโครงการชลประทาน 16 โครงการทั่วโลกรายงานอยู่ใน FAO Water Report 19-Modern Water Control and Management Practices in Irrigation - Impact on Performance (Burt and Styles, 1999) ซึ่งสามารถ Download ได้จาก http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm

2. หลักการของการประเมินอย่างรวดเร็ว (RAP)

การประเมินผลอย่างรวดเร็ว (RAP) คือ กระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากสำนักงานและสนาม โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ เพื่อทำการวินิจฉัยการดำเนินการและผลลัพธ์โดยตรวจสอบปัจจัยภายนอก เช่น อุปทานของน้ำ และผลผลิตของโครงการ และตรวจสอบปัจจัยภายใน ทั้งฮาร์ดแวร์และกระบวนการในการส่งและกระจายน้ำจากแหล่งน้ำไปยังทุกระดับของโครงการ RAP จะให้ค่าดรรชนีทั้งภายนอกและภายในอันเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานโครงการ เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) เป็นบรรทัดฐาน (Baseline) ในการเปรียบเทียบกับประสิทธิผลการดำเนินงานในอนาคตหลังจากการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย (Modernization)
(2) เป็น Benchmarking สำหรับการเปรียบเทียบกับโครงการอื่น
(3) เป็นพื้นฐาน (Basis) ในการตัดสินใจที่จะปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย และปรับปรุงการบริการส่งน้ำ (Improvement of Water Delivery Service)

สิ่งสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการนำ RAP ไปใช้งาน คือ

(1) ต้องมีการฝึกอบรมด้านการชลประทานแก่คณะผู้ประเมิน
(2) ต้องมีการฝึกอบรมเทคนิคการใช้ RAP
(3) ทางโครงการต้องให้การสนับสนุนและช่วยวิพากษ์วิจารณ์(Critic) การดำเนินงาน เมื่อคณะผู้ประเมินเริ่มการดำเนินงานสนาม

การใช้ RAP จะไม่ประสบผลสำเร็จ ถ้าผู้ประเมินเพียงแค่ Email ส่ง Excel Worksheet ให้โครงการกรอกข้อมูล แต่ผู้ประเมินต้องมีความรู้ความเข้าใจสาระสำคัญของคำถาม และรู้วิธีการวินิจฉัยหาคำตอบที่เหมาะสมจากข้อมูลที่ได้รับ ตามหลักการของ RAP ถ้าให้ผู้ประเมินที่มีประสบการณ์การใช้ RAP 2 คน ประเมินโครงการชลประทานเดียวกัน จะได้ค่าดรรชนีที่ไม่แตกต่างกัน

ในการประเมินผลด้วย RAP บางโครงการจะมีข้อมูลพื้นฐานพร้อมสำหรับการประเมินดรรชนีภายนอก เช่น ข้อมูลสมดุลน้ำและประสิทธิภาพการชลประทาน แต่บางโครงการอาจไม่มีข้อมูล หรือมีแต่ไม่พร้อมใช้งาน กรณีหลังอาจต้องใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ในการดึงข้อมูลออกมาใช้งาน ส่วนกรณีไม่มีข้อมูลคงจะไม่สามารถเก็บข้อมูลใหม่ได้ในระยะเวลาอันสั้น กรณีที่ข้อมูลที่ใช้มีความไม่แน่นอน ควรมีการระบุช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals, CI) ของข้อมูลที่ใช้ โดยทั่วไปข้อมูลที่ใช้ควรมีความแม่นยำประมาณ 5- 10 %

ในการประเมินด้วย RAP จะเริ่มจากการขอข้อมูลจากโครงการ เช่น พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำที่โครงการได้รับ ข้อมูลภูมิอากาศ งบประมาณ และเจ้าหน้าที่ของโครงการ เมื่อคณะผู้ประเมินเดินทางถึงโครงการจะเริ่มตรวจสอบและจัดการข้อมูลที่ได้รับ และสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการเกี่ยวกับข้อมูลที่ขาดหายไป และแนวคิดเกี่ยวกับการบทบาทหน้าที่ของโครงการ หลังจากนั้นจึงเริ่มออกตรวจสอบระบบคลองส่งน้ำ สอบถามเจ้าหน้าที่และเกษตรกร ดูวิธีการควบคุมน้ำและฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมน้ำ การวินิจฉัยโครงการอย่างเป็นระบบ จะทำให้เห็นถึงองค์ประกอบทางวิศวกรรมและการดำเนินงานที่สำคัญที่มีผลต่อการดำเนินงานของโครงการชลประทาน

ดรรชนีภายนอกของ RAP จะทำให้ทราบว่ามีอะไรบ้างที่ต้องปรับปรุง ส่วนดรรชนีภายใน จะมีประโยชน์ต่อการกำหนดแผนดำเนินการ (Action Plan) ในการปรับปรุงซึ่งจะมีผลดีต่อดรรชนีภายนอก

3. ดรรชนีภายนอก (External Indicators)

การประเมินดรรชนีภายนอก จะอยู่ในรูปของการประเมินปัจจัยการผลิต(Inputs) และ ผลผลิต (Outputs) ของโครงการ แล้วนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการใช้น้ำชลประทาน ด้านผลผลิต และด้านการใช้งบประมาณ อาทิเช่น

$$\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน (\%)} = 100\ \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการ}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่ง}}$$

ดรรชนีภายนอกจะไม่บอกว่าควรต้องดำเนินการอะไรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเหล่านั้น แต่ดรรชนีภายในซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานและฮาร์ดแวร์ของโครงการจะสามารถช่วยระบุว่าควรต้องทำอะไรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่นถ้าผลการประเมิน พบว่า ดรรชนีภายนอกมีค่าต่ำมาก อาจนำไปประกอบการตัดสินใจเพื่อปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย ซึ่งน่าจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของดรรชนีภายนอกดีขึ้น

ข้อมูลปริมาณน้ำที่ชลประทานที่ใช้ ได้จากการตรวจวัดหรือการคำนวณ ซึ่งปกติอาจมีการผิดพลาดหรือมีความไม่แน่นอนอยู่บ้างโดยธรรมชาติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการระบุค่าความไม่แน่นอนของค่าประมาณในรูปของช่วงความเชื่อมั่น (CI)

กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ถ้า CI = $\pm$CV = $\pm\frac{s}{\bar{x}}$ = 0.68 = 68%

ถ้า CI = $\pm$2CV = $\pm 2\frac{s}{\bar{x}}$ = 0.95 = 95%

จึงแนะนำให้ประมาณค่า CI ของข้อมูลใน Sheet 4 – External Indicators ค่า CI ของดรรชนีภายนอกที่คำนวณจากข้อมูล 2 ชุดที่เป็นอิสระต่อกัน จะคำนวณได้จากสมการ

$$CI_r = \frac{\sqrt{m_1^{\,2} CI_1^{\,2} m_2^{\,2} CI_2^{\,2}}}{m_1 + m_2}$$

เมื่อ CI_r = CI ของผลการคำนวณ (result)

CI_1, CI_2 = CI ของข้อมูลที่ 1 และ 2

m_1, m_2 = ค่าของข้อมูลที่ 1 และ 2

ถ้าข้อมูลไม่เป็นอิสระต่อกัน จะคำนวณ CI ได้จากสมการ

$$CI_r = \sqrt{CI_1^2 + CI_2^2 + \frac{CI_1^2 CI_2^2}{4}}$$

4. กระบวนการภายในและดรรชนีภายใน (Internal Processes and Internal Indicators)

เป้าหมายของการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย (Modernization) คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทาน เพิ่มผลผลิต ซึ่งเป็นดรรชนีภายนอก และลดความเสียหายของคลองเนื่องจากการควบคุมระดับน้ำ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้คนงาน การส่งเสริมการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุขของสังคม และการปรับปรุงสถานภาพแวดล้อมโครงการโดยการผันน้ำน้อยลง หรือการเพิ่มคุณภาพน้ำของ Return Flows ซึ่งเป็นดรรชนีภายใน RAP จะช่วยบอกรายละเอียดในการปรับปรุงวิธีการควบคุมน้ำของโครงการและการเพิ่มประสิทธิผลการส่งน้ำให้ผู้ใช้น้ำ

Excel Worksheets 5 – 11 ของ RAP จะช่วยในการประเมินหาดรรชนีภายในซึ่งมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

(1) ระบุองค์ประกอบหลักที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมน้ำของโครงการ

(2) กำหนดระดับการส่งน้ำให้ผู้ใช้น้ำ

(3) ตรวจสอบฮาร์ดแวร์และเทคนิคการจัดการและกระบวนการที่ใช้ในการควบคุมและกระจายน้ำ

ดรรชนีภายในจะถูกประเมินออกมาเป็นตัวเลข 0 – 4 ซึ่งมีความหมายดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าของดรรชนีภายใน

ค่าของดรรชนีภายใน	ความหมาย
0	แย่มาก ต้องปรับปรุง
1	แย่ ต้องปรับปรุง
2	พอใช้
3	ดี
4	ดีมาก

ดรรชนีภายในแสดงอยู่ใน Sheet 12 (Internal Indicators) ซึ่งประกอบด้วยดรรชนีหลัก (Prime Indicators) และดรรชนีย่อย (Sub–Indicators) ซึ่งดรรชนีย่อยแต่ละตัวจะมีค่าน้ำหนัก (Weight Factor) ซึ่งบอกถึงความสำคัญของดรรชนีย่อย เมื่อทราบค่าของดรรชนีย่อยแต่ละตัวจะสามารถคำนวณหาค่าของดรรชนีหลักได้จากสูตร

$$PII = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \times SII_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ PII = ค่าดรรชนีภายในหลัก(Prime Internal Indicators) ซึ่งมีค่า 0-4

SII_i = ค่าของดรรชนีภายในย่อยที่(Sub-Internal Indicator) i ซึ่งมีค่า 0-4

W_i = ค่าน้ำหนักของดรรชนีภายในย่อยที่ i

ดรรชนีหลัก มีทั้งหมด 39 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 3 ดรรชนีหลักตัวที่ 1-34 ประกอบด้วยดรรชนีย่อย 1-6 ตัว ส่วนดรรชนีหลักตัวที่ 35-39 คือดรรชนีพิเศษ ซึ่งไม่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0-4 รายละเอียดดรรชนีหลัก ดรรชนีย่อย เกณฑ์การกำหนดค่าดรรชนี และค่าน้ำหนักของดรรชนีแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ดรรชนีภายในหลัก (Prime Internal Indicators)

หมายเลข	ดรรชนีภายในหลัก
I-1	การบริการส่งน้ำจริงให้แต่ละแปลงได้รับ
I-2	การส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ให้แต่ละแปลงได้รับ
I-3	การบริการส่งน้ำจริงที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุม
I-4	การบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุม
I-5	การบริการส่งน้ำจริงของคลองสายใหญ่
I-6	การบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ของคลองสายใหญ่
I-7	ตัวชี้วัด - ลักษณะพฤติกรรมการปฏิบัติตามกติกา ตลอดระบบคลองที่บริหารโดยพนักงานที่ได้รับค่าจ้าง
	คลองสายใหญ่
I-8	ดรรชนีปตร. กลางคลองสายใหญ่
I-9	ดรรชนี Turnouts ของคลองสายใหญ่
I-10	ดรรชนีอ่างพักน้ำในคลองสายใหญ่
I-11	การติดต่อสื่อสารและการคมนาคมในการดูแลคลองสายใหญ่
I-12	สภาพทั่วไปของคลองสายใหญ่
I-13	การควบคุมน้ำในคลองสายใหญ่

ตารางที่ 3 (ต่อ) ดรรชนีภายในหลัก (Prime Internal Indicators)

หมายเลข	ดรรชนีภายในหลัก
	คลองซอย
I-14	ดรรชนีปตร. กลางคลองซอย
I-15	ดรรชนี Turnouts ของคลองซอย
I-16	ดรรชนีอ่างพักน้ำในคลองซอย
I-17	การติดต่อสื่อสารและการคมนาคมในการดูแลคลองซอย
I-18	สภาพทั่วไปของคลองซอย
I-19	การควบคุมน้ำในคลองซอย
	คลองแยกซอย
I-20	ดรรชนีปตร. กลางคลองแยกซอย
I-21	ดรรชนี Turnouts ของคลองแยกซอย
I-22	ดรรชนีอ่างพักน้ำในคลองแยกซอย
I-23	การติดต่อสื่อสารและการคมนาคมในการดูแลคลองแยกซอย
I-24	สภาพทั่วไปของคลองแยกซอย
I-25	การควบคุมน้ำในคลองแยกซอย
I-26	งบประมาณ
I-27	เจ้าหน้าที่
I-28	องค์การผู้ใช้น้ำ
I-29	ประสิทธิภาพการเจ้าหน้าที่
I-30	การใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรการ
I-31	การใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมน้ำ
I-32	ความสามารถในการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกเพื่อสนับสนุนการชลประทานสมัยใหม่ (ให้น้ำระบบท่อภายใต้แรงดัน)
I-33	การเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนการชลประทานสมัยใหม่ (ให้น้ำระบบท่อภายใต้แรงดัน)
I-34	การรับและใช้ประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ
I-35	ความหนาแน่นของ Turnouts

ตารางที่ 3 (ต่อ) ดรรชนีภายในหลัก (Prime Internal Indicators)

หมายเลข	ดรรชนีภายในหลัก
	ดรรชนีพิเศษที่ไม่ได้มีค่า 0-4
I-36	จำนวน Turnouts/Operator
I-37	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในคลองสายใหญ่
I-38	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในคลองซอย
I-39	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในระดับแปลงนา

ตารางที่ 4 รายละเอียดดรรชนีภายใน ใน Sheet ที่ 4 ของ RAP

No.	Primary Indicator	Sub-Indicator	Ranking Criteria	Wt
I-1	การบริการส่งน้ำจริงให้แต่ละแปลงได้รับ			
I-1A		การวัดปริมาตรน้ำที่ส่งให้แต่ละแปลง (Measurement of volumes to the individual units)	4 - เครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม มีการใช้งานอย่างเหมาะสม และมีการบันทึกข้อมูล 3 - เครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ มีการใช้งานอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 2 - มีเครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำที่มีประโยชน์ แต่การวัดปริมาตรและอัตราการส่งน้ำยังไม่ดี 1 - มีการวัดอัตราการส่งน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ไม่มีการวัดปริมาตร 0 - ไม่มีการวัดปริมาตรและอัตราการส่งน้ำ	1
I-1B		ความยืดหยุ่นในการส่งน้ำให้แต่ละแปลง (Flexibility to the individual units)	4 - ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความถี่ อัตรา และช่วงเวลาการส่งน้ำ แต่ผู้ใช้น้ำต้องกำหนดล่วงหน้า 2-3 วัน 3 - กำหนดความถี่ อัตรา หรือช่วงเวลาการส่งน้ำแน่นอนตายตัว แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 - บังคับใช้วิธีส่งน้ำแบบรอบเวร แต่สอดคล้องกับความต้องการน้ำของพืชโดยประมาณ	2

			1 - ส่งน้ำแบบรอบเวร แต่รอบเวรการส่งน้ำไม่ค่อยแน่นอน 0 - ไม่มีเกณฑ์	
I-1C		ความน่าเชื่อถือในการส่งน้ำให้แต่ละแปลง (Reliability to the individual units)	4 - น้ำมาถึงจุดนี้ตามความถี่ อัตราและ ช่วงเวลาการส่งน้ำที่กำหนด และทราบปริมาตรน้ำ 3 – อัตราและช่วงเวลาการส่งน้ำมีความน่าเชื่อถือได้สูงมาก แต่นานๆครั้งจะส่งล่าช้าและทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง 2 – น้ำถูกส่งมาถึงจุดนี้ในเวลาที่ต้องการ ในปริมาณที่ถูกต้อง แต่ไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง 1 – ไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง การส่งน้ำยังไม่ค่อยน่าเชื่อถือ แต่เกิดขึ้นน้อยกว่า 50% ของระยะเวลาส่งน้ำทั้งหมด 0 – ความถี่ อัตรา และ ระยะเวลาการส่งน้ำไม่น่าเชื่อถือ มากกว่า 50% ของเวลาและไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง	4
I-1D		ความเสมอภาค/เป็นธรรมในการส่งน้ำให้แต่ละแปลง (Apparent equity to individual units)	4 – ทุกจุดในโครงการ และภายในระบบคูน้ำ ได้รับน้ำการบริการส่งน้ำแบบเดียวกัน 3 – ทุกพื้นที่ของโครงการได้รับน้ำเท่ากัน แต่ภายในเขตพื้นที่เดียวกันได้รับน้ำไม่เสมอภาค 2 – แต่ละพื้นที่ของโครงการได้รับไม่น้ำเท่ากัน แต่ภายในเขตพื้นที่เดียวกันได้รับน้ำเสมอภาค 1 – ความเสมอภาคอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ทั้งต่างพื้นที่และภายในพื้นที่	4

			0 – มีความไม่เสมอภาค มากกว่า 50 % เมื่อพิจารณาตลอดทั่วทั้งโครงการ	
I-2	การส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ให้แต่ละแปลงได้รับ			
I-2A		เหมือนดรรชนี I-1A		
I-2B		เหมือนดรรชนี I-1B		
I-2C		เหมือนดรรชนี I-1C		
I-2D		เหมือนดรรชนี I-1D		
I-3	การบริการส่งน้ำจริงที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุม			
I-3A		จำนวนแปลงท้ายน้ำจุดนี้ (No. of fields downstream of this points)	4 - 1 แปลง 3 - น้อยกว่า 3 แปลง 2 - น้อยกว่า 6 แปลง 1 - น้อยกว่า 10 แปลง	1

			0 - 10 แปลงหรือมากกว่า	
I-3B		การวัดปริมาตรน้ำที่ส่งให้จุดนี้ (Measurement of volumes delivered at this point)	4 - เครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม มีการใช้งานอย่างเหมาะสม และมีการบันทึกข้อมูล 3 - เครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ มีการใช้งานอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 2 - มีเครื่องมือวัดน้ำและควบคุมน้ำที่มีประโยชน์ แต่การวัดปริมาตร และอัตราการส่งน้ำยังไม่ดี 1 - การวัดอัตราการส่งน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ไม่มีการวัดปริมาตร 0 - ไม่มีการวัดปริมาตรและอัตราการส่งน้ำ	4
I-3C		ความยืดหยุ่นในคูน้ำ (Flexibility)	4 - ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความถี่ อัตรา และรอบเวรการส่งน้ำ แต่ผู้ใช้น้ำต้องกำหนด ล่วงหน้า 2-3 วัน 3 - กำหนดความถี่ อัตรา หรือรอบเวรการส่งน้ำแน่นอนตายตัว แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 - บังคับใช้วิธีส่งน้ำแบบหมุนเวียน แต่สอดคล้องกับความต้องการน้ำของพืช โดยประมาณ 1 - ส่งน้ำแบบหมุนเวียน แต่แผนการส่งน้ำไม่ค่อยแน่นอน 0 - ไม่มีเกณฑ์	4
I-3D		ความน่าเชื่อถือได้ในคูน้ำ	4 - น้ำมาถึงจุดนี้ตามความถี่ อัตราและ ช่วงเวลาการส่งน้ำที่กำหนด และทราบปริมาตรน้ำ	4

		(Reliability)	3 - อัตราและช่วงเวลาการส่งน้ำมีความน่าเชื่อถือได้สูงมาก แต่นานๆครั้งจะส่งล่าช้าและทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง 2 - น้ำถูกส่งมาถึงจุดนี้ในเวลาที่ต้องการ ในปริมาณที่ถูกต้อง แต่ไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง 1 - ไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง การส่งน้ำยังไม่ค่อยน่าเชื่อถือ แต่เกิดขึ้นน้อยกว่า 50% ของระยะเวลาส่งน้ำทั้งหมด 0 - ความถี่ อัตรา และ ระยะเวลาการส่งน้ำไม่น่าเชื่อถือ มากกว่า 50% ของเวลาและไม่ทราบปริมาตรน้ำที่ส่ง	
I-3E		ความเสมอภาค/เป็นธรรมในการได้รับน้ำ (Apparent Equity)	4 – ทุกจุดในโครงการ และภายในระบบคูน้ำ ได้รับน้ำการบริการส่งน้ำแบบเดียวกัน 3 – ทุกพื้นที่ของโครงการได้รับน้ำเท่ากัน แต่ภายในเขตพื้นที่เดียวกันได้รับน้ำไม่เสมอภาค 2 – แต่ละพื้นที่ของโครงการได้รับไม่น้ำเท่ากัน แต่ภายในเขตพื้นที่เดียวกันได้รับน้ำเสมอภาค 1 – ความเสมอภาคอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ทั้งต่างพื้นที่และภายในพื้นที่ 0 – มีความไม่เสมอภาค มากกว่า 50 % เมื่อพิจารณาตลอดทั่วทั้งโครงการ	4
I-4	การบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่			

