

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, โครงการจัดการคุณภาพน้ำ และจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง ข้อมูลพื้นฐาน : ลุ่มน้ำท่าจีน, 2540.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, โครงการจัดการคุณภาพน้ำ และจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง ข้อมูลพื้นฐาน : ลุ่มน้ำเจ้าพระยา, 2540.

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย(Water Quality Criteria & Standards in Thailand),2538.

กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี. แหล่งน้ำบาดาล และวิธีการใช้แผนที่น้ำบาดาล จังหวัดกาญจนบุรี,2539.

การปกครอง, กรม. แผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย (พ.ศ.2536-2540).  
กรุงเทพมหานคร: กระทรวงมหาดไทย, กรกฎาคม 2535.

การปกครอง, กรม. แผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย (พ.ศ.2536-2540).  
ขอนแก่น : สถาบันพัฒนาแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย  
ขอนแก่น, กรกฎาคม 2536.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ฝ่ายวางแผนโครงการและสำรวจ. กองวางแผนพัฒนาและพัฒนาแหล่งน้ำ. คู่มือรหัสลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำสาขา ภาค จังหวัด อําเภอ. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายวางแผนโครงการและสำรวจ กองวางแผนพัฒนาและพัฒนาแหล่งน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย,2528.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ฝ่ายวิศวกรรมพลังน้ำ. สรุปย่อโครงการพัฒนาแหล่งน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวิศวกรรมพลังน้ำการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย,2530.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2538. โรงพิมพ์องค์การ

สงเคราะห์ทหารผ่านศึก, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. การศึกษาศักยภาพลุ่มน้ำท่า  
จีน. กรุงเทพมหานคร: รัชชอสส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์, 2537.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพ  
การพัฒนาลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา : รายงานฉบับร่างสุดท้าย (รายงานหลักและภาค  
ผนวก). กรุงเทพมหานคร : รัชชอสส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์, มีนาคม 2537,

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน . สรุปทิศทางการพัฒนา  
ประเทศภายใต้กรอบของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-  
2539). กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่ง  
ชาติ, 2533

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ. กรุงเทพมหานคร :  
สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติและสำนักงานยูเนสโกประจำประเทศไทย, 2533.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. รายงานการ  
ฝึกอบรมเรื่อง การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : กองวิเคราะห์ผล  
กระทบสิ่งแวดล้อมสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2527.

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. รายงานฉบับสุดท้าย แผนปฏิบัติการ  
และ จัดลำดับความสำคัญการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม จังหวัดสุพรรณบุรี. 2539

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. รายงานฉบับสุดท้าย แผนปฏิบัติการ  
และ จัดลำดับความสำคัญการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม จังหวัดราชบุรี. 2539

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ภูมิลักษณะประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2535

เจริญ เข้มโรสง. กำเนิดน้ำบาดาลและแหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร :  
กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2522

เจริญ เข้มโรสง และคณะ. อายุน้ำบาดาลในลุ่มภาคกลางตอนใต้และในกรุงเทพมหานคร.  
เอกสารการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเลขาธิการกรม  
กรมทรัพยากรธรณี, 2526.

เจริญ เข้มโรสง. น้ำบาดาล-บ่อบาดาล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : กองควบคุมกิจการน้ำ  
บาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2540.

- เจตต์ จุลวงษ์. ข้อสังเกตเกี่ยวกับดินและน้ำบาดาลเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.(เอกสารไม่ตีพิมพ์)
- ฉลอง เกิดพิทักษ์และชัยวัฒน์ ชัยนการนาวิ. การศึกษาการใช้น้ำแม่กลอง. วารสารชลกร (มกราคม 2535): 82-86.
- ฉลอง บัวผัน. น้ำบาดาล. ขอนแก่น : ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ขอนแก่น, 2535
- ชลประทาน, กรม. กองวางโครงการ. แนวทางการพัฒนาลุ่มและโครงการ. กรุงเทพมหานคร : กรมชลประทาน, 2531
- ประกอบ วิโรจนุกฎ. ชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน. ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.
- พรพรรณ บวรสังข์โชติ. คุณภาพน้ำบาดาล. กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2531
- ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ, โครงการศึกษาติดตามประเมินผล โครงการทดลองอนุรักษ์และฟื้นฟู น้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร. คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- วจี งามณรงค์. คุณภาพน้ำบาดาลและวิธีปรับปรุง. ข่าวสารการธรณี. ปีที่ 22 ฉบับที่ 5, 2520.
- วจี งามณรงค์ และคณะ, 2541 วิกฤตการณ์น้ำบาดาล และแผ่นดินทรุด ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. พิมพ์ครั้งที่ 2. โครงการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำบาดาลฯ , กรมทรัพยากรธรณี, 2540.
- วจี งามณรงค์ และสมคิด บัวเพ็ง. ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อแหล่งน้ำบาดาล. เอกสารการฝึกอบรม อุตภรณ์วิทยาและเทคนิคการเจาะบ่อบาดาล. คู่มืออุตภรณ์วิทยา, ฉบับที่ 1. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2531.
- วจี งามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์. ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย. วารสารชมรมนักอุทกวิทยา ฉบับที่ 2 (2542) : 240-276.
- วินัย ศรีอำพร. วิศวกรรมน้ำใต้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2539.
- วีระพล แต่สมบัติ. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, 2526.

ศูนย์บริการวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. 2542.

สนธิ์ จินดาสงวน. การจำลองสภาพน้ำใต้ดินที่จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2540.

สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานนายกรัฐมนตรี,  
โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำเจ้าพระยา. 2537

## ภาษาอังกฤษ

Anderson, M.P. and Woessner W.W. Applied Groundwater Modeling Simulation of Flow and Advective Transport. New York: Academic Press, 1991.

Athy, L.F. Density, Porosity, and compaction of sedimentary rocks. Bull. Am.Assoc. Petrol. Geol. 14 (1930) : 1-24.

Bear, J. Hydraulic of Groundwater. New York: McGraw-Hill, 1979.

Bouwer, H. Groundwater Hydrology. New York: McGraw-Hill, 1978.

Bennett R.R., Snow G.E. and Yoon Y.S. Application of A Groundwater Model for Management of Sea Water Intrusion in Salinas Valley. California. (1981) : 492-513.

Bredehoeft, J.D., and Pinder G.F. Application of the digital computer for aquifer evaluation. Water Resource Reseach. 5 (1968) : 1069-1093.

Bredehoeft, J.D., and Pinder G.F. Mass transport in flowing groundwater. Water Resource Reseach. 9 (1973) : 194-210.

Calvache M.L., and Pulida-Bosch A. Modeling the Effects of Salt-Water Intrusion Dynamics for a Coastal Karstified Block Connected to a Detrital aquifer , Groundwater , 32(5) (September-October 1998) : 767-777.

Charbeneau, R.J. Groundwater contaminant transport with adsorption and ion exchange chemistry : Method of characteristics for the case without dispersion. Water Resources Research. 17(3) (June 1981) : 705-713.

Chow. V.T., Maidment. D.R., and Mays, L.W. Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill Book Company. 1988.

Cooper. H.H., and Jacob. C.E. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. Trans. Am. Geophys. Union. 27, 1946 : 526-534.

Davis, A.D. Determination of mean transmissivity values in the modeling of groundwater flow. South Dakota: Department of Geology and Geological Engineering : 1162-1174.

- De Mel W.S.R. Development and Application of a Multiaquifer Solute transport model. Thesis, AIT. 1982
- Domenico, P.A., and Schwartz, F.W. Physical and Chemical Hydrogeology. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- Ebersold D.B., Hacker M.D., Herndon R. and Cardenas F. Evaluation of Direct Injection of Reclaimed Water in a Potable aquifer In The Alamitos Gap Seawater Intrusion Barrier. American Water Resources Association. (October 1997) : 437-446.
- Eshel, B. and Gedeon, D. Convective and Pore Scale Dispersive Solute Transport in Unsaturated Heterogeneous Fields, Water Resources Research. 17(3) (1981) : 1683-1693.
- Freeze, R.A. and Witherspoon, P.A. Theoretical analysis of regional Gound Water flow, , Water Resources Research. 2(4) (1966) : 641-656.
- Frind, E.O. Simulation of Groundwater Contamination in Three Dimensions : 749-763
- Fried, J. Groundwater Pollution. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.
- Gangopadhyay, S. Solute transport modeling using SUTRA in a multi-aquifer system, Master's thesis No. WA-93-3. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1993.
- Gelhar L.W. , Gutjahr A.L. and Naff R.L. ,1979. Stochastic Analysis of Macrodispersion in a Stratified Aquifer. Water Resource Research 15 (6) (December 1979) : 1387-1397.
- Gelhar L.W. Stochastic Subsurface Hydrology From Theory to Applications. Water Resource Research. 22(9) (August 1986) : 135S-145S
- Gelhar L.W. A Critical Review of Data on Field-Scale Dispersion in Aquifers. Water Resource Research. 28(7) (July 1992) : 1955-1974
- Gelhar L.W. and Collins M.A.. General Analysis of Longitudinal Dispersion in Nonuniform Flow , Water Resources research , 7(6) (December 1971): 1511-1521.

- Gould, G. and Siegel, D.I. Simulation of regional groundwater flow in bedrock, South Western New York-North Western Pennsylvania, Water Resource Research. 3 (1988) : 671-676.
- Gunasekara S.U. Solute Transport Modeling for Nakhon Luang Aquifer in Bangkok. Thesis AIT. 1980.
- Gupta A.D. , Strategic Approach towards sustainable Groundwater Resource Development and Management. Water resource Journal , 196 (March 1998) : 1-7.
- Gupta A.D. , Jayakrishnan R. and Ramnarong V., Assessment of Groundwater Quality and Monitoring for The Bangkok aquifer Ssystem. Water resource Journal , 196 (March 1998) : 8 –15.
- Gupta A.D. Application of A Quasi-Three-Dimensional Flow Model. Water Resources Reseach. 7(6) (July 1985) : 590-610
- Gupta A.D.. Approximation of Salt-Water Interface Fluctuation in an Unconfined Coastal Aquifer. Groundwater. 23(6 ) (November-December 1985) : 783-794.
- Gupta D.A. and Yapa N. D. D., Saltwater Encroachment in an Aquifer: A Case Study. Water Resources Reseach. 18(3) (June 1982) : 546-556.
- Gupta S.K. and Tanji K.K. , A Three-Dimension Galerkin Finite Element Solution of Flow Through Multiaquifers in Sutter Basin, California. Water Resource Research. 12(2) (April 1976) : 155-162.
- Gupta, A. D. Simulated Salt-Water Movement in the Nakhon Luang Aquifer, Bangkok, Thailand. Groundwater, 23(4) (July-August 1986) : 512-522.
- Hamill, L. and Bell, F.G., Groundwater resource development. London: Butterworths, 1986.
- Harr, M.E. Groundwater and Seepage. New York: McGraw-Hill Book Company, 1962.
- Huyakorn P.S. ,Jones B.G. and Andersen P.F., Finite Element Algorithms for Simulating Three-Dimensional Groundwater Flow and Solute Transport in Multilayer Systems. Water Resource Research. 22(3) (March 1986) : 361-374.

- Huyakom, P. S. and Anderson P. F. and Mercer, J. W. and White, H. O.,  
Saltwater Intrusion in Aquifers: Development and Testing of a Three-Dimensional Finite Element Model. Water Resources Research. 23(2) (February 1987) : 293-312.
- Hwang J.C. , Chen C.J. Sheikhoslami and Panigrahi B.K. Finite Analytic Numerical Solution for Two-Dimensional Groundwater Solute Transport. Water Resources Research. 21(9) (September 1986) : 1354-1360.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). The study on management of groundwater and land subsidence in the Bangkok Metropolitan Area and its vicinity (Summary Report)., 1995.
- Premchitt, J.and Gupta,A.D.. Simulation of a Complex Groundwater System and an Application, Water Resources Research. 17(3) (1981) : 673-685.
- Kaufmann, R.S. and Bennett, M.W.. The History of Saltwater Intrusion and Flow in Floridan Aquifer in The Western Everglades, Southern Florida. American Water Resources Association. (October 1997) :407-416
- Kinzelbach W. Method for the Simulation of Pollutant Transport in Groundwater A Model Comparison : 656-674
- Linda D. B. and James M. Montgomery.. Solving Ground Water Problems with Models. (February 1987) : 467-489.
- Linsley, R.K., and Franzini, J.B. Water Resource Engineering . New York: McGraw-Hill Book Company, 1972.
- Logan, J., Estimating transmissibility from routine production tests of water wells, Groundwater. 2(1) (1964) : 36-37.
- Mackay D.M.. Freyberg D.L. and P.V. Roberts, 1986 . A Natural Gradient Experiment on Solute Transport in a Sand Aquifer. Water Resource Research. 22(13) (December 1986) : 2017-2029.
- Mass, C. The Use of Matrix Differential Calculus in Problems of Multiple-Aquifer Flow. Journal of Hydrology. 88(1/2) (1986) : 43-67.



- Mahadeva, K.T. Groundwater flow simulation using MODFLOW, Master's thesis No. WA-91-9. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1991.
- McDonald, M.G., and Harbaugh, A.W. A Modular Three Dimensional Finite Difference Ground Water Flow Model. Manual. U.S. Geological Survey, 1984.
- Moss, R., and Moss, G.E. Handbook of Ground Water Development. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- Narashimhan, T.N. and Witherspoon, P.A. A integrated finite difference method for analyzing fluid flow in porous media. Water Resource Research.1(1976) : 54-57.
- Oude Essink, G.H.P., and Boekelman, R.H. Problems with large-scale modelling of salt water intrusion in 3D. Salt Water Intrusion Meeting 14 (June 1996) : 66-87
- Padilla F. and Cruz-Sanjulian J., Modeling Sea-Water Intrusion with Open Boundary Conditions, Groundwater. 35(4) (July-August 1997) : 704-712.
- Person M., Taylor J.Z. and Dingman S.L. 1998. Sharp Interface Models of Salt Water Intrusion and Wellhead Delineation on Nantucket Island, Massachusetts. Groundwater. 36(5) (September-October 1998) : 731-742.
- Pickens, J.F., and Lennox, W.C. Numerical simulation of waste movement in steady groundwater flow system. Water Resources Research. 2(1976) : 171-180.
- Pickens J.F. and Gerald E. Grisak. Scale-Dependent Dispersion in a stratified Granular Aquifer. Water Resources Research.17(4) (1981) : 1191-1211
- Pickens J.F. and Grisak G.E. , Scale-Dependent Dispersion in a Stratified Granular Aquifer. Water Resource Research. 17(4) (August 1981) : 1191-1211.
- Polo, J.F. and Ramis F.J. Simulation of Salt Water –Fresh Water Interface Motion. Water Resource Research. 19(1) (February 1983) : 61-68.
- Prikett, T.A. and Lonnguist. Selected digital computer techniques for groundwater resource evaluation. Illinois State Water Survey Bulletin. (1972) : 55-62.
- Ptak. T. and Teutsch G. Macrodispersivity in highly heterogeneous porous aquifers. Tracer Hydrology. Rotterdam: Hotzl&Werner (eds) Belkema, (1992) : 149-154.

- Pushpa Raj Onta and Ashim Das Gupta. Regional Management Modeling of a Complex Groundwater System for Land Subsidence Control, Water Resources Management. 9 (1995) :1-25
- Randall J. Charbeneau. Groundwater Contaminant Transport with Adsorption and Ion Exchange Chemistry: Method of Characteristics for the Case without Dispersion. Water Resources Research 17(3) (June 1981) : 705-713.
- Restrepo J.I., Montoya A.M. and Obeysekera J. A Wetland Simulation Module for the Modflow Ground Water Model , Groundwater. 36(5) (September-October 1998) : 764-770.
- Rao, B.K. and Hatheway, D.L. A 3-D mixing cell solute transport model and its application. Groundwater. 4(1989) : 421-436.
- Sa' da Costa, A.A.G., and Wilson, J.L. Numerical Model of Seawater Intrusion in Aquifers, MIT Report 247. Cambridge: Mass. Inst. of Technology, 1979.
- Sarath Upali, G..Solute Transport Modelling for Nakhon Luang Aquifer in Bangkok. Master's thesis No.WA-80-28. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1980.
- Sabanathan, S. Model for A Multilayer Groundwater Basin. Master's thesis No.WA-84-31. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1984.
- Suddiqui, A.H. Extended simulation study of multi-aquifer system in Bangkok, Master's thesis No.WA-87-28. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1987.
- Somkid, B., and Sanford W.E. Assessment of A groundwater flow model of the Bangkok Basin, Thailand, using Carbon-14-Based Ages and Paleohydrology. Hydrogeology Journal. 4(1996) : 26-40.
- Todd, D.K. Groundwater Hydrology. New York: John Wiley & Sons, 1980.
- Taigbenu A.E. and Liggett J.A. Boundary Integral Solution to Seawater Intrusion Into Coastal Aquifers. Water Resource Research. 20(8) (August 1984) : 1150-1158.
- Thiem, G.Hydrologische Methode. Leipzig: Gebhardt, 1906.
- Vachi Ramnarong. December Groundwater Quality Monitoring in Asia and The Pacific (Economic and Social Commission for Asia and The Pacific) Bangkok, Thailand. Water Resources Series. 70 (1981) : 218-226.