	ควบคุม			
I-4A		เหมือนดรรชนี I-3A		
I-4B		เหมือนดรรชนี I-3B		
I-4C		เหมือนดรรชนี I-3C		
I-4D		เหมือนดรรชนี I-3D		
I-4E		เหมือนดรรชนี I-3E		
I-5	การบริการส่งน้ำจริงของคลองสายใหญ่			
I-5A		ดรรชนีความยืดหยุ่น (Flexibility)	4 - ความถี่ อัตรา และรอบเวรเปลี่ยนแปลงมาก โดยกำหนดตารางการส่งน้ำจากความต้องการจริงของคลองซอยท้ายน้ำหลายครั้งต่อวัน 3 - ความถี่ อัตรา และรอบเวรเปลี่ยนแปลงมาก โดยกำหนดตารางการส่งน้ำจากความต้องการจริงของคลองซอยท้ายน้ำ 1ครั้งต่อวัน 2 - ปรับตารางการส่งน้ำทุกสัปดาห์โดยผู้ควบคุมอาคารท้ายน้ำ 1 - ตารางการส่งน้ำกำหนดโดยโครงการ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยทุกสัปดาห์	1

			0 - ผู้ควบคุมอาคารท้ายน้ำไม่ทราบตารางการส่งน้ำ หรือมีการเปลี่ยนแปลงทุกระยะเวลาที่นานกว่าหนึ่งสัปดาห์	
I-5B		ดรรชนีความน่าเชื่อถือได้ (Reliability)	4 - ผู้ควบคุมอาคารที่ระดับต่ำลงไปทราบอัตราการไหลและได้รับน้ำภายใน 2-3 ชั่วโมงของเวลาเป้าหมายที่กำหนด ไม่มีการขาดน้ำระหว่างปี 3 - ผู้ควบคุมอาคารทราบอัตราการไหล แต่อาจต้องรอถึง 1 วัน เพื่อจะได้รับน้ำที่ต้องการ มีการขาดน้ำ 2-3 ครั้งใน 1 ปี 2 - อัตราการส่งน้ำที่ถูกปรับเปลี่ยน จะได้รับก่อนหรือหลังกำหนดประมาณ 2 วัน แต่ถูกต้องแน่นอน มีการขาดน้ำประมาณ 4 สัปดาห์ ตลอดทั้งปี 1 - อัตราการส่งน้ำที่ถูกปรับเปลี่ยน จะได้รับก่อนหรือหลังกำหนดประมาณ 4 วัน แต่อาจไม่ถูกต้องแน่นอน มีการขาดน้ำประมาณ 7 สัปดาห์ ตลอดทั้งปี 0 - ความถี่ อัตรา และรอบเวรมีความไม่แน่นอนกว่า 50% ของเวลา และไม่ทราบปริมาณน้ำ	1
I-5C		ดรรชนีความเสมอภาค (Equity)	4 - ทุกพื้นที่ในคลองสายใหญ่ได้รับการส่งน้ำหรือบริการระดับที่ดีเหมือนกัน 3 - 5% ของ Turnout จากคลองได้รับการส่งน้ำหรือบริการแย่กว่าค่าเฉลี่ย 2 - 15% ของ Turnout จากคลองได้รับการส่งน้ำหรือบริการแย่กว่าค่าเฉลี่ย 1 - 25% ของ Turnout จากคลองได้รับการส่งน้ำหรือบริการแย่กว่าค่าเฉลี่ย 0 - มากกว่า 25 % หรือไม่มีรูปแบบที่แน่นอน	1

I-5D		การควบคุมอัตราการไหลให้คลองซอย	4 - รู้ปริมาณน้ำและควบคุมได้ ± 5% 3 - รู้ปริมาณน้ำและควบคุมได้ ±10% 2 - ไม่รู้ปริมาณน้ำแต่ควบคุมได้ ± 10% 1 - ควบคุมปริมาณน้ำได้ ±20% 0 - ควบคุมปริมาณน้ำได้ ±25%	1.5
I-6	การบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ของคลองสายใหญ่			
I-6A		เหมือนดรรชนี I-5A		
I-6B		เหมือนดรรชนี I-5B		
I-6C		เหมือนดรรชนี I-5C		
I-6D		เหมือนดรรชนี I-5D		
I-7	ตัวชี้วัด - ลักษณะพฤติกรรมการปฏิบัติตามกติกา ตลอดระบบคลองที่			

	บริหารโดยพนักงานที่ได้รับค่าจ้าง			
I-7A		ระดับการใช้น้ำ พิจารณาจากการเอาน้ำไปใช้โดยไม่มีสิทธิ หรือ การเอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด (Degree to which deliveries are NOT taken when not allowed, or at flow rates greater than allowed)	4 - ไม่พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรเอาน้ำไปใช้ โดยไม่มีสิทธิใช้ หรือ เอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด 3 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรเอาน้ำไปใช้ โดยไม่มีสิทธิใช้ หรือ เอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด ประมาณ 0-5 % 2 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรเอาน้ำไปใช้ โดยไม่มีสิทธิใช้ หรือ เอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด ประมาณ 5-15 % 1 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรเอาน้ำไปใช้ โดยไม่มีสิทธิใช้ หรือ เอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด ประมาณ 15-30 % 0 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรเอาน้ำไปใช้ โดยไม่มีสิทธิใช้ หรือ เอาน้ำไปใช้ในอัตราที่มากกว่าที่กำหนด มากกว่า 30 %	2
I-7B		ข้อสังเกตเกี่ยวกับการมีท่อผีในคลอง (Noticeable non-existence of unauthorized turnouts from canals)	4 - ไม่พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรติดตั้งท่อผี 3 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรติดตั้งท่อผี ประมาณ 0-3% 2 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรติดตั้งท่อผี ประมาณ 3-6% 1 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรติดตั้งท่อผี ประมาณ 6-10%	1

			0 - พบเหตุการณ์ที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรติดตั้งท่อผี มากกว่า 10 %	
I-7C		การทำลายอาคารชลประทาน (Lack of vandalism of structures)	4 - ไม่พบเหตุการณ์ว่ามีการทำลายอาคาร 3 - พบเหตุการณ์ว่ามีการทำลายอาคาร ประมาณ 0-3 % 2 - พบเหตุการณ์ว่ามีการทำลายอาคาร ประมาณ 3-6 % 1 - พบเหตุการณ์ว่ามีการทำลายอาคาร ประมาณ 6-10 % 0 - พบเหตุการณ์ว่ามีการทำลายอาคาร มากกว่า 10 %	1
	คลองสายใหญ่			
I-8	ปตร.กลางคลอง ในคลองสายใหญ่ (Cross regulator)			
I-8A		ความยาก-ง่ายในการปรับ ปตร.กลางคลองให้ส่งน้ำได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ แต่ไม่ได้หมายความว่าต้องควบคุมการส่งน้ำได้ตามเป้าหมาย	4 - การควบคุมง่ายมาก สามารถปิด-เปิด บาน ได้ง่ายและรวดเร็ว หรือมีระบบอัตโนมัติซึ่งทำงานได้ดี สามารถควบคุมระดับน้ำหรืออัตราการส่งน้ำได้ง่ายตามต้องการ สามารถควบคุมน้ำได้ตามเป้าหมายโดยการปรับบานด้วยมือไม่เกิน 2 ครั้งต่อวัน 3 - การปรับบานประตูทำได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ต้องทำการปรับด้วยมือหลายครั้งต่อวันต่ออาคารจึงจะสามารถควบคุมน้ำได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ	1

			2 - การควบคุมทำได้ลำบากและยุ่งยาก แต่ยังสามารถควบควบคุมได้ ต้องปรับด้วยมือมากกว่า 5 ครั้งต่ออาคารต่อวันเพื่อให้คุมน้ำได้ตามเป้าหมาย แต่มีความยุ่งยากหรืออันตราย 1 - การควบคุมทำได้ลำบาก ยุ่งยากหรืออันตราย บางกรณีแทบเป็นไปไม่ได้ในการควบคุมน้ำให้เป็นไปตามความต้องการ 0 - การสื่อสารและอุปกรณ์ไม่เพียงพอที่จะควบคุมน้ำให้บรรลุเป้าหมายได้ แทบจะเป็นไปไม่ได้ในการควบคุมน้ำได้ตามที่ต้องการ	
I-8B		ระดับของการบำรุงรักษา ปตร.กลางคลอง (Level of maintenance of the cross regulators.)	4 - มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ดีเยี่ยม โดยทั่วไป สามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายได้ภายใน 2-3 วัน ยกเว้นกรณีที่มีเหตุการณ์ผิดปกติ 3 - มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ดีพอใช้ สามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายได้ภายใน 2 สัปดาห์ มีอุปกรณ์เพียงพอสำหรับการบำรุงรักษา 2 - มีการบำรุงรักษาตามปกติเฉพาะส่วนที่สำคัญ ๆ พบว่ามีอาคารที่เสียหายทั่วไปในโครงการ แต่ไม่เสียหายมาก 1 - ขาดการบำรุงรักษาตามปกติเป็นจำนวนมาก พบว่ามีอาคารที่เสียหายจำนวนมากและบางส่วนเป็นอาคารที่สำคัญ 0 - มีความเสียหายมาก เนื่องจากความล่าช้าในการบำรุงรักษา มีอุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษาที่ใช้งานได้น้อยหรือไม่มี	1

I-8C		ดรรชนีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ (4=น้อย , 0=มาก) (Lack of water level fluctuation)	4 - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำน้อยกว่า 10 % 3 - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำน้อยกว่า 20 % 2 - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำน้อยกว่า 35 % 1 - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 % 0 - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมากกว่า 50 %	3
I-8D		ดรรชนีระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการส่งน้ำ (4=น้อย , 0=มาก)	4 - ระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่น้อยกว่า 9 ชั่วโมง 3 - ระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่น้อยกว่า 18 ชั่วโมง 2 - ระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่น้อยกว่า 30 ชั่วโมง 1 - ระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 55ชั่วโมง 0 - ระยะเวลาการเดินทางของน้ำตลอดคลองสายใหญ่มากกว่า 55 ชั่วโมง	2
I-9	ดรรชนี Turnout คลองสายใหญ่ (Turnouts from the Main Canal)			
I-9A		ความยากง่ายในการควบคุมการปรับบานและวัดน้ำที่ Turnout เพื่อให้การส่งน้ำเป็นไปตาม	4 - การควบคุมได้ง่ายมาก สามารถปิด-เปิด บานได้ง่ายและรวดเร็วหรือมีระบบอัตโนมัติซึ่งทำงานได้ดี สามารถควบคุมระดับน้ำหรืออัตราการส่งน้ำได้ง่ายตามต้องการ สามารถควบคุมน้ำได้ตามเป้าหมายโดยการปรับบานด้วยมือไม่เกิน 2 ครั้งต่อวัน	1

		เป้าหมาย แต่ไม่ได้หมายความว่าจะต้องทำให้ได้ตามเป้าหมาย	3 - ควบคุมอาคารน้ำได้ง่ายและรวดเร็ว เครื่องมือวัดอัตราการไหลหรือการวัดค่าที่ต้องการ ใช้งานได้ดีพอสมควร แต่ยังไม่ดีเยี่ยม 2 - การควบคุมลำบากยุ่งยากแต่ก็สามารถควบคุมได้ เครื่องมือและเทคนิคการวัดอัตราการไหลค่อนข้างแย่ และขาดการสอบเทียบ 1 - การควบคุมทำได้ลำบาก ยุ่งยากหรืออันตราย บางกรณีแทบเป็นไปไม่ได้ในการควบคุมน้ำให้เป็นไปตามความต้องการได้ 0 - การสื่อสารและอุปกรณ์ไม่เพียงพอที่จะควบคุมน้ำให้บรรลุเป้าหมายได้ แทบจะเป็นไปไม่ได้ในการควบคุมน้ำได้ตามที่ต้องการ	
I-9B		ระดับของการบำรุงรักษา Turnout ซึ่งส่งน้ำให้แก่คลองระดับถัดลงไป (Level of maintenance)	4 - มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ดีเยี่ยม โดยทั่วไปสามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายได้ภายใน 2-3 วัน ยกเว้นกรณีที่มีเหตุการณ์ผิดปกติ 3 - มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ดีพอใช้ สามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายได้ภายใน 2 สัปดาห์ มีอุปกรณ์เพียงพอสำหรับการบำรุงรักษา 2 - มีการบำรุงรักษาตามปกติเฉพาะส่วนที่สำคัญ ๆ พบว่ามีอาคารที่เสียหายทั่วไปในโครงการ แต่ไม่เสียหายมาก 1 - ขาดการบำรุงรักษาตามปกติในหลาย ๆ กรณี พบว่ามีอาคารที่เสียหายจำนวนมากและบางส่วนเป็นอาคารที่สำคัญ 0 - มีความเสียหายมาก เนื่องจากความล่าช้าในการบำรุงรักษา มีอุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษาที่ใช้งานได้น้อยหรือไม่มี	1

I-9C		ความสามารถในการระบายน้ำของ Turnout ของคลองสายใหญ่ไปสู่คลองระดับถัดลงไป (Flow rate capacities)	4 - ไม่มีปัญหาในการระบายน้ำที่อัตราการไหลสูงสุด 2 - มีปัญหาเล็กน้อย 0 - มีปัญหาค่อนข้างมาก อาคารหลายแห่งระบายน้ำได้ต่ำกว่าที่ออกแบบไว้	1
I-l0	ดรรชนีของอ่างพักน้ำ ในคลองสายใหญ่ (Regulating Reservoirs)			
I-10A		ความเหมาะสมของจำนวนอ่างพักน้ำ (Suitability of the number of locations)	4 - ที่ตั้งเหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอ 2 - มีอ่างพักน้ำ 1 แห่ง แต่ต้องการมากกว่านั้น หรือตำแหน่งไม่ถูกต้อง 0 - ไม่มี	2
I-10B		ประสิทธิผลของการใช้งาน (Effectiveness of operation)	4 - ดีเยี่ยม 2 - ปานกลาง มีการใช้งานแต่ต่ำกว่าศักยภาพมาก 0 - ไม่มี หรือไม่มีการใช้งาน หรือใช้งานไม่ถูกต้อง	2
I-10C		ความเหมาะสมของความจุอ่างพักน้ำ	4 - ดีเยี่ยม 2 - มีประโยชน์ แต่ใหญ่ไม่พอ	1

		(Suitability of the storage/buffer capacities)	0 - ไม่มี หรือเล็กเกินไปจนแทบไม่เกิดประโยชน์	
I-10D		การบำรุงรักษา (Maintenance)	4 - ดีเยี่ยม 2 - ไม่ดีนัก 0 - ไม่มี หรือแย่มากโดยมีตะกอนและวัชพืชจนทำให้ประสิทธิภาพลดลง	1
I-11	การติดต่อสื่อสารและการคมนาคมในการดูแลคลองสายใหญ่			
I-11A		ความถี่ที่ผู้ควบคุมอาคารติดต่อสื่อสารกับผู้บังคับบัญชา (ชั่วโมง)	4 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 4 ชั่วโมง 3 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 12 ชั่วโมง 2 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 24 ชั่วโมง 1 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่าหรือเท่ากับ 168 ชั่วโมง 0 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร มากว่า 168 ชั่วโมง	2
I-11B		ความถี่ที่ผู้ควบคุมอาคารหรือหัวหน้าติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้น้ำ (ชั่วโมง)	4 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 9 ชั่วโมง 3 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 24 ชั่วโมง 2 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่า 48 ชั่วโมง	2

			1 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร น้อยกว่าหรือเท่ากับ 168 ชั่วโมง 0 - ความถี่ในการติดต่อสื่อสาร มากว่า 168 ชั่วโมง	
I-11C		ความน่าเชื่อถือในการติดต่อสื่อสารด้วยโทรศัพท์หรือวิทยุสื่อสาร ของผู้ควบคุมอาคาร	4 - ดีเยี่ยม สามารถต่อสายใช้งานได้ตลอดเวลา 3 - ดีมาก สามารถต่อสายใช้งานได้ 95% ของเวลา 2 - คุณภาพแย่ในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตามสามารถเดินทางไปยังจุดที่ต่อสายใช้งานได้ภายใน 30 นาที 1 - ไม่มีสายตรงให้ผู้ควบคุมอาคารใช้งานได้ แต่สามารถเดินทางไปยังจุดที่สามารถต่อสายใช้งานได้ตลอดเวลา ภายในเวลาครึ่งชั่วโมง 0 - ไม่มีสายตรงให้ผู้ควบคุมอาคารใช้งานได้ แต่สามารถเดินทางไปยังจุดที่มีระบบสื่อสารภายในเวลาครึ่งชั่วโมง แต่มักใช้งานไม่ได้	3
I-11D		ความถี่ที่หัวหน้าออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร (วัน)	4 - ความถี่ในการออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร น้อยกว่า 2 วัน 3 - ความถี่ในการออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร น้อยกว่า 7 วัน 2 - ความถี่ในการออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร น้อยกว่า 15 วัน 1 - ความถี่ในการออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร น้อยกว่า หรือเท่ากับ 168 วัน 0 - ความถี่ในการออกตรวจคลองและพูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร มากกว่า 168 วัน	1
I-11E		มีระบบตรวจวัดข้อมูล	4 - ดีเยี่ยมที่จุดสำคัญทุกจุด มีการรายงานข้อมูลย้อนกลับให้ทราบอย่างน้อยทุก 2 ชม.	1

		(อัตโนมัติหรือควบคุมด้วยมือ) ที่จุดที่มีน้ำไหลล้นหลัก ๆ รวมถึงจุดสุดท้ายของคลอง (0-4)	3 - ดีเยี่ยมในสภาพทั่วไป อย่างไรก็ตาม มีการบันทึกข้อมูลต่อเนื่องตลอดเวลาที่สถานี และมีการรายงานข้อมูลย้อนกลับเพียงวันละครั้ง 2 - มีการบันทึกข้อมูลหลายครั้งต่อวันที่สถานี มีการรายงานข้อมูลย้อนกลับ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง 1 - มีเพียงบางพื้นที่เท่านั้น มีการรายงานข้อมูลย้อนกลับรายสัปดาห์ 0 - มีการรายงานข้อมูลย้อนกลับ ทุกเดือนหรือนานกว่านั้นในบางพื้นที่	
I-11F		การมี ถนนตามแนวคลอง (Availability of roads along the canal)	4 - ถนนดีมาก รถยนต์สามารถเข้าถึงได้ อย่างน้อยบนฝั่งหนึ่งของคลองในทุกสภาพอากาศ ยกเว้นช่วงที่อากาศแย่มาก ๆ อุปกรณ์ซ่อมบำรุงสามารถลำเลียงได้บนถนนในอีกฝั่งหนึ่งของคลอง 3 - ถนนสภาพดี รถยนต์สามารถเข้าถึงได้อย่างน้อยบนฝั่งหนึ่งของคลองในทุกสภาพอากาศ ยกเว้นช่วงที่อากาศแย่มาก ๆ ในขณะที่อีกฝั่งหนึ่งของคลองสภาพถนนสามารถเข้าถึงได้เพียงบางช่วง 2 - สภาพถนนขรุขระ แต่สามารถเข้าถึงได้บนฝั่งหนึ่งของคลอง ไม่มีถนนบนอีกฝั่งหนึ่งของคลอง 1 - สามารถเดินทางบนถนนบนฝั่งหนึ่งของคลองทุกสายได้ง่ายด้วยรถมอเตอร์ไซด์ แต่อุปกรณ์ซ่อมบำรุงสามารถลำเลียงเข้าถึงได้เพียงบางพื้นที่เท่านั้น 0 - ไม่สามารถเข้าไปทำการบำรุงรักษาไม่ว่าบนฝั่งไหนของช่วงคลองในช่วงที่ยาวมาก	2

I-12	สภาพทั่วไปของคลองสายใหญ่			
I-12A		ระดับของการบำรุงรักษาพื้นคลองและตลิ่งคลอง (0-4)	4 - ดีเยี่ยม 3 - ดี ใช้งานได้ แต่ไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร 2 - การบำรุงรักษาปกติยังไม่ดีพอที่จะป้องกันคลองไม่ให้ประสิทธิภาพการทำงานด้อยลง 1 - คลองอย่างน้อย 30% ทำงานด้อยประสิทธิภาพลง 0 -เกือบไม่มีการบำรุงรักษา รายการหลักๆ ยังไม่ได้รับการบำรุงรักษา	1
I-12B		การรั่วซึมน้ำที่ไม่พึงประสงค์ (ถ้าพิจารณาการใช้น้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน อาจพิจารณาว่าการรั่วซึมเป็นสิ่งที่พึงประสงค์ได้	4 - การรั่วซึมน้อยมาก (น้อยกว่า 4%) 3 - การรั่วซึม อยู่ระหว่าง 4-8% ของปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลอง 2 - การรั่วซึม อยู่ระหว่าง 9-15 % ของปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลอง 1 - การรั่วซึม อยู่ระหว่าง 16-25 % ของปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลอง 0 - การรั่วซึมที่ไม่พึงประสงค์สูงมาก จนทำให้เกิดข้อจำกัดในการส่งน้ำ	1
I-12C		ความพร้อมของอุปกรณ์และเจ้าหน้าที่ในการบำรุงรักษาคลองได้อย่างเพียงพอ	4 - อุปกรณ์และการจัดองค์กรในการบำรุงรักษาอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม 3 - อุปกรณ์และจำนวนคนอยู่ในเกณฑ์ที่พอทำงานบำรุงรักษาได้ แต่มีปัญหาด้านการจัดองค์กร	2