- Vengosh A. and Pankratov Irena , 1998. Chloride/Bromide and Chloride /Fluoride Ratio of Domestic Sewage Effluents and Associated Contaminated Groundwater, Groundwater. 36(5) (September-October 1998) : 815-824.
- Wang, H.F. and Anderson, M.P. Introduction to Groundwater Modeling Finite Difference and Finite Element Methods. W.H. Freeman and Company, San Francisco.1982.
- Ward E. Sanford and Somkid Buapeng. Assessment of A Groundwater Flow Model of The Bangkok Basin ,Thailand, Using Carbon-14-Based Ages and Paleohydrology , Hydrogeology Journal. 4 (4) (1996) : 26-40.
- Wirojanagud, P. Mathematical Modeling of Groundwater System. Khon Kaen: Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 1995.
- Xu Moujin and Yoram Eckstein 1995 Use of Weighted Least-Squares Method on Evaluation Dispersivity and Field Scale. Groundwater. 33 (6) . (November-December 1995) : 905-908
- Yapa P.N.D.D. 1979 Salt water Encroachment in Phrapradaeng Aquifer, Bangkok, Master's thesis No.1368. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1979.
- Zheng,C., A Modular Three-Dimensional Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems. Maryland: S.S. Papadopoulos & Associates, 1990.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอัตราการสูบบุหรี่ของหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชน

## ภาคผนวก ก

ในภาคผนวกนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประมาณอัตราการสูบบุหรี่ของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและหน่วยงานเอกชน

- จำนวนบ่อน้ำบาดาลและอัตราการสูบบุหรี่ของหน่วยงานเอกชนและหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจ ในปี พ.ศ. 2536-2540

- ผลสรุปการหาค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณอัตราการสูบบุหรี่จากการสำรวจออกแบบสอบถามของโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2542

ตารางที่ ก-1 สรุปจำนวนบ่อบาดาลและอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและเอกชนในชั้นน้ำต่าง ๆ (ที่ขออนุญาตในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด) ในปี 2536

หน่วย : ลบ.ม./วัน

| จังหวัด         | หน่วยงาน           | กรุงเทพ |           | พระประแดง |           | นครหลวง |           | นนทบุรี |           | สามโคก |           | พญาไท |           | ธนบุรี |           | ปากน้ำ |           | รวม    |           |
|-----------------|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|                 |                    | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน     | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ |
| กรุงเทพมหานคร   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 3         | 3,101     | 37      | 49,985    | 30      | 63,984    | 1      | 250       | -     | -         | -      | -         | 1      | 450       | 72     | 117,770   |
|                 | เอกชน              | 272     | 13,646    | 1,450     | 32,693    | 2,685   | 205,427   | 465     | 113,223   | 9      | 2,109     | 5     | 26        | 22     | 6,633     | 4      | 4,538     | 4,912  | 378,295   |
|                 | รวม                | 272     | 13,646    | 1,453     | 35,793    | 2,722   | 255,412   | 495     | 177,206   | 10     | 2,359     | 5     | 26        | 22     | 6,633     | 5      | 4,988     | 4,984  | 496,064   |
| นครปฐม          | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 50      | 12,580    | 257       | 67,352    | 356     | 81,163    | 89      | 36,533    | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 752    | 197,627   |
|                 | เอกชน              | -       | -         | -         | -         | -       | -         | -       | -         | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | -      | -         |
|                 | รวม                | 50      | 12,580    | 257       | 67,352    | 356     | 81,163    | 89      | 36,533    | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 752    | 197,627   |
| นนทบุรี         | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 1         | 150       | 13      | 7,603     | 67      | 26,553    | 1      | 200       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 82     | 34,506    |
|                 | เอกชน              | 9       | 849       | 7         | 40        | 95      | 8,155     | 313     | 34,771    | 10     | 648       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 434    | 44,464    |
|                 | รวม                | 9       | 849       | 8         | 190       | 108     | 15,759    | 380     | 61,323    | 11     | 848       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 516    | 78,969    |
| ปทุมธานี        | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 21        | 3,987     | 43      | 22,902    | 38      | 31,747    | 23     | 36,685    | 10    | 12,621    | -      | -         | -      | -         | 135    | 107,943   |
|                 | เอกชน              | 5       | 3,981     | 52        | 3,203     | 567     | 118,704   | 305     | 78,629    | 101    | 31,032    | 6     | 9,126     | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,037  | 246,097   |
|                 | รวม                | 5       | 3,981     | 73        | 7,189     | 610     | 141,606   | 343     | 110,377   | 124    | 67,718    | 16    | 21,747    | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,172  | 354,040   |
| พระนครศรีอยุธยา | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 11      | 3,064     | 335       | 110,021   | 224     | 92,007    | 79      | 20,155    | 3      | 63        | 1     | 23        | -      | -         | -      | -         | 653    | 225,332   |
|                 | เอกชน              | 4       | 193       | 183       | 23,845    | 169     | 35,695    | 30      | 5,583     | 2      | 47        | -     | -         | -      | -         | 1      | 1,296     | 389    | 66,659    |
|                 | รวม                | 15      | 3,257     | 518       | 133,866   | 393     | 127,702   | 109     | 25,738    | 5      | 110       | 1     | 23        | -      | -         | 1      | 1,296     | 1,042  | 291,991   |
| สมุทรปราการ     | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 500       | 78        | 42,664    | 39      | 45,888    | 7       | 24,418    | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 125    | 113,470   |
|                 | เอกชน              | 143     | 7,551     | 1,780     | 147,154   | 1,560   | 180,755   | 123     | 40,240    | 12     | 10,299    | 2     | 1,177     | -      | -         | 18     | 17,258    | 3,638  | 404,435   |
|                 | รวม                | 144     | 8,051     | 1,858     | 189,818   | 1,599   | 226,644   | 130     | 64,658    | 12     | 10,299    | 2     | 1,177     | -      | -         | 18     | 17,258    | 3,763  | 517,905   |
| สมุทรสาคร       | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 300       | 95        | 31,889    | 165     | 47,350    | 38      | 12,306    | 13     | 8,170     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 312    | 100,015   |
|                 | เอกชน              | 8       | 51        | 305       | 8,602     | 530     | 57,450    | 404     | 70,168    | 8      | 3,163     | 3     | 389       | 10     | 1,035     | -      | -         | 1,268  | 140,860   |
|                 | รวม                | 9       | 351       | 400       | 40,491    | 695     | 104,800   | 442     | 82,474    | 21     | 11,333    | 3     | 389       | 10     | 1,035     | -      | -         | 1,580  | 240,874   |
| รวม 7 จังหวัด   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 63      | 16,444    | 790       | 259,163   | 877     | 346,898   | 348     | 215,695   | 41     | 45,368    | 11    | 12,644    | -      | -         | 1      | 450       | 2,131  | 896,662   |
|                 | เอกชน              | 441     | 26,272    | 3,777     | 215,536   | 5,606   | 606,187   | 1,640   | 342,614   | 142    | 47,300    | 16    | 10,718    | 32     | 7,669     | 24     | 24,514    | 11,678 | 1,280,809 |
|                 | รวม                | 504     | 42,716    | 4,567     | 474,699   | 6,483   | 953,085   | 1,988   | 558,308   | 183    | 92,668    | 27    | 23,362    | 32     | 7,669     | 25     | 24,964    | 13,809 | 2,177,470 |

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) สรุปจำนวนบ่อบาดาลและอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและเอกชนในชั้นน้ำต่างๆ (ที่ขออนุญาตในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด) ในปี 2537

หน่วย : ลบ.ม./วัน

| จังหวัด         | หน่วยงาน           | กรุงเทพ |           | พระประแดง |           | นครหลวง |           | นนทบุรี |           | สามโคก |           | พญาไท |           | ธนบุรี |           | ปากน้ำ |           | รวม    |           |
|-----------------|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|                 |                    | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน     | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ |
| กรุงเทพมหานคร   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 3         | 3,101     | 37      | 49,985    | 32      | 64,102    | 1      | 250       | -     | -         | -      | -         | 3      | 649       | 76     | 118,087   |
|                 | เอกชน              | 274     | 13,682    | 1,469     | 33,235    | 2,865   | 228,590   | 520     | 134,700   | 9      | 2,109     | 5     | 26        | 37     | 8,926     | 8      | 6,405     | 5,187  | 427,674   |
|                 | รวม                | 274     | 13,682    | 1,472     | 36,336    | 2,902   | 278,576   | 552     | 198,802   | 10     | 2,359     | 5     | 26        | 37     | 8,926     | 11     | 7,054     | 5,263  | 545,760   |
| นครปฐม          | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 71      | 13,621    | 290       | 71,786    | 425     | 93,595    | 107     | 46,133    | 3      | 700       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 896    | 225,835   |
|                 | เอกชน              | -       | -         | -         | -         | -       | -         | -       | -         | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | -      | -         |
|                 | รวม                | 71      | 13,621    | 290       | 71,786    | 425     | 93,595    | 107     | 46,133    | 3      | 700       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 896    | 225,835   |
| นนทบุรี         | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 1         | 150       | 14      | 12,789    | 77      | 41,478    | 3      | 950       | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 95     | 55,367    |
|                 | เอกชน              | 11      | 2,275     | 8         | 753       | 98      | 9,737     | 389     | 45,354    | 16     | 1,056     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 522    | 59,175    |
|                 | รวม                | 11      | 2,275     | 9         | 903       | 112     | 22,526    | 466     | 86,832    | 19     | 2,006     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 617    | 114,541   |
| ปทุมธานี        | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 28        | 4,659     | 52      | 27,764    | 51      | 56,209    | 27     | 47,983    | 12    | 18,480    | -      | -         | -      | -         | 170    | 155,095   |
|                 | เอกชน              | 5       | 3,981     | 83        | 8,547     | 670     | 137,413   | 360     | 91,367    | 134    | 38,313    | 8     | 9,275     | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,261  | 290,318   |
|                 | รวม                | 5       | 3,981     | 111       | 13,206    | 722     | 165,177   | 411     | 147,576   | 161    | 86,296    | 20    | 27,755    | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,431  | 445,413   |
| พระนครศรีอยุธยา | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 12      | 3,482     | 380       | 116,825   | 252     | 126,739   | 84      | 20,714    | 3      | 63        | 1     | 23        | -      | -         | -      | -         | 732    | 267,646   |
|                 | เอกชน              | 4       | 193       | 227       | 34,026    | 212     | 43,782    | 39      | 7,551     | 2      | 47        | 1     | 12        | -      | -         | 2      | 1,778     | 487    | 87,390    |
|                 | รวม                | 16      | 3,675     | 607       | 150,851   | 464     | 170,522   | 123     | 28,264    | 5      | 110       | 2     | 35        | -      | -         | 2      | 1,778     | 1,219  | 355,036   |
| สมุทรปราการ     | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 500       | 88        | 63,277    | 42      | 67,457    | 7       | 44,323    | -      | -         | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 138    | 175,556   |
|                 | เอกชน              | 146     | 7,886     | 1,797     | 147,816   | 1,667   | 189,682   | 146     | 41,420    | 13     | 10,305    | 2     | 1,177     | -      | -         | 18     | 17,258    | 3,789  | 415,543   |
|                 | รวม                | 147     | 8,386     | 1,885     | 211,093   | 1,709   | 257,139   | 153     | 85,742    | 13     | 10,305    | 2     | 1,177     | -      | -         | 18     | 17,258    | 3,927  | 591,100   |
| สมุทรสาคร       | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 300       | 107       | 34,289    | 182     | 51,697    | 46      | 16,081    | 14     | 11,780    | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 350    | 114,147   |
|                 | เอกชน              | 8       | 51        | 307       | 8,669     | 563     | 58,668    | 522     | 84,463    | 14     | 5,016     | 4     | 643       | 24     | 4,257     | -      | -         | 1,442  | 161,768   |
|                 | รวม                | 9       | 351       | 414       | 42,957    | 745     | 110,365   | 568     | 100,544   | 28     | 16,796    | 4     | 643       | 24     | 4,257     | -      | -         | 1,792  | 275,914   |
| รวม 7 จังหวัด   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 85      | 17,904    | 897       | 293,887   | 1,004   | 430,027   | 404     | 289,038   | 51     | 61,725    | 13    | 18,503    | -      | -         | 3      | 649       | 2,457  | 1,111,732 |
|                 | เอกชน              | 448     | 28,068    | 3,891     | 233,045   | 6,075   | 667,872   | 1,976   | 404,855   | 188    | 56,847    | 20    | 11,133    | 61     | 13,183    | 29     | 26,863    | 12,688 | 1,441,867 |
|                 | รวม                | 533     | 45,972    | 4,788     | 526,932   | 7,079   | 1,097,899 | 2,380   | 693,893   | 239    | 118,572   | 33    | 29,635    | 61     | 13,183    | 32     | 27,512    | 15,145 | 2,553,599 |



ตารางที่ ก-1 (ต่อ) สรุปจำนวนบ่อบาดาลและอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและเอกชนในชั้นน้ำต่างๆ (ที่ขออนุญาตในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด) ในปี 2538

หน่วย : ลบ.ม./วัน

| จังหวัด         | หน่วยงาน           | กรุงเทพ |           | พระประแดง |           | นครหลวง |           | นนทบุรี |           | สามโคก |           | พญาไท |           | ธนบุรี |           | ปากน้ำ |           | รวม    |           |
|-----------------|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|                 |                    | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน     | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ |
| กรุงเทพมหานคร   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 3         | 8,133     | 37      | 141,109   | 32      | 132,373   | 1      | 273       | -     | -         | -      | -         | 4      | 908       | 77     | 282,796   |
|                 | เอกชน              | 275     | 14,932    | 1,482     | 38,343    | 3,022   | 277,435   | 561     | 173,882   | 11     | 5,493     | 6     | 199       | 43     | 11,477    | 10     | 8,113     | 5,410  | 529,875   |
|                 | รวม                | 275     | 14,932    | 1,485     | 46,476    | 3,059   | 418,544   | 593     | 306,255   | 12     | 5,766     | 6     | 199       | 43     | 11,477    | 14     | 9,022     | 5,487  | 812,671   |
| นครปฐม          | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 84      | 16,531    | 340       | 89,711    | 487     | 117,345   | 130     | 60,650    | 4      | 1,073     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 1,045  | 285,310   |
|                 | เอกชน              | -       | -         | 6         | 601       | 222     | 39,835    | 201     | 38,520    | 4      | 718       | 4     | 61        | -      | -         | -      | -         | 437    | 79,736    |
|                 | รวม                | 84      | 16,531    | 346       | 90,312    | 709     | 157,180   | 331     | 99,170    | 8      | 1,792     | 4     | 61        | -      | -         | -      | -         | 1,482  | 365,046   |
| นนทบุรี         | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 1         | 117       | 14      | 14,753    | 83      | 26,120    | 7      | 1,465     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 105    | 42,454    |
|                 | เอกชน              | 11      | 1,773     | 8         | 587       | 101     | 7,981     | 458     | 47,504    | 21     | 1,772     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 599    | 59,616    |
|                 | รวม                | 11      | 1,773     | 9         | 703       | 115     | 22,734    | 541     | 73,623    | 28     | 3,237     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 704    | 102,070   |
| ปทุมธานี        | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 43        | 6,524     | 61      | 29,250    | 59      | 57,751    | 39     | 65,271    | 20    | 35,652    | -      | -         | -      | -         | 222    | 194,449   |
|                 | เอกชน              | 5       | 3,981     | 121       | 16,365    | 749     | 153,115   | 411     | 106,553   | 169    | 49,076    | 16    | 15,381    | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,472  | 345,893   |
|                 | รวม                | 5       | 3,981     | 164       | 22,889    | 810     | 182,365   | 470     | 164,303   | 208    | 114,348   | 36    | 51,033    | -      | -         | 1      | 1,422     | 1,694  | 540,342   |
| พระนครศรีอยุธยา | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 12      | 3,527     | 420       | 123,778   | 294     | 145,954   | 97      | 22,496    | 4      | 249       | 1     | 23        | -      | -         | 1      | 159       | 829    | 296,186   |
|                 | เอกชน              | 4       | 198       | 244       | 39,741    | 252     | 59,007    | 50      | 9,772     | 3      | 431       | 2     | 1,250     | -      | -         | 3      | 3,332     | 558    | 113,731   |
|                 | รวม                | 16      | 3,725     | 664       | 163,519   | 546     | 204,961   | 147     | 32,268    | 7      | 680       | 3     | 1,273     | -      | -         | 4      | 3,491     | 1,387  | 409,918   |
| สมุทรปราการ     | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 396       | 88        | 32,934    | 43      | 53,761    | 7       | 23,802    | 1      | 16        | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 140    | 110,908   |
|                 | เอกชน              | 147     | 6,249     | 1,822     | 120,260   | 1,757   | 155,020   | 174     | 34,882    | 18     | 10,711    | 2     | 932       | -      | -         | 18     | 13,672    | 3,938  | 341,727   |
|                 | รวม                | 148     | 6,645     | 1,910     | 153,194   | 1,800   | 208,780   | 181     | 58,684    | 19     | 10,727    | 2     | 932       | -      | -         | 18     | 13,672    | 4,078  | 452,635   |
| สมุทรสาคร       | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 245       | 121       | 30,749    | 219     | 53,354    | 58      | 17,627    | 26     | 23,051    | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 425    | 125,026   |
|                 | เอกชน              | 8       | 42        | 307       | 7,093     | 588     | 53,019    | 633     | 83,479    | 18     | 4,783     | 5     | 780       | 35     | 5,651     | 1      | 1,375     | 1,595  | 156,221   |
|                 | รวม                | 9       | 287       | 428       | 37,841    | 807     | 106,373   | 691     | 101,106   | 44     | 27,834    | 5     | 780       | 35     | 5,651     | 1      | 1,375     | 2,020  | 281,247   |
| รวม 7 จังหวัด   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 14      | 4,169     | 676       | 202,235   | 668     | 438,180   | 336     | 280,169   | 78     | 90,325    | 21    | 35,676    | -      | -         | 5      | 1,068     | 1,798  | 1,051,820 |
|                 | เอกชน              | 450     | 27,175    | 3,984     | 222,388   | 6,469   | 705,577   | 2,287   | 456,071   | 240    | 72,267    | 31    | 18,543    | 78     | 17,128    | 33     | 27,914    | 13,572 | 1,547,063 |
|                 | รวม                | 464     | 31,344    | 4,660     | 424,623   | 7,137   | 1,143,757 | 2,623   | 736,240   | 318    | 162,592   | 52    | 54,218    | 78     | 17,128    | 38     | 28,982    | 15,370 | 2,598,884 |

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) สรุปจำนวนบ่อบาดาลและอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและเอกชนในชั้นน้ำต่างๆ (ที่ขออนุญาตในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด) ในปี 2539

หน่วย : ลบ.ม./วัน

| จังหวัด         | หน่วยงาน           | กรุงเทพ |           | พระประแดง |           | นครหลวง |           | นนทบุรี |           | สามโคก |           | พญาไท |           | ธนบุรี |           | ปากน้ำ |           | รวม    |           |
|-----------------|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|                 |                    | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน     | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน   | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ | จำนวน  | ปริมาณน้ำ |
| กรุงเทพมหานคร   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 3         | 8,242     | 37      | 153,078   | 32      | 150,326   | 1      | 273       | -     | -         | -      | -         | 4      | 908       | 77     | 312,827   |
|                 | เอกชน              | 275     | 14,932    | 1,494     | 40,453    | 3,116   | 297,335   | 583     | 184,090   | 11     | 5,493     | 8     | 266       | 45     | 12,290    | 10     | 8,113     | 5,542  | 562,973   |
|                 | รวม                | 275     | 14,932    | 1,497     | 48,695    | 3,153   | 450,414   | 615     | 334,415   | 12     | 5,766     | 8     | 266       | 45     | 12,290    | 14     | 9,022     | 5,619  | 875,800   |
| นครปฐม          | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 89      | 16,682    | 370       | 93,780    | 561     | 130,364   | 159     | 67,781    | 5      | 2,228     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 1,184  | 310,835   |
|                 | เอกชน              | 1       | 42        | 11        | 796       | 277     | 48,180    | 252     | 47,371    | 6      | 2,843     | 4     | 61        | -      | -         | -      | -         | 551    | 99,293    |
|                 | รวม                | 90      | 16,724    | 381       | 94,576    | 838     | 178,544   | 411     | 115,152   | 11     | 5,070     | 4     | 61        | -      | -         | -      | -         | 1,735  | 410,128   |
| นนทบุรี         | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 1         | 117       | 14      | 14,497    | 98      | 25,898    | 13     | 2,868     | 1     | 234       | -      | -         | -      | -         | 127    | 43,614    |
|                 | เอกชน              | 11      | 1,773     | 8         | 587       | 101     | 7,981     | 503     | 54,268    | 26     | 2,869     | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 649    | 67,478    |
|                 | รวม                | 11      | 1,773     | 9         | 703       | 115     | 22,479    | 601     | 80,167    | 39     | 5,737     | 1     | 234       | -      | -         | -      | -         | 776    | 111,092   |
| ปทุมธานี        | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -       | -         | 48        | 6,808     | 73      | 34,270    | 66      | 64,814    | 56     | 69,801    | 26    | 46,327    | -      | -         | -      | -         | 269    | 222,021   |
|                 | เอกชน              | 6       | 5,068     | 150       | 21,696    | 827     | 173,571   | 455     | 117,245   | 186    | 51,722    | 19    | 17,095    | -      | -         | 3      | 4,362     | 1,646  | 390,759   |
|                 | รวม                | 6       | 5,068     | 198       | 28,505    | 900     | 207,841   | 521     | 182,059   | 242    | 121,523   | 45    | 63,422    | -      | -         | 3      | 4,362     | 1,915  | 612,781   |
| พระนครศรีอยุธยา | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 12      | 3,527     | 471       | 129,388   | 354     | 170,454   | 114     | 28,488    | 4      | 249       | 1     | 23        | -      | -         | 1      | 159       | 957    | 332,289   |
|                 | เอกชน              | 4       | 198       | 262       | 42,309    | 288     | 65,570    | 65      | 11,357    | 4      | 654       | 3     | 1,280     | -      | -         | 3      | 3,332     | 629    | 124,700   |
|                 | รวม                | 16      | 3,725     | 733       | 171,697   | 642     | 236,024   | 179     | 39,845    | 8      | 903       | 4     | 1,304     | -      | -         | 4      | 3,491     | 1,586  | 456,989   |
| สมุทรปราการ     | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 396       | 89        | 33,405    | 43      | 53,691    | 7       | 24,300    | 1      | 16        | -     | -         | -      | -         | -      | -         | 141    | 111,807   |
|                 | เอกชน              | 148     | 6,261     | 1,835     | 122,033   | 1,795   | 159,385   | 194     | 36,150    | 19     | 10,870    | 2     | 932       | -      | -         | 19     | 13,674    | 4,012  | 349,306   |
|                 | รวม                | 149     | 6,657     | 1,924     | 155,437   | 1,838   | 213,076   | 201     | 60,450    | 20     | 10,886    | 2     | 932       | -      | -         | 19     | 13,674    | 4,153  | 461,113   |
| สมุทรสาคร       | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 1       | 245       | 130       | 32,491    | 240     | 58,209    | 64      | 18,486    | 28     | 24,535    | 1     | 98        | 2      | 164       | 1      | 82        | 467    | 134,311   |
|                 | เอกชน              | 8       | 42        | 308       | 7,112     | 612     | 54,570    | 709     | 94,680    | 26     | 5,946     | 9     | 2,688     | 43     | 7,893     | 1      | 1,375     | 1,716  | 174,306   |
|                 | รวม                | 9       | 287       | 438       | 39,603    | 852     | 112,779   | 773     | 113,166   | 54     | 30,481    | 10    | 2,786     | 45     | 8,057     | 2      | 1,456     | 2,183  | 308,617   |
| รวม 7 จังหวัด   | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 103     | 20,851    | 1,112     | 304,231   | 1,322   | 614,564   | 540     | 380,093   | 108    | 99,969    | 29    | 46,682    | 2      | 164       | 6      | 1,149     | 3,222  | 1,467,704 |
|                 | เอกชน              | 453     | 28,316    | 4,068     | 234,986   | 7,016   | 806,593   | 2,761   | 545,161   | 278    | 80,397    | 45    | 22,323    | 88     | 20,183    | 36     | 30,856    | 14,745 | 1,768,815 |
|                 | รวม                | 556     | 49,167    | 5,180     | 539,218   | 8,338   | 1,421,157 | 3,301   | 925,254   | 386    | 180,367   | 74    | 69,006    | 90     | 20,346    | 42     | 32,005    | 17,967 | 3,236,519 |

ตารางที่ ก-2 สรุปปริมาณการใช้น้ำจากแบบสอบถามภายในจังหวัด ปี พ.ศ.2542

หน่วย : ลบ.ม./วัน

| จังหวัด         | ยอด<br>ปริมาณการ<br>สูบน้ำรวม | ยอด<br>ปริมาณน้ำ<br>ของแบบ<br>สอบถาม | ปริมาณน้ำ<br>ลงทะเบียนของ<br>แบบสอบ<br>ถาม | ปริมาณ<br>น้ำที่ใช้<br>จริง | อัตรา<br>ส่วนการ<br>ใช้น้ำ | ยอด<br>ปริมาณน้ำ<br>แบบสอบ<br>ถามปรับแก้ | ปริมาณน้ำ<br>ใช้จริงปรับ<br>แก้ | ปริมาณน้ำที่<br>ใช้เทียบเท่า<br>ปริมาณน้ำ<br>รวม | อัตราการ<br>สูบน้ำจาก<br>การศึกษา<br>เดิม | Reduction<br>Coefficient |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|--|---|--------------------------|
|                 | (1)                           | (2)                                  | (3)  | (4)                         | (5)                        | (6)                                      | (7)                             | (8)  | (9)                                       | (10)                     |
| กรุงเทพมหานคร   | 825,100                       | 47,176                               | 13,466                                     | 5,227                       | 0.53                       | 186,154                                  | 98,330                          | 435,834  | 519,971                                   | 0.84                     |
| นครปฐม          | 121,271                       | 9,669                                | 2,997                                      | 1,515                       | 0.66                       | 44,409                                   | 29,221                          | 79,796   | 91,979                                    | 0.87                     |
| นนทบุรี         | 140,672                       | 12,527                               | 1,755                                      | 719                         | 0.38                       | 45,381                                   | 17,018                          | 52,752   | 87,742                                    | 0.60                     |
| ปทุมธานี        | 632,405                       | 105,607                              | 26,480                                     | 15,343                      | 0.49                       | 119,327                                  | 59,067                          | 313,040  | 404,908                                   | 0.77                     |
| พระนครศรีอยุธยา | 191,038                       | 31,222                               | 9,096                                      | 5,088                       | 0.52                       | 55,042                                   | 28,787                          | 99,913   | 126,197                                   | 0.79                     |
| สมุทรปราการ     | 684,653                       | 119,623                              | 38,700                                     | 8,466                       | 0.40                       | 128,324                                  | 51,073                          | 272,492  | 449,194                                   | 0.61                     |
| สมุทรสาคร       | 345,950                       | 60,391                               | 14,489                                     | 4,077                       | 0.41                       | 67,434                                   | 27,850                          | 142,877  | 225,275                                   | 0.63                     |
| รวม 7 จังหวัด   | 2,941,089                     | 386,215                              | 106,983                                    | 40,435                      | 0.38                       | 646,071                                  | 311,346                         | 1,417,331  | 1,905,267                                 | 0.74                     |

ที่มา : โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี พ.ศ. 2542

- หมายเหตุ
- (1) ยอดปริมาณการสูบน้ำรวม เป็นปริมาณการสูบน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา  
ซึ่งเป็นอัตราการสูบน้ำที่ขออนุญาต
  - (2) ยอดปริมาณน้ำของแบบสอบถาม เป็นปริมาณการสูบน้ำบาดาลของบ่อบาดาลที่ออกแบบสอบถาม  
ซึ่งเป็นอัตราการสูบน้ำที่ขออนุญาต
  - (3) ปริมาณน้ำลงทะเบียนของแบบสอบถาม เป็นปริมาณการสูบน้ำของบ่อบาดาลที่มีการตอบแบบสอบถาม  
ซึ่งเป็นอัตราการสูบน้ำที่ขออนุญาต
  - (4) ปริมาณน้ำที่ใช้จริง เป็นปริมาณน้ำที่ได้จากการตอบแบบสอบถามการสำรวจการใช้น้ำบาดาลของ  
โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรมฯ
  - (5) อัตราส่วนการใช้น้ำ เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้จริง (บ่อที่มีการสูบน้ำในแต่ละตำบล) กับ  
ปริมาณน้ำที่ลงทะเบียนของแบบสอบถาม ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละตำบลในแต่ละจังหวัด
  - (6) ยอดปริมาณน้ำแบบสอบถามปรับแก้ เป็นยอดปริมาณน้ำของแบบสอบถามเทียบกับยอดปริมาณการสูบน้ำ  
รวมทั้งพื้นที่ศึกษา โดยจะนำยอดปริมาณการสูบน้ำรวมในแต่ละตำบลที่มีการออกแบบสอบถามคูณ  
กับอัตราส่วนการใช้น้ำ (5) (ในการออกแบบสอบถามในครั้งนี้อาจไม่สามารถออกแบบสอบถามครบทุกตำบล  
เนื่องจากข้อจำกัดที่ตั้งของบ่อ)
  - (7) ปริมาณน้ำใช้จริงปรับแก้ เป็นยอดปริมาณน้ำแบบสอบถามปรับแก้ (6) ที่ตัดอัตราการสูบน้ำบาดาล  
ของบ่อบาดาลเอกชนที่เลิกใช้ (จากแบบสอบถามโครงการฯ)
  - (8) ปริมาณน้ำที่ใช้เทียบเท่าปริมาณน้ำรวม เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้จริงปรับแก้ (7) กับยอด  
ปริมาณน้ำแบบสอบถามปรับแก้ (6) คูณกับยอดปริมาณการสูบน้ำรวม :  $[(7)/(6)] * [1]$
  - (9) อัตราการสูบน้ำจากการศึกษา เป็นอัตราการสูบน้ำที่ประมาณด้วยวิธีการศึกษาของ JICA
  - (10) Reduction Coefficient เป็นอัตราส่วนระหว่างอัตราการสูบน้ำจากการศึกษา (8) กับปริมาณน้ำที่ใช้เทียบ  
เท่ากับปริมาณน้ำรวม (9)

## การประมาณอัตราการสูบน้ำ

การประมาณอัตราการสูบน้ำในการศึกษารุ่นนี้ ในหัวข้อที่ 3.4 และการประเมินหาอัตราการสูบน้ำที่สอดคล้องกับระดับน้ำบาดาลและสภาพการใช้น้ำของโรงงานต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาในหัวข้อที่ 6.2 สรุปการประมาณอัตราการสูบน้ำออกเป็น 4 วิธีด้วยกัน คือ

1. การประมาณอัตราการสูบน้ำจากบ่อบาดาลเอกชนที่ขออนุญาตกับกรมทรัพยากรธรณี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2540 เรียกว่า อัตราการสูบน้ำขออนุญาต สำหรับบ่อบาดาลราชการใช้อัตราการสูบน้ำตามที่ได้ลงทะเบียนไว้ และรัฐวิสาหกิจใช้ตามอัตราการสูบน้ำจริง แสดงดังตารางที่ ก-1 แสดงถึงอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานราชการ/รัฐวิสาหกิจและหน่วยงานเอกชน

2. การประมาณอัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA ในปี พ.ศ. 2535 โดยจะนำอัตราการสูบน้ำที่ขออนุญาตคูณกับค่า GPC (Groundwater Pumpage Coefficient) ตารางที่ 3-1 และ 3-2 สำหรับรายละเอียดวิธีการประมาณได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.4

3. การประมาณอัตราการสูบน้ำจากการปรับเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA เทียบกับระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2536-2540 ในการประมาณอัตราการสูบน้ำด้วยวิธีนี้ เท่ากับ 77% ของอัตราการสูบน้ำของ JICA

4. การประมาณอัตราการสูบน้ำจากแบบสอบถามการสำรวจการใช้น้ำบาดาลของโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรมในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี พ.ศ. 2542 ประมาณอัตราการสูบน้ำจากอัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA คูณกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณลด (Reduction Factor) ในตารางที่ ก-2 มีอัตราการสูบน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 74% ของอัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA ซึ่งเป็นอัตราการสูบน้ำที่สอดคล้องกับระดับน้ำบาดาลและสถานะการณ์การใช้น้ำในปัจจุบันมากกว่าอัตราการสูบน้ำ 77% ของอัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA ซึ่งเรียกว่า อัตราการสูบน้ำที่ปรับแก้ ดังตารางที่ 6-2 และ 6-3 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณลด (Reduction Factor) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้อยู่จริงเทียบกับปริมาณน้ำรวมกับอัตราการสูบน้ำจากการศึกษาของ JICA ดังตารางที่ ก-2

ภาคผนวก ข  
ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์

## ภาคผนวก ข

ในภาคผนวกนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำต่างๆ ตัวอย่างของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำชั้นน้ำน่านนบุรี ช่วงปี พ.ศ. 2526-2540 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์ต่างๆ

ตารางที่ ข-1 ตำแหน่งของสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำบาดาล

| STA | PD   | NL   | NB   | UTM_E  | UTM_N   | X     | Y     | ตำบล            | อำเภอ            | จังหวัด         |
|-----|------|------|------|--------|---------|-------|-------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1   | PD08 | NL62 | NB05 | 681000 | 1531800 | 81.0  | 131.8 | บางขัน          | เขตมื่นบุรี      | กรุงเทพมหานคร   |
| 2   | PD05 | NL11 | NB08 | 680100 | 1519900 | 80.1  | 119.9 | หัวหมาก         | เขตบางกะปิ       | กรุงเทพมหานคร   |
| 3   | PD38 | NL03 | NB09 | 693600 | 1515600 | 83.6  | 115.6 | ศิระจรเข้หน้า   | กิ่ง อ.บางเสาธง  | สมุทรปราการ     |
| 4   | PD07 |      |      | 672100 | 1525500 | 72.1  | 125.5 | ลาดพร้าว        | เขตลาดพร้าว      | กรุงเทพมหานคร   |
| 5   | PD55 | NL05 | NB04 | 654300 | 1538500 | 54.3  | 138.5 | โสนลอย          | บางบัวทอง        | นนทบุรี         |
| 6   | PD03 |      |      | 683800 | 1509200 | 83.8  | 109.2 | บางพลีใหญ่      | บางพลี           | สมุทรปราการ     |
| 7   | PD06 |      | NB01 | 656200 | 1516800 | 56.2  | 116.8 | บางด้วน         | เขตภาษีเจริญ     | กรุงเทพมหานคร   |
| 8   | PD02 | NL55 | NB49 | 682500 | 1494700 | 82.5  | 94.7  | บางปูใหม่       | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ     |
| 9   | PD04 |      |      | 673300 | 1509000 | 73.3  | 109.0 | ลำโพงเหนือ      | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ     |
| 10  | PD01 | NL67 | NB53 | 666000 | 1500700 | 66.0  | 100.7 | โนนคลองบางปลากด | พระสมุทรเจดีย์   | สมุทรปราการ     |
| 11  | PD77 | NL04 | NB76 | 663600 | 1505800 | 63.6  | 105.8 | ทุ่งครุ         | เขตราษฎร์บูรณะ   | กรุงเทพมหานคร   |
| 12  | PD39 | NL50 | NB41 | 677700 | 1500700 | 77.7  | 100.7 | แพற்கษา         | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ     |
| 13  | PD22 | NL10 | NB30 | 673100 | 1503900 | 73.1  | 103.9 | ปากน้ำ          | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ     |
| 14  | PD78 | NL01 | NB77 | 690600 | 1494900 | 90.6  | 94.9  | บางปูใหม่       | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ     |
| 15  |      |      | NB03 | 669700 | 1538600 | 69.7  | 138.6 | ทุ่งสองห้อง     | เขตดอนเมือง      | กรุงเทพมหานคร   |
| 16  | PD51 | NL07 | NB07 | 689100 | 1540700 | 89.1  | 140.7 | บึงคำพร้อย      | ลำลูกกา          | ปทุมธานี        |
| 17  | PD28 |      | NB11 | 671900 | 1531900 | 71.9  | 131.9 | อนุสาวรีย์      | เขตบางเขน        | กรุงเทพมหานคร   |
| 18  |      | NL02 |      | 688800 | 1505600 | 88.8  | 105.6 | บางโหลง         | บางพลี           | สมุทรปราการ     |
| 19  | PD42 | NL08 | NB06 | 677800 | 1552000 | 77.8  | 152.0 | คลองสอง         | คลองหลวง         | ปทุมธานี        |
| 20  |      | NL09 |      | 665700 | 1543300 | 65.7  | 143.3 | บางชะแยง        | เมืองปทุมธานี    | ปทุมธานี        |
| 21  | PD46 |      | NB02 | 667300 | 1508500 | 67.3  | 108.5 | บางกะเจ้า       | พระประแดง        | สมุทรปราการ     |
| 22  | PD26 | NL06 | NB36 | 677700 | 1532800 | 77.7  | 132.8 | ท่าแร่          | เขตบางเขน        | กรุงเทพมหานคร   |
| 23  | PD10 |      |      | 664300 | 1511200 | 64.3  | 111.2 | บางหญ้าแพรก     | พระประแดง        | สมุทรปราการ     |
| 24  | PD62 | NL18 | NB66 | 649800 | 1504800 | 49.8  | 104.8 | แสมดำ           | เขตบางขุนเทียน   | กรุงเทพมหานคร   |
| 25  | PD09 |      |      | 653900 | 1507200 | 53.9  | 107.2 | แสมดำ           | เขตบางขุนเทียน   | กรุงเทพมหานคร   |
| 26  | PD12 | NL37 | NB29 | 684700 | 1504700 | 84.7  | 104.7 | บางพลีใหญ่      | บางพลี           | สมุทรปราการ     |
| 27  | PD11 | NL43 | NB18 | 693800 | 1502900 | 93.8  | 102.9 | บางเสาธง        | กิ่ง อ.บางเสาธง  | สมุทรปราการ     |
| 28  |      |      | NB16 | 679600 | 1540500 | 79.6  | 140.5 | คูคต            | ลำลูกกา          | ปทุมธานี        |
| 29  | PD14 | NL81 | NB78 | 700500 | 1515000 | 100.5 | 115.0 | ชุมทอง          | เขตลาดกระบัง     | กรุงเทพมหานคร   |
| 30  | PD15 | NL84 | NB83 | 695600 | 1526000 | 95.6  | 126.0 | แสนแสบ          | เขตมื่นบุรี      | กรุงเทพมหานคร   |
| 31  | PD75 | NL13 | NB75 | 681900 | 1571400 | 81.9  | 171.4 | ลำไทร           | วังน้อย          | พระนครศรีอยุธยา |
| 32  | PD13 |      |      | 695000 | 1511600 | 95.0  | 111.6 | ศิระจรเข้หน้า   | กิ่ง อ.บางเสาธง  | สมุทรปราการ     |
| 33  | PD40 | NL16 | NB46 | 688700 | 1528000 | 88.7  | 128.0 | มื่นบุรี        | เขตมื่นบุรี      | กรุงเทพมหานคร   |
| 34  | PD85 | NL15 | NB82 | 701400 | 1532300 | 101.4 | 132.3 | กระทุ่มราย      | เขตหนองจอก       | กรุงเทพมหานคร   |
| 35  | PD68 | NL12 | NB69 | 665200 | 1569600 | 65.2  | 169.6 | ราชคราม         | บางไทร           | พระนครศรีอยุธยา |
| 36  | PD72 | NL14 | NB73 | 694100 | 1552900 | 94.1  | 152.9 | ลำผักกูด        | ธัญบุรี          | ปทุมธานี        |