			2 - อุปกรณ์ส่วนใหญ่ใช้งานได้ และมีบุคลากรมากพอที่จะทำงานเฉพาะรายการที่สำคัญๆได้ภายใน 1 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้น แต่งานรายการอื่นๆ ต้องรอ 1 ปี หรือมากกว่าในการบำรุงรักษา 1 - อุปกรณ์และบุคลากรอยู่ในเกณฑ์ต่ำสุด อุปกรณ์สำคัญยังใช้งานได้ แต่อุปกรณ์อื่น ๆ ใช้งานไม่ได้ บุคลากรยังขาดการฝึกอบรม ขาดแรงจูงใจ หรือมีจำนวนไม่เพียงพอ 0 - อุปกรณ์ไม่เพียงพอ และใช้งานไม่ได้ และไม่มีวิธีการที่ดีในการชักจูงคน	
I-12D		ดรรชนีระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา (ระยะเวลาในการเดินทางที่ทำการฝ่ายบำรุงรักษาถึงจุดไกลสุดในคลอง)	4 - ระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา น้อยกว่า 1 ชั่วโมง 3 - ระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา น้อยกว่า 2 ชั่วโมง 2 - ระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา น้อยกว่า 3 ชั่วโมง 1 - ระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 0 - ระยะเวลาการเดินทางสำหรับการบำรุงรักษา มากกว่า 1 ชั่วโมง	1
I-13	การควบคุมน้ำในคลองสายใหญ่(Operation)			
I-13A		ความรวดเร็วของการควบคุมอาคารหัวงาน เพื่อตอบสนองต่อรายงานข้อมูลย้อนกลับจากสนามของผู้ควบคุมอาคารใน	4 - ดีเยี่ยม ถ้าการส่งน้ำเกินหรือขาด (มีน้ำล้นหรือขาดแคลนน้ำที่ท้ายคลอง) อาคารหัวงานสามารถตอบสนองได้ภายใน 12 ชั่วโมง 2.7 - อาคารหัวงานสามารถตอบสนองต่อข้อมูลน้ำจากสนาม ได้ภายใน 1 วัน	2

		คลองหรือผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งเกี่ยวกับปัญหาการสั่งงาน การเปลี่ยนแปลง Wedge Storage และเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำ	1.3 - อาคารหัวงานสามารถตอบสนองได้ภายใน 3 วัน 0 - อาคารหัวงานสามารถตอบสนองได้ช้ากว่า 3 วัน	
I-13B		มีระบบการขอน้ำและส่งน้ำซึ่งสอดคล้องกับความต้องการน้ำที่แท้จริง	4 - ดีเยี่ยม ข้อมูลผ่านจากระดับล่างมายังระดับนี้ได้ตรงเวลาและน่าเชื่อถือ และระบบส่งน้ำสามารถตอบสนองได้ 2.7 - ดี มีขั้นตอนที่น่าเชื่อถือ มีการปรับปรุงข้อมูลใหม่อย่างน้อยหนึ่งครั้งทุกสองวัน และระบบส่งน้ำสามารถตอบสนองได้ 1.3 - มีการปรับปรุงตารางการส่งน้ำใหม่อย่างน้อยทุกสัปดาห์ด้วยข้อมูลที่มีประโยชน์ โดยการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามความต้องการด้านท้ายน้ำ 0 - อาจจะมีการปรับปรุงข้อมุลใหม่ทุกสัปดาห์ แต่ข้อมูลไม่ค่อยมีประโยชน์ และอาจไม่มีการตอบสนองจริง	1
I-13C		ความชัดเจนและความถูกต้องของคำสั่งแก่ผู้ควบคุมอาคาร (C1larity and correctness of	4 - คำสั่งชัดเจนและถูกต้องมาก 2.7 -คำสั่งชัดเจน แต่ไม่มีรายละเอียดเพียงพอ 1.3 -คำสั่งไม่ชัดเจน แต่ถูกต้อง	1

		instructions to operators.)	0 - คำสั่งไม่ถูกต้อง ไม่ว่าจะชัดเจนหรือไม่ก็ตาม	
I-13D		มีการตรวจสอบสภาพคลองตลอดทั้งสายและรายงานปัญหาให้สำนักงานโครงการทราบบ่อยแค่ไหน มีการตรวจสอบทุกส่วนของคลอง	4 - วันละ 1 ครั้ง 2.7 - ทุก 2 วัน 1.3 - สัปดาห์ละ 1 ครั้ง 0 - ทุกเดือน หรือนานมากกว่า 1 เดือน	1
I-14 to I-19D	คลองซอย (Second Level Canals)	เหมือนคลองสายใหญ่		
I-20 to I-25D	คลองแยกซอย (Third Level Canals)	หมือนคลองสายใหญ่		
	งบประมาณ เจ้าหน้าที่ และองค์กรผู้ใช้น้ำ			
I-26	งบประมาณ (Budgets)			
I-26A		% ของค่า O&M ของโครงการซึ่งรวมของกลุ่มผู้ใช้น้ำที่มีการ	4 - มากกว่าหรือเท่ากับ 90 % ของค่า O&M ของโครงการ ที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้น้ำ 3 - มากกว่าหรือเท่ากับ 75 % ของค่า O&M ของโครงการ ที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้น้ำ	2

		เก็บจากกลุ่มผู้ใช้น้ำ ทั้งในรูปชองแรงงานหรือค่าน้ำ	2 - มากกว่าหรือเท่ากับ 60 % ของค่า O&M ของโครงการ ที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้น้ำ 1 - มากกว่าหรือเท่ากับ 40 % ของค่า O&M ของโครงการ ที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้น้ำ 0 - น้อยกว่า 40 % ของค่า O&M ของโครงการ ที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้น้ำ	
I-26B		% ของงบประมาณด้าน O&M ที่ได้รับจัดสรรจริง ต่องบประมาณที่ต้องการในการดำเนินการ	4 - งบประมาณ O&M ที่ได้รับจริง มากกว่าหรือเท่ากับ 90 % ของงบประมาณที่ต้องการ 3 - งบประมาณ O&M ที่ได้รับจริง มากกว่าหรือเท่ากับ 750 % ของงบประมาณที่ต้องการ 2 - งบประมาณ O&M ที่ได้รับจริง มากกว่าหรือเท่ากับ 60 % ของงบประมาณที่ต้องการ 1 - งบประมาณ O&M ที่ได้รับจริง มากกว่าหรือเท่ากับ 40 % ของงบประมาณที่ต้องการ 0 0 - งบประมาณ O&M ที่ได้รับจริง น้อยกว่า 40 % ของงบประมาณที่ต้องการ	2
I-26C		% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย (modernization)	4 - ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงการ มากกว่า 20 % ของบประมาณทั้งหมด 3 - ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 % ของบประมาณทั้งหมด 2 - ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 % ของบประมาณทั้งหมด 1 - ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 % ของบประมาณทั้งหมด 0 - ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงการน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 % ของบประมาณทั้งหมด	1
I-27	เจ้าหน้าที่ (Employees)			
I-27A		ความถี่และความพอเพียงในการอบรมของเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการในสนามและ	4 - ได้รับการอบรมพอเพียงในทุกระดับ เจ้าหน้าที่เข้าใจขีดความสามารถของตนเองและเครื่องมือ มีจิตใจพร้อมให้บริการ การจ้างเจ้าหน้าที่มีการอบรมตั้งแต่เริ่มเข้าทำงานและต่อเนื่อง	1

		เจ้าหน้าที่บริหารระดับกลาง	3 - ผู้บริหารระดับกลางได้รับการอบรมอย่างดีตั้งแต่เริ่มเข้าทำงานและต่อเนื่อง แต่ความรู้ที่สำคัญหลายประการไม่ได้ถูกถ่ายทอดไปสู่เจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการในสนาม 2 - การอบรมพอเพียงในทุกระดับ แต่ไม่ลึกซึ้งพอเพียง เพราะว่าเจ้าหน้าที่ในทุกระดับยังขาดความเข้าใจบางประการ เจ้าหน้าที่บางคนไม่เคยได้รับการอบรมที่พอเพียง รวมถึงพื้นฐานก่อนการรับเข้าทำงานไม่พอเพียง 1 - มีการอบรมน้อยมาก ไม่มีการใส่ใจในการประเมินคุณสมบัติก่อนการรับเข้าทำงาน 0 - แทบไม่มีการอบรมทั้งก่อนและหลังการรับเข้าทำงาน	
I-27B		การมีข้อตกลงประสิทธิภาพการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร (Availability of written performance rules)	4 - เจ้าหน้าที่แต่ละคนมีรายละเอียดของหน้าที่ และระบุวิธีการประเมินเป็นลายลักษณ์อักษร โดยมีการประเมินรายปีและแจ้งผลให้แต่ละคนทราบ 3 - มีรายละเอียดของหน้าที่โดยทั่วไปเป็นลายลักษณ์อักษร มีการประเมินประสิทธิผลรายปี แต่ไม่ค่อยมีความชัดเจน 2 - มีการประเมินผล แต่ไม่มีรายละเอียดของหน้าที่ รวมถึงขาดรายละเอียดของวิธีการประเมินผล 1 - มีรายละเอียดของหน้าที่เป็นลายลักษณ์อักษร แต่ไม่มีวิธีการประเมินที่ชัดเจน 0 - ไม่มีรายละเอียดของหน้าที่ และไม่มีวิธีการประเมินอย่างเป็นทางการ	1
I-27C		อำนาจในการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่	4 - เจ้าหน้าที่ได้รับการส่งเสริมให้คิดและตัดสินใจเองอย่างเป็นทางการ และสามารถดำเนินการได้อย่างเชิงสร้างสรรค์	2.5

		(Power of employees to make decisions)	3 - เจ้าหน้าที่ไม่ได้ได้รับการส่งเสริมให้คิดและตัดสินใจเองอย่างเป็นทางการ แต่ก็มีการดำเนินการเองได้อย่างเชิงสร้างสรรค์ 2 - เจ้าหน้าที่ได้รับการส่งเสริมให้คิดและตัดสินใจ แต่ดูเหมือนไม่มีแรงจูงใจ 1 - เจ้าหน้าที่ต้องไม่ดำเนินการในเรื่องสำคัญก่อนได้รับอนุญาต ถ้าหากดำเนินการเองโดยพลการก็ไม่มีการลงโทษ 0 - เจ้าหน้าที่ไม่ควรดำเนินการในเรื่องสำคัญก่อนได้รับอนุญาต ถ้าหากดำเนินการเองโดยพลการก็จะถูกตำหนิ	
I-27D		ความสามารถของโครงการในการในการไล่เจ้าหน้าที่ออกเมื่อมีมูลความผิด (Ability of the project to dismiss employees with cause.)	4 - สามารถไล่เจ้าหน้าที่ออกได้ง่าย เป็นกระบวนการไม่ยาวนาน เจ้าหน้าที่ทราบและเข้าใจเกี่ยวกับการไล่พนักงานออกเมื่อมีความจำเป็น 3 - สามารถไล่เจ้าหน้าที่ออกเมื่อมีเอกสารแสดงความผิดชัดเจน เป็นกระบวนการที่ยาวนาน เจ้าหน้าที่ทราบเกี่ยวกับการไล่พนักงานออกเมื่อมีความจำเป็น 2 - การไล่พนักงานออกเกิดขึ้นนานๆครั้งโดยเกิดจากความเกียจคร้านและปัญหาร้ายแรงเป็นสิ่งที่ไม่กิดขึ้นตามปกติ เจ้าหน้าที่เชื่อว่ามันจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อบุคคลเกียจคร้านอย่างมากเป็นเวลานาน 1 - การไล่พนักงานออกเกิดขึ้นยากมาก และไม่เกี่ยวกับความเกียจคร้าน การไล่พนักงานส่วนเกินออกทำได้ยากมาก 0 - ไม่เคยมีการไล่พนักงานออกแม้ว่ามีเหตุอันควร ระบบปรากฏว่ามีบุคลากรส่วนหนึ่งมากเกินความจำเป็นหรือควรไล่ออก แต่ไม่มีการดำเนินการดังกล่าว	2

I-27E		รางวัลสำหรับการทำงานแบบอุทิศตน (Rewards for exemplary service)	4 - มีโครงการที่ออกแบบอย่างดีและเป็นกระบวนการ รางวัลมอบให้อย่างน้อยปีละครั้งสำหรับบุคลากรดีเด่นจำนวนหนึ่ง การเลื่อนขั้นจะพิจารณาสำหรับผู้ทำงานบริการที่ดีพร้อมด้วยโบนัส หรือผลตอบแทนอื่นๆ สำหรับกลุ่มคนที่มีคุณภาพสูงสุด 3 - ไม่มีโครงการ แต่บุคคลที่ทำงานดีมักได้รับการเลื่อนขั้น โดยการเลื่อนขั้นวางอยู่บนฐานของความดีความชอบ 2 - การเลื่อนตำแหน่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาทำงาน ผลตอบแทนพิเศษบางประการจะมอบให้แก่พนักงานดีเด่น กฎเกณฑ์มีความหมายมากกว่าแค่แผ่นกระดาษ 1 - การให้รางวัลมีน้อยมาก โดยมีเพียงบางครั้ง โดยรางวัลเป็นประกาศเกียรติคุณหรือไม่มีเงินรางวัลหรือผลตอบแทนด้านการเงิน 0 - ไม่มีการให้รางวัล	1
I-27F		สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน (Relative salary of an operator compared to a day laborer)	4 - สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน มากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 3 - สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน มากกว่าหรือเท่ากับ 2 2 - สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 1 - สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน มากกว่าหรือเท่ากับ 1 0 - สัดส่วนเงินเดือนระหว่างผู้รักษาอาคารกับคนงาน น้อยกว่า 1	2
I-28	องค์กรผู้ใช้น้ำ (Water User Associations)			

I-28A		จำนวนเปอร์เซนต์ของผู้ใช้น้ำทั้งโครงการที่มีบทบาทและมีส่วนร่วม ต่อการส่งน้ำ	4 - ผู้ใช้น้ำมีบทบาทและมีส่วนร่วมในการส่งน้ำ มากกว่า 90 % 3 - ผู้ใช้น้ำมีบทบาทและมีส่วนร่วมในการส่งน้ำ มากกว่า 75 % 2 - ผู้ใช้น้ำมีบทบาทและมีส่วนร่วมในการส่งน้ำ มากกว่า 60 % 1 - ผู้ใช้น้ำมีบทบาทและมีส่วนร่วมในการส่งน้ำ มากกว่า 40 % 0 - ผู้ใช้น้ำมีบทบาทและมีส่วนร่วมในการส่งน้ำ น้อยกว่าหรือเทากับ 40 %	2.5
I-28B		ความสามารถขององค์กรผู้ใช้น้ำที่มีความเข้มแข็งและมีอิทธิพลจนทำให้การส่งน้ำให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ	4 -ในขอบเขตของความจุของคลองส่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงการส่งน้ำขึ้นอยู่กับการขอน้ำขององค์กรผู้ใช้น้ำล่วงหน้า 1 วันตามมาตรฐานที่ปฏิบัติกันอยู่ 3 - การเปลี่ยนแปลงการส่งน้ำขึ้นอยู่กับการขอน้ำขององค์กรผู้ใช้น้ำล่วงหน้า 1 สัปดาห์ ถ้ามีความเป็นไปได้ในการปรับอัตราการส่งน้ำ ช่วงเวลา และความถี่ 2 - การเปลี่ยนแปลงการส่งน้ำขึ้นอยู่กับการขอน้ำขององค์กรผู้ใช้น้ำล่วงหน้า 1 สัปดาห์ แต่การปรับเปลี่ยนทำได้ตามข้อจำกัด(ทำได้น้อยกว่าขีดจำกัดทางกายภาพ) 1 - องค์กรผู้ใช้น้ำไม่มีสิทธิสั่งแต่อย่างใด เว้นแต่การปรับเปลี่ยนนั้นเป็นไปตามโอกาส บางครั้งอาจมีการประชุมกันอย่างเป็นทางการนานๆครั้งต่อปีและมีการแสดงความจำนงออกมา 0- ไม่มีใครรับฟังองค์กรผู้ใช้น้ำ	1
I-28C		ความสามารถขององค์กรผู้ใช้น้ำที่จะหาบุคคลภายนอกมา	4 - ไม่มีปัญหา เพียงแต่เรียกเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นก็จะมาดำเนินการกับผู้กระทำผิดตามกฎหมาย	1

		ช่วยในการบังคับใช้กฎระเบียบต่างๆ	3 - เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นจะเข้ามาดำเนินการให้ตามกฎหมาย และประสบความสำเร็จพอควร ไม่มีปัญหาเรื่องคอรัปชั่น 2 - เจ้าหน้าที่เข้ามาดำเนินการให้บางครั้งเฉพาะกรณีที่ร้ายแรงเจ้าหน้าที่จึงจะมา แต่มักจะทำงานไม่ค่อยสำเร็จหรือไม่มีประโยชน์ 1 - มีกฎระเบียบบางอย่างออกโดยรัฐบาล แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้ใช้น้ำจะนำมาบังคับใช้ ไม่มีการผลักดันการบังคับใช้กฎจากภายนอกกลุ่มผู้ใช้น้ำ 0 - ไม่มีกฎหมายบังคับใช้และไม่มีการช่วยเหลือเกี่ยวกับการบังคับใช้จากภายนอก ขึ้นกับองค์กรผู้ใช้น้ำเอง	
I-28D		หลักเกณฑ์ด้านกฎหมายของกลุ่มผู้ใช้น้ำ (Legal basis for the WUAs)	4 - องค์กรผู้ใช้น้ำเป็นที่ยอมรับและก่อตั้งตามกฎหมาย มีอำนาจเกี่ยวกับเรื่องภาษี การถือเงิน การบอกเลิกการจ้างลูกจ้าง การคัดค้านเรื่องที่ดิน และเป็นเจ้าของอาคาร โดยกฎหมายใช้ได้ในศาล 3 -. องค์กรผู้ใช้น้ำเป็นที่ยอมรับตามกฎหมาย มีระบบการตัดสินที่ดี แต่มีอำนาจจำกัด โดยที่รัฐยังเป็นผู้กุมอำนาจที่ควรจะเป็นขององค์กรผู้ใช้น้ำ 2 -องค์กรผู้ใช้น้ำเป็นที่ยอมรับทางกฎหมาย มีข้อบังคับมากมายถูกยกร่างไว้ กล่าวคือ องค์กรผู้ใช้น้ำมีอำนาจ แต่ข้อเท็จจริงไม่ได้รับการสนับสนุนจากกระบวนการยุติธรรม หรือฝ่ายบริหาร 1 - แม้ว่ารัฐบาลมีนโยบายเกี่ยวกับองค์กรผู้ใช้น้ำ แต่จากข้อเท็จจริงมีองค์กรอยู่น้อยมากที่มีอำนาจจริงจังเกี่ยวกับเรื่องน้ำ หลักๆแล้วองค์กรผู้ใช้น้ำถูกจัดตั้งขึ้น	1

			ตามนโยบายของรัฐบาล 0- องค์กรผู้ใช้น้ำไม่ได้ถือเป็นนโยบายของรัฐบาลเลย	
I-28E		ความเข้มแข็งทางด้านการเงินของกลุ่มผู้ใช้น้ำ (Financial strength of WUAS)	4 - มีความสมบูรณ์และความพอเพียงในการช่วยตนเอง มีอำนาจในการเก็บภาษี เก็บค่าน้ำ และกู้เงิน 3 - มีฐานะการเงินที่สมบูรณ์และเพียงพอ แต่ว่าเงินส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในด้านการบำรุงรักษา การส่งน้ำ เงินช่วยเหลือ และอื่นๆ 2 - ขาดแคลนงบประมาณไม่มากนัก สภาพระบบค่อนข้างแย่แต่ยังสามารถใช้การได้ ไม่มีการปรับปรุงให้ทันสมัย 1 - มีงบประมาณไม่เพียงพอ แต่มีมากพอสำหรับปรับปรุงซ่อมแซมอาคารตัวสำคัญ เงินทุนไม่เพียงพอสำหรับใช้บำรุงรักษาตามความจำเป็น 0 - ไม่เพียงพออย่างมาก เงินทุนหรือการลงแรงใช้ได้เฉพาะงานที่สำคัญมากเท่านั้น เงินทุนมีไม่พอเพียงต่อการใช้บำรุงรักษาหรือจัดหาเครื่องมือที่จำเป็นทดแทนได้	1
I-29	ประสิทธิภาพการใช้เจ้าหน้าที่ (Mobility and Size of Operations Staff)	จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ (Operation staff mobility and efficiency, based on the ratio of operating staff to the number	4 - จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ มากกว่า 49 3 - จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ มากกว่า 29 2 - จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ มากกว่า 19 1 - จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ มากกว่า 9	

		of turnouts.)	0 - จำนวน turnouts ต่อเจ้าหน้าที่ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 9	
I-30	การใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรการ (Computers for billing and record management)	การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการออกหนังสือและบันทึกผลการทำงานมากน้อยเพียงใด	4 - ใช้ออกหนังสือและบันทึกผลงานเกือบทุกกิจกรรม มีการปรับข้อมูลให้ทันสมัยและทำงานอย่างได้ผล 3 - ใช้ประมาณครึ่งหนึ่งของกิจกรรมออกหนังสือและบันทึกผลงานทั้งหมด มีการปรับข้อมูลให้ทันสมัยบ่อย ๆ และเห็นผล 2 - เพิ่งเริ่มนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกหนังสือและบันทึกการจัดการน้ำ 1 - ใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดทำข้อมูลด้านวิศวกรรมอย่างได้ผล (เช่น การปล่อยน้ำเข้าคลอง,การระบายน้ำจากเขื่อน) แต่ไม่ใช้สำหรับงานสารบัญทั่วไป 0 - มีการใช้คอมพิวเตอร์น้อยมาก	
I-31	การใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมน้ำ (Computers for canal control)	การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการควบคุมน้ำ ทั้งในสำนักงานและในในสนาม (The extent to which computers (either central or on-site) are used for canal control)	4 - ใช้คอมพิวเตอร์ได้ผลดีมาก ใช้ควบคุมอาคารหลักทุกแห่งแบบ real time อย่างได้ผล 3 - ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมอาคารหลักบางตัว 2 – ใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณการไหลของน้ำ ระยะเปิดบาน ปริมาณน้ำรายวัน หรือผลลัพธ์อื่นๆ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำไปใช้งานในสนามอย่างได้ผล 1 - ใช้คอมพิวเตอร์ในการคาดทำนายตัวแปรที่สำคัญของอาคารควบคุมชลประทาน แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพและผลลัพธ์มีความคลาดเคลื่อน 0 - ไม่มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดการน้ำในคลองเลย	

I-32	ความสามารถในการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกเพื่อสนับสนุนการชลประทานสมัยใหม่ (ให้น้ำระบบท่อภายใต้แรงดัน)			
I-32A		การตรวจวัดและควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แปลง (Measurement and control of volumes to the field)	4 - มีการวัดปริมาตรน้ำและควบคุมน้ำอย่างดีเยี่ยม 3.5 - สามารถวัดอัตราการไหลได้ถูกต้องพอสมควร แต่ไม่มีการวัดปริมาตร สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ดี 2.5 - ไม่สามารถวัดอัตราการไหล แต่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ดี 0 - ไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ แต่มีการวัดอัตราการไหล	1
I-32B		ความยืดหยุ่นในการส่งให้แปลง (Flexibility to the field)	4 - มีการกำหนดการส่งน้ำล่วงหน้า โดยระบุความถี่ อัตราและช่วงเวลาการส่งน้ำ แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามคำขอ 3 - เหมือนกรณี 4 แต่ไม่สามารถเปลี่ยนช่วงเวลา 2 – กำหนด 2 ตัวแปรคงที่ แต่มีตารางการส่งน้ำล่วงหน้า 0 - มีการส่งน้ำแบบหนุนเวียน	1
I-32C		ความน่าเชื่อถือในการส่งให้	4 - ส่งน้ำในปริมาตรที่เหมาะสมและส่งได้ตามที่กำหนด	1

		แปลง (Reliability to the field)	3 - นานๆครั้งจะส่งน้ำได้ล่าช้ากว่ากำหนด 2-3 วัน แต่สามารถส่งในอัตราและช่วงเวลาที่กำหนด 0 - ส่งน้ำได้ล่าช้ากว่ากำหนดหลายวัน	
I-33	การเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนการชลประทานสมัยใหม่(ให้น้ำระบบท่อภายใต้แรงดัน)			
I-33A		กระบวนการ และการจัดการ (Procedures, Management)	4 - ไม่ต้องเปลี่ยนวิธีการขอน้ำ การอบรมเจ้าหน้าที่ หรือ การจัดคนเข้าทำงาน 3.5 - เพียงปรับปรุงการฝึกอบรม วิธีการและสภาพพื้นฐานดีอยู่แล้ว แต่ยังใช้งานไม่เต็มที่ 3 - ต้องเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในการขอน้ำ การกระตุ้นให้คนทำงาน(mobility) การฝึกอบรม และการสร้างแรงจูงใจ (incentive) 2 - ต้องเปลี่ยนอย่างมาก 1 รายการ ข้างบน 1 - ต้องเปลี่ยนอย่างมาก 2 รายการ ข้างบน 0 - จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงเกือบทุกสิ่งทุกอย่าง	1
I-33B		ฮาร์ดแวร์ (Hardware)	4 - ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยน 3.5 - จำเป็นต้องซ่อมแซมอาคารบางอาคาร เพื่อให้สามารถทำงานได้ 3 - ต้องปรับปรุงการสื่อสาร ซ่อมแซมอาคารบางอาคาร(ในวงเงินน้อยกว่า 300 เหรียญ	1

			สหรัฐ ต่อเฮกตาร์) หรือปรับปรุงอาคารเก่าเล็กน้อย แต่เพิ่มอาคารใหม่สำหรับการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ 2 - ลงทุนเพิ่มมากขึ้น 300-600 เหรียญสหรัฐ ต่อเฮกตาร์ 1 - ลงทุนเพิ่มมากขึ้นถึง 1,500 เหรียญสหรัฐ ต่อเฮกตาร์ 0 - จำเป็นต้องปรับการทำงานของทั้งระบบเกือบทั้งหมด	
I-34	การรับและใช้ประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ (Sophistication in receiving and using feedback information. This does not need to be automatic.)		4 - มีข้อมูลย้อนกลับอย่างต่อเนื่อง และมีการใช้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อเปลี่ยนอัตราการไหล มีการตรวจวัดที่จุดสำคัญทุกจุด หรือจำเป็นต้องมีข้อมูลย้อนกลับขั้นต่ำเช่นระบบท่อปิด 3 - มีข้อมูลย้อนกลับหลายครั้งต่อวัน และมีการใช้ข้อมูลย้อนกลับอย่างรวดเร็ว (ภายใน 2-3 ชั่วโมง) ที่จุดหลักๆ 2 - มีข้อมูลย้อนกลับ 1 ครั้งต่อวัน จากจุดหลัก และมีการใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสมภายในวันนั้น 1 - มีข้อมูลย้อนกลับรายสัปดาห์ และมีการใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสม หรือ มีข้อมูลย้อนกลับ 1 ครั้งต่อวัน แต่การใช้ข้อมูลย้อนกลับยังไม่ดี 0 - ไม่มีข้อมูลย้อนกลับ หรือมีข้อมูลย้อนกลับแต่ไม่มีการใช้งาน	
	ดรรชนีพิเศษที่ไม่ได้มีค่า 0-4 (Special Indicators that do not have 0-4 rating scale)			

I-35	ความหนาแน่นของ Turnouts		จำนวนผู้ใช้น้ำที่อยู่ด้านท้ายน้ำของ Turnouts ที่เจ้าหน้าที่ควบคุม	
I-36	จำนวน Turnouts/Operator		จำนวน Turnouts ต่อ เจ้าหน้าที่ 1 คน	
I-37	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในคลองสายใหญ่ (Main Canal Chaos)		สัดส่วนของดรรชนีการบริการส่งน้ำจริงของคลองสายใหญ่(I-5) ต่อดรรชนีการบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ของคลองสายใหญ่(I-6)	
I-38	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในคลองซอย (Second Level Chaos)		สัดส่วนของดรรชนีการบริการส่งน้ำจริงที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุม(I-3) ต่อดรรชนีการบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ที่จุดสุดท้ายที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุม(I-4)	
I-39	ความยุ่งเยิงในการควบคุมน้ำในระดับแปลงนา (Field Level Chaos)		สัดส่วนของดรรชนีการบริการส่งน้ำให้ระดับแปลง(I-1) ต่อดรรชนีการบริการส่งน้ำที่โครงการกำหนดไว้ที่ระดับแปลง(I-2)	

5. แนวทางการใช้ RAP Excel worksheet

RAP ประกอบด้วย Worksheet จำนวน 14 Worksheets ดังแสดงในตารางที่ 1 ในหัวข้อ 1 ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงแนวทางการใช้ RAP Excel Worksheet โดยละเอียด

5.1 ชื่อ และชนิดของ Excel Worksheet

(1) ห้ามเปลี่ยนชื่อ Excel Worksheet

(2) Excel Worksheet แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(ก) Input Worksheet ใช้สำหรับการป้อนข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย Worksheet ที่ 1 และ Worksheet ที่ 5 – 11

- Worksheet 1 คือ Worksheet ที่ใช้ป้อนข้อมูลสมดุลน้ำของโครงการเพื่อใช้คำนวณดรรชนีภายนอก (External Indicators) ใน Worksheet ที่ 4 ข้อมูลที่ป้อนให้ Worksheet 1 จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณในเซลทางขวามือของบริเวณที่ใช้ป้อนข้อมูล ซึ่งจะมองไม่เห็นขณะเป็นข้อมูล แต่ผู้สนใจจะสามารถเข้าไปดูสูตรการคำนวณต่าง ๆ ได้ โดยการ Scrolling ไปทางด้านขวามือ
- Worksheet ที่ 5 – 11 มีการสูตรการคำนวณค่าดรรชนีอยู่ 2 – 3 แห่งในเซล ซึ่งอยู่คอลัมน์เดียวกับเซลที่ใช้ป้อนข้อมูล ใน Thai Version RAP จะมีแถบสีน้ำเงินอยู่ทางด้านขวามือของเซลที่ใช้ป้อนข้อมูลเพื่อใช้เป็นที่สังเกตสำหรับการป้อนข้อมูล

(ข) Summary Worksheet ได้แก่ Worksheet ที่ 4, 12, 13 และ 14 ซึ่งเป็น Worksheet ที่ใช้สรุปผลการคำนวณค่าดรรชนีทั้งภายนอกและภายใน

5.2 การกำหนดสีที่ใช้ในเซลล์ และความหมายของสีต่าง ๆ

(1) ความหมายของสีสำหรับ Worksheet 1 (Input – Year X)

(ก) Blank Cell – ใช้สำหรับป้อนข้อมูล

(ข) Shaded Cell – แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ หรือค่าที่กำหนดให้ หรือคำอธิบาย หรือแสดงว่าไม่ต้องการข้อมูล ผู้ใช้ไม่ควรเปลี่ยนค่าใน Shaded Cell ผู้ที่สามารถเปลี่ยนค่าใน Cell ต้องเข้าใจโปรแกรมการคำนวณใน RAP worksheet ทั้งหมด

(ค) Red Letters – แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ

(ง) Blue Values – แสดงค่าที่เชื่อมโยง (Link) มาจาก Worksheet อื่น โดยอาจเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณหรือจากการป้อนข้อมูลก็ได้

(2) ความหมายของสีสำหรับ Worksheet 4 (External Indicator)

(ก) Blank Cell – อยู่ในคอลัมน์ “Est. CI (Estimated Confidence Interval)” ซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าไป CI หรือ Confidence Internal หมายถึงช่วงความเชื่อมั่นของข้อมูล ซึ่งได้กล่าวถึงแล้วในหัวข้อที่ 3 ใช้ค่า CI มาก เพื่อแสดงว่าผู้ประเมินไม่ค่อยแน่ใจในข้อมูลที่ป้อนเข้า ถ้าผู้ประเมินแน่ใจว่าข้อมูลมีความถูกต้องสูง จะใช้ CI น้อย ๆ เช่น 0.05 เป็นต้น

(ข) Shade Cell – แสดงค่าที่เชื่อมโยงกับ Worksheet ก่อนหน้านั้นหรือค่าที่คำนวณได้ใน Worksheet นั้น

(ค) Red Letters – แสดงค่าที่ได้จากคำนวณใน Worksheet นั้น

(ง) Blue Values – แสดงค่าที่เชื่อมโยงมาจาก Worksheet อื่น

(3) ข้อกำหนดสำหรับ Worksheet ที่ 5-13

(ก) Blank Cells ซึ่งมีเส้นขอบสว่าง คือเซลที่ต้องการ Input

(ข) Blank Cells ซึ่งมีเส้นขอบดำ แสดงว่าต้องการข้อมูล แต่ข้อมูลที่ต้องการ อาจจะปรากฏภายหลัง

(ค) ห้ามป้อนข้อมูลลงในเซลใด ๆ ที่มีการกำหนดรูปแบบเซลไว้แล้วหรือถูกแลเงาไว้

(ง) Shade Cell ที่มีสูตรกำกับไว้ จะแสดงการคำนวณอัตโนมัติ

(จ) Cells ที่มีการกำหนดรูปแบบไว้ อาจใช้แบ่งหัวข้อ หรือบอกว่าไม่ต้องการข้อมูล

Worksheet แรก (Input-Year 1) ต้องการข้อมูล 1 ปี แต่ถ้าต้องการวิเคราะห์ข้อมูลหลายปี (Multiple Year) ให้ Run โปรแกรมหลายครั้ง โดยใช้ข้อมูลใหม่ เนื่องจากการใช้ข้อมูลเพียงปีเดียว อาจทำให้เกิดการแปรความหมายผิด โดยเฉพาะกรณีที่มีความแปรปรวนในสภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำต้นทุน

6. รายละเอียด Worksheet

6.1 Worksheet 1 – Input – Year 1

Worksheet 1 ประกอบด้วยตารางสำหรับการป้อนข้อมูล 10 ตาราง ดังต่อไปนี้

6.1.1 ข้อมูลที่ต้องป้อนก่อนตารางที่ 1

(1) พื้นที่โครงการทั้งหมด (Total Project Area) หมายถึงพื้นที่ทั้งหมดของโครงการ มีหน่วยเป็นเฮกแตร์ (ha) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะรวมพื้นที่เพาะปลูกซึ่งโครงการสามารถส่งน้ำให้ได้ (Command Area) และพื้นที่เพาะปลูกภายในขอบเขตโครงการที่โครงการไม่สามารถส่งน้ำให้ได้

(2) พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้รับน้ำจากโครงการ (Total Field Area in the Command Area) หมายถึงพื้นที่ทั้งหมดที่โครงการสามารถส่งน้ำให้ได้ พื้นที่นี้จะรวมถึงพื้นที่เพาะปลูกที่โครงการไม่ได้ส่งน้ำให้เนื่องจากคลองอาคารได้รับความเสียหาย หรือ เนื่องจากน้ำไม่พอ

(3) ประสิทธิภาพการส่งน้ำประเมินสำหรับน้ำจากภายนอกโครงการ (Estimated Conveyance Efficiency for External Water)

$$\text{Conveyance Efficiency} = 100 \times \frac{\text{ปริมาตรน้ำชลประทานจากภายนอกที่ส่งให้แปลงเพาะปลูก}}{\text{ปริมาตรน้ำชลประทานจากภายนอกที่ได้รับ}}$$

ในกรณีนี้จุดส่งน้ำ (Point of Delivery) หมายถึงจุดที่เกษตรกรเป็นผู้ควบคุมน้ำ หรือจุดที่โครงการส่งน้ำให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ ในบางกรณี Turnout (Offtake) ที่เป็นจุดส่งมอบน้ำ อาจควบคุมการจ่ายน้ำให้แปลงเพาะปลูกนับร้อยแปลง (Field)

การสูญเสียน้ำในการส่งน้ำประกอบด้วย

- การรั่วซึม (Seepage)
- การไหลล้นคลอง (Spillage)
- ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในการเติมน้ำเข้าคลองหรือระบายน้ำออกจากคลอง (Filling – Emptying)
- การคายระบายของวัชพืชน้ำในคลอง เป็นต้น

ประสิทธิภาพการส่งน้ำยังรวมถึงการสูญเสียน้ำที่อาจเกิดระหว่างจุดที่เริ่มผันน้ำ และจุดที่รับน้ำเข้าพื้นที่ชลประทาน (Command Area)

(4) ประสิทธิภาพการส่งน้ำประเมินสำหรับการใช้น้ำหมุนเวียนในโครงการ หมายถึง ประสิทธิภาพการส่งน้ำสำหรับน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่โครงการ โดยเจ้าหน้าที่โครงการ เช่น น้ำที่สูบจากคลองระบาย หรือบ่อน้ำ (Wells) ในโครงการ

(5) อัตราการรั่วซึมน้ำในแปลงนาประเมิน (Estimated Seepage)

(6) ค่าการสูญเสียน้ำผิวดินจากแปลงข้าวลงสู่ระบบระบายน้ำประเมิน (Estimated Surface Losses)

(7) ประสิทธิภาพการชลประทานระดับแปลงสำหรับพืชอื่นประเมิน(Estimated Field Irrigation Efficiency)

Field Irrigation Efficient (Field IE)

$$= 100 \times \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้สำหรับETแและกิจกรรมพิเศษอื่นๆ}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้แปลงเพาะปลูก}}$$

ในการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานระดับแปลงเพาะปลูก การคิดปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้แปลงจะคิดที่จุดส่งน้ำ (Point of Delivery) ซึ่งอาจส่งน้ำต่อให้แปลงย่อย ๆ หลายแปลง กิจกรรมการใช้น้ำพิเศษอื่น ๆ ได้แก่การชะล้างเกลือ การเตรียมแปลง การควบคุมภูมิอากาศในแปลง ซึ่งจะคิดเฉพาะน้ำชลประทานที่มีการใช้ประโยชน์เท่านั้น

RAP จะคำนวณค่า Field IE ใน Worksheet 4 – External Indicators (ดรรชนีตัวที่ 31) ซึ่งควรนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ ค่า Field IE จะถูกนำไปใช้ประเมิน Recharge แก่น้ำใต้ดิน อันเนื่องจากการซึมเลยเขตราก (Deep Percolation) ถ้าค่า Field IE ที่คำนวณได้ต่างจากค่าประเมิน ผู้ประเมินควรปรับแก้ค่าที่ประเมินหรือปรับค่าการซึมลึกเลยเขตราก หรือน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) จนกระทั่งดรรชนีตัวที่ 2 ใกล้เคียงกับดรรชนีตัวที่ 31

(8) ความสามารถในการส่งน้ำ (Flow rate Capacity) ของคลองสายใหญ่ที่จุดผันน้ำ ค่านี้แสดงผลรวมของอัตราการส่งน้ำสูงสุดจริงของแต่ละจุดผันน้ำ บางกรณีอัตราการส่งน้ำจริงจะสูงกว่าที่ออกแบบไว้ หรือบางครั้งต่ำกว่าเนื่องจากการตกตะกอนในคลองส่งน้ำ

(9) อัตราการส่งน้ำสูงสุดจริง (Actual Peak Flow Rate) คิดเฉพาะน้ำชลประทานไม่รวมน้ำที่มีการสูบน้ำจากภายในโครงการไปใช้

(10) ค่า ECe ของน้ำชลประทานเฉลี่ย เป็นค่าเฉลี่ยของทั้งน้ำชลประทานและน้ำบาดาลของทั้งปี ซึ่งคำนวณจากสูตร ppm × flow rate × time

6.1.2 ตารางที่ 1- สัมประสิทธิ์พืช และ ECe สูงสุดของพืช (Field Coefficients, Kc, and Crop Threshold, ECe)

ข้อมูลที่ต้องกรอกได้แก่

(1) ให้ใส่ชื่อเดือนตามปีน้ำที่บรรทัดบนสุดของตารางที่ 1 ปีน้ำของเมืองไทยเริ่มเดือนเมษายน

(2) ชื่อพืชที่ต้องให้น้ำชลประทาน (Irrigated Crop Name) ซึ่งสามารถใส่ชื่อพืชในโครงการได้ถึง 17 พืช แต่ 3 พืชแรกกำหนดให้เป็นข้าวตามที่ปรากฏในตาราง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ กรณีที่โครงการมีพืชมากกว่า 17 ชนิด ให้พิจารณารวมพืชที่มีพื้นที่เพาะปลูกน้อยและคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน เพื่อไม่ให้เกิน 17 ชนิด

กรณีที่มีการปลูกพืชชนิดเดียวกันหลายครั้งให้ใส่ชื่อพืชนั้นซ้ำได้ แต่ต้องระบุว่าเป็นพืชฤดูฝนหรือฤดูแล้ง

(3) ความเค็ม (Salinity)

(ก) ความเค็มเฉลี่ยของน้ำชลประทาน ซึ่งจะวัดในรูปของค่าความนำไฟฟ้าหรือ Electrical Conductivity ของน้ำ (EC_W) ที่ผันเข้าสู่โครงการ มีหน่วยเป็น dS/m (1 dS/m = 1 mmho/cm)

(ข) ค่า ECe วิกฤต (Threshold ECe) ซึ่งหมายถึงค่า EC ของน้ำที่สกัดออกมาจากดินที่อิ่มน้ำ (Saturated Soil Extract) ณ จุดที่ผลผลิตเริ่มจะลดลง แสดงอยู่ในตารางที่ 5

ความต้องการน้ำสำหรับการชะล้างเกลือ (Leaching Requirement, LR) ของพืชจะสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$LR = \frac{EC_{iw}}{(5 \times ECe) - EC_{iw}}$$

เมื่อ

EC_{iw} = EC ของน้ำชลประทาน, ds/m

EC_e = ค่าความเค็มหรือค่าความนำไฟฟ้าวิกฤติของน้ำที่สกัดจากดินอิ่มน้ำ ณ จุดที่ผลิตเริ่มลดลง (Threshold Saturated Extract), ds/m

ตารางที่ 5 ค่าความทนเค็มของพืช (Salt Tolerance of Various Crops) (Mass and Hoffman 1977)

Crop	Threshold ECe (ECe at initial yield decline) dS/m	Crop	Threshold ECe (ECe at initial yield decline) dS/m
Alfalfa	2.0	Onion	1.2
Almond	1.5	Orange	1.7
Apricot	1.6	Orchard grass	1.5
Avocado	1.3	Peach	1.7
Barley (grain)	8.0	Peanut	3.2
Bean	1.0	Pepper	1.5
Beet, garden	4.0	Plum	1.5
Bermuda grass	6.9	Potato	1.7
Broad bean	1.6	Rice, paddy	3.0
Broccoli	2.8	Ryegrass, perennial	5.6
Cabbage	1.8	Sesbania	2.3
Carrot	1.0	Soybean	5.0
Clover	1.5	Spinach	2.0
Corn (forage and grain)	1.8	Strawberry	1.0
Corn, sweet	1.7	Sudan grass	2.8
Cowpea	1.3	Sugar beet	7.0
Cucumber	2.5	Sugarcane	1.7
Date	4.0	Sweet potato	1.5
Fescue, tall	3.9	Tomato	2.5
Flax	1.7	Wheat	6.0
Grape	1.5	Wheat grass, crested	3.5
Grapefruit	1.8	Wheat grass, tall	7.5
Lettuce	1.3		