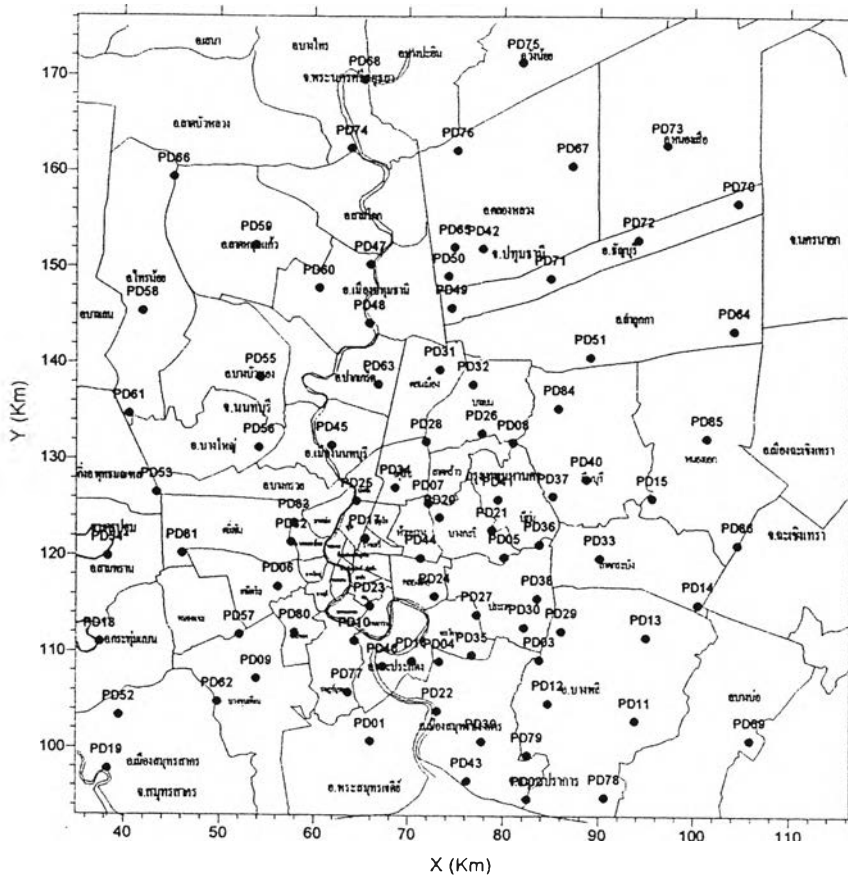
ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ตำแหน่งของสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำบาดาล

| STA | PD   | NL   | NB   | UTM_E  | UTM_N   | X     | Y     | ตำบล          | อำเภอ            | จังหวัด       |
|-----|------|------|------|--------|---------|-------|-------|---------------|------------------|---------------|
| 74  | PD36 | NL52 | NB45 | 683800 | 1521200 | 83.8  | 121.2 | ประเวศ        | เขตประเวศ        | กรุงเทพมหานคร |
| 75  | PD84 | NL54 | NB47 | 685800 | 1535400 | 85.8  | 135.4 | สามวาตะวันออก | เขตมีนบุรี       | กรุงเทพมหานคร |
| 76  |      | NL53 |      | 657600 | 1516200 | 57.6  | 116.2 | บางแวก        | เขตภาษีเจริญ     | กรุงเทพมหานคร |
| 77  | PD41 | NL56 | NB51 | 679400 | 1525900 | 79.4  | 125.9 | คลองกุ่ม      | เขตบึงกุ่ม       | กรุงเทพมหานคร |
| 78  | PD82 | NL57 | NB50 | 657600 | 1521400 | 57.6  | 121.4 | บางขุนศรี     | เขตบางกอกน้อย    | กรุงเทพมหานคร |
| 79  |      | NL58 | NB54 | 662900 | 1507500 | 62.9  | 107.5 | ทุ่งครุ       | เขตราชบุรีบูรณะ  | กรุงเทพมหานคร |
| 80  | PD44 | NL59 | NB55 | 671300 | 1519800 | 71.3  | 119.8 | บางกะปิ       | เขตห้วยขวาง      | กรุงเทพมหานคร |
| 81  | PD43 | NL60 | NB48 | 676200 | 1496600 | 76.2  | 96.6  | บางปูใหม่     | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ   |
| 82  | PD79 | NL61 | NB56 | 682500 | 1499300 | 82.5  | 99.3  | บางปลา        | บางพลี           | สมุทรปราการ   |
| 83  |      | NL63 | NB57 | 683700 | 1508500 | 83.7  | 108.5 | บางพลีใหญ่    | บางพลี           | สมุทรปราการ   |
| 84  | PD45 | NL64 | NB58 | 661900 | 1531500 | 61.9  | 131.5 | สวนใหญ่       | เมืองนนทบุรี     | นนทบุรี       |
| 85  | PD48 |      | NB59 | 665800 | 1544200 | 65.8  | 144.2 | บางชะแยง      | เมืองปทุมธานี    | ปทุมธานี      |
| 86  | PD65 | NL66 | NB67 | 674800 | 1552100 | 74.8  | 152.1 | คลองหนึ่ง     | คลองหลวง         | ปทุมธานี      |
| 87  | PD49 |      |      | 674500 | 1545800 | 74.5  | 145.8 | คูคต          | ลำลูกกา          | ปทุมธานี      |
| 88  | PD54 | NL69 | NB61 | 638300 | 1519900 | 38.3  | 119.9 | ไร่ชิ่ง       | สามพราน          | นครปฐม        |
| 89  | PD56 |      | NB63 | 654100 | 1531200 | 54.1  | 131.2 | บางม่วง       | บางใหญ่          | นนทบุรี       |
| 90  | PD57 | NL70 | NB62 | 652100 | 1511800 | 52.1  | 111.8 | บางบอน        | เขตบางขุนเทียน   | กรุงเทพมหานคร |
| 91  | PD60 | NL74 | NB64 | 660500 | 1547800 | 60.5  | 147.8 | บางเดื่อ      | เมืองปทุมธานี    | ปทุมธานี      |
| 92  | PD61 | NL73 | NB65 | 640500 | 1534700 | 40.5  | 134.7 | หนองเพรางาย   | ไทรน้อย          | นนทบุรี       |
| 93  | PD63 |      |      | 666800 | 1537900 | 66.8  | 137.9 | ปากเกร็ด      | ปากเกร็ด         | นนทบุรี       |
| 94  | PD66 | NL75 | NB68 | 645100 | 1559400 | 45.1  | 159.4 | ราษฎร์นิยม    | ไทรน้อย          | นนทบุรี       |
| 95  | PD69 | NL77 | NB71 | 705900 | 1500900 | 105.9 | 100.9 | บางพลีน้อย    | บางป่อ           | สมุทรปราการ   |
| 96  | PD70 | NL79 | NB70 | 704600 | 1556800 | 104.6 | 156.8 | บึงน้ำรักษ์   | ธัญบุรี          | ปทุมธานี      |
| 97  | PD71 | NL80 | NB72 | 684900 | 1548900 | 84.9  | 148.9 | บึงยี่โถ      | ธัญบุรี          | ปทุมธานี      |
| 98  | PD73 |      | NB74 | 697400 | 1563200 | 97.4  | 163.2 | บึงบา         | หนองเสือ         | ปทุมธานี      |
| 99  | PD80 | NL82 | NB79 | 658000 | 1512000 | 58.0  | 112.0 | บางมด         | เขตจอมทอง        | กรุงเทพมหานคร |
| 100 |      | NL86 | NB80 | 653500 | 1508800 | 53.5  | 108.8 | สามด้า        | เขตบางขุนเทียน   | กรุงเทพมหานคร |
| 101 | PD83 | NL83 | NB81 | 657900 | 1523400 | 57.9  | 123.4 | คลองชักพระ    | เขตตลิ่งชัน      | กรุงเทพมหานคร |
| 102 | PD86 | NL85 | NB84 | 704600 | 1521200 | 104.6 | 121.2 | โคกแฝด        | เขตหนองจอก       | กรุงเทพมหานคร |
| 103 | PD81 | NL87 | NB85 | 646100 | 1520200 | 46.1  | 120.2 | ทวีวัฒนา      | เขตตลิ่งชัน      | กรุงเทพมหานคร |

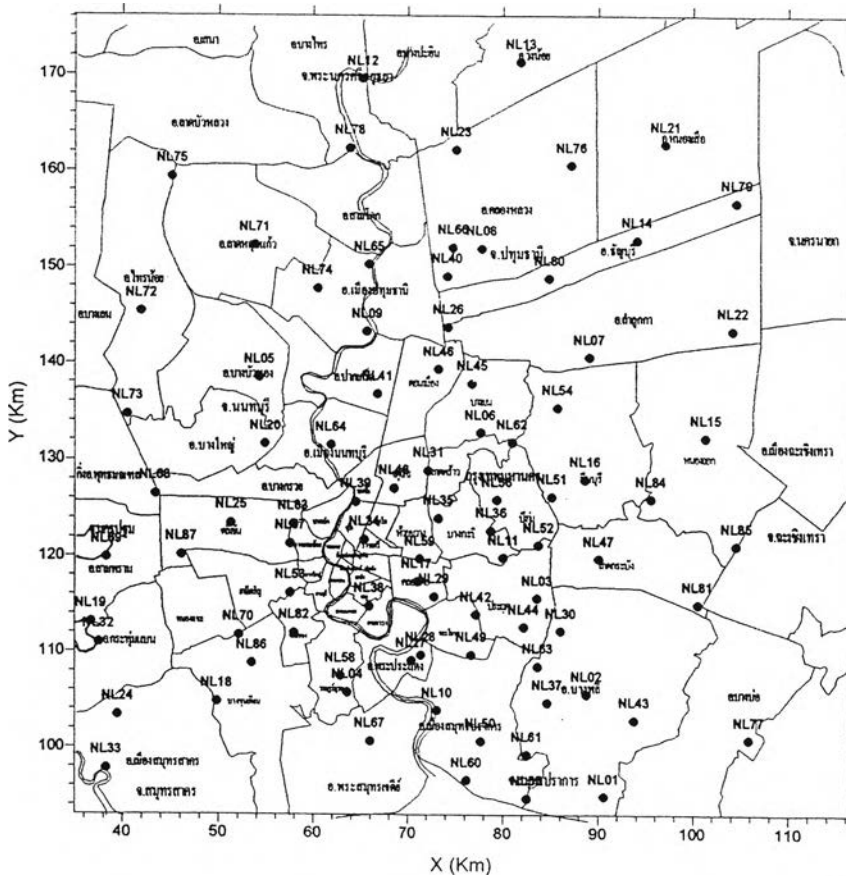


ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ตำแหน่งของสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำบาดาล

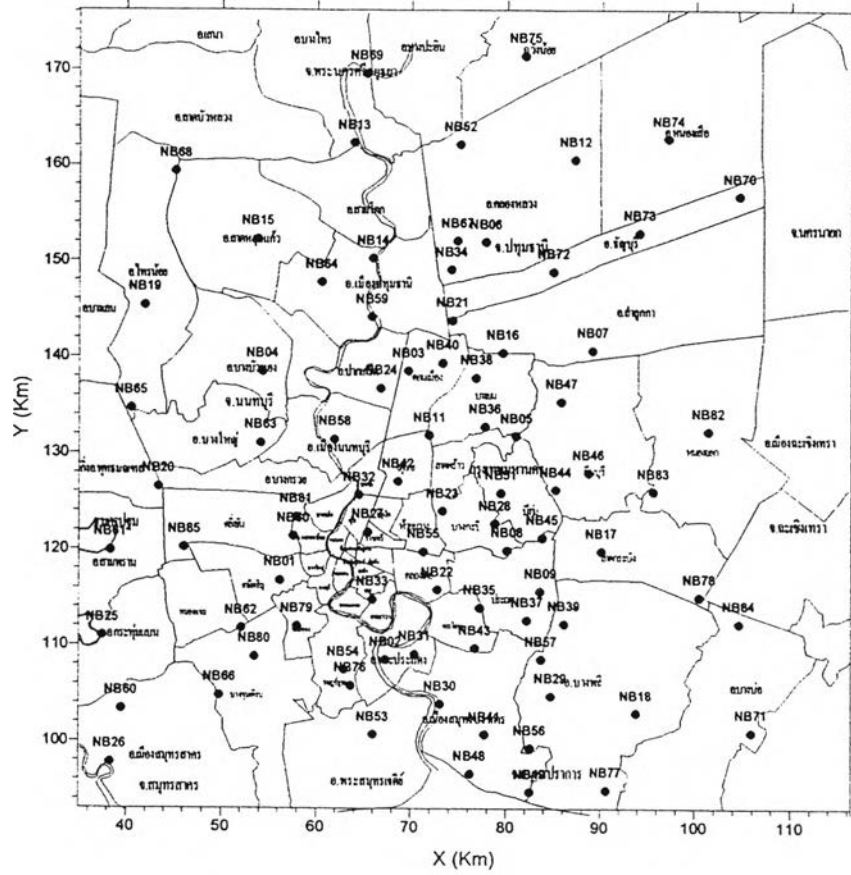
| STA | PD   | NL   | NB   | UTM_E  | UTM_N   | X     | Y     | ตำบล          | อำเภอ          | จังหวัด         |
|-----|------|------|------|--------|---------|-------|-------|---------------|----------------|-----------------|
| 37  | PD67 | NL76 | NB12 | 687200 | 1560600 | 87.2  | 160.6 | คลองนก        | คลองหลวง       | ปทุมธานี        |
| 38  | PD74 | NL78 | NB13 | 663900 | 1562400 | 63.9  | 162.4 | โคกช้าง       | บางไทร         | พระนครศรีอยุธยา |
| 39  | PD59 | NL71 | NB15 | 653800 | 1552300 | 53.8  | 152.3 | ระแหง         | ลาดหลุมแก้ว    | ปทุมธานี        |
| 40  | PD47 | NL65 | NB14 | 665900 | 1550300 | 65.9  | 150.3 | บางปรอก       | เมืองปทุมธานี  | ปทุมธานี        |
| 41  | PD33 | NL47 | NB17 | 690100 | 1519800 | 90.1  | 119.8 | คลองสามประเวศ | เขตลาดกระบัง   | กรุงเทพมหานคร   |
| 42  |      | NL17 |      | 671000 | 1517400 | 71.0  | 117.4 | พระโขนง       | เขตคลองเตย     | กรุงเทพมหานคร   |
| 43  | PD64 | NL22 |      | 704200 | 1543500 | 104.2 | 143.5 | พีชอุดม       | ลำลูกกา        | ปทุมธานี        |
| 44  | PD53 | NL68 | NB20 | 643400 | 1526500 | 43.4  | 126.5 | ลำลูกบัว      | ดอนตูม         | นครปฐม          |
| 45  |      | NL19 |      | 636700 | 1513100 | 36.7  | 113.1 | อ้อมใหญ่      | สามพราน        | นครปฐม          |
| 46  |      | NL20 |      | 654900 | 1531600 | 54.9  | 131.6 | บางเลน        | บางใหญ่        | นนทบุรี         |
| 47  |      | NL25 |      | 670100 | 1523500 | 70.1  | 123.5 | ห้วยขวาง      | เขตห้วยขวาง    | กรุงเทพมหานคร   |
| 48  | PD52 | NL24 | NB60 | 639500 | 1503400 | 39.5  | 103.4 | นาดี          | เมืองสมุทรสาคร | สมุทรสาคร       |
| 49  | PD76 | NL23 | NB52 | 675100 | 1562200 | 75.1  | 162.2 | คลองหนึ่ง     | คลองหลวง       | ปทุมธานี        |
| 50  |      | NL21 |      | 697100 | 1562800 | 97.1  | 162.8 | บึงบา         | หนองเสือ       | ปทุมธานี        |
| 51  | PD58 | NL72 | NB19 | 641900 | 1545400 | 41.9  | 145.4 | ไทรน้อย       | ไทรน้อย        | นนทบุรี         |
| 52  |      | NL26 | NB21 | 674300 | 1543800 | 74.3  | 148.8 | คูคต          | ลำลูกกา        | ปทุมธานี        |
| 53  | PD16 | NL27 | NB31 | 670400 | 1509100 | 70.4  | 109.1 | ลำโรงใต้      | พระประแดง      | สมุทรปราการ     |
| 54  |      | NL28 |      | 671400 | 1509700 | 71.4  | 109.7 | ลำโรงใต้      | พระประแดง      | สมุทรปราการ     |
| 55  | PD24 | NL29 | NB22 | 672800 | 1515800 | 72.8  | 115.8 | ลาดยาว        | เขตจตุจักร     | กรุงเทพมหานคร   |
| 56  | PD20 | NL35 | NB23 | 673300 | 1524000 | 73.3  | 124.0 | ลาดพร้าว      | เขตลาดพร้าว    | กรุงเทพมหานคร   |
| 57  | PD29 | NL30 | NB39 | 686100 | 1512200 | 86.1  | 112.2 | ราชาเทวะ      | บางพลี         | สมุทรปราการ     |
| 58  |      | NL31 |      | 672200 | 1528900 | 72.2  | 128.9 | ลาดพร้าว      | เขตลาดพร้าว    | กรุงเทพมหานคร   |
| 59  |      | NL41 | NB24 | 666800 | 1536800 | 66.8  | 136.8 | ปากเกร็ด      | ปากเกร็ด       | นนทบุรี         |
| 60  | PD18 | NL32 | NB25 | 637500 | 1511000 | 37.5  | 111.0 | ท่าไม้        | กระทุ่มแบน     | สมุทรสาคร       |
| 61  | PD17 | NL34 | NB27 | 665400 | 1521800 | 65.4  | 121.8 | ทุ่งพญาไท     | เขตราชเทวี     | กรุงเทพมหานคร   |
| 62  | PD19 | NL33 | NB26 | 638300 | 1497800 | 38.3  | 97.8  | มหาชัย        | เมืองสมุทรสาคร | สมุทรสาคร       |
| 63  | PD21 | NL36 | NB28 | 678800 | 1522700 | 78.8  | 122.7 | คลองจั่น      | เขตบางกะปิ     | กรุงเทพมหานคร   |
| 64  | PD25 | NL39 | NB32 | 664500 | 1525700 | 64.5  | 125.7 | ถนนนครไชยศรี  | เขตคูสิต       | กรุงเทพมหานคร   |
| 65  | PD23 | NL38 | NB33 | 665900 | 1514800 | 65.9  | 114.8 | ช่องนนทรี     | เขตยานนาวา     | กรุงเทพมหานคร   |
| 66  | PD50 | NL40 | NB34 | 674200 | 1549100 | 74.2  | 149.1 | คลองหนึ่ง     | คลองหลวง       | ปทุมธานี        |
| 67  | PD27 | NL42 | NB35 | 677200 | 1513900 | 77.2  | 113.9 | บางจาก        | เขตพระโขนง     | กรุงเทพมหานคร   |
| 68  | PD30 | NL44 | NB37 | 682200 | 1512600 | 82.2  | 112.6 | ดอกไม้        | เขตประเวศ      | กรุงเทพมหานคร   |
| 69  | PD32 | NL45 | NB38 | 676800 | 1537900 | 76.8  | 137.9 | สายไหม        | เขตบางเขน      | กรุงเทพมหานคร   |
| 70  | PD31 | NL46 | NB40 | 673300 | 1539400 | 73.3  | 139.4 | ตลาดบางเขน    | เขตดอนเมือง    | กรุงเทพมหานคร   |
| 71  | PD34 | NL48 | NB42 | 668600 | 1527100 | 68.6  | 127.1 | ลาดยาว        | เขตจตุจักร     | กรุงเทพมหานคร   |
| 72  | PD35 | NL49 | NB43 | 676700 | 1509700 | 76.7  | 109.7 | บางนา         | เขตพระโขนง     | กรุงเทพมหานคร   |
| 73  | PD37 | NL51 | NB44 | 685200 | 1526200 | 85.2  | 126.2 | บางชัน        | เขตมีนบุรี     | กรุงเทพมหานคร   |