ตัวอย่างการคำนวณ

EC_{iw} = 1 ds/m

Crop = Grain Corn

จากตารางที่ 5 EC_e = 1.8 ds/m

$$LR = \frac{1}{(5\times 1.8)-1} = 0.125$$

ความต้องการน้ำเพื่อการชะล้างเกลือที่ติดมากับน้ำชลประทาน จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณที่ต้องการเพื่อควบคุมความเค็มในเขตราก

$$= \text{ET of Irrigation Water} \times \frac{LR}{1-LR}$$

ถ้า ET จากน้ำชลประทาน = 100,000 mcm

LR = 0.125

ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อควบคุมความเค็ม = $100{,}000 \times \frac{0.125}{1-0.125}$

= 14,286 mcm

อย่างไรก็ตามฝนที่ตกลงในแปลง และไหลซึมเลยเขตราก (DP) จะช่วยชะล้างเกลือบางส่วนออกจากดิน

ดังนั้นปริมาตรน้ำชลประทานที่ต้องการเพื่อควบคุมเกลือในเขตรากเขต

= ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อควบคุมเกลือในเขตราก – ปริมาณฝนที่ซึมเลยเขตราก (Rainfall Deep Percolation)

(4) สัมประสิทธิ์แปลง (Field Coefficients, K_c)

ใน RAP เทอม K_c จะหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์แปลง ซึ่งความจริงแล้วสัมประสิทธิ์แปลง คือค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ใช้ในการคำนวณ ET_C จากสมการ $ET_C = K_c \, . \, ET_o$ ที่มีการปรับค่าสัมประสิทธิ์พืช โดยพิจารณาถึงความเครียดของพืชเนื่องจากดินแห้ง และการระเหยจากผิวดินเนื่องจากฝนหรือน้ำชลประทาน

$ET_c = K_c . ET_O$

เมื่อ ET_c = Crop ET

ET_o = Gras Reference ET (FAO56, 19--)

การเลือกค่า Field Coefficients ที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบต่าง ๆ ในตารางที่ 8 ของ Input Worksheet ซึ่งได้แก่

(ก) ฝนใช้การ(Effective Rainfall, Re) และน้ำชลประทาน คือ น้ำภายนอกในกระบวนการ Field ET

(ข) คำนวณค่า Field ET รายเดือนจากสูตร

$ET_{Field} = K_c \times ET_o$

ฝนใช้การ หมายถึง ปริมาณฝนที่สูญเสียไปในการระเหยทั้งจากผิวดินและพืช และการคายน้ำ ดังนั้นถ้าต้องการหาค่าการระเหยจากผิวดินในเดือนที่ไม่ได้ปลูกพืช จะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

- ต้องคำนวณฝนใช้การเพื่อให้สะท้อนค่าการระเหยจากผิวดิน
- K_c (field) ในเดือนนั้นต้องมีค่ามากกว่า 0.0

วิธีการแนะนำเกี่ยวกับการใช้ค่า K_c ใน RAP

(ก) สำหรับพืชที่ไม่ได้ใช้น้ำชลประทาน ในช่วงก่อนปลูก

- เดือนที่ไม่มีพืชอยู่ในแปลงให้ $K_c = 0$
- ค่า Effective Rainfall ในเดือนนั้นคือปริมาณน้ำฝนที่เก็บกักอยู่ในเขตรากพืช เพื่อใช้หลังจากการงอก

(ข) สำหรับพืชที่ใช้น้ำชลประทาน ช่วงก่อนปลูก เช่น น้ำเตรียมแปลงสำหรับข้าวและฝ้าย กรณีนี้ให้พิจารณาตามข้อ (ก) จนกระทั่งเริ่มส่งน้ำชลประทานครั้งแรก หลังจากนั้นให้พิจารณาดังต่อไปนี้

- $K_c > 0$ สำหรับการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจากผิวดิน
- ฝนใช้การ คือ น้ำที่พืชนำไปใช้หลังจากปลูก และน้ำที่ระเหยจากผิวดินก่อนการปลูก

ตัวอย่างการพิจารณา

- ให้น้ำชลประทานแก่แปลงในวันแรกของเดือน
- ปลูกพืชหลังจากนั้นอีก 1 เดือน
- ดินจะแห้งและปราศจากวัชพืชสำหรับเดือนนี้
- ดินจะยังคงมีความชุ่มชื้นต่อไปอีก 3 วัน หลังจากที่น้ำในแปลงแห้ง

ตารางที่ 6 แสดงการคำนวณค่า K_c เฉลี่ยประจำเดือน ซึ่งได้พิจารณาถึงการระเหยของน้ำจากผิวดิน ซึ่งการคำนวณมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ค่า K_c ต่ำสุด คือ 0.15
- ถ้าดินยังคงดูชุ่มชื้น (สีดำ) ถึงแม้ว่าจะไม่มีพืชปลูกอยู่ ค่า $K_c = 1.05$
- พืชที่ไม่ขาดน้ำ (ฝ้าย ข้าว ข้าวโพด) จะมีค่า $K_c = 1.1$ ถ้าเจริญเติบโตเต็มที่ (100% Canopy Cover)

6.1.3 ตารางที่ 2 ค่า ETo รายเดือน

ค่า ETo รายเดือนที่ต้องป้อนให้ตารางที่ 2 ควรคำนวณจากวิธีมาตรฐาน เช่น Penman-Monteith (Allen *et al*., 1998) โครงการต่าง ๆ อาจใช้ค่า ETo รายเดือนที่คำนวณโดยส่วนการใช้น้ำชลประทานของกรมชลประทาน

6.1.4 ตารางที่ 3 น้ำผิวดินที่นำเข้าสู่พื้นที่โครงการ (Surface Inflow)

น้ำผิวดินที่นำเข้าสู่พื้นที่โครงการ จะหมายถึงเฉพาะปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพื่อการชลประทานในพื้นโครงการเท่านั้น ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านโครงการจะไม่นำมาคิด หน่วยปริมาณน้ำที่ใช้คือ ล้านลูกบาศก์เมตร(mcm) ปริมาณน้ำผิวดินดังกล่าว จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

(1) ปริมาณน้ำชลประทานที่ผันมาจากนอกพื้นที่โครงการ ซึ่งวัด ณ จุดผันน้ำ ปริมาณน้ำส่วนนี้คือ ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้อย่างป็นทางการ (Officially Diverted Irrigation Water Supply)

(2) ปริมาณน้ำที่นำเข้าจากแหล่งภายนอกที่ 2 ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ผันหรือสูบมาใช้เพื่อการชลประทาน ซึ่งผู้ประเมินของ RAP จะต้องระบุแหล่งน้ำชลประทานดังกล่าว อาจจะมาจากหลายแหล่งที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันก็ได้ เช่นมีการตั้งสถานีสูบน้ำ 2-3 แห่ง ในแม่น้ำท้ายเขื่อนขาดน้ำ เพื่อสูบน้ำเสริมให้พื้นที่ท้ายน้ำ หรือการผันน้ำจากลุ่มน้ำอื่นมาช่วยเหลือการเพาะปลูก เป็นต้น

(3) ปริมาณน้ำที่นำเข้าจากแหล่งภายนอกแหล่งที่ 3 วิธี การป้อนข้อมูลเหมือนข้อ (2)

สิ่งสำคัญสำหรับตารางที่ 3 ใน Worksheet 1 คือ ปริมาณน้ำผิวดินดังกล่าวต้องนำเข้ามาจากภายนอกโครงการ และใช้เพื่อการชลประทานเท่านั้น น้ำจากแหล่งภายนอกที่ 2 และ 3 อาจนำเข้าโดยผู้ใช้น้ำเองก็ได้ ดังนั้นน้ำที่สูบจากคลองระบายไม่ถึงเป็นน้ำผิวดินที่นำเข้า ซึ่งจะได้แยกกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

6.1.5 ตารางที่ 4 แหล่งน้ำผิวดินภายใน (Internal Surface Water Sources)

น้ำผิวดินภายใน จะหมายถึงน้ำผิวดินที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recirculated) เช่น น้ำที่สูบจากคลองระบายมาทำการชลประทาน ปริมาณน้ำผิวดินภายในอาจมาจากปริมาณน้ำที่ไหลล้นคลอง (Spillage) น้ำที่ซึมลึกเลยเขตราก (Deep Percolation) หรือน้ำไหลเลยท้ายแปลง (Runoff) แต่ต้องไม่ใช่น้ำที่สูบจากคลองชลประทานโดยตรง

6.1.6 ตารางที่ 5 พื้นที่เพาะปลูกรายเดือน

ให้กรอกพื้นที่เพาะปลูก (เฮกแตร์) ในตารางที่ 5 ของ Worksheet 1 เมื่อพบว่าค่า Kc ของพืชนั้นในเดือนนั้นมากกว่า 0

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณ K_c ช่วงการส่งน้ำก่อนการปลูกพืช (Pre-plant Iirrigation)

Day	Kc	Explanation
1	1.05	Irrigation - wet soil surface
2	1.05	2nd day of irrigation - wet soil surface
3	1.05	1st day after irrigation. No standing water. Soil surface still dark
4	1.05	2nd day after irrigation. Soil surface still dark
5	1.05	3rd day after irrigation. Soil surface still dark
6	0.7	4th day after irrigation.
7	0.5	5th day after irrigation.
8	0.3	6th day after irrigation.
9	0.15	7th day after irrigation
10	0.15	8th day after irrigation
11	1.05	Rain - wet soil surface
12	1.05	2nd day of rain - wet soil surface
13	1.05	1st day after rain. Soil surface still dark
14	1.05	2nd day after rain. Soil surface still dark
15	1.05	3rd day after rain. Soil surface still dark
16	0.7	4th day after rain.
17	0.5	5th day after rain.
18	0.3	6th day after rain.
19	0.15	7th day after rain
20	0.15	8th day after rain
21	1.05	Rain - wet soil surface
22	1.05	2nd day of rain - wet soil surface
23	1.05	1st day after rain. Soil surface still dark
24	1.05	2nd day after rain. Soil surface still dark
25	1.05	3rd day after rain. Soil surface still dark
26	0.7	4th day after rain.
27	0.5	5th day after rain.
28	0.3	6th day after rain.
29	0.15	7th day after rain
30	0.15	8th day after rain
Avg. Kc =	**0.71**	for this month of 30 days

6.1.7 ตารางที่ 6 ข้อมูลน้ำใต้ดิน (Groundwater)

ตารางนี้ใช้กรณีที่มีการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ โดยผู้ใช้น้ำหรือโครงการ โดยน้ำใต้ดินดังกล่าวอาจมาจากแหล่งน้ำใต้ดินภายนอก หรือภายในโครงการก็ได้

ปริมาณน้ำใต้ดินสุทธิที่สูบขึ้นมาใช้อาจมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ก็ได้ กรณีที่มีการ Recharge ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณน้ำที่ซึมลึกเลยเขตราก (Deep Percolation) จากแปลง หรือปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากคลอง (Seepage) การคำนวณปริมาณน้ำใต้ดินสุทธิที่สูบขึ้นมาใช้ (Net Groundwater Pumping) มีแนวคิดดังต่อไปนี้

ET of Groundwater = Groundwater Pumping within Command Area – Losses

Net Groundwater Pumping = ET of Groundwater – Recharge ถ้า Recharge < ET of Groundwater

Net Groundwater Pumping = 0 ถ้า Recharge > ET of Groundwater

การสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ ถือเป็นการนำน้ำชลประทานกลับมาใช้ใหม่ (Recirculation) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการ หรือ Project IE หรือ Command Area IE แต่จะไม่เพิ่ม Field IE ยกเว้นแต่มีระบบการนำน้ำในแปลงกลับมาใช้ใหม่

6.1.8 ตารางที่ 7 ฝน(Rainfall) ฝนใช้การ(Effective Rainfall) และน้ำฝนที่ซึมลึกเลยเขตราก (Rainfall Deep Percolation)

ตารางที่ 7 ของ Worksheet 1 ต้องการข้อมูลฝน ฝนใช้การ และปริมาณน้ำฝนที่ซึมลึกเลยเขตรากรายเดือนของโครงการ ให้ใส่ปริมาณฝนรายเดือนเป็น มม. ไว้ในบรรทัดแรกของตารางที่ 7 ส่วนเปอร์เซ็นต์ฝนใช้การ (% Effective Rainfall) และปริมาณฝนที่ซึมลึกเลยเขตรากเป็น มม. ให้ใส่ตามชนิดของพืช กรณีที่โครงการไม่ทราบข้อมูล % ฝนใช้การ และปริมาณฝนที่ซึมเลยเขตราก อาจประมาณจากตำราหรือจากรายงานวิจัยต่าง ๆ ได้ ถึงแม้ว่าค่าที่ได้อาจไม่ถูกต้องแม่นยำ แต่ก็ยังดีกว่าไม่ใส่ข้อมูล สิ่งสำคัญเกี่ยวกับฝนคือ

(1) ถ้าฝนตกมาก %ฝนใช้การจะน้อย

(2) ปริมาณฝนที่ซึมลึกเลยเขตราก < (ฝน – ฝนใช้การ)

6.1.9 ตารางที่ 8 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรการพิเศษอื่น ๆ

ความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูกอื่นๆ (Special Agronomic Requirements, mm.) เช่น ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อการเตรียมแปลง(Land Preparation) ปริมาณน้ำที่ต้องการให้ท่วมขังในแปลงนา (Standing Water) เป็นต้น

6.1.10 ตารางที่ 9 ผลผลิตพืชและราคาผลผลิต

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับตารางที่ 9 ได้แก่

(1) อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตรา เช่น 0.025 เหรียญสหรัฐ ต่อ 1 บาท เป็นต้น

(2) ผลผลิตพืชแต่ละชนิด มีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์

(3) ราคาพืชที่แปลงมีหน่วยเป็น บาท/ตัน

6.2 Worksheet 4 – External Indicator

ใน Worksheet 4 จะแสดงผลการคำนวณค่าดรรชนีภายนอก ซึ่งประกอบดรรชนี 8 กลุ่ม ดังนี้

(1) ประสิทธิภาพการส่งน้ำและประสิทธิภาพการชลประทานที่กำหนด (Stated Efficiencies)

(2) พื้นที่เพาะปลูก (Areas)

(3) แหล่งน้ำต้นทุนจากภายนอกโครงการ (External sources of water for the command area) ซึ่งรวมถึงน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำฝน แหล่งน้ำต้นทุนภายในโครงการ(Internal Water Sources)

(4) ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้ผู้ใช้น้ำ (Irrigation water delivered to users) ซึ่งแบ่งเป็นน้ำชลประทานจากภายนอกและภายใน ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งทั้งหมด ปริมาณน้ำที่ส่งถึงมือเกษตรกร และประสิทธิภาพการส่งน้ำของโครงการ

(5) ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของแปลงสุทธิ (Net Field Irrigation requirements)

(6) ดรรชนีหลักอื่นๆ (Other Key Values) เช่น ความจุคลอง อัตราการส่งน้ำจริงสูงสุด ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิและรวมสูงสุด

(7) ดรรชนีภายนอกประจำปีของพื้นที่ชลประทาน เช่นอัตราการส่งน้ำสัมพัทธ์ ประสิทธิภาพการชลประทานระดับแปลงและระดับโครงการ สัดส่วนปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิรายเดือนสูงสุดเทียบกับความจุคลองและเทียบกับอัตราการส่งน้ำของคลองสายใหญ่สูงสุด ผลผลิตและราคา(Annual or One-time External Indicators for the Command Area)

7. ดรรชนีภายใน (Internal Indicators)

Worksheet 5-12 ใช้สำหรับการประเมินผลการทำงานจริงของโครงการ ซึ่งจำเป็นต้องมีการออกสำรวจตรวจสอบสภาพการทำงานของโครงการจริงในสนาม เพื่อนำมาวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) วิธีการสั่งงาน (Instruction)
(2) การส่งน้ำจริงในระบบคลอง หรือระบบท่อ
(3) ความคาดหวังและผลการส่งน้ำตามความเป็นจริง
(4) การจัดคนเข้าทำงาน (Staffing) งบประมาณและการติดต่อสื่อสาร

การประเมินผลอย่างรวดเร็ว โดย RAP จะช่วยทำให้สามารถระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของโครงการ และสามารถกำหนดแผนดำเนินการเพื่อปรับปรุงโครงการให้ทันสมัยได้

ถึงแม้ว่า Worksheet 5-12 มีจำนวนหลายสิบหน้า ต้องกรอกข้อมูลหลายร้อยบรรทัด แต่มีเพียงประมาณ 25% เท่านั้นที่ต้องการคำตอบ ที่เหลือเป็นคำอธิบาย นอกจากนี้คำถามใน Worksheet ของคลองสายใหญ่ (Main Canal) จะเหมือนกับคลองซอย (Secondary Level Canal) และคลองแยกซอย (Third Level Canal) Worksheet ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินดรรชนีภายในต่อไปจะได้กล่าวถึง

7.1 Worksheet 5 - คำถามเกี่ยวกับสำนักงานโครงการ (Project Office Questions)

ปกติเจ้าหน้าที่โครงการชลประทานจะเป็นผู้ตอบคำถามส่วนใหญ่ใน Worksheet นี้ ก่อนการออกสนาม ซึ่งคำถามจะเกี่ยวข้องกับเงินเดือนและจำนวนเจ้าหน้าที่ และนโยบายในการบริหารงานของโครงการ (Stated Project Policies) ผู้ประเมินจะต้องหาคำตอบสำหรับบางคำถามขณะที่ออกสำรวจในสนาม

Worksheet 5 มีคำถามที่สามารถบอกถึงความเป็นไปได้ในการเกิดความสับสนวุ่นวาย(Chaos) ในโครงการในสภาพปัจจุบัน ความสับสนวุ่นวายจะเกิดเมื่อสภาพความเป็นจริงในสนามไม่ตรงกับสิ่งที่ทางโครงการตั้งเป้าหมายไว้ ดังนั้นผู้ประเมินต้องถามเจ้าหน้าที่โครงการถึงระดับของการให้บริการส่งน้ำในระดับคลองสายใหญ่ กิจกรรมที่เจ้าหน้าที่สนาม (Operators) ทำ น้ำไหลไปถึงแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรได้อย่างไร ต้องมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานจริงในสนามกับสิ่งที่โครงการตั้งเป้าหมายหรือคาดหวังไว้ (Stated Conditions)

โดยทั่วไป โครงการที่มีระดับความสับสนวุ่นวายน้อย จะง่ายต่อการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย (Modernize Project) แต่ถ้าผู้บริหารโครงการไม่ทราบสภาพความเป็นจริงในสนามของโครงการ หรือปฏิเสธปัญหาที่เกิดขึ้นในสนาม การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจะทำได้ยาก

การประเมินผลโดยให้คะแนน 0-4		
0	หมายถึง	แย่ที่สุด
4	หมายถึง	ดีที่สุด

เมื่อประเมินกรอกข้อมูลใน Worksheet 5 เสร็จเรียบร้อย ข้อมูลที่กรอกจะถูกนำไปคำนวณดรรชนีภายใน (Internal Indicators) ใน Worksheet 12 ซึ่ง Worksheet นี้จะมีคำถามเกี่ยวกับการปัญหาการระบายน้ำและปัญหาดินเค็มในช่วงสุดท้าย ซึ่งจะนำไปใช้ในการกำหนดดรรชนีฐาน (Benchmarking Indicators)

กรณีที่สมาคมผู้ใช้น้ำ (WUA) ซึ่งถูกเลือกจากสมาคมผู้ใช้น้ำย่อย (Smaller WUA) เป็นผู้บริหารโครงการ จะเถือว่า WUA คือ Project Office

7.2 Worksheet 6 - คำถามเกี่ยวกับพนักงานโครงการ (Project Employees)

คำถามส่วนใหญ่เกี่ยวกับการประเมินในเชิงคุณภาพของสภาพโครงการ โดยผู้ประเมินจะต้องประเมินหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ และให้คะแนน 0-4

- ความเพียงพอในการอบรมพนักงาน
- กฎเกณฑ์การดำเนินงานที่มีการเขียนไว้อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร
- อำนาจของเจ้าหน้าที่ในการตัดสินใจเรื่องต่าง ๆ ด้วยตัวเอง
- ความสามารถของโครงการในการไล่พนักงานออก
- การให้รางวัลผู้ที่ปฏิบัติงานดี

7.3 Worksheet 7 - สมาคมผู้ใช้น้ำ (WUA)

กรณีที่สมาคมผู้ใช้น้ำ (WUA) มีขนาดใหญ่ และมีบทบาทหน้าที่ในการควบคุมดูแลระบบคลองทั้งโครงการ โดยมีสมาคมย่อย (Smaller WUA) ดูแลการกระจายน้ำให้เกษตรกร (Final Water Distribution) กรณีนี้จะถือว่าสมาคมผู้ใช้น้ำย่อย (Smaller WUA) คือ WUA และ Large WUA คือ Project Office