รูปที่ ข-1 ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ของชั้นน้ำพระประแดง



รูปที่ ข-2 ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ของชั้นน้ำนครหลวง



รูปที่ ๓-3 ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ของชั้นน้ำบาดาล

ตารางที่ ข-2 ตัวอย่างข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำบาดาล (มี.ค. 2526-ธ.ค. 2540)

| บ่อสังเกตการณ์ | ค่าระดับปากบ่อสังเกตการณ์ (เมตร) รทก. | ค่าระดับน้ำใต้ดิน (เมตร) รทก. |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                |                                       | 2526                          |        |        |        | 2527   |        |        |        | 2528   |        |        |        | 2529   |        |        |        | 2530   |        |        |        |
|                |                                       | มี.ค.                         | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   |
| NB01           | 1.47                                  | -26.61                        | -26.70 | -26.72 | -26.71 | -26.42 | -25.89 | -25.01 | -24.69 | -24.04 | -23.69 | -      | -24.16 | -24.13 | -22.60 | -21.67 | -21.60 | -21.65 | -21.85 | -22.01 | -22.38 |
| NB04           | 2.15                                  | -22.07                        | -22.51 | -22.28 | -      | -20.83 | -21.49 | -20.85 | -20.32 | -19.90 | -19.23 | -19.18 | -18.23 | -17.78 | -17.91 | -17.83 | -17.61 | -17.32 | -17.69 | -17.92 | -17.95 |
| NB05           | 2.24                                  | -42.52                        | -42.59 | -42.63 | -      | -43.20 | -43.23 | -41.99 | -41.31 | -42.35 | -42.08 | -41.26 | -39.20 | -36.45 | -35.68 | -35.12 | -35.43 | -35.03 | -36.22 | -36.96 | -37.11 |
| NB06           | 3.03                                  | -25.86                        | -25.95 | -26.00 | -      | -26.14 | -26.50 | -26.24 | -26.14 | -26.07 | -25.39 | -24.98 | -24.05 | -23.49 | -23.41 | -23.38 | -23.23 | -23.59 | -24.03 | -24.89 | -25.64 |
| NB07           | 2.93                                  | -31.86                        | -31.93 | -31.95 | -31.89 | -32.88 | -32.58 | -32.49 | -32.41 | -32.44 | -32.34 | -32.07 | -31.35 | -30.83 | -30.26 | -30.87 | -30.75 | -30.81 | -30.15 | -31.77 | -31.96 |
| NB08           | 0.38                                  | -50.77                        | -50.56 | -51.39 | -51.75 | -51.98 | -51.65 | -49.74 | -48.96 | -47.32 | -47.60 | -46.73 | -44.12 | -41.98 | -42.28 | -42.57 | -43.06 | -42.65 | -44.98 | -44.40 | -43.72 |
| NB09           | 1.62                                  | -31.06                        | -31.15 | -31.21 | -      | -31.83 | -32.62 | -32.65 | -32.85 | -32.85 | -32.52 | -32.13 | -33.11 | -32.93 | -32.81 | -32.77 | -32.13 | -32.24 | -32.86 | -33.03 | -33.19 |
| NB14           | 3.51                                  | -20.81                        | -21.57 | -21.18 | -      | -21.02 | -21.36 | -20.84 | -20.76 | -20.32 | -20.34 | -20.04 | -19.26 | -18.97 | -18.22 | -18.15 | -18.44 | -18.49 | -18.74 | -19.06 | -19.33 |
| NB15           | 2.67                                  | -14.51                        | -14.54 | -14.58 | -14.54 | -15.17 | -15.38 | -15.07 | -14.88 | -14.88 | -14.21 | -14.01 | -13.45 | -13.01 | -12.28 | -12.44 | -12.15 | -12.35 | -12.66 | -12.50 | -13.22 |
| NB18           | 1.33                                  | -23.77                        | -23.86 | -23.92 | -      | -25.39 | -26.96 | -27.24 | -26.90 | -26.83 | -26.70 | -26.51 | -26.72 | -27.00 | -27.25 | -27.32 | -28.55 | -28.38 | -29.62 | -30.48 | -30.11 |
| NB19           | 3.02                                  | -14.01                        | -14.32 | -14.28 | -      | -13.81 | -14.02 | -13.99 | -13.75 | -13.53 | -13.48 | -13.32 | -12.72 | -12.46 | -12.44 | -12.82 | -12.72 | -12.36 | -12.36 | -12.07 | -12.15 |
| NB20           | 1.96                                  | -20.81                        | -20.89 | -20.94 | -      | -20.98 | -20.50 | -20.26 | -20.26 | -20.29 | -20.02 | -19.53 | -19.28 | -18.63 | -18.58 | -18.44 | -18.38 | -18.48 | -18.84 | -18.92 | -19.12 |
| NB22           | 1.29                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -30.85 | -30.78 | -32.21 | -32.23 | -32.45 |
| NB23           | 1.21                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -36.32 | -34.76 | -36.75 | -37.19 | -35.93 |
| NB25           | 1.56                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -24.32 | -24.42 | -24.99 | -25.78 | -26.05 |
| NB26           | 2.20                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -32.73 | -33.30 | -34.25 | -35.19 | -35.76 |
| NB27           | 1.60                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -28.80 | -28.56 | -28.68 | -28.59 | -28.92 |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) ตัวอย่างข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำบาดาล (มี.ค.2526-ธ.ค.2540)

| บ่อสังเกตการณ์ | ค่าระดับปากบ่อสังเกตการณ์ (เมตร) รทก. | ค่าระดับน้ำใต้ดิน (เมตร) รทก. |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                |                                       | 2531                          |        |        |        | 2532   |        |        |        | 2533   |        |        |        | 2534   |        |        |        | 2535   |        |        |        |
|                |                                       | มี.ค.                         | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   |
| NB01           | 1.47                                  | -22.78                        | -23.12 | -23.57 | -23.78 | -23.27 | -24.29 | -24.41 | -24.49 | -24.13 | -24.46 | -24.59 | -24.54 | -24.70 | -25.32 | -25.75 | -25.93 | -25.93 | -26.75 | -27.07 | -27.27 |
| NB04           | 2.15                                  | -18.08                        | -18.41 | -18.56 | -18.53 | -19.16 | -19.22 | -19.40 | -19.49 | -19.49 | -19.90 | -20.12 | -19.87 | -20.13 | -20.67 | -21.07 | -21.22 | -21.37 | -21.85 | -21.95 | -22.37 |
| NB05           | 2.24                                  | -37.05                        | -37.54 | -37.25 | -36.81 | -36.98 | -37.37 | -36.85 | -36.07 | -35.52 | -36.06 | -35.97 | -35.74 | -36.21 | -36.91 | -36.89 | -37.24 | -37.32 | -39.26 | -42.11 | -46.21 |
| NB06           | 3.03                                  | -25.70                        | -26.41 | -26.50 | -26.33 | -26.78 | -27.98 | -28.23 | -27.98 | -28.05 | -28.83 | -29.17 | -28.62 | -29.20 | -30.55 | -30.27 | -30.61 | -30.96 | -32.15 | -32.20 | -32.56 |
| NB07           | 2.93                                  | -32.33                        | -33.10 | -33.27 | -33.52 | -33.35 | -34.21 | -34.20 | -33.56 | -34.07 | -34.85 | -35.29 | -35.25 | -35.45 | -36.97 | -37.15 | -37.07 | -38.40 | -39.48 | -39.85 | -40.30 |
| NB08           | 0.38                                  | -44.47                        | -45.83 | -45.07 | -44.97 | -45.06 | -45.14 | -43.20 | -41.94 | -41.48 | -41.91 | -40.90 | -40.16 | -41.66 | -42.86 | -43.18 | -43.68 | -43.92 | -45.21 | -45.25 | -45.15 |
| NB09           | 1.62                                  | -33.69                        | -33.98 | -34.38 | -34.68 | -34.88 | -35.46 | -35.66 | -35.82 | -36.11 | -36.22 | -36.41 | -36.46 | -36.63 | -37.34 | -37.72 | -38.33 | -38.45 | -39.83 | -40.11 | -40.91 |
| NB14           | 3.51                                  | -19.36                        | -19.72 | -19.97 | -19.79 | -19.66 | -20.61 | -20.98 | -21.00 | -20.82 | -21.36 | -21.68 | -21.32 | -21.42 | -22.08 | -22.34 | -22.69 | -22.24 | -23.20 | -23.76 | -23.83 |
| NB15           | 2.67                                  | -13.36                        | -13.57 | -13.76 | -13.79 | -14.00 | -14.34 | -14.57 | -14.72 | -14.84 | -15.09 | -15.39 | -15.07 | -15.21 | -15.72 | -15.99 | -16.08 | -16.20 | -16.73 | -17.09 | -17.09 |
| NB18           | 1.33                                  | -30.70                        | -32.37 | -33.04 | -33.68 | -34.05 | -35.31 | -36.03 | -36.41 | -37.04 | -27.96 | -33.07 | -33.85 | -25.82 | -21.18 | -27.04 | -26.12 | -26.21 | -27.70 | -28.19 | -27.85 |
| NB19           | 3.02                                  | -12.26                        | -12.53 | -12.69 | -12.56 | -12.87 | -13.27 | -13.54 | -13.94 | -14.47 | -14.88 | -15.14 | -15.01 | -15.19 | -15.57 | -15.92 | -16.08 | -16.26 | -16.86 | -20.14 | -17.23 |
| NB20           | 1.96                                  | -19.37                        | -19.63 | -20.01 | -20.02 | -20.38 | -21.03 | -21.20 | -21.93 | -21.91 | -22.21 | -22.62 | -22.47 | -22.77 | -23.44 | -23.98 | -24.17 | -24.40 | -25.34 | -25.63 | -26.01 |
| NB22           | 1.29                                  | -32.44                        | -32.66 | -32.59 | -32.24 | -32.32 | -31.59 | -31.51 | -30.64 | -30.26 | -30.36 | -29.97 | -29.47 | -30.18 | -31.09 | -31.43 | -31.68 | -31.78 | -32.70 | -32.81 | -32.80 |
| NB23           | 1.21                                  | -37.31                        | -37.56 | -36.81 | -36.76 | -37.18 | -36.66 | -36.24 | -33.57 | -32.77 | -32.88 | -32.22 | -31.98 | -33.12 | -33.41 | -33.48 | -34.00 | -34.21 | -35.07 | -35.14 | -35.39 |
| NB25           | 1.56                                  | -26.27                        | -27.32 | -28.03 | -28.92 | -30.75 | -32.12 | -33.23 | -33.77 | -34.62 | -38.56 | -40.02 | -39.79 | -41.11 | -42.74 | -44.58 | -45.50 | -45.02 | -46.90 | -47.93 | -49.49 |
| NB26           | 2.20                                  | -36.08                        | -38.06 | -39.21 | -40.44 | -41.67 | -43.30 | -44.58 | -45.81 | -46.71 | -48.66 | -49.57 | -51.10 | -53.32 | -55.29 | -56.59 | -58.55 | -58.35 | -60.76 | -61.40 | -61.97 |
| NB27           | 1.60                                  | -29.33                        | -29.36 | -29.20 | -29.08 | -29.32 | -29.33 | -28.85 | -28.95 | -28.24 | -28.36 | -28.16 | -27.97 | -28.45 | -28.77 | -29.05 | -29.29 | -29.41 | -30.07 | -30.25 | -30.14 |
| NB30           | 1.52                                  | -26.27                        | -26.72 | -26.57 | -26.33 | -26.38 | -26.64 | -26.67 | -26.22 | -26.07 | -26.67 | -26.75 | -26.12 | -26.37 | -27.40 | -27.99 | -27.99 | -28.07 | -29.08 | -29.63 | -29.39 |
| NB40           | 2.24                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -33.57 | -33.25 | -33.16 | -32.81 | -33.34 | -33.62 | -33.20 | -33.89 | -34.07 | -34.12 | -33.40 | -34.49 | -35.83 | -36.08 | -36.48 |
| NB49           | 1.68                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -26.62 | -26.80 | -27.05 | -27.16 | -26.71 | -26.90 | -26.94 | -27.37 | -28.33 | -28.53 | -28.62 | -28.95 | -29.32 |
| NB66           | 1.99                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -23.60 | -28.62 | -28.85 | -29.22 | -29.63 | -29.85 |
| NB69           | 2.70                                  | -                             | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -16.64 | -15.75 | -15.32 | -15.37 | -15.58 | -15.70 | -15.78 |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) ตัวอย่างข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน่านนทบุรี (มี.ค.2526-ธ.ค.2540)

| บ่อสังเกตการณ์ | ค่าระดับปากบ่อสังเกตการณ์ (เมตร) | ค่าระดับน้ำใต้ดิน (เมตร) รทก. |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                |                                  | 2536                          |        |        |        | 2537   |        |        |        | 2538   |        |        |        | 2539   |        |        |        | 2540   |        |        |        |
|                |                                  | มี.ค.                         | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   | มี.ค.  | มิ.ย.  | ก.ย.   | ธ.ค.   |
| NB01           | 1.47                             | -27.42                        | -27.84 | -28.21 | -28.56 | -23.71 | -25.82 | -25.77 | -26.11 | -30.53 | -30.88 | -30.55 | -30.51 | -31.28 | -33.58 | -31.93 | -32.03 | -32.13 | -32.23 | -32.87 | -32.76 |
| NB04           | 2.15                             | -22.42                        | -22.94 | -23.29 | -23.71 | -23.93 | -24.91 | -25.05 | -24.34 | -22.70 | -23.27 | -24.42 | -25.71 | -26.32 | -26.90 | -27.03 | -27.10 | -27.55 | -28.25 | -28.60 | -28.56 |
| NB05           | 2.24                             | -45.97                        | -47.70 | -48.15 | -47.99 | -45.42 | -48.95 | -52.45 | -53.41 | -53.75 | -54.80 | -55.35 | -54.73 | -55.93 | -56.44 | -56.39 | -56.41 | -56.15 | -54.42 | -56.85 | -57.60 |
| NB06           | 3.03                             | -33.32                        | -33.60 | -34.17 | -34.23 | -34.80 | -35.97 | -36.52 | -38.84 | -38.02 | -38.73 | -38.72 | -37.96 | -39.38 | -40.62 | -41.31 | -41.20 | -38.01 | -38.74 | -43.36 | -43.31 |
| NB07           | 2.93                             | -38.29                        | -41.96 | -42.84 | -43.34 | -43.69 | -44.36 | -45.66 | -47.35 | -47.94 | -49.00 | -49.58 | -50.05 | -51.39 | -52.45 | -53.12 | -53.86 | -54.73 | -56.21 | -57.39 | -57.37 |
| NB08           | 0.38                             | -45.58                        | -46.28 | -46.32 | -46.39 | -45.36 | -44.21 | -44.20 | -44.33 | -44.53 | -45.32 | -49.59 | -52.13 | -52.75 | -53.21 | -52.88 | -52.42 | -52.12 | -52.52 | -53.13 | -53.17 |
| NB09           | 1.62                             | -41.80                        | -42.51 | -42.49 | -42.21 | -42.55 | -43.04 | -46.12 | -46.96 | -48.67 | -48.57 | -49.60 | -50.27 | -51.04 | -51.56 | -51.94 | -52.40 | -53.21 | -53.58 | -52.97 | -52.91 |
| NB14           | 3.51                             | -23.75                        | -24.49 | -24.93 | -25.48 | -25.59 | -25.97 | -      | -      | -26.45 | -27.37 | -27.24 | -27.71 | -27.75 | -28.36 | -29.23 | -28.46 | -28.39 | -29.99 | -29.99 | -29.95 |
| NB15           | 2.67                             | -17.19                        | -17.49 | -17.89 | -18.35 | -18.90 | -18.67 | -19.01 | -19.11 | -19.48 | -20.08 | -20.41 | -19.70 | -20.12 | -20.77 | -21.08 | -21.04 | -21.31 | -21.77 | -22.29 | -22.30 |
| NB18           | 1.33                             | -27.34                        | -27.50 | -26.86 | -24.94 | -25.74 | -24.78 | -24.49 | -24.44 | -23.93 | -23.73 | -22.23 | -22.50 | -21.54 | -25.81 | -21.90 | -22.00 | -22.59 | -22.53 | -22.83 | -22.85 |
| NB19           | 3.02                             | -17.27                        | -17.67 | -18.03 | -18.15 | -18.28 | -19.94 | -31.56 | -21.79 | -22.16 | -22.64 | -21.42 | -19.91 | -20.62 | -21.10 | -21.65 | -21.56 | -21.88 | -22.48 | -22.90 | -22.92 |
| NB20           | 1.96                             | -26.28                        | -26.75 | -27.08 | -27.58 | -27.87 | -28.43 | -28.81 | -28.72 | -29.55 | -29.89 | -30.43 | -30.72 | -31.11 | -31.35 | -31.45 | -31.46 | -32.33 | -32.04 | -32.52 | -32.38 |
| NB22           | 1.29                             | -33.11                        | -33.72 | -34.00 | -33.96 | -34.18 | -34.92 | -37.16 | -37.23 | -30.61 | -30.94 | -35.52 | -32.49 | -30.05 | -30.55 | -30.53 | -      | -38.50 | -38.76 | -39.44 | -39.20 |
| NB23           | 1.21                             | -35.75                        | -36.14 | -36.72 | -36.80 | -37.07 | -39.09 | -39.70 | -40.11 | -40.24 | -40.57 | -40.62 | -40.63 | -41.29 | -41.69 | -41.79 | -41.10 | -41.16 | -41.26 | -41.72 | -41.63 |
| NB27           | 1.60                             | -30.83                        | -30.93 | -31.08 | -31.37 | -31.54 | -31.80 | -      | -      | -33.30 | -33.45 | -33.98 | -34.09 | -33.84 | -33.94 | -34.03 | -      | -32.87 | -35.05 | -35.02 | -35.05 |
| NB30           | 1.52                             | -29.56                        | -30.50 | -30.46 | -30.58 | -30.26 | -30.61 | -31.06 | -31.41 | -31.86 | -32.65 | -33.88 | -34.27 | -34.47 | -34.52 | -34.80 | -35.15 | -35.02 | -35.53 | -35.58 | -35.54 |
| NB49           | 1.68                             | -30.18                        | -31.14 | -30.84 | -31.55 | -31.69 | -33.00 | -32.82 | -33.74 | -34.80 | -35.18 | -34.72 | -34.99 | -35.43 | -35.68 | -36.24 | -35.97 | -35.87 | -35.75 | -36.92 | -36.88 |
| NB66           | 1.99                             | -33.27                        | -30.54 | -30.50 | -30.82 | -31.18 | -31.26 | -30.80 | -32.80 | -33.02 | -33.61 | -33.64 | -33.95 | -34.24 | -34.67 | -34.85 | -35.07 | -35.06 | -35.34 | -29.79 | -29.50 |
| NB69           | 2.70                             | -16.27                        | -16.50 | -16.76 | -17.00 | -18.00 | -19.12 | -18.60 | -18.67 | -19.82 | -20.33 | -20.45 | -21.47 | -22.09 | -22.59 | -22.93 | -22.36 | -23.68 | -25.53 | -26.12 | -26.13 |