หลายคำถามใน Worksheet นี้จะเหมือนกับคำถามใน Worksheet 5 (Project Office Questions)

ผู้ประเมินต้องหาคำตอบที่สะท้อนสภาพโดยเฉลี่ยของทั้งโครงการ ไม่ใช่ WUA ที่สัมภาษณ์เท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่คณะผู้ประเมินต้องออกไปพบ WUA หลาย ๆ แห่งก่อนตอบคำถาม

7.4 Worksheet 8 - คลองสายใหญ่ (Main Canal)

Worksheet นี้จะเกี่ยวข้องกับคำถาม 6 ชุด ซึ่งแสดงสภาพทั่วไปของโครงการ คำตอบอาจมีช่วงค่าความเชื่อมั่น (Confidence Interval) กว้าง และมีบางคำถามที่ต้องการคำอธิบายเป็นพิเศษ เช่น

(1) ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ (Wave Travel Time) ซึ่งก็คือ Lag Time หรือระยะเวลาระหว่างการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ (Flow Rate) ที่จุดหนึ่งและเวลาที่อัตราการไหลที่จุดท้ายน้ำเข้าสู่สภาวะคงตัว(Steady State)

(2) หน้าที่ (Functionality) ของอาคารต่าง ๆ และข้อแนะนำ (Instruction) ในการควบคุมอาคาร ผู้ประเมินต้องพิจารณาการดำเนินการจากทัศนะของผู้ปฏิบัติงาน และถามตัวเองว่าขณะเดินสำรวจตามอาคารควบคุมน้ำต่าง ๆ ว่าเรารู้ว่าควรต้องทำอะไรหรือไม่ และการปฏิบัติงานนั้นๆให้ลุล่วง ยากหรือง่ายเพียงใด ยกตัวอย่างถ้าวัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน คือ การรักษาระดับน้ำที่อาคารให้คงที่ คำว่า “คงที่” คือ ภายใน 1 ซม. หรือภายใน 5 ซม. และในแต่ละวันต้องมีการปรับบาน ปตร. กี่ครั้ง หลังจากปรับบาน ปตร. แล้วสามารถรักษาระดับน้ำคงที่ได้หรือไม่ การปรับมาน ปตร. ยุ่งยากและอันตรายหรือไม่

ถ้าปฏิบัติงาน(Operator) ซึ่งหมายถึงพนักงานส่งน้ำและผู้รักษาอาคาร ถูกสั่งให้ส่งน้ำด้วยอัตราที่กำหนดเข้าคลองสายหนึ่ง แต่ไม่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Rate) หรือมีแต่ขาดความแม่นยำ การดูแลบำรุงรักษาไม่เหมาะสม ตำแหน่งที่ติดตั้งไม่เหมาะสม หรือต้องใช้เวลามากในการตรวจวัดน้ำนานเกินความจำเป็น กรณีนี้คงเป็นไปไม่ได้ในการควบคุมอัตราการไหลให้แม่นยำตามที่กำหนด

ผู้ประเมินต้องไม่เพียงแต่พูดคุยกับผู้ควบคุมอาคาร แต่ต้องลองสมมติตัวเองเป็นผู้ควบคุมอาคารแล้วพยายามจินตนาการว่า ถ้าปฏิบัติตามนั้นแล้วจะได้คำตอบเหมาะสมหรือไม่ รูปแบบการประเมินของ Worksheet 8 (main Canal) คือ

(1) ต้องบันทึกสิ่งที่สังเกตพบเห็นทั่วไป

(2) การให้คะแนน (Rating) ให้พิจารณาจากการปฏิบัติงาน (Operation) การบำรุงรักษา และกระบวนการทำงาน การให้คะแนนบางตัวจะขึ้นอยู่กับข้อสังเกตทั่วไปที่ถูกบันทึกไว้ใน Worksheet นี้

คำถามเกี่ยวกับการให้บริการส่งน้ำจริง คือ หัวใจของการประเมิน ผู้ประเมินต้องมีความเข้าใจว่า RAP ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีสมมติฐานว่าเจ้าหน้าที่ของโครงการมีหน้าที่ให้บริการแก่ผู้ใช้น้ำหรือลูกค้า

หลังจากที่ได้วิเคราะห์โครงการตามลำดับจาก

- สำนักงานโครงการ
- คลองสายใหญ่
- คลองซอย
- คลองแยกซอย
- ระบบกระจายน้ำในระดับไร่นา
- แปลงไร่นา

ผู้ประเมินจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการเป็นอย่างดี พนักงานส่งน้ำและผู้รักษาอาคารในคลองสายใหญ่มีหน้าที่เพียงอย่างเดียว คือ ทำทุกวิถีทางเพื่อบริการส่งน้ำอย่างดีให้แก่ผู้ใช้น้ำ (ลูกค้า) ซึ่งก็คือ คลองซอยและท่อระบายน้ำหรือ ทรบ. (Direct Turnout) ที่รับน้ำโดยตรงจากคลองสายใหญ่นั่นเอง

ผู้ปฏิบัติงานทุกคนตั้งแต่วิศวกรผู้อำนวยการโครงการ ถึงพนักงานส่งน้ำและผู้รักษาอาคาร ต้องเข้าใจและยอมรับแนวคิดและหลักการในการบริการส่งน้ำนี้ ถ้าทุกคนเข้าใจและยอมรับ การจัดการระบบก็กลายเป็นเรื่องง่าย ๆ บุคลากรในแต่ละระดับมีหน้าที่รับผิดชอบเฉพาะผลการปฏิบัติงาน (Performance) ของตัวเองเท่านั้น

ผู้ปฏิบัติงานในคลองสายใหญ่ ไม่จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับอัตราการไหล (Q) ที่แต่ละแปลงต้องการในแต่ละวัน แต่ต้องพยายามทำหน้าที่ในการส่งน้ำ(ควบคุมอัตราการไหล)ให้แต่ละ Turnouts (Offtakes) อย่างดีที่สุด ดรรชนีแสดงผลการส่งน้ำใน RAP มี 3 ดรรชนีคือ

(1) ความยืดหยุ่น หรือความคล่องตัว (Flexibility) ซึ่งประกอบด้วย
- ความถี่ (Frequency)
- อัตราการไหล (Flow Rate)
- ช่วงเวลาการส่งน้ำ (Duration)

(2) ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

(3) ความเป็นธรรม หรือความเสมอภาค (Equity)

สำหรับโครงการซึ่งใช้เทคนิคการให้น้ำชลประทานในระดับแปลงแบบง่าย ๆ เช่นการให้น้ำทางผิวดิน ความน่าเชื่อถือและความเป็นธรรม ถือเป็นดรรชนีที่มีความสำคัญ ถ้าการส่งน้ำขาด ความน่าเชื่อถือและความเป็นธรรมจะเกิดปัญหาด้านสังคม เช่น การทำลายอาคาร และการไม่จ่ายค่าน้ำ ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานระดับแปลง การส่งน้ำจำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นระดับหนึ่ง แม้แต่การให้น้ำกับแปลงข้าวซึ่งใช้เทคนิคง่าย ๆ อัตราการส่งน้ำ (Flow Rate) ช่วงเตรียมแปลงและช่วง

หลังจากข้าวงอกก็แตกต่างกันเป็นอย่างมาก ยิ่งกว่านั้น เกษตรกรปลูกข้าวไม่พร้อมกัน จึงจำเป็นที่การส่งน้ำต้องมีความยืดหยุ่น

ถ้าต้องการ Project IE สูง ระบบคลองส่งน้ำต้องมีความยืดหยุ่นพอที่จะสามารถเปลี่ยนอัตราการไหลได้บ่อยครั้งตามความต้องการน้ำ และสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โครงการชลประทานส่วนใหญ่ขาดความยืดหยุ่น ดังนั้นโครงการชลประทานส่วนใหญ่จึงมี Project IE ต่ำ

สุดท้าย ผู้ประเมินต้องพิจารณาว่าจะดำเนินการอย่างไร เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ของโครงการ (Improve Project Performance) วิธีการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ เช่น สปริงเกลอร์และน้ำหยด ต้องการระบบส่งน้ำที่มีความยืดหยุ่นและความน่าเชื่อถือได้มากว่าการให้น้ำทางผิวดิน ที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป ดังนั้นผู้ประเมินจำเป็นต้องถามตัวเองตลอดเวลาขณะทำ RAP ว่า

“ข้าพเจ้าไม่ต้องการเพียงแค่แนะนำแนวทางการปรับปรุงโครงการ (Project Rehabilitation) เท่านั้น แต่ข้าพเจ้าต้องการแนะนำลำดับขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อทำให้โครงการมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีระบบการจัดการน้ำที่ดีขึ้น สอดคล้องกับความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อาคาร วิธีการใช้งาน (Operating Instructions) และบุคลากรที่มีอยู่มีขีดความสามารถที่จะรองรับความต้องการใหม่ ๆ เหล่านี้หรือไม่ ถ้าไม่จะปรับแก้อย่างไร”

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบคลองสายใหญ่ให้ทั่วถึง โดยผู้ประเมินต้องเริ่มการตรวจสอบจากแหล่งน้ำ จนถึงปลายคลอง แต่ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบอาคารทุกตัว ควรตรวจสอบเฉพาะอาคารที่สำคัญเท่านั้น

สิ่งที่ท้าทายที่ผู้ประเมินต้องจัดการให้ได้ ได้แก่

(1) เจ้าหน้าที่โครงการ ต้องการให้ผู้ประเมินใช้เวลาส่วนใหญ่ที่เขื่อน เพื่อถกปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเขื่อน ปัญหาต้นน้ำ และและปัญหาด้านการเมือง ซึ่งความจริงแล้วสิ่งสำคัญที่ผู้ประเมินต้องตรวจสอบคือ (ก) ความจุอ่าง และ (ข) วิธีการคำนวณอัตราการปล่อยน้ำ และวิธีการวัดอัตราการปล่อยน้ำ

(2) ผู้ประเมินมักจะได้รับการบอกเล่าว่า “คลองทุกสายเหมือนกันหมด” ไม่จำเป็นต้องออกตรวจทุกสาย ตรวจเฉพาะบริเวณใกล้หัวงานก็พอ แต่ความเป็นจริงแล้ว ระดับการบำรุงรักษาคลองแต่ละสายไม่เหมือนกัน ความลาดเท และอาคารในคลองอาจแตกต่างกัน การออกตรวจคลองตลอดทั้งสายจะทำให้ผู้ประเมินเห็นความแตกต่าง

(3) ปัญหาหัวหน้าโครงการหรือเจ้าหน้าที่ระดับสูงมักจะเป็นผู้อธิบายวิธีการปฏิบัติงาน (Operation) ขณะที่ขับรถไปกับผู้ประเมิน ซึ่งทำให้การออกตรวจคลองมีความยุ่งยาก RAP ได้กำหนดไว้แล้วว่าการตรวจสอบที่สำนักงานที่หัวงานโครงการ (Office Visit) เพื่อให้ผู้ประเมินวิเคราะห์ทัศนคติของหัวหน้าโครงการ และเจ้าหน้าที่ในสำนักงาน ส่วนการ

ตรวจสอบสภาพสนาม (Field Visit) เพื่อให้ผู้ประเมินได้พูดคุยกับพนักงานส่งน้ำและผู้รักษาอาคาร (Structure Operators) และตรวจสอบสิ่งที่บันทึกในสมุดสนาม (Field Note) โดยไม่ต้องมีเจ้าหน้าที่ระดับสูงคอยขัดจังหวะแทรกตอบอย่างเป็นทางการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแยกหัวหน้าออกจากพนักงานสนาม ในช่วงออกตรวจสภาพสนาม เพื่อให้พนักงานสนามไม่ต้องคอยระวังตัวในการตอบคำถาม

สิ่งที่ท้าทายอีกอย่างหนึ่งได้แก่ การเลือกคลองสายใหญ่ที่จะออกไปตรวจสอบ แนะนำว่าควรออกตรวจสอบคลองให้มากที่สุดเท่าที่เวลาจะอำนวย แต่ไม่จำเป็นต้องออกตรวจทุกคลอง

คลองแต่ละสายมักมีความแตกต่างทางด้านวิศวกรรมและชลศาสตร์ เช่น คลองบางสายอาจมีคอขวดที่จุดตัดกับแม่น้ำ ถนน ทางรถไฟ และคลองบางสายอาจมีปัญหาด้านการควบคุมน้ำที่แตกต่างออกไป ถ้าผู้ประเมินสามารถระบุปัญหาด้านชลศาสตร์จำเพาะของอาคารแต่ละแบบได้ จะเป็นการดีและจะส่งผลให้ข้อเสนอแนะจาก RAP มีโอกาสเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ขณะออกตรวจผู้ประเมินควรต้องถ่ายรูป และบันทึกข้อสังเกตต่าง ๆ ไว้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

คำแนะนำเบื้องต้นสำหรับผู้ประเมินหลังจากออกตรวจคลองระดับต่าง ๆ แล้ว คือ

- ต้องเข้าใจทุกสิ่ง
- ต้องเข้าใจความคิดของผู้ปฏิบัติงานสนามว่าสิ่งต่าง ๆ ทำงานอย่างไร
- ต้องตั้งคำถามกับทุกสิ่ง
- ถ้ายังไม่เข้าใจ ให้ถามต่อจนเข้าใจทัศนคติของผู้ปฏิบัติงาน
- มองให้ไกลกว่านั้น
- อาคารแต่ละตัวต้องมีหน้าที่ของตัวเอง
- อย่าหยุดเพียงแค่มองเห็นว่าสามารถบรรลุหน้าที่นั้นง่ายกว่า หรือดีกว่าเท่านั้น แต่ต้องถามจนเข้าใจเหตุผลว่าทำไมอาคารนั้นถึงถูกกำหนดให้ทำงานนั้น ๆ บางครั้งในแผนการปรับปรุงโครงการให้ทันสมัย (Modernization Plan) อาจพบว่าอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหล ควรถูกสั่งให้ควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำจะเหมาะสมกว่า
- ให้ถามเกี่ยวกับหลักกลยุทธ์การปฏิบัติงานในการควบคุมน้ำทั้งคลอง ไม่ใช่ของอาคารตัวใดตัวหนึ่ง RAP ไม่ได้ตรวจสอบอาคารแต่ละตัว แต่ตรวจสอบกระบวนการทั้งหมดว่าอาคารทั้งหมดทำงานอย่างไร ผู้ประเมินต้องเข้าแต่ละส่วน (ผู้ปฏิบัติงาน หลักเกณฑ์การปฏิบัติงานและอาคาร) เพื่อให้เข้าใจกระบวนการทั้งระบบ

นอกจากนี้ RAP ยังตั้งคำถามเกี่ยวกับสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังกระบวนการแต่ละกระบวนการ RAP ต้องการผู้ประเมินที่สามารถมองเลยองค์ประกอบแต่ละตัว ต้องสามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมว่าจะ

ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแต่ละองค์ประกอบอย่างไร เพื่อให้กระบวนการทั้งระบบสามารถให้บริการที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงกว่า

7.5 Worksheet 9 - คลองซอย (Second Level Canals)

คลองซอย คือ คลองที่รับน้ำจากคลองสายใหญ่เพื่อส่งน้ำต่อให้คลองแยกซอย (Third Level Canals) หรือ Turnout ที่รับน้ำโดยตรงจากคลองซอย รายละเอียดการประเมินผลการดำเนินงานของคลองซอยใน Worksheet 9 จะเหมือนกับคลองสายใหญ่ใน Worksheet 8 ทุกประการ ยกเว้น 6 คำถามแรกในบรรทัดที่ 7-13 ของ Worksheet 8 ซึ่ง Worksheet 9 ไม่มีคำถามดังกล่าว อย่างไรก็ตามการปฏิบัติการส่งน้ำ (Operate) ของคลองซอยจะต่างจากคลองสายใหญ่

7.6 Worksheet 10 - คลองแยกซอย (Third Level Canals)

คลองแยกซอย คือคลองที่รับน้ำจากคลองซอยเพื่อส่งน้ำให้ Turnout ต่าง ๆ เพื่อกระจายน้ำให้แปลงเพาะปลูกหรือผู้ใช้น้ำต่อไป ถ้าโครงการไหนไม่มีคลองแยกซอยก็ไม่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลใน Worksheet นี้ Worksheet 10 มีรายละเอียดเหมือน Worksheet 9 ทุกประการ

7.7 Worksheet 11 - ระบบส่งน้ำขั้นสุดท้าย (Final Deliveries)

จุดที่ใช้แบ่งระบบคลองส่งน้ำและระบบส่งน้ำขั้นสุดท้าย คือ จุดที่มีการเปลี่ยนการบริหารจัดการด้านการส่งน้ำ (Point of Management Change, PMC) จากระบบที่บริหารการส่งน้ำโดยพนักงานที่มีเงินเดือน (Paid Employee) เป็นเกษตรกร (Volunteers or Farmers) ที่ไม่มีบริหารการส่งน้ำโดยไม่ได้ค่าตอบแทน ในโครงการที่มีความหนาแน่นของ Turnout มาก จุดที่มีการเปลี่ยนการบริหารจัดการ (PMC) อาจเป็นแปลงกรรมสิทธิ์ของแต่ละบุคคล (Individual Ownership Units, IOU)

ตามทฤษฎีแล้ว จำนวนเกษตรกรที่เจ้าหน้าที่ต้องให้บริการจะแปรผันผกผันกับผลสัมฤทธิ์ของส่งน้ำ ถ้ามีจำนวนแปลง (IOU) ในระบบส่งน้ำขั้นสุดท้าย หรือจำนวนแปลงท้ายจุด PMC มากจะมีผลเสียต่อความน่าเชื่อถือ ความเป็นธรรม และความยืดหยุ่นในการบริการส่งน้ำในระบบส่งน้ำขั้นสุดท้าย บางกรณีจำนวนแปลงที่มีมากว่า 1 หรือ 2 ก็อาจมีปัญหาในการส่งน้ำได้ ถ้าแปลงเพาะปลูกดังกล่าวให้น้ำด้วยระบบสปริงเกลอร์หรือระบบน้ำหยด ดังนั้นจำนวน Turnout ต่อพนักงาน 1 คน คือดรรชนีที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ของการส่งน้ำ

7.8 Worksheet 12 - ดรรชนีภายใน (Internal Indicators)

การประเมินผลดรรชนีภายใน มี 3 แบบ คือ

(1) การประเมินผลดรรชนีรองโดยใช้เกณฑ์ 0-4 ใน Worksheet อื่น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของดรรชนีหลักจากผลรวมของผลคูณระหว่างค่าดรรชนีรอง กับค่าน้ำหนักของดรรชนีรองตัวนั้น โดยใช้ค่าน้ำหนักในคอลัมน์ทางขวามือของดรรชนีรอง ตามวิธีที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 4

(2) ดรรชนีรองส่วนใหญ่จะถูกประเมิน ใน Worksheet ก่อนหน้านั้น โดยใช้เกณฑ์ 0-4 แล้วนำมาหาค่าดรรชนีหลัก โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก การประเมินผลดรรชนีหลักและดรรชนีรอง โดยการป้อนค่า 0-4 ลงใน Worksheet 12 ดังเช่น ดรรชนี I-32, I-33 และ I-34

(3) ดรรชนีบางตัว เช่น ดรรชนี I-35 ขึ้นไปเกณฑ์การประเมินไม่ใช่ 0-4 แต่เป็นค่าจริงของดรรชนีตัวนั้น

7.9 Worksheet 13 - IPTRID Indicators

Worksheet 13 แสดงค่าดรรชนีตามเกณฑ์ของ IPTRID(International Program for Technology and Research in Irrigation and Drainage of FAO) ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ใน IPTRID Guidelines for Benchmarking Performance in Irrigation and Drainage Sector, December 2000

7.9 Worksheet 14 - World Bank BMTI Indicators

Worksheet นี้จะนำผลจาก RAP มาคำนวณ Benchmarking Technical Indicators (BMTI) ของ World Bank (October 2002) ซึ่งประกอบด้วย

(1) ดรรชนีสมดุลน้ำ (Water Balance Indicators) จำนวน 21 ดรรชนี

(2) ดรรชนีการเงิน (Financial Indicators) จำนวน 9 ดรรชนี

(3) ดรรชนีผลผลิต (Agricultural Productivity and Economic Indicators) จำนวน 6 ดรรชนี

(4) ดรรชนีสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Indicators) จำนวน 8 ดรรชนี

นิยามของดรรชนี BMTI ในรายละเอียดจะแสดงอยู่ในบทที่ 8

8. คำจำกัดความของดรรชนี BMTI

(Benchmarking Technical Indictors, BMTI)

ดรรชนี BMTI ของ World Bank คือดรรชนีทางด้านเทคนิคสำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งจะมีประโยชน์ช่วยตอบคำถามที่สำคัญในการบริหารจัดการโครงการชลประทาน เช่น เราอยู่ที่ไหน โครทำได้ดีที่สุดเขาทำอย่างไร เราจะทำให้ดีกว่าเดิมได้อย่างไร ดรรชนี BMTI เป็น 4 กลุ่ม จำนวน 44 ดรรชนี คือ

(5) ดรรชนีสมดุลน้ำ (Water Balance Indicators) จำนวน 21 ดรรชนี

(6) ดรรชนีการเงิน (Financial Indicators) จำนวน 9 ดรรชนี

(7) ดรรชนีผลผลิตทางการเกษตรและเศรษฐศาสตร์ (Agricultural Productivity and Economic Indicators) จำนวน 6 ดรรชนี

(8) ดรรชนีสิ่งแวดล้อม(Environmental Performance Indicators) จำนวน 8 ดรรชนี

รายละเอียดคำจำกัดความและข้อมูลที่ต้องการใช้ในการคำนวณดรรชนี BMTI ทั้ง 4 กลุ่ม รวม 44 ดรรชนี แสดงอยู่ในตารางที่ 7-10 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 รายละเอียดดรรชนีสมดุลน้ำ (Water Balance Indicators)

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
1. ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่กลุ่มผู้ใช้น้ำได้รับ (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of irrigation water available at the user level or irrigation water delivered)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด (น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน) ที่ผู้ใช้น้ำได้รับ โดยคิดตามประสิทธิภาพการส่งน้ำของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำส่วนนี้รวมถึงปริมาณน้ำที่โครงการส่งให้เกษตรกรและปริมาณน้ำที่เกษตรกรสูบขึ้นมาใช้เอง ปริมาณน้ำส่วนนี้จะถูกนำไปใช้คำนวณ Field IE	ปริมาณน้ำที่คำนวณได้จากค่าของประสิทธิภาพการส่งน้ำของระบบ (จากเขื่อนหรือจุดผันน้ำ ถึงจุดสุดท้ายที่เจ้าหน้าที่ของโครงการรับผิดชอบ) รวมกับปริมาณน้ำที่เกษตรกรสูบขึ้นมาใช้เอง
2. ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการได้รับ (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of irrigation supply into the 3 dimensional boundaries of the command area)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดโครงการได้รับ รวมทั้งน้ำที่ผันจากแม่น้ำ น้ำจากอ่างเก็บน้ำ น้ำใต้ดินสุทธิ ปริมาณน้ำส่วนนี้ใช้สำหรับการประเมิน Project IE	**ถ้ามีการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้** ต้องมีการวิเคราะห์สมดุลน้ำของโครงการในรายละเอียดเพื่อหาปริมาณน้ำใต้ดินสุทธิ ซึ่งใช้คำนวณปริมาณน้ำส่วนนี้
3. ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่จัดการโดยโครงการ (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of irrigation water managed by authorities)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการนำเข้ามาในพื้นที่โครงการ รวมถึงน้ำใต้ดินภายในพื้นที่ที่โครงการสูบขึ้นมาใช้ ปริมาณน้ำส่วนนี้ไม่ได้นำมาใช้คำนวณประสิทธิภาพ แต่เป็นปริมาณน้ำที่ครงการบริหารจัดการ และใช้คำนวณค่าใช้จ่ายในการส่งน้ำ	
4. ปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด(ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume water supply)	ปริมาณน้ำผิวดินที่ผันมาใช้ น้ำใต้ดินสุทธิ และน้ำฝน ทั้งหมด แต่ไม่รวมปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาใช้จากคลองระบายในโครงการ	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการได้รับ ตาม ดรรชนี 2 บวกน้ำฝน
5. ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่งให้	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด(ซึ่งมาจากการผันหรือสูบ) ที่ส่งให้กับ	ปริมาณน้ำส่วนนี้สามารถวัดได้โดยตรง หรือ

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
ผู้ใช้น้ำโดยโครงการ(ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of irrigation water diverted to users by project authorities)	ผู้ใช้น้ำโดยโครงการ หรือสมาคมผู้ใช้น้ำ(WUA) แต่ไม่รวมปริมาณน้ำที่เกษตรกรสูบขึ้นมาใช้หรือผันมาจากคลองระบาย	สามารถประเมินจากประสิทธิภาพการส่งน้ำที่กำหนด
6. ปริมาณน้ำใต้ทั้งหมดที่สูบขึ้นมาใช้ในพื้นที่ชลประทาน (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of groundwater pumped within/to the command area)	ปริมาณน้ำใต้ดินทั้งหมดที่สูบโดยโครงการ หรือเกษตรกร เพื่อใช้ในการชลประทานในพื้นที่ชลประทาน ซึ่งน้ำใต้ดินส่วนนี้อาจมาจากภายนอกพื้นที่ชลประทานก็ได้	จำเป็นต้องประเมินปริมาณน้ำส่วนนี้ ถึงแม้เกษตรกรจะไม่ทราบว่าสูบน้ำขึ้นมาใช้มากน้อยเท่าใด ถ้ามีความไม่แน่นอนในการประเมินสูงให้ใช้ CI มาก
7. ปริมาณการคายระเหยจากแปลงในพื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of field ET in irrigated fields)	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่พืชใช้ในกระบวนการ ET ซึ่งรวมการระเหยจากผิวดินช่วงนอกฤดูการเพาะปลูก	คำนวณจาก Kc พืชและ ETo
8. ปริมาณ ET - Re (ล้าน ลบ.ม./ปี) (Total annual volume of ET- Effective Rainfall)	ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ หรือ ปริมาณ ET ส่วนที่เกิดจากน้ำชลประทาน	ต้องคำนวณฝนใช้การของพืชแต่ละชนิดรายเดือน แล้วนำไปหักออกจากดรรชนี 8
9. อัตราความต้องการน้ำชลประทานสุทธิสูงสุด (ลบ.ม/วินาที) (Peak net irrigation water ET requirements)	ค่า ET-Re รายวันสูงสุดของพื้นที่ชลประทานตามรูปแบบการเพาะปลูกพืชจริงในปีนั้น	คำนวณหาค่า ET-Re รายเดือนสูงสุง ล้วหารด้วยจำนวนวันของเดือนนั้น
10. พื้นที่ชลประทานทั้งหมด (เฮกแตร์, ha) (Total command area of the system)	พื้นที่ที่เพาะปลูกของโครงการที่มีระบบส่งน้ำ	
11. พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทานซึ่งนับรวมพื้นที่ที่ปลูกพืชหลายครั้งต่อปี (เฮกแตร์, ha) (Irrigated area including multiple	พื้นที่เพาะปลูกในโครงการที่ได้รับน้ำชลประทาน เช่น พื้นที่ 1 เฮกแตร์ มีการเพาะปลูก 2 ครั้งต่อปี พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทานจะ	

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
cropping)	เท่ากับ 2 เฮกแตร์	
12. อัตราส่วนปริมาณน้ำชลประทาน ต่อพื้นที่ชลประทาน (ลบ.ม./เฮกแตร์) (Annual irrigation supply per unit command area)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่ง / พื้นที่ชลประทาน	ดรรชนี 2 / ดรรชนี 10
13. อัตราส่วนปริมาณน้ำชลประทาน ต่อพื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน (ลบ.ม./เฮกแตร์) (Annual irrigation supply per unit command area)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่ง / พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน	ดรรชนี 2 / ดรรชนี 11
14. ประสิทธิภาพการส่งน้ำของโครงการ (%) หมายถึงค่าถ่วงน้ำหนักที่คำนวณจากค่าที่กำหนด (Conveyance efficiency of project-delivered water, weighted value using stated values)	100 x ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่งให้ผู้ใช้น้ำโดยโครงการ / ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่จัดการโดยโครงการ	ดรรชนี 5 / ดรรชนี 3
15. ประสิทธิภาพการส่งน้ำประเมินของน้ำใต้ดินของโครงการ (%) (Estimated conveyance efficiency for project groundwater)	100 x ปริมาณน้ำใต้ดินที่โครงกาที่ส่งให้ผู้ใช้น้ำ / ปริมาณน้ำใต้ดินที่โครงการสูบขึ้นมา	เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของประสิทธิภาพการส่งน้ำของน้ำใต้ดินที่สูบจากบ่อในและนอกโครงการ
16. ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์(Annual relative water supply, RWS)	ปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด / ปริมาณ ET ของพื้นที่เพาะปลูกที่ได้รับน้ำชลประทานทั้งหมด	ดรรชนี 1 / ดรรชนี 7
17. ปริมาณน้ำชลประทานสัมพัทธ์ (Annual relative irrigation supply, RIS)	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการได้รับ / ปริมาณ ET - Re	ดรรชนี 2 / ดรรชนี 8

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
18. ความสามารถในการส่งน้ำ(Water delivery capacity)	ความจุคลองส่งน้ำที่ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทุกสายรวมกัน / อัตราความต้องการน้ำชลประทานสุทธิสูงสุด	ความจุคลองส่งน้ำที่ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทุกสายรวมกัน (ลบ.ม./วินาที) / ดรรชนี 9
19. การรักษาสิทธิในการใช้น้ำ (%) (Security of entitlement supply)	ความถี่ที่องค์กรชลประทานสามารถส่งน้ำตามสิทธิการใช้น้ำที่กำหนด	สิทธิการใช้น้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม./ปี หรือ ลบ.ม./วินาที) ที่โครงการกำหนดว่าจะส่งให้ส่งให้รายปี
20. ประสิทธิภาพการชลประทานในระดับแปลงเฉลี่ย (%) (Average field irrigation efficiency)	100 x (ET –Re + LR water) / ดรรชนี 1	คำนวณ Field IE ทั้ง 12 เดือน
21. ประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการ (%) (Command area irrigation efficiency)	100 x (ET –Re + LR water) / ดรรชนี 2	คำนวณ Command Area IE หรือ Project IE ทั้ง 12 เดือน

ตารางที่ 8 ดรรชนีการเงิน (Financial Indicators)

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
1. อัตราการคืนทุน (Cost recovery ratio)	รายได้ทั้งหมดที่เก็บได้ / ค่าบริหาร ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Management, Operation and Maintenance, MOM) ทั้งหมด	**รายได้ทั้งหมดที่เก็บได้** หมายถึง ค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เก็บได้จากผู้ใช้น้ำ **ค่า MOM** หมายถึงค่า บริหาร ค่าดำเนินการ และบำรุงรักษาทั้งหมดในการส่งน้ำและระบายน้ำ(Irrigation and Drainage Service, I&D Service) แต่ไม่รวมค่าลงทุน และค่าเสื่อมราคา
2. อัตราส่วนค่าบำรุงรักษาต่อรายได้ (Maintenance cost to revenue ratio)	ค่าบำรุงรักษา / รายได้ทั้งหมดที่เก็บได้	**ค่าบำรุงรักษา** หมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการในการบำรุงรักษาระบบ
3. ค่า MOM ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ดอลลาร์สหรัฐ/เฮกแตร์) (Total MOM cost per unit area)	ค่า MOM / พื้นที่ชลประทาน	
4. ค่าจ้างบุคลากรเฉลี่ยต่อคน (US$/person) (Total cost per staff person employed)	ค่าจ้างบุคลากรทั้งหมด / จำนวนบุคลากรทั้งหมด	**บุคลากร** หมายถึง บุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ I&D Service รวมทั้งบุคลากรของโครงการ (ทั้งในสำนักงานและในสนาม) และบุคลากรขององค์กรผู้ใช้
5. ผลสัมฤทธิ์ในการเก็บค่าธรรมเนียม (Revenue collection performance)	ค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เก็บได้ / ค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บ (Gross Revenue Collected / Gross Revenue Invoiced)	**ค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เก็บได้** หมายถึง ค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เก็บจากผู้ใช้น้ำ **ค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บ** หมายถึงค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เรียกเก็บจากผู้ใช้น้ำสำหรับ I&D Serviceที่ได้รับจากโครงการ

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
6. อัตราส่วนจำนวนบุคลากรต่อพื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน (คน/ha) (Staff persons per unit irrigated area)	จำนวนบุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ I&D Service/ พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทานทั้งหมด (Total Number of Personnel Engaged in I&D Service / Total Irrigated Area Serviced by the System)	**จำนวนบุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ I&D Service** ดูความหมายของคำว่า **"บุคลากร"** ในดรรชนี 4 **พื้นที่ที่ดัรับน้ำชลประทานทั้งหมด** หมายถึงพื้นที่ที่ได้รับน้ำบริการ
7. อัตราส่วนจำนวนของจุดจ่ายน้ำต่อผู้ปฏิบัติงานในสนาม (Number of turnouts per field operator)	จำนวนจุดจ่ายน้ำ(Turnouts หรือ Offtakes) ทั้งหมด / จำนวนบุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ I&D Serviceในสนาม	**จำนวนจุดจ่ายน้ำทั้งหมด** หมายถึง จำนวนจุดจ่ายน้ำ(Turnouts หรือOfftakes) เข้าแปลงเพาะปลูก (Field) หรือระบบคูน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำ หรือ คลองซอย คลองแยกซอย ที่ ผู้ปฏิบัติงานในสนามดูแล **จำนวนบุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ I&D Service ในสนาม** หมายถึงจำนวนบุคลากรที่ปฏิบัติงาน I&D ในสนาม รวมทั้งหัวหน้างาน (Supervisor) ด้วย
8. อัตราส่วนค่าธรรมเนียนเฉลี่ยนต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำชลประทานที่โครงการส่งให้กับผู้ใช้น้ำ (ดอลลาร์สหรัฐ / ลบ.ม.) (Average revenue per cubic meter of irrigation water delivered to water users by authorities)	ค่าธรรมเนียมทั้งหมดที่เก็บได้ / ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการส่งให้ในหนึ่งปี	**ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการส่งให้ในหนึ่งปี** ดูดรรชนี 5 ของตารงที่ 7

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
9. อัตราส่วนค่า MOM ต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำชลประทานที่โครงการส่งให้กับผู้ใช้ (ดอลลาร์สหรัฐ / ลบ.ม.) (Total MOM cost per cubic meter of irrigation water delivered to water users by the project authorities)	ค่า MOM / ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการส่งให้ในหนึ่งปี	

ตารางที่ 9 ดรรชนีผลผลิตทางการเกษตรและเศรษฐศาสตร์ (Agricultural Productivity and Economic Indicators)

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
1. มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด (ดอลลาร์สหรัฐ) (Total annual value of agricultural production)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมดที่เกษตรกรได้รับ	
2. อัตราส่วนผลผลิตต่อพื้นที่ชลประทาน (ดอลลาร์สหรัฐ / เฮกแตร์) (Output per unit command area)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด / พื้นที่ชลประทาน	
3. อัตราส่วนผลผลิตต่อพื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน (รวมถึงระบบการปลูกพืชหลายครั้งต่อปี) (ดอลลาร์สหรัฐ / เฮกแตร์) (Output per unit irrigated area including multiple cropping)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด / พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทาน	พื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทานทั้งปี หมายถึงพื้นที่เพาะปลูกของโครงการที่ได้รับน้ำชลประทาน ถ้ามีการปลูกพืช 2 ครั้งต่อปี พื้นที่จะเพิ่มเป็น 2 เท่า
4. อัตราส่วนผลผลิตต่อปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง (ดอลลาร์สหรัฐ / ลบ.ม.) (Output per unit irrigation supply)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด / ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง	**ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง** จะเท่ากับ ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่โครงการได้รับ **ดูดรรชนี 2 ในตารางที่ 7**
5. . อัตราส่วนผลผลิตต่อปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด (ดอลลาร์สหรัฐ / ลบ.ม.) (Output per unit water supply)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด / ปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด	**ปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด** ดูดรรชนี 4 ในตารางที่ 7

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
6. . อัตราส่วนผลผลิตต่อปริมาณการคายระเหยจากแปลง (ดอลลาร์สหรัฐ / ลบ.ม.) (Output per unit of field ET)	มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรรายปีทั้งหมด / ปริมาณการคายระเหยจากแปลง	**ปริมาณการคายระเหยจากแปลง** ดูดรรชนี 7 ในตารางที่ 7

ตารางที่ 10 ดรรชนีสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Indicators)

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
1. คุณภาพน้ำ: ความเค็มเฉลี่ยของน้ำชลประทาน (dS/m) (Average salinity of the irrigation supply)	ค่าความเค็ม (ค่าความนำไฟฟ้า) ของน้ำชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ควรพิจารณาทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน
2. คุณภาพน้ำ: ความเค็มเฉลี่ยของน้ำที่ระบายทิ้ง (dS/m) (Average salinity of the drainage water)	ค่าความเค็ม (ค่าความนำไฟฟ้า) ของน้ำที่ระบายทิ้งจากพื้นที่ชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน
3. คุณภาพน้ำ: ค่า BOD เฉลี่ยของน้ำชลประทาน (mgm/liter) (Average BOD of the irrigation supply)	BOD (Biological Oxygen Demand) ในน้ำชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ควรพิจารณาทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน
4. คุณภาพน้ำ: ค่า BOD เฉลี่ยของน้ำ ที่ระบายทิ้ง (mgm/liter) (Average BOD of the drainage water)	Biochemical Oxygen Demand (BOD) ในน้ำที่ระบายทิ้งจากจากพื้นที่ชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน
5. คุณภาพน้ำ: ค่า COD เฉลี่ยของน้ำชลประทาน (mgm/liter) (Average COD of the irrigation water)	Chemical Oxygen Demand (COD) ในน้ำชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ควรพิจารณาทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

ดรรชนี	คำจำกัดความ	รายละเอียดจำเพาะของข้อมูล
6. คุณภาพน้ำ: ค่า COD เฉลี่ยของน้ำที่ระบายทิ้ง (mgm/liter) (Average COD of the drainage water)	Chemical Oxygen Demand (COD) ในน้ำที่ระบายทิ้งจากจากพื้นที่ชลประทาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ข้อมูลรายเดือน
7. ค่าเฉลี่ยความลึกของระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้น (m) (Average depth to shallow water table)	ค่าความลึกเฉลี่ยของระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้น ที่คำนวณจากการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ชลประทาน	ค่าเฉลี่ยสำหรับพื้นที่ที่ระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้น
8. การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้นกับเวลา (m) (Change in shallow water table depth over time)	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้นในระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา	ค่าเฉลี่ยสำหรับพื้นที่ที่ระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ตื้น + หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินเพิ่ม - หมายถึงระดับน้ำใต้ดินลด

9. การแปลผล RAP

RAP คือ เครื่องมือสำหรับการวินิจฉัยโครงการชลประทานอย่างเป็นระบบ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบโครงการชลประทาน เพื่อวิเคราะห์หา

(1) ดัชนีภายนอก (External Indicators, EI)

(2) ดัชนีภายใน (Internal Indicators, II)

EI จะช่วยบอกว่าจะสามารถอนุรักษ์น้ำ และส่งเสริมรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการปรับปรุงระบบการบริหารจัดการน้ำชลประทานได้หรือไม่ ส่วน II จะช่วยบอกรายละเอียดในการ Operate ระบบชลประทานจริงๆ ว่าเป็นอย่างไร และสามารถส่งน้ำให้ระบบชลประทานแต่ละระดับได้ดีมากน้อยเพียงใด

ในการแปลผล RAP จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญด้านการชลประทานอย่างน้อย 1 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทางเลือกในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย (Modernization) ถ้าไม่มีผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับทางเลือกดังกล่าว จะทำให้ข้อเสนอแนะจากผลของ RAP ไม่มีประสิทธิภาพ-ประสิทธิผลเท่าที่ควร

9.1 หลักการเบื้องต้นในการแปลผล RAP

การแปลผล RAP มีหลักการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

(1) โดยทั่วไป การปรับระบบชลประทานให้ทันสมัยจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ และการจัดการ

(2) โดยทั่วไปแล้ว มีความเป็นไปได้ที่การส่งน้ำให้ ปตร./ทรบ. (Turnout) ได้ประสบผลสำเร็จ ถึงแม้ว่าการควบคุมน้ำจะทำได้ไม่ดี ถ้าระบบไม่มีประสิทธิภาพ แต่มีน้ำต้นทุนมากพอ แต่ถ้าต้องการให้ระบบมีประสิทธิภาพ การส่งน้ำจะประสบผลสำเร็จได้จำเป็นต้องมีการควบคุมน้ำที่ดี หรือสรุปได้ง่าย ๆ ว่า การควบคุมน้ำหรือหัวใจของความสำเร็จในการส่งน้ำกรณีที่มีน้ำจำกัด และต้องการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

(3) การปรับปรุงการส่งน้ำมีวัตถุประสงค์พื้นฐานคือ เพื่อลดค่าคนงาน ลดการปล่อยน้ำทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ เพิ่มผลผลิต และลดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม RAP จะช่วยให้ผู้ประเมินตั้งเป้าหมายการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย ในระดับที่เหมาะสม

(4) โดยทั่วไป อาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างง่าย ๆ ในหลายสิ่งหลายอย่าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการส่งน้ำและอื่น ๆ ซึ่งต้องการการลงทุนเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ในระดับกลาง

(5) การเปลี่ยนแปลงทุกอย่างจะเกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมคุณภาพ และการฝึกอบรมที่ดี

(6) จำเป็นที่ผู้เกี่ยวข้องจะต้องเข้าใจข้อแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการ (Command Area Irrigation Efficiency, Command Area IE หรือ Project Irrigation Efficiency, Project IE) และประสิทธิภาพการชลประทานในแปลง (Field Irrigation Efficiency, Field IE) ในโครงการที่ไม่ได้มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Internal Recirculation) Command Area IE จะสูงกว่า Field IE แต่ถ้ามีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ Command Area IE อาจสูงกว่า Field IE

Command Area IE หรือ Project IE คือดัชนีที่เกิดจากการรวมค่าของดัชนีอื่น ๆ หลายตัว

$$\text{Command Area IE} = 100 \times \frac{\text{Crop ET} - \text{RE} + \text{Leaching irrigation water needed}}{\text{Surface irrigation water into the project} + \text{Net groundwater pumping}}$$