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลของบ่อตั้งเหตุการณ์

| STA | PD   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ | NL   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ | NB   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ |
|-----|------|------------|-------------|------|------------|-------------|------|------------|-------------|
| 1   | PD08 | X          |             | NL29 | X          |             | NB78 |            | X           |
| 2   | PD05 | X          |             | NL35 |            | X           | NB69 |            | X           |
| 3   | PD38 | X          |             | NL30 | X          |             | NB83 |            | X           |
| 4   | PD07 |            | X           | NL03 | X          |             | NB09 | X          |             |
| 5   | PD55 | X          |             | NL31 |            | X           | NB75 | X          |             |
| 6   | PD03 |            | X           | NL11 |            | X           | NB76 | X          |             |
| 7   | PD06 | X          |             | NL41 |            | X           | NB17 | X          |             |
| 8   | PD02 | X          |             | NL32 |            | X           |      |            |             |
| 9   | PD04 |            | X           | NL62 | X          |             | NB26 | X          |             |
| 10  | PD01 |            | X           |      |            |             | NB61 |            | X           |
| 11  | PD77 |            | X           | NL05 |            | X           | NB04 |            | X           |
| 12  | PD39 |            | X           |      |            |             | NB63 |            | X           |
| 13  | PD22 |            | X           |      |            |             | NB62 | X          |             |
| 14  | PD78 | X          |             | NL34 |            | X           | NB82 | X          |             |
| 15  |      |            |             | NL33 |            | X           | NB46 | X          |             |
| 16  | PD51 | X          |             | NL36 |            | X           | NB73 | X          |             |
| 17  | PD28 |            | X           | NL55 | X          |             | NB22 | X          |             |
| 18  |      |            |             | NL39 |            | X           | NB15 |            | X           |
| 19  | PD42 |            | X           |      |            |             | NB64 |            | X           |
| 20  |      |            |             | NL38 |            | X           | NB13 | X          |             |
| 21  | PD46 | X          |             | NL40 | X          |             | NB14 |            | X           |
| 22  | PD26 |            | X           | NL67 |            | X           | NB35 |            | X           |
| 23  | PD10 |            | X           | NL04 |            | X           |      |            |             |
| 24  | PD62 |            | X           | NL50 | X          |             |      |            |             |
| 25  | PD09 | X          |             | NL42 |            | X           |      |            |             |
| 26  | PD12 | X          |             | NL44 |            | X           | NB20 |            | X           |
| 27  | PD11 |            | X           | NL10 |            | X           | NB53 |            | X           |
| 28  |      |            |             | NL45 |            | X           |      |            |             |
| 29  | PD14 |            | X           | NL01 |            | X           | NB05 |            | X           |
| 30  | PD15 |            | X           |      |            |             | NB65 |            | X           |
| 31  | PD75 |            | X           | NL07 |            | X           | NB01 | X          |             |
| 32  | PD13 | X          |             | NL46 | X          |             |      |            |             |
| 33  | PD40 |            | X           |      |            |             |      |            |             |
| 34  | PD85 | X          |             | NL48 |            | X           | NB60 | X          |             |
| 35  | PD68 |            | X           | NL02 | X          |             | NB08 | X          |             |
| 36  | PD72 |            | X           | NL08 |            | X           | NB49 | X          |             |
| 37  | PD67 |            | X           | NL09 | X          |             |      |            |             |
| 38  | PD74 |            | X           |      |            |             | NB68 |            | X           |
| 39  | PD59 |            | X           | NL06 |            | X           |      |            |             |
| 40  | PD47 |            | X           |      |            |             | NB71 | X          |             |
| 41  | PD33 | X          |             | NL49 | X          |             | NB52 | X          |             |
| 42  |      |            |             | NL51 |            | X           | NB19 | X          |             |
| 43  | PD64 |            | X           | NL18 | X          |             |      |            |             |
| 44  | PD53 |            | X           |      |            |             | NB70 | X          |             |

ตารางที่ ข-3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์

| STA | PD   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำนำมาใช้ | NL   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำนำมาใช้ | NB   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำนำมาใช้ |
|-----|------|------------|---------------|------|------------|---------------|------|------------|---------------|
| 45  |      |            |               | NL52 |            | X             | NB21 | X          |               |
| 46  |      |            |               | NL54 |            | X             |      |            |               |
| 47  |      |            |               | NL53 | X          |               | NB31 | X          |               |
| 48  | PD52 |            | X             | NL37 |            | X             | NB12 | X          |               |
| 49  | PD76 | X          |               | NL56 |            | X             | NB23 |            | X             |
| 50  |      |            |               | NL57 |            | X             | NB39 | X          |               |
| 51  | PD58 |            | X             | NL43 |            | X             |      |            |               |
| 52  |      |            |               | NL58 |            | X             |      |            |               |
| 53  | PD16 | X          |               | NL59 | X          |               | NB24 | X          |               |
| 54  |      |            |               | NL60 | X          |               | NB25 |            | X             |
| 55  | PD24 |            | X             |      |            |               | NB72 |            | X             |
| 56  | PD20 |            | X             | NL81 | X          |               | NB48 | X          |               |
| 57  | PD29 | X          |               | NL61 | X          |               | NB27 | X          |               |
| 58  |      |            |               | NL63 |            | X             | NB28 | X          |               |
| 59  |      |            |               | NL64 |            | X             | NB32 |            | X             |
| 60  | PD18 | X          |               |      |            |               | NB79 |            | X             |
| 61  | PD17 |            | X             | NL84 |            | X             | NB58 | X          |               |
| 62  | PD19 | X          |               | NL66 | X          |               | NB34 | X          |               |
| 63  | PD21 |            | X             | NL13 | X          |               | NB30 | X          |               |
| 64  | PD25 |            | X             |      |            |               | NB74 | X          |               |
| 65  | PD23 |            | X             | NL16 |            | X             | NB07 |            | X             |
| 66  | PD50 |            | X             | NL15 | X          |               | NB03 | X          |               |
| 67  | PD27 |            | X             | NL12 |            | X             | NB41 | X          |               |
| 68  | PD30 |            | X             | NL14 | X          |               | NB77 | X          |               |
| 69  | PD32 |            | X             | NL76 | X          |               |      |            |               |
| 70  | PD31 |            | X             | NL78 | X          |               | NB50 |            | X             |
| 71  | PD34 |            | X             | NL71 |            | X             | NB42 |            | X             |
| 72  | PD35 |            | X             | NL65 | X          |               | NB33 |            | X             |
| 73  | PD37 |            | X             | NL47 |            | X             |      |            |               |
| 74  | PD36 | X          |               |      |            |               | NB80 |            | X             |
| 75  | PD84 | X          |               | NL69 |            | X             | NB38 |            | X             |
| 76  |      |            |               |      |            |               | NB81 |            | X             |
| 77  | PD41 | X          |               | NL70 |            | X             | NB40 | X          |               |
| 78  | PD82 | X          |               | NL74 |            | X             | NB45 | X          |               |
| 79  |      |            |               | NL73 |            | X             | NB44 | X          |               |
| 80  | PD44 |            | X             | NL17 | X          |               | NB11 | X          |               |
| 81  | PD43 | X          |               |      |            |               | NB84 | X          |               |
| 82  | PD79 | X          |               | NL75 |            | X             | NB47 |            | X             |
| 83  |      |            |               | NL77 | X          |               | NB51 | X          |               |
| 84  | PD45 |            | X             | NL22 | X          |               | NB36 |            | X             |
| 85  | PD48 |            | X             | NL68 |            | X             | NB37 | X          |               |
| 86  | PD65 |            | X             | NL19 | X          |               | NB06 | X          |               |
| 87  | PD49 | X          |               | NL79 | X          |               | NB54 |            | X             |
| 88  | PD54 | X          |               | NL80 |            | X             | NB55 |            | X             |



ตารางที่ ข-3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์

| STA | PD   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ | NL   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ | NB   | บ่อมีปัญหา | บ่อน้ำมาใช้ |
|-----|------|------------|-------------|------|------------|-------------|------|------------|-------------|
| 89  | PD56 |            | X           | NL20 |            | X           |      |            |             |
| 90  | PD57 | X          |             |      |            |             | NB85 | X          |             |
| 91  | PD60 |            | X           | NL25 |            | X           |      |            |             |
| 92  | PD61 |            | X           | NL24 | X          |             | NB66 |            | X           |
| 93  | PD63 |            | X           | NL23 | X          |             |      |            |             |
| 94  | PD66 |            | X           | NL21 | X          |             | NB02 | X          |             |
| 95  | PD69 |            | X           | NL72 |            | X           | NB43 | X          |             |
| 96  | PD70 |            | X           | NL26 | X          |             | NB29 |            | X           |
| 97  | PD71 |            | X           | NL27 | X          |             | NB18 | X          |             |
| 98  | PD73 |            | X           | NL28 | X          |             | NB16 | X          |             |
| 99  | PD80 | X          |             | NL82 |            | X           | NB56 | X          |             |
| 100 |      |            |             | NL86 | X          |             | NB67 | X          |             |
| 101 | PD83 | X          |             | NL83 |            | X           | NB57 |            | X           |
| 102 | PD86 | X          |             | NL85 | X          |             | NB59 | X          |             |
| 103 | PD81 | X          |             | NL87 | X          |             |      |            |             |

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลการเก็บข้อมูลในภาคสนามและการเปลี่ยนแปลง  
ความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเคราะห์

## ภาคผนวก ค

ในภาคผนวกนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำานนทบุรี ที่ปรับแก้แล้ว ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2540 และการปรับค่าความเค็มในสนาม

ตารางที่ ค-1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์ชั้นนํ้านทบุรี ปี พ.ศ.2529-2540

| บ่อสังเกตการณ์ | ค่าความเข้มข้นคลอไรด์ (มิลลิกรัม/ลิตร) |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |      | ผลการวิเคราะห์ |
|----------------|--|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|------|----------------|
|                | 2529                                   | 2530  | 2531  | 2532  | 2533  | 2534 | 2535 | 2536 | 2537 | 2538  | 2539  | 2540 |                |
| NB01           | 774                                    | 823   | 809   | 843   | 882   | 845  | 845  | 857  |      | 797   | 940   | 976  |                |
| NB02           | 1342                                   | 2951  |       | 5050  | 5124  | 4314 |      | 2225 | 4165 | 4284  | 40    |      | x              |
| NB04           | 125                                    | 138   | 148   | 192   | 199   | 214  | 238  | 4133 |      |       | 476   | 2023 |                |
| NB05           | 7081                                   | 4296  |       | 657   | 949   | 881  | 857  | 1234 | 1428 | 1000  |       |      | x              |
| NB06           | 417                                    | 246   | 470   | 503   | 651   | 96   | 119  | 147  | 167  | 220   |       |      | x              |
| NB07           | 5783                                   | 137   | 6152  | 2255  | 6176  | 3719 | 2499 | 1825 | 690  |       |       |      |                |
| NB08           | 24                                     | 81    |       | 73    | 113   | 143  |      | 222  | 309  | 333   |       |      |                |
| NB09           | 371                                    | 344   |       | 243   | 252   | 262  |      | 199  | 119  |       |       |      |                |
| NB12           | 671                                    | 760   | 738   | 609   | 262   | 446  | 321  | 353  | 357  | 357   |       |      | x              |
| NB13           | 6581                                   | 5438  | 5343  | 5470  | 5528  | 5391 | 5355 | 5474 |      | 4522  | 4534  |      |                |
| NB14           | 2292                                   | 2341  | 2316  | 2392  | 2437  | 2499 | 2499 | 2340 |      |       | 2463  | 4403 |                |
| NB15           | 226                                    | 1135  | 809   | 847   | 851   | 893  | 904  | 1591 |      | 976   | 964   | 1785 |                |
| NB16           | 77                                     | 15446 | 14994 | 15692 | 12291 | 8883 | 5831 |      |      | 14280 |       |      |                |
| NB17           | 411                                    | 224   |       | 198   | 221   | 56   |      | 79   | 64   | 105   | 309   |      | x              |
| NB18           | 2261                                   | 1624  |       | 1493  | 1659  | 5986 |      | 4165 | 7140 | 4344  | 5355  |      | x              |
| NB19           | 187                                    | 187   | 211   | 224   | 292   | 309  | 440  | 524  |      |       | 595   | 547  |                |
| NB20           | 527                                    | 259   | 218   | 196   | 183   |      | 286  | 1333 |      | 4165  | 5474  | 6902 |                |
| NB21           | 952                                    | 464   | 1614  | 2066  | 2307  | 2202 | 2261 | 2221 | 2142 | 2261  |       |      |                |
| NB22           | 36                                     | 39    |       | 30    | 31    | 36   |      | 76   | 86   | 89    | 98    |      |                |
| NB23           | 12                                     | 14    |       | 10    | 12    | 23   | 14   | 24   | 20   | 36    |       | 43   |                |
| NB24           | 40                                     | 46    | 45    | 57    | 66    | 79   | 89   | 101  | 100  | 114   |       |      |                |
| NB25           | 14                                     | 21    | 19    | 16    | 21    | 25   | 22   | 88   |      | 71    | 131   |      |                |
| NB26           | 14                                     | 60    | 57    | 71    | 162   | 250  |      |      |      |       | 11852 |      | x              |
| NB27           | 1007                                   | 946   | 916   | 931   | 917   | 1410 |      | 766  | 595  | 601   | 643   |      |                |
| NB28           |  | 14    |       | 41    | 44    | 48   | 81   | 99   | 143  | 109   |       |      |                |
| NB29           |  |       | 35    | 33    | 36    | 37   |      | 70   | 64   | 98    | 143   |      |                |
| NB30           |  |       | 2463  | 1992  | 1459  | 1404 |      | 1380 | 1428 | 1428  | 1547  | 1397 |                |
| NB31           |  |       | 3856  | 2857  | 2785  | 2844 |      | 2856 | 2142 |       |       |      |                |
| NB32           |  |       | 7     | 11    | 8     | 11   |      | 13   | 12   | 17    | 18    |      |                |
| NB33           |  |       | 1866  | 1663  | 1499  | 726  |      | 1424 | 1428 | 1488  | 1547  |      |                |
| NB34           |  |       | 36    | 50    | 82    | 99   | 143  | 234  | 274  | 381   |       |      |                |
| NB35           |  |       |       | 6     | 26    | 30   |      | 109  | 333  | 131   | 131   |      | x              |
| NB36           |  |       |       | 36    | 52    | 45   | 583  | 49   | 64   | 65    |       |      | x              |
| NB37           |  |       |       | 106   | 1345  | 1267 |      | 1440 | 1666 | 1666  | 2261  | 3438 |                |
| NB38           |  |       |       | 29    | 60    | 61   | 54   | 60   | 48   | 90    |       |      |                |
| NB39           |  |       |       | 64    | 64    | 71   |      | 86   | 167  | 161   | 155   |      |                |
| NB40           |  |       |       | 7     | 1066  | 803  | 655  |      |      |       |       |      |                |
| NB41           |  |       |       | 62    | 52    | 49   |      | 45   | 38   | 47    | 45    |      | x              |
| NB42           |  |       |       | 1     | 29    | 25   | 24   | 25   | 33   | 49    |       |      |                |
| NB43           |  |       |       | 20    | 30    | 32   |      |      |      |       |       |      | x              |
| NB44           |  |       |       | 220   | 233   | 226  | 214  | 230  | 226  | 226   |       |      |                |
| NB45           |  |       |       | 55    | 52    | 54   |      | 53   | 70   | 109   | 619   |      |                |
| NB46           |  |       |       | 299   | 389   | 333  | 309  | 301  | 262  | 280   |       |      |                |
| NB47           |  |       |       | 364   | 224   | 1160 | 702  | 563  | 440  | 434   |       |      | x              |
| NB48           |  |       |       | 362   | 351   | 333  |      | 2063 |      | 321   |       |      |                |
| NB49           |  |       |       | 54    | 8687  | 9580 |      | 7283 | 309  | 226   | 155   |      |                |
| NB50           |  |       |       | 374   | 349   | 321  | 309  | 298  |      | 298   | 298   | 286  |                |
| NB51           |  |       |       | 33    | 52    | 67   | 143  | 135  | 114  | 137   |       |      | x              |