ค่า Command Area IE หรือ Project IE จะมีค่าต่ำกว่า 100% จำเป็นต้องมีการนำน้ำที่สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ ในรูปของการนำน้ำผิวดินกลับมาใช้ใหม่หรือโดยการสูบน้ำใต้ดินกลับขึ้นมาใช้ หรือทั้งสองอย่าง

โดยสรุป การเพิ่ม Command Area IE สามารถทำได้ ดังนี้

(6.1) ลดการสูญเสียน้ำในชั้นต้น (First Time Losses) ซึ่งเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะ คือ

(ก) การสูญเสียน้ำในการส่งน้ำ (Conveyance Losses) ซึ่งประกอบด้วย

- การไหลล้นคลอง และท่อส่งน้ำ (Spillage)
- การรั่วซึมจากคลอง (Seepage)
- การใช้น้ำของวัชพืชน้ำ

(ข) การสูญเสียน้ำในแปลง ซึ่งประกอบด้วย

- การสูญเสียน้ำในการส่งน้ำในคูน้ำ (Field Conveyance Losses)
- น้ำผิวดินที่ไหลล้นจากแปลง (Surface Runoff)
- น้ำที่ซึมลึกเลยเขตราก (Deep Percolation) ซึ่งเกิดจาก
    - น้ำที่ขังในแปลงนา (Standing Water)
    - ความไม่สม่ำเสมอในการให้น้ำ (Non-uniformity)
    - การให้น้ำนานเกินไป

การลดการสูญเสียน้ำในชั้นต้น จะมีผลดีทำให้ขนาดคลองเล็กลง ลดการสูญเสียปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ลดปัญหาน้ำขัง (Water Logging) ส่วนใหญ่จะตั้งเป้าหมายในการลดการรั่วซึมน้ำจากคลอง แต่การสูญเสียน้ำในชั้นต้นอื่นๆ อาจมีความสำคัญ และมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

(6.2) การนำน้ำที่สูญเสียในชั้นต้นกลับมาใช้ใหม่ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

(ก) การนำน้ำผิวดินกลับมาใช้ใหม่ (Surface Recirculation) น้ำผิวดินที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ คือน้ำจากระบบระบายน้ำผิวดิน หรือลำห้วย-แม่น้ำซึ่งรับน้ำที่สูญเสียในชั้นต้น ซึ่งน้ำดังกล่าวอาจมาจาก

- การรั่วซึมหรือการซึมลึก แล้วไหลออกสู่ลำห้วย
- น้ำผิวดินที่ไหลล้นจากแปลง
- น้ำที่ไหลล้นคลอง

(ข) การสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ ซึ่งน้ำใต้ดินจะมาจากน้ำที่สูญเสียในชั้นต้น ซึ่งเกิดจาก

- การรั่วซึม
- การซึมลึกเลยเขตรากในแปลง

ในบางกรณี การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่(Recirculation) คือทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว

ข้อผิดพลาดที่สำคัญในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย คือ การกำจัดการสูญเสียน้ำในชั้นต้นทิ้ง โดยเชื่อว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการ ทั้ง ๆ ที่ความเป็นจริงมีการนำน้ำที่สูญเสียในชั้นต้นกลับมาใช้ใหม่ในโครงการ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์น้ำที่แท้จริง

อย่างไรก็ตามการกำจัดการสูญเสียน้ำในชั้นต้นทิ้งมีข้อดีที่สำคัญคือ

- การส่งน้ำทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากการดาดคลอง
- ผลผลิตดีขึ้น เนื่องจากการบริหารจัดการน้ำที่สูญเสียในชั้นต้น
- ลดการปนเปื้อนน้ำ เนื่องจากปุ๋ยและสารเคมี

ช่วงเริ่มต้นการกรอก RAP Sheet ผู้ประเมินจะต้องประเมินค่า Field IE ของข้าวและพืชอื่นๆ จากเจ้าหน้าที่ ซึ่งเรียกว่า Stated Field IE การประมาณจะต้องพิจารณาถึงค่าปริมาณการสูญเสียน้ำในการส่งน้ำ (conveyance losses) การไหลซึมลึกของน้ำเลยเขตรากในแปลง (Deep Percolation) และปริมาณน้ำที่ระบายทิ้ง (Surface Runoff)

แต่ใน **Sheet 14-World Bank BMTI Indicators** จะสามารถประมาณค่า Field IE ได้ดีกว่าโดยการวิเคราะห์สมดุลน้ำของโครงการ ซึ่งผู้ประเมินจะต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า Field IE ที่คำนวณได้นี้ว่าตรงกับค่าเป้าหมาย (Stated Field IE) ใน Sheet 1 หรือไม่ โดยทั่วไปแล้วค่า Field IE ที่คำนวณจากสมดุลน้ำ จะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า

9.2 การใช้ประโยชน์จากค่า Field IE

Filed IE สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

(1) ถ้า Field IE ต่ำ ยังไม่ควรสรุปว่าเกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับการให้น้ำชลประทานแก่พืช และต้องมีโปรแกรมการฝึกอบรม ในหลาย ๆ โครงการการฝึกอบรมดังกล่าวไม่เกิดประโยชน์ เนื่องจากเจ้าหน้าที่โครงการกำหนดตารางการส่งน้ำขึ้นเอง และเกษตรกรไม่มีทางเลือกอื่น

Field IE ต่ำ แสดงว่าระบบการส่งน้ำไม่น่าเชื่อถือ (Unreliable) ไม่เป็นธรรม (Inequitable) และ/หรือไม่ยืดหยุ่น (Inflexibility) ดังนั้นถ้ามีการปรับปรุงระบบการส่งน้ำ Field IE จะเพิ่มขึ้น

การเพิ่มค่า Field IE โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบการส่งน้ำ สามารถทำได้โดยการปรับระดับพื้นที่ (Land Grading) เนื่องจากวิธีการให้น้ำชลประทานส่วนใหญ่ในโลก คือการให้น้ำทางผิวดิน การปรับระดับพื้นที่จะเพิ่มความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำในแปลง

(2) ถ้า Project IE สูงกว่า Field IE แสดงว่ามีการนำน้ำกลับไปใช้ใหม่ในโครงการ

(3) Project IE คือดัชนีหลักที่แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการอนุรักษ์น้ำ ขณะ Field IE ไม่ได้แสดงถึงการอนุรักษ์น้ำ

(4) การอนุรักษ์น้ำในระดับลุ่มน้ำจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ

- ไม่มีน้ำไหลไปที่ Salt Sinks เช่น ทะเล แหล่งน้ำใต้ดินที่มีเกลือ
- ลดค่า ET ส่วนเกิน อันเกิดจากวัชพืชน้ำ และการระเหยของน้ำจากระบบระบายน้ำ

(5) การจัดการน้ำที่ดี ถึงแม้ว่าอาจจะไม่ได้ช่วยอนุรักษ์น้ำในลุ่มน้ำ ก็ยังก่อให้เกิดผลดีหลายประการคือ

- ทำให้คุณภาพน้ำทางด้านท้ายน้ำดีขึ้น
- ทำให้ช่วงจังหวะ (timing) ของการใช้น้ำดีขึ้น
- ลดความต้องการน้ำของโครงการ (ลด flow rate)
- ลดการสูบน้ำ
- เพิ่มผลผลิตอันเนื่องมาจากการให้น้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม ลดการชะล้างปุ๋ยจากเขตราก
- เพิ่มปริมาณและคุณภาพน้ำที่ไหลในแม่น้ำลำคลองบริเวณท้ายน้ำของโครงการ

9.3 ข้อสรุปเกี่ยวกับการแปลผล RAP

การแปลผล RAP มีขั้นตอนการดำเนินงานโดยสรุปดังนี้

(1) ประเมินค่า Field IE ซึ่งค่า Field IE จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการส่งน้ำในระดับแปลง

(2) ประเมินค่า Project IE โดยทั่วไปเจ้าหน้าที่โครงการต้องการอัตราการไหลของน้ำ

(Flow Rate) เข้าโครงการสูง ๆ ถึงแม้จะทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานอาจจะต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพคือทางเลือกอันหนึ่งในการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน

(3) ประเมินประสิทธิภาพการส่งน้ำ แล้วเปรียบเทียบกับ Field IE ซึ่งจะบอกว่ามีการนำน้ำผิวดินหรือใต้ดินกลับมาใช้ใหม่ในโครงการหรือไม่

(4) ตรวจสอบผลสำเร็จของการส่งน้ำในแต่ละระดับของโครงการ

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของฮาร์ดแวร์ และคำแนะนำสำหรับเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงาน (Operator instruction)

(6) ตรวจสอบการนำน้ำมาใช้ใหม่ (Recirculation) ในหลายโครงการ การติดตั้งระบบการนำน้ำผิวดินกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่ยุทธศาสตร์ที่สำคัญคือวิธีการง่าย ๆ ในการเพิ่มผลสำเร็จในการส่งน้ำ (Performance)

(7) จุดที่เจ้าหน้าที่ใช้เวลาการปฏิบัติงานมาก คือ ดัชนีสำคัญที่จะช่วยบอกว่าควรมีการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างในหลายโครงการ จะใช้เจ้าหน้าที่หลายคนวัดน้ำโดยใช้ Current Meter ที่จุดต่าง ๆ ในคลองสายใหญ่ ถ้ามีการนำกลยุทธ์การส่งน้ำสมัยใหม่มาใช้ จะไม่ต้องมีการวัดน้ำด้วย Current Meter

ในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย ต้องมีการดำเนินการหลายๆ อย่างคู่ขนานกันไป แต่การดำเนินการบางอย่างอาจต้องการดำเนินงานอื่นเป็นพื้นฐาน เช่น การใช้ระบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบอีเล็กโทรนิก PLCs (Programmable Logic Controllers) จำเป็นต้องมีเส้นทางลำเลียงเข้าสู่พื้นที่ที่ดี มีระบบสื่อสารที่ดี และมีโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการแก้ไขปัญหาและการซ่อมแซมอีเล็กโทรนิกที่ดี โครงการต้องมีระบบบันทึกการซ่อมบำรุงที่ดี หรือพูดง่าย ๆ ระบบอัตโนมัติ PCL ต้องการสิ่งสนับสนุนและสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานมาก การนำระบบ PLC ไปใช้โดยไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐาน มักจะไม่ประสบผลสำเร็จ

9.4 ขั้นตอนหลักในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย

การปรับระบบชลประทานให้ทันสมัยมีขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) กำจัดความแตกต่างระหว่าง “ความเป็นจริงในสนาม(Actual Service)” และ “เป้าหมายที่โครงการตั้งไว้(Stated Service)” ถ้าผู้อำนวยการโครงการไม่ยอมรับความเป็นจริง แนะนำให้เปลี่ยนไปดำเนินการที่โครงการอื่นในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย

(2) เจ้าหน้าที่ทุกระดับต้องมี “จิตวิญญาณในการให้บริการ (Service Mentality)” ซึ่งแน่นอนว่าคงไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ในวันเดียว แต่ข้อนี้คือรากฐานที่สำคัญของการปรับระบบให้

ทันสมัย ถ้าขาด “จิตวิญญาณของการให้บริการ” การปรับระบบชลประทานให้ทันสมัยอาจเกิดประโยชน์น้อยมาก

(3) ตรวจสอบคำสั่งในการปฏิบัติงาน (Instruction) ที่แจ้งเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินงาน (Operators) อาจปรับเปลี่ยนคำสั่งต่างๆถ้าจำเป็น ตัวอย่างที่พบเห็นเสมอ ๆ ในประเทศในเอเชีย คือ การสั่งเจ้าหน้าที่ให้ควบคุม ปตร. กลางคลอง (Cross Regulation) เพื่อควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำ ปตร. โดยเจ้าหน้าที่ต้องปรับ ปตร. ขึ้นหรือลงตามจำนวนเซนติเมตรที่คอมพิวเตอร์คำนวณให้ แต่ถ้ามีการตรวจสอบในสนาม จะพบว่าไม่สามารถจะรักษาระดับน้ำได้ตามที่ต้องการ กรณีนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนคำสั่งเป็น “ให้เจ้าหน้าที่ควบคุมระดับน้ำด้านเหนือ ปตร. ที่ระดับน้ำใช้การโดยยอมให้ผิดพลาดได้ตามที่กำหนด เช่น $\pm$ 5 ซม.” เป็นต้น เท่าที่พบเห็นโดยทั่วไปผู้รักษาอาคารยังไม่สามารถบอกได้ว่า จะต้องปรับ ปตร. อย่างไรเพื่อให้สามารถควบคุมระดับน้ำตามที่กำหนด

(4) สามขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนที่ง่ายที่สุด แต่อาจกลายเป็นสิ่งยากเย็นสำหรับเจ้าหน้าที่อาวุโสที่ต้องปรับเปลี่ยน กรณีที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ก็ไม่ควรไปยุ่งกับกับโครงการนั้น หรือเปลี่ยนผู้บริหารโครงการ การปรับเปลี่ยนตาม (1) ถึง (3) จำเป็นต้องมีการฝึกอบบรม การดูงานและการประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในรายละเอียด

(5) ขั้นตอนต่อไป คือ สิ่งที่ต้องดำเนินการตามลำดับในการปรับเปลี่ยน

(ก) ต้องทำความเข้าใจว่า จริงๆแล้วเกิดอะไรขึ้นในระบบชลประทาน ผู้เชี่ยวชาญอาจสามารถวิเคราะห์และประเมินโครงการได้อย่างรวดเร็ว สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล และระดับการให้บริการที่เหมาะสม เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) และหัวหน้าผู้ควบคุม (Supervisor) อาจมีความเห็นที่แตกต่าง ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำน้ำพร้อม Data logger ที่อาคารหลักเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและระดับน้ำ อย่างไรก็ตาม เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในสนามยังควรออกไปดูอาคารดังกล่าวอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

(ข) ติดตั้งระบบสื่อสาร เช่น วิทยุ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ทุกระดับของระบบ

(ค) ขับเคลื่อน (Mobility) เจ้าหน้าที่ในการออกปฏิบัติงานในสนาม โดยจัดชุดเคลื่อนที่ชุดเล็กๆ ซึ่งไม่ได้มีหน้าที่เพียงแค่ดูแลอาคาร 1-2 อาคารเท่านั้น แต่ต้องเข้าใจการทำงานของอาคารต่าง ๆ ในคลอง และผลของการปรับอาคารแต่ละตัวต่ออาคารอื่น ๆ การขับเคลื่อนเจ้าหน้าที่จะประสบผลได้ถ้ามีเส้นทางคมนาคม รถจักรยานยนต์ และรถบรรทุกที่ดี

(ง) มีการตรวจวัดและควบคุมน้ำที่จุดแยกที่สำคัญ

(จ) จัดให้มีอ่างพักน้ำ (Buffer Reservoir) หรือจุดที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ในคลองสายใหญ่ การควบคุมน้ำในคลองสายใหญ่อาจไม่ต้องเข้มงวดมาก ถ้ามีอ่างพักน้ำซึ่งสามารถปรับการส่งน้ำใหม่ (re-regulate) ได้ 70% ของคลอง

(ฉ) ปรับปรุงระบบการควบคุมระดับน้ำทั้งโครงการ การควบคุมอัตราการไหลและการวัดน้ำที่กล่าวถึงในข้อ (ง) จะทำเฉพาะที่บริเวณ ปตร. ปากคลองเท่านั้น งานหลักด้านท้าย ปตร.ปากคลอง คือการควบคุมระดับน้ำให้คงที่ เพื่อให้น้ำสามารถไหลผ่าน turnout โดยมีอัตราคงที่ และเพื่อให้เกิดผลดีต่อตลิ่งคลอง การเลือกใช้อาคารที่เหมาะสม จะช่วยให้การควบคุมระดับน้ำทำได้ง่าย และไม่ต้องใช้คนคอยควบคุม

(ช) ปรับองค์กรและกระบวนการในการขอน้ำและส่งน้ำ ในโครงการสมัยใหม่เจ้าหน้าที่กลุ่มหนึ่งจะรับผิดชอบในคลองสายใหญ่ กลุ่มอื่น ๆ จะรับผิดชอบคลองซอยและคลองแยกซอยตามลำดับ แต่ละกลุ่มมีเป้าหมายเฉพาะในการทำงานของตัวเอง ซึ่งแตกต่างจากระบบการบริหารงานในปัจจุบัน ที่แบ่งคลองสายใหญ่ออกเป็นโซน ๆ แต่ละโซนมีเจ้าหน้าที่กลุ่มหนึ่งรับผิดชอบ ซึ่งก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างโซนได้ง่าย จึงควรต้องมีการปรับองค์กรและวิธีการทำงานใหม่ เพื่อให้สามารถรับข้อมูลที่เป็นจริงในปัจจุบัน (Real Time Information) และสามรถตอบสนองต่อความต้องการน้ำได้อย่างรวดเร็ว

(ซ) มีระบบการติดตามตรวจสอบระยะไกล (Remote Monitoring) ที่จุดยุทธศาสตร์ที่สำคัญ เช่น อ่างพักน้ำ คลองระบาย และปลายคลอง

(ฌ) มีระบบการควบคุมอัตราการไหล โดยใช้คนควบคุมที่จุดยุทธศาสตร์ที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ ปตร.ปากคลองสายใหญ่ ปตร.ปากคลองซอย เป็นต้น

(ญ) จัดให้มีทางน้ำล้น (Spillway) และมีระบบการนำน้ำที่ล้นคลองกลับมาใช้ใหม่

อาจเป็นที่สงสัยว่าทำไมการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย จึงไม่มีการกล่าวถึงการดาดคลองและเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษา ซึ่งแน่นอนว่าจำเป็นต้องมีเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษาต้องมีอย่างเพียงพอ และการดาดคลองสามารถช่วยลดภาระการบำรุงรักษา และการรั่วซึมน้ำได้อย่างแน่นอน แต่เนื่องจากมีการพูดถึงหัวข้อดังกล่าวมานานหลายทศวรรษ และมีการลงทุนดาดคลองหลายนับพันล้านดอลลาร์สหรัฐ แต่ไม่ได้ทำให้โครงการทันสมัยขึ้นเลย ดังนั้นขั้นตอนที่กล่าวถึงในหัวข้อ (ก)-(ญ) จึงเน้นที่การบริหารจัดการและการดำเนินงานเป็นหลัก

อีกหัวข้อที่ขาดหายไปคือ การควบคุมท้ายน้ำและแนวคิดในการควบคุมน้ำสมัยใหม่ที่ซับซ้อน ทั้งนี้เพราะเล็งเห็นว่าโครงการชลประทานควรเดินเป็นก่อนที่จะจัดวิ่ง ประกอบกับเทคโนโลยีสมัยใหม่

ที่กล่าวถึงมีความเสี่ยงสูง ที่จะนำมาใช้กับระบบชลประทานในสภาพปัจจุบัน การใช้ทางเลือกที่ง่าย ๆ มักจะให้ผลลัพธ์ที่ดี

ผู้บริหารโครงการควรรับฟังสิ่งที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานพูด และพยายามค้นหาว่าปัญหาอะไรที่ทำให้เจ้าหน้าที่หนักใจ บางครั้งอาจพบวิธีการแก้ปัญหาบางปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสิ่งนี้จะช่วยทำให้เจ้าหน้าที่ทำงานอย่างเสียสละในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย

9.5 สรุป

เมื่อมีการใช้ RAP วิเคราะห์โครงการโดยวิศวกรชลประทานที่มีมีความรู้ จะทำให้ทราบดัชนีที่สามารถอธิบายผลลัพธ์และกระบวนการทำงานของโครงการชลประทาน ดัชนีหลายหลายตัวสามารถใช้สำหรับการทำ Benchmarking ได้ ซึ่งมีประโยชน์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผลสัมฤทธิ์ของโครงการก่อนและหลังการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย (pre/post modernization performance) RAP ซึ่งใช้เวลาดำเนินการสั้น ๆ พียง 2-3 สัปดาห์ จะให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการกำหนดสิ่งที่ต้องดำเนินการหลัก ๆ ในการปรับระบบชลประทานให้ทันสมัย ดังนั้น RAP จึงถือเป็นเครื่องมือที่มีค่าสำหรับประเทศในการจัดลำดับความสำคัญของการลงทุนในโครงการชลประทานต่างๆ หรือใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่ต้องดำเนินการภายในโครงการแต่ละแห่ง

10. เอกสารอ้างอิง (References)

(1) Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5. 300 p.

(2) Burt, C.M., A. J. Clemmens, T.S. Strelkoff, K.H. Solomon, R.D. Bliesner, L.A. Hardy, T.A. Howell, and D.E. Eisenhauer. 1997. Irrigation Performance Measures - Efficiency and Uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE 123(6):423-442.

(3) Burt, C. M. and S. W. Styles. 1999. Modern Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance. Water Reports #19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISSN 1020-1203. ISBN 92-5-104282-9. 224 p.

(4) Maas, E.V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop Salt Tolerance – Current Assessment. American Society of Civil Engineers, Proceedings of the Irrig. and Drainage Journal 103(IR2):115-134.

(5) Kloezen, W. H. and C. Garces-Restreop. 1998. Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: The Case of Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico. IWMI Research Report 22.

(6) Plusquellec, H., C. M. Burt and H. W. Wolter. 1994. Modern Water Control in Irrigation - Concepts, Issues, and Applications. World Bank Technical Paper Number 246. Irrigation and Drainage Series. The World Bank. Washington, D.C. 104 p.

ภาคผนวก

RAP Worksheets ฉบับภาษาไทย