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำบาดาลปี พ.ศ.2529-2540

| บ่อสังเกตการณ์ | ค่าความเข้มข้นคลอไรด์ (มิลลิกรัม/ลิตร) |      |      |       |       |       |       |       |      |       |       |       | ผลการวิเคราะห์ |
|----------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----------------|
|                | 2529                                   | 2530 | 2531 | 2532  | 2533  | 2534  | 2535  | 2536  | 2537 | 2538  | 2539  | 2540  |                |
| NB52           |  |      |      | 263   | 1291  | 512   | 547   | 1555  | 1666 | 1785  |       |       | x              |
| NB53           |  |      |      | 15637 | 16184 | 15470 | 15470 | 15470 |      |       | 15708 | 16660 |                |
| NB54           |  |      |      | 11900 | 11769 |       | 11067 | 11146 |      |       | 11305 | 9635  |                |
| NB55           |  |      |      | 25    | 39    | 52    |       | 66    | 80   | 93    | 119   |       |                |
| NB56           |  |      |      | 80    | 138   | 118   |       | 766   | 4165 | 5772  | 4522  |       |                |
| NB57           |  |      |      | 14    | 181   | 321   |       | 2289  | 5355 | 5831  | 3094  | 1436  |                |
| NB58           |  |      |      | 2     | 39    | 54    | 67    | 117   | 131  | 226   |       |       | x              |
| NB59           |  |      |      | 612   | 1213  | 38    | 1154  | 1170  |      | 4284  | 1428  | 1485  |                |
| NB60           |  |      |      | 25    | 17598 | 17731 | 10948 | 3848  |      | 5236  | 3332  |       | x              |
| NB61           |  |      |      |       |       | 63    | 74    | 117   |      |       | 9639  | 9282  | x              |
| NB62           |  |      |      |       |       | 9258  | 8925  | 8806  |      | 6664  | 3689  | 37    | x              |
| NB63           |  |      |      |       | 5617  | 4463  | 2935  | 2023  |      |       | 1142  | 547   | x              |
| NB64           |  |      |      |       | 7545  | 4391  | 4760  | 5236  |      |       | 5331  | 4840  |                |
| NB65           |  |      |      |       |       | 14    | 58    | 56    |      | 33    | 29    | 21    | x              |
| NB66           |  |      |      |       |       | 15946 | 12674 | 15470 |      | 15470 | 15470 | 15470 |                |
| NB67           |  |      |      |       |       | 327   | 405   | 413   | 452  | 470   |       |       | x              |
| NB68           |  |      |      |       | 12    | 32    | 30    | 26    |      | 904   | 21    | 18    | x              |
| NB69           |  |      |      |       |       | 61    | 108   | 139   | 131  | 143   |       |       | x              |
| NB70           |  |      |      |       |       | 32    | 12    | 19    | 20   | 40    |       |       | x              |
| NB71           |  |      |      |       |       |       |       |       | 1309 | 1107  | 1131  |       | x              |
| NB72           |  |      |      |       |       | 64    | 90    | 1702  |      | 1041  |       |       | x              |
| NB73           |  |      |      |       |       | 63    | 0     | 42    | 52   | 74    |       |       | x              |
| NB74           |  |      |      |       |       | 146   | 179   | 167   | 155  | 137   |       |       | x              |
| NB75           |  |      |      |       |       | 55    | 35    | 41    | 250  | 196   |       |       | x              |
| NB76           |  |      |      |       |       |       |       | 417   |      |       | 643   |       | x              |
| NB77           |  |      |      |       |       |       |       |       | 1190 | 7140  | 1190  |       | x              |
| NB78           |  |      |      |       |       |       |       | 133   | 155  | 167   | 167   |       | x              |
| NB79           |  |      |      |       |       |       | 6664  | 3332  |      | 3332  | 4046  | 3332  | x              |
| NB80           |  |      |      |       |       |       |       | 7497  |      |       | 7497  | 7378  | x              |
| NB81           |  |      |      |       |       |       |       | 595   |      | 571   | 405   | 381   | x              |
| NB82           |  |      |      |       |       |       |       | 131   | 63   | 37    | 76    |       | x              |
| NB83           |  |      |      |       |       |       |       | 726   | 611  | 109   | 696   |       | x              |
| NB84           |  |      |      |       |       |       |       |       | 131  | 119   | 131   |       | x              |
| NB85           |  |      |      |       |       |       |       | 31    | 30   |       |       |       | x              |
| NB86           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 21.42 | 428.4 | x              |
| NB87           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 38.08 | 7.14  | x              |
| NB88           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 89.25 | 345.1 | x              |
| NB89           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 23.8  | 21.42 | x              |
| NB90           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 13.09 | 17.85 | x              |
| NB91           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 85.68 | 101.2 | x              |
| NB92           |  |      |      |       |       |       |       |       |      |       | 16.66 | 178.5 | x              |

หมายเหตุ x เป็นบ่อที่ไม่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบเนื่องจากเป็นบ่อที่มีปัญหาในเรื่องจำนวนข้อมูล และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม

### การปรับค่าความเค็มในภาคสนาม

ในการปรับค่าความเค็มในภาคสนามสามารถทำได้ โดยจัดแบ่งโซนความเค็มของชั้นน้ำน่านทบุรี พิจารณาจากการจัดอันดับความเค็มในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ของน้ำเค็ม และพิจารณาประวัติข้อบ่งชี้เหตุการณ์ประดักประเดียดแบ่งเป็น 3 โซน ดังรูปที่ ค-1 คือ

- บริเวณด้านฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ของน้ำทะเล ซึ่งมีความเค็มโดยเฉลี่ยแล้วมากกว่า 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร

- บริเวณด้านฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้รับผลกระทบ จากการแพร่ของน้ำทะเลเช่นกัน แต่มีความเค็มอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร

- บริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษาซึ่งได้รับผลกระทบจากการแพร่ของน้ำเค็ม จากการละลายของเกลือในชั้นดินหรือชั้นน้ำ ซึ่งมีความเค็มอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร

การตรวจความเค็มจากค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) และอุณหภูมิ น้ำ ที่ระดับความลึกต่างๆ โดยจะทำการสูบน้ำออกก่อนอย่างน้อย 1 – 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาตรของน้ำที่อยู่ค้างอยู่ในบ่อบาดาล เพื่อนำน้ำบาดาลที่ค้างอยู่ในบ่อบาดาลออกก่อน หลังจากนั้นจึงทำการวัดค่าความนำไฟฟ้า ที่ระดับความลึกต่างๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความเค็มของชั้นน้ำน่านทบุรี ระดับความลึกที่วัดขึ้นอยู่กับสภาพของบ่อบาดาล โดยใช้วิธีในการวัดค่าความนำไฟฟ้า 2 วิธี คือ

1. วัดค่าความนำไฟฟ้าจาก เครื่องบันทึกข้อมูล HERMIT 2000 (Environmental Data Logger) โดยที่เครื่องมือนี้สามารถใช้วัดค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำบาดาล ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า pH อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ ที่ระดับความลึกต่างๆได้ โดยหย่อนสายวัดลงไปใบบ่อบาดาล แล้วบันทึกข้อมูลลงใน Data Logger ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ probe ที่ใช้ วิธีนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ความยาวของสายวัด ซึ่งมีความยาวเพียง 50 เมตร และยากต่อการเก็บสายวัด แต่จะให้ค่าที่มีความถูกต้องและแม่นยำกว่า

2. วัดค่าความนำไฟฟ้าจาก เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity meter) ซึ่งนำน้ำตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ โดยการหย่อนกระบอกเก็บน้ำตัวอย่างนำไปเก็บน้ำบาดาลที่ระดับความลึกที่ต้องการ แล้วนำมาวัดค่าความนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ วิธีการนี้สามารถที่จะเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกมากๆได้ แต่จะมีความถูกต้องน้อยกว่า

ในการแปลงค่าความนำไฟฟ้าเป็นค่าความเค็มสามารถแปลงได้โดยการปรับค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิใดๆ เป็น ความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C แล้วจึงนำไปแปลงเป็นค่าความเค็ม และความเข้มข้นคลอไรด์ต่อไป ความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C สามารถหาได้จากสมการ

$$C_{25} = \frac{1.14C_t}{1 - 0.02(18 - t)}$$

โดยที่

$C_{25}$  เป็นค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C (micromhos/cm)

$C$  เป็นค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C (micromhos/cm)

$t$  เป็นอุณหภูมิ

การแปลงค่าความนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นค่าความเค็ม (Salinity) จาก

สูตร

สำหรับค่าความนำไฟฟ้า < 1,000 micromhos/cm

$$S = 5.27368916664272E - 4 \times C_{25}^{1.000000529562866}$$

สำหรับค่าความนำไฟฟ้า > 1,000 micromhos/cm

$$S = 3.65386949852109E - 4 \times C_{25}^{1.049424150529054}$$

โดยที่

$S$  เป็นค่าความเค็ม (Salinity) (%)

การแปลงค่าความเค็มเป็นค่าความเข้มข้นคลอไรด์ทำได้โดย

$$Cl^- = \frac{S - 0.03}{1.8050}$$

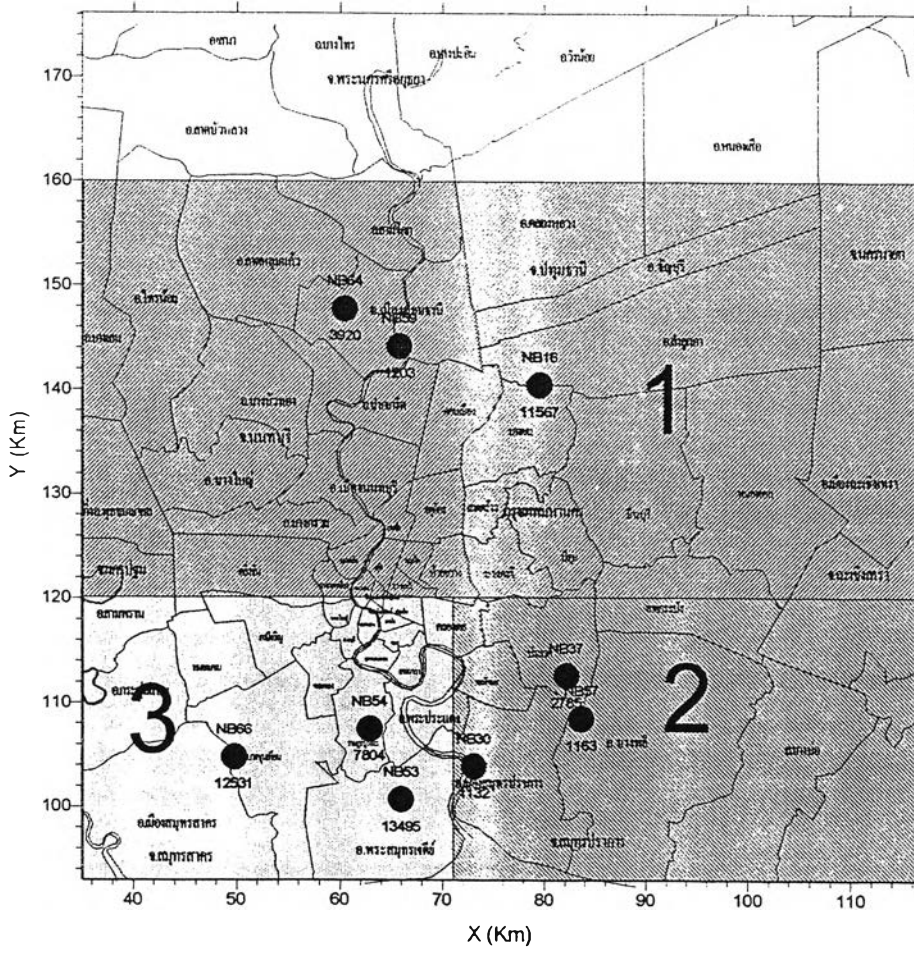
โดยที่

$Cl^-$  เป็นค่าความเข้มข้นคลอไรด์ (กรัม/ลิตร)

ตารางที่ ค-2 การแบ่งโซนตามอันดับความเค็ม

| บ่อตั้งเกิด<br>การณ์ | ตำบล           | อำเภอ            | จังหวัด       | ความเข้มข้นคลอ<br>ไรด์(มิลลิกรัม/ลิตร) | โซน |
|----------------------|----------------|------------------|---------------|--|-----|
| NB59                 | บางชะแยง       | เมืองปทุมธานี    | ปทุมธานี      | 1,203                                  | 1   |
| NB64                 | บางเดื่อ       | เมืองปทุมธานี    | ปทุมธานี      | 3,920                                  | 1   |
| NB16                 | คูคต           | ลำลูกกา          | ปทุมธานี      | 11,567                                 | 1   |
| NB30                 | ปากน้ำ         | เมืองสมุทรปราการ | สมุทรปราการ   | 1,132                                  | 2   |
| NB57                 | บางพลีใหญ่     | บางพลี           | สมุทรปราการ   | 1,163                                  | 2   |
| NB37                 | ดอกไม้         | เขตประเวศ        | กรุงเทพมหานคร | 2,785                                  | 2   |
| NB54                 | ทุ่งครุ        | เขตราษฎร์บูรณะ   | กรุงเทพมหานคร | 7,804                                  | 3   |
| NB66                 | แสมดำ          | เขตบางขุนเทียน   | กรุงเทพมหานคร | 12,531                                 | 3   |
| NB53                 | ในคลองบางปลากด | พระสมุทรเจดีย์   | สมุทรปราการ   | 13,495                                 | 3   |





รูปที่ ค-1 การแบ่งโซนตามอันดับความเค็มของบ่อสังเกตการณ์

### ตารางที่ ค-3 ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม

สถานี ST091 วัดโพธิ์ฟ้า ตำบลบางบัว อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

บ่อสังเกตการณ์ NB64 234.80 เมตร ท่อกรุ 204.0-210.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 27.77 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 28.25 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 15.08 น. วันที่ 25/3/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 16.38 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 30.00                  | 13,839       | 30.51            | 12,620                  | 7.35          | 4,057      | 12,709       | 32.87            | 11,168                  | 6.47          | 3,567       |
| 31.00                  | 13,840       | 30.46            | 12,631                  | 7.36          | 4,061      | 12,650       | 32.69            | 11,146                  | 6.45          | 3,559       |
| 32.00                  | 13,848       | 30.45            | 12,640                  | 7.37          | 4,064      | 12,506       | 31.95            | 11,147                  | 6.46          | 3,560       |
| 33.00                  | 14,603       | 30.46            | 13,326                  | 7.79          | 4,297      | 12,697       | 31.23            | 11,446                  | 6.64          | 3,661       |
| 34.00                  | 16,107       | 30.47            | 14,696                  | 8.63          | 4,763      | 13,996       | 30.98            | 12,668                  | 7.38          | 4,074       |
| 35.00                  | 13,864       | 30.49            | 12,646                  | 7.37          | 4,066      | 13,974       | 30.90            | 12,664                  | 7.38          | 4,072       |
| 36.00                  | 13,869       | 30.51            | 12,646                  | 7.37          | 4,066      | 13,965       | 30.87            | 12,662                  | 7.38          | 4,072       |
| 37.00                  | 13,873       | 30.53            | 12,646                  | 7.37          | 4,066      | 13,971       | 30.85            | 12,670                  | 7.38          | 4,075       |
| 37.77                  | 13,877       | 30.54            | 12,648                  | 7.37          | 4,067      | 13,982       | 30.85            | 12,680                  | 7.39          | 4,078       |
| 38.00                  | 13,879       | 30.54            | 12,648                  | 7.37          | 4,067      | 13,986       | 30.85            | 12,683                  | 7.39          | 4,079       |
| 39.00                  | 13,883       | 30.56            | 12,649                  | 7.37          | 4,067      | 14,005       | 30.87            | 12,697                  | 7.40          | 4,084       |
| 40.00                  | 13,889       | 30.58            | 12,651                  | 7.37          | 4,068      | 14,040       | 30.89            | 12,726                  | 7.42          | 4,093       |
| 41.00                  | 13,895       | 30.59            | 12,653                  | 7.37          | 4,069      | 14,980       | 30.98            | 13,557                  | 7.93          | 4,375       |
| 42.00                  | 13,898       | 30.60            | 12,654                  | 7.37          | 4,069      | 17,680       | 31.32            | 15,915                  | 9.38          | 5,180       |
| 43.00                  | 13,900       | 30.61            | 12,654                  | 7.37          | 4,069      | 18,332       | 31.41            | 16,480                  | 9.73          | 5,374       |
| 44.00                  | 13,902       | 30.62            | 12,655                  | 7.37          | 4,069      |              |                  |                         |               |             |
| 44.75                  | 13,901       | 30.63            | 12,652                  | 7.37          | 4,068      |              |                  |                         |               |             |

### ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม

สถานี สถานี ST079 โรงเรียนอิสลามวิทยาลัย แขวงทุ่งครุ เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพฯ

บ่อบาดาล NB54 238.00 เมตร ท่อกรุ 203.0-209.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 43.30 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 43.00 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 14.00 น. วันที่ 7/4/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 15.45 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 43.30                  | 26,250       | 29.72            | 24,244                  | 14.59         | 8,067      | 26,750       | 29.40            | 24,833                  | 14.96         | 8,273       |
| 45.00                  | 26,250       | 29.68            | 24,258                  | 14.60         | 8,072      | 26,761       | 29.33            | 24,870                  | 14.99         | 8,286       |
| 50.00                  | 26,250       | 29.57            | 24,301                  | 14.63         | 8,087      | 26,796       | 29.14            | 24,983                  | 15.06         | 8,326       |
| 53.00                  | 26,250       | 29.50            | 24,329                  | 14.64         | 8,096      | 26,817       | 29.02            | 25,051                  | 15.10         | 8,349       |
| 55.00                  | 26,250       | 29.49            | 24,332                  | 14.65         | 8,097      | 26,837       | 29.03            | 25,064                  | 15.11         | 8,354       |
| 60.00                  | 26,250       | 29.48            | 24,338                  | 14.65         | 8,100      | 26,895       | 29.07            | 25,101                  | 15.13         | 8,367       |
| 63.00                  | 26,250       | 29.47            | 24,342                  | 14.65         | 8,101      | 26,933       | 29.10            | 25,126                  | 15.15         | 8,376       |
| 65.00                  | 26,219       | 29.44            | 24,325                  | 14.64         | 8,095      | 26,919       | 29.07            | 25,124                  | 15.15         | 8,375       |
| 70.00                  | 26,127       | 29.36            | 24,273                  | 14.61         | 8,077      | 26,878       | 28.99            | 25,120                  | 15.14         | 8,373       |
| 73.00                  | 26,067       | 29.30            | 24,238                  | 14.59         | 8,065      | 26,850       | 28.93            | 25,117                  | 15.14         | 8,372       |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในภาคสนาม**

สถานี สถานี ST083 ชุมสายโพรสัพพี อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ  
 บ่อสังเกตการณ์ NB57 235.36 ท่อกรู 195.0-201.0 เมตร  
 ระดับน้ำก่อนสูบ 45.03 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 44.83 เมตร  
 เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 14.35 น. วันที่ 17/4/98  
 เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 15.45 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 46.00                  |              |                  |                         |               |            | 4,607        | 32.63            | 4,063                   | 2.24          | 1,224       |
| 46.00                  | 4,642        | 31.67            | 4,155                   | 2.29          | 1,253      | 4,420        | 32.52            | 3,905                   | 2.15          | 1,173       |
| 47.00                  | 4,632        | 31.68            | 4,146                   | 2.29          | 1,250      | 4,354        | 32.59            | 3,843                   | 2.11          | 1,153       |
| 48.00                  | 4,615        | 31.69            | 4,130                   | 2.28          | 1,245      | 4,547        | 32.86            | 3,996                   | 2.20          | 1,202       |
| 49.00                  | 4,599        | 31.71            | 4,115                   | 2.27          | 1,240      | 4,504        | 33.29            | 3,932                   | 2.16          | 1,182       |
| 50.00                  | 4,584        | 31.75            | 4,099                   | 2.26          | 1,235      | 4,418        | 33.70            | 3,833                   | 2.11          | 1,150       |
| 51.00                  | 4,569        | 31.79            | 4,083                   | 2.25          | 1,230      | 4,522        | 33.96            | 3,908                   | 2.15          | 1,174       |
| 52.00                  | 4,551        | 31.83            | 4,064                   | 2.24          | 1,224      | 4,561        | 34.08            | 3,934                   | 2.16          | 1,182       |
| 53.00                  | 4,530        | 31.87            | 4,043                   | 2.23          | 1,217      | 4,468        | 34.14            | 3,850                   | 2.12          | 1,156       |
| 54.00                  | 4,515        | 31.90            | 4,027                   | 2.22          | 1,212      | 4,463        | 34.19            | 3,843                   | 2.11          | 1,153       |
| 55.00                  | 4,498        | 31.94            | 4,010                   | 2.21          | 1,207      | 4,463        | 34.22            | 3,841                   | 2.11          | 1,153       |
| 56.00                  | 4,483        | 31.97            | 3,995                   | 2.20          | 1,202      | 4,468        | 34.24            | 3,844                   | 2.11          | 1,154       |
| 57.00                  | 4,463        | 32.02            | 3,974                   | 2.19          | 1,195      | 4,468        | 34.29            | 3,842                   | 2.11          | 1,153       |
| 58.00                  | 4,443        | 32.06            | 3,953                   | 2.18          | 1,188      | 4,463        | 34.32            | 3,835                   | 2.11          | 1,151       |
| 59.00                  | 4,420        | 32.10            | 3,930                   | 2.16          | 1,181      | 4,473        | 34.38            | 3,841                   | 2.11          | 1,153       |
| 60.00                  | 4,401        | 32.14            | 3,911                   | 2.15          | 1,175      | 4,473        | 34.43            | 3,838                   | 2.11          | 1,152       |
| 61.00                  | 4,378        | 32.18            | 3,888                   | 2.14          | 1,168      | 4,483        | 34.47            | 3,844                   | 2.11          | 1,154       |
| 62.00                  | 4,354        | 32.23            | 3,864                   | 2.12          | 1,160      | 4,494        | 34.52            | 3,851                   | 2.12          | 1,156       |
| 63.00                  | 4,337        | 32.27            | 3,846                   | 2.11          | 1,154      | 4,494        | 34.56            | 3,848                   | 2.11          | 1,155       |
| 64.00                  | 4,313        | 32.32            | 3,822                   | 2.10          | 1,147      | 4,494        | 34.58            | 3,847                   | 2.11          | 1,154       |
| 65.00                  | 4,301        | 32.33            | 3,811                   | 2.09          | 1,143      |              |                  |                         |               |             |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม**

สถานี สถานี ST 028 วัดสายไหม ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี  
 บ่อบาดาล NB16 236.68 เมตร ท่อกรู 195.0-201.0 เมตร  
 ระดับน้ำก่อนสูบ -14.93 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 15.86 เมตร  
 เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 10.35 น. วันที่ 28/4/98  
 เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 12.45 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 20.00                  | 23,400       | 30.55            | 21,324                  | 12.75         | 7,048      | 24,500       | 30.60            | 22,308                  | 13.37         | 7,391       |
| 25.00                  | 21,800       | 29.75            | 20,123                  | 12.00         | 6,631      | 24,750       | 30.55            | 22,554                  | 13.52         | 7,476       |
| 30.00                  | 21,075       | 29.73            | 19,462                  | 11.59         | 6,402      | 38,700       | 30.50            | 35,294                  | 21.64         | 11,971      |
| 35.00                  | 20,350       | 29.70            | 18,800                  | 11.17         | 6,173      | 38,250       | 30.38            | 34,954                  | 21.42         | 11,850      |
| 40.00                  | 20,600       | 29.63            | 19,054                  | 11.33         | 6,261      | 37,800       | 30.25            | 34,612                  | 21.20         | 11,728      |
| 45.00                  | 20,850       | 29.55            | 19,309                  | 11.49         | 6,349      | 37,350       | 30.20            | 34,227                  | 20.95         | 11,591      |
| 50.00                  | 20,383       | 29.65            | 18,846                  | 11.20         | 6,189      | 36,900       | 30.15            | 33,842                  | 20.71         | 11,454      |
| 55.00                  | 19,917       | 29.75            | 18,385                  | 10.91         | 6,030      | 37,800       | 30.25            | 34,612                  | 21.20         | 11,728      |
| 60.00                  | 19,450       | 29.85            | 17,925                  | 10.63         | 5,871      | 35,700       | 30.80            | 32,403                  | 19.78         | 10,943      |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม**

สถานที่ สถานี ST 010 วัดคู่สร้าง ตำบลในคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

บ่อบาดาล NB53 189.00 เมตร ท่อกรู 178.0-184.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 28.88 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 28.47 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 11.40 น. วันที่ 15/5/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 13.40 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               | หลังสูบน้ำ |              |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 35.00                  | 38,500       | 30.15            | 35,310                  | 21.65         | 11,977     | 39,500       | 29.15            | 36,819                  | 22.62         | 12,516      |
| 40.00                  | 38,650       | 30.23            | 35,411                  | 21.71         | 12,013     | 39,840       | 29.25            | 37,076                  | 22.79         | 12,607      |
| 50.00                  | 38,950       | 30.38            | 35,411                  | 21.71         | 12,013     | 41,225       | 29.75            | 38,054                  | 23.42         | 12,957      |
| 60.00                  | 39,300       | 30.55            | 35,813                  | 21.97         | 12,156     | 42,315       | 29.95            | 38,934                  | 23.99         | 13,272      |
| 70.00                  | 36,800       | 30.65            | 33,549                  | 20.52         | 11,350     | 38,145       | 30.00            | 35,071                  | 21.49         | 11,892      |
| 80.00                  | 34,450       | 30.75            | 31,293                  | 19.07         | 10,549     | 35,745       | 31.25            | 32,213                  | 19.66         | 10,875      |
| 90.00                  | 37,450       | 30.73            | 34,032                  | 20.83         | 11,522     | 38,060       | 31.30            | 34,272                  | 20.98         | 11,607      |
| 100.00                 | 40,450       | 30.70            | 36,773                  | 22.59         | 12,499     | 42,500       | 31.45            | 38,180                  | 23.50         | 13,002      |
| 110.00                 | 40,550       | 30.98            | 36,703                  | 22.55         | 12,474     | 43,850       | 31.35            | 39,455                  | 24.32         | 13,458      |
| 120.00                 | 40,650       | 31.25            | 36,633                  | 22.50         | 12,449     | 45,300       | 31.55            | 40,631                  | 25.08         | 13,880      |
| 130.00                 | 31,950       | 31.53            | 28,646                  | 17.38         | 9,613      | 45,500       | 31.75            | 40,682                  | 25.12         | 13,899      |
| 140.00                 | 23,200       | 31.80            | 20,727                  | 12.38         | 6,841      | 45,500       | 32.05            | 40,492                  | 24.99         | 13,830      |
| 150.00                 | 21,850       | 31.43            | 19,637                  | 11.69         | 6,463      | 46,500       | 32.15            | 41,317                  | 25.53         | 14,127      |
| 160.00                 | 20,500       | 31.05            | 18,533                  | 11.01         | 6,081      | 46,900       | 32.10            | 41,705                  | 25.78         | 14,266      |
| 170.00                 | 21,500       | 31.33            | 19,353                  | 11.52         | 6,364      | 48,000       | 32.30            | 42,551                  | 26.33         | 14,570      |
| 180.00                 | 22,300       | 31.60            | 19,986                  | 11.91         | 6,584      | 48,500       | 32.25            | 43,027                  | 26.64         | 14,742      |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม**

สถานที่ สถานี ST 068 วัดทุ่งลานนา เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร

บ่อบาดาล NB37 232.00 เมตร ท่อกรู 208.0-214.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 25.75 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 26.50 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 10.40 น. วันที่ 20/5/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 12.00 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 30.00                  | 9,800        | 29.85            | 9,032                   | 5.18          | 2851       | 9,950        | 30.2             | 9,118                   | 5.23          | 2,880       |
| 35.00                  | 9,842        | 29.60            | 9,107                   | 5.22          | 2876       | 10,150       | 30.15            | 9,309                   | 5.34          | 2,944       |
| 40.00                  | 10,130       | 29.67            | 9,363                   | 5.38          | 2962       | 10,800       | 30.25            | 9,888                   | 5.69          | 3,138       |
| 45.00                  | 11,760       | 30.70            | 10,686                  | 6.18          | 3405       | 11,450       | 30.35            | 10,468                  | 6.04          | 3,331       |
| 50.00                  | 11,950       | 30.31            | 10,931                  | 6.32          | 3487       | 12,040       | 30.75            | 10,939                  | 6.33          | 3,490       |
| 55.00                  | 11,700       | 30.15            | 10,730                  | 6.20          | 3420       | 12,729       | 30.49            | 11,610                  | 6.74          | 3,716       |
| 60.00                  | 12,450       | 30.32            | 11,387                  | 6.60          | 3641       | 12,800       | 30.60            | 11,655                  | 6.76          | 3,731       |
| 65.00                  | 12,700       | 30.35            | 11,610                  | 6.74          | 3716       | 13,650       | 30.65            | 12,419                  | 7.23          | 3,989       |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม**

สถานที่ สถานี ST 024 วัดพรหมรังสี แขวงสามเต่า เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

บ่อบาดาล NB66 238.00 เมตร ท่อกรุ 208.0-214.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 37.30 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 37.31 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 10.00 น. วันที่ 16/5/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 12.30 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |              | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>(mg/l) | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 40.00                  | 34,650       | 32.75            | 30,503                  | 18.57         | 10,269       | 34,550       | 31.25            | 31,136                  | 18.97         | 10,494      |
| 50.00                  | 35,540       | 32.48            | 31,429                  | 19.16         | 10,598       | 36,950       | 31.55            | 33,142                  | 20.26         | 11,205      |
| 60.00                  | 38,010       | 31.66            | 34,032                  | 20.83         | 11,522       | 37,225       | 31.63            | 33,349                  | 20.39         | 11,279      |
| 70.00                  | 37,776       | 31.77            | 33,767                  | 20.66         | 11,427       | 37,325       | 31.90            | 33,295                  | 20.35         | 11,260      |
| 80.00                  | 37,949       | 32.59            | 33,490                  | 20.48         | 11,329       | 37,650       | 32.00            | 33,532                  | 20.51         | 11,344      |
| 90.00                  | 38,173       | 33.10            | 33,424                  | 20.44         | 11,306       | 37,300       | 32.30            | 33,065                  | 20.21         | 11,178      |
| 100.00                 | 37,832       | 32.82            | 33,268                  | 20.34         | 11,250       | 37,175       | 32.15            | 33,032                  | 20.18         | 11,166      |
| 110.00                 | 37,415       | 32.27            | 33,180                  | 20.28         | 11,219       | 38,000       | 32.80            | 33,426                  | 20.44         | 11,306      |
| 120.00                 | 37,923       | 32.52            | 33,500                  | 20.49         | 11,332       | 38,100       | 33.20            | 33,308                  | 20.36         | 11,264      |
| 130.00                 | 38,992       | 33.02            | 34,187                  | 20.93         | 11,577       | 38,075       | 33.20            | 33,286                  | 20.35         | 11,257      |
| 140.00                 | 39,477       | 32.11            | 35,101                  | 21.51         | 11,902       | 38,400       | 33.55            | 33,391                  | 20.42         | 11,294      |
| 150.00                 | 38,810       | 32.95            | 34,059                  | 20.84         | 11,532       | 38,575       | 33.68            | 33,480                  | 20.47         | 11,325      |
| 160.00                 | 36,186       | 32.75            | 31,855                  | 19.43         | 10,749       | 38,775       | 33.80            | 33,589                  | 20.54         | 11,364      |
| 170.00                 | 36,090       | 32.44            | 31,924                  | 19.48         | 10,773       | 38,583       | 33.45            | 33,602                  | 20.55         | 11,369      |
| 177.42                 | 36,350       | 31.99            | 32,381                  | 19.77         | 10,935       | 35,933       | 28.73            | 33,718                  | 20.63         | 11,375      |
| 190.00                 |              |                  |                         |               |              | 37,600       | 31.70            | 33,645                  | 20.58         | 11,384      |

**ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม**

สถานที่ สถานี ST 085 วัดชินนาราม วรวิหาร ตำบลบางแขยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

บ่อบาดาล NB59 239.32 เมตร ท่อกรุ 208.0-214.0 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 31.48 เมตร ระดับน้ำหลังสูบ 31.00 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 14.00 น. วันที่ 24/5/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 15.30 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               |            | หลังสูบน้ำ   |                  |                         |               |             |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl<br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl-<br>mg/l |
| 40.00                  | 4,550        | 31.78            | 4,066                   | 2.24          | 1,225      | 4,800        | 33.57            | 4,173                   | 2.30          | 1,259       |
| 52.00                  | 5,250        | 32.30            | 4,654                   | 2.58          | 1,414      | 5,300        | 34.00            | 4,577                   | 2.54          | 1,389       |
| 72.00                  | 5,050        | 31.75            | 4,515                   | 2.50          | 1,369      | 5,200        | 33.00            | 4,560                   | 2.53          | 1,383       |
| 92.00                  | 5,100        | 31.95            | 4,546                   | 2.52          | 1,379      | 5,200        | 32.93            | 4,565                   | 2.53          | 1,385       |
| 112.00                 | 5,100        | 31.48            | 4,579                   | 2.54          | 1,389      | 5,350        | 33.65            | 4,645                   | 2.58          | 1,411       |
| 132.00                 | 5,200        | 32.75            | 4,578                   | 2.54          | 1,389      | 5,850        | 33.80            | 5,068                   | 2.82          | 1,547       |
| 152.00                 | 5,300        | 33.45            | 4,616                   | 2.56          | 1,401      | 6,300        | 34.30            | 5,416                   | 3.03          | 1,660       |
| 172.00                 | 5,200        | 32.85            | 4,571                   | 2.53          | 1,387      | 6,450        | 33.40            | 5,622                   | 3.15          | 1,727       |
| 192.00                 | 5,200        | 31.85            | 4,642                   | 2.57          | 1,410      | 6,550        | 32.65            | 5,775                   | 3.24          | 1,777       |

ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ข้อมูลการวัดความเข้มข้นคลอไรด์ในสนาม NB30

สถานที่ สถานี ST 013 ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

บ่อบาดาล NB30 235.00 เมตร ท่อกรู 208.00-214.00 เมตร

ระดับน้ำก่อนสูบ 32.95 เมตร

ระดับน้ำหลังสูบ 33.25 เมตร

เวลาเริ่มสูบน้ำ เวลา 11.00 น.

วันที่ 10/6/98

เวลาหยุดสูบน้ำ เวลา 12.30 น.

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | ก่อนสูบน้ำ   |                  |                         |               | Cl <sup>-</sup><br>mg/l | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% | Cl <sup>-</sup><br>mg/l |
|------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|--------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
|                        | Conductivity | อุณหภูมิ<br>(C°) | Conductivity<br>at 25 C | Salinity<br>% |                         |              |                  |                         |               |                         |
| 40.00                  | 4,300        | 30.55            | 3,918                   | 2.16          | 1,177                   | 4,425        | 30.65            | 4,026                   | 2.22          | 1,212                   |
| 50.00                  | 4,300        | 30.70            | 3,909                   | 2.15          | 1,174                   | 4,425        | 30.85            | 4,013                   | 2.21          | 1,208                   |
| 60.00                  | 4,300        | 30.75            | 3,906                   | 2.15          | 1,173                   | 4,430        | 30.64            | 4,031                   | 2.22          | 1,213                   |
| 70.00                  | 4,250        | 30.65            | 3,867                   | 2.13          | 1,161                   | 4,430        | 30.75            | 4,024                   | 2.22          | 1,211                   |
| 80.00                  | 4,200        | 30.85            | 3,809                   | 2.09          | 1,142                   | 4,350        | 30.90            | 3,942                   | 2.17          | 1,185                   |
| 90.00                  | 4,230        | 30.37            | 3,866                   | 2.12          | 1,160                   | 4,380        | 30.72            | 3,981                   | 2.19          | 1,197                   |
| 100.00                 | 4,250        | 30.75            | 3,861                   | 2.12          | 1,159                   | 4,450        | 30.96            | 4,029                   | 2.22          | 1,213                   |
| 110.00                 | 4,200        | 30.50            | 3,830                   | 2.10          | 1,149                   | 4,415        | 30.75            | 4,010                   | 2.21          | 1,207                   |
| 120.00                 | 3,975        | 30.58            | 3,621                   | 1.98          | 1,082                   | 4,260        | 30.83            | 3,865                   | 2.12          | 1,160                   |
| 130.00                 | 3,750        | 30.65            | 3,412                   | 1.86          | 1,016                   | 4,050        | 30.79            | 3,677                   | 2.02          | 1,100                   |
| 140.00                 | 3,250        | 30.50            | 2,964                   | 1.61          | 874                     | 3,950        | 30.85            | 3,582                   | 1.96          | 1,070                   |
| 150.00                 | 3,450        | 30.88            | 3,128                   | 1.70          | 926                     | 4,020        | 31.03            | 3,635                   | 1.99          | 1,087                   |
| 160.00                 | 3,650        | 31.25            | 3,289                   | 1.79          | 977                     | 4,150        | 31.45            | 3,728                   | 2.05          | 1,117                   |
| 170.00                 | 3,850        | 31.05            | 3,481                   | 1.90          | 1,038                   | 4,400        | 31.50            | 3,950                   | 2.17          | 1,187                   |
| 180.00                 | 4,000        | 31.31            | 3,601                   | 1.97          | 1,076                   | 4,625        | 31.55            | 4,148                   | 2.29          | 1,251                   |
| 190.00                 | 4,150        | 31.58            | 3,721                   | 2.04          | 1,114                   | 4,875        | 31.60            | 4,369                   | 2.42          | 1,322                   |
| 200.00                 | 4,300        | 31.80            | 3,842                   | 2.11          | 1,153                   | 5,300        | 31.75            | 4,739                   | 2.63          | 1,441                   |

ตารางที่ ค-4 ความเค็มเฉลี่ยที่ได้จากการปรับแก้

| ระดับความลึก<br>(เมตร) | C1<br>(mg/l) | V1<br>(m <sup>3</sup> ) | CT<br>(mg/l) | V2<br>(m <sup>3</sup> ) | VT<br>(m <sup>3</sup> ) | C2<br>(mg/l) |
|------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| NB64                   | 4,132        | 1.68                    | 4,038        | 1.21                    | 2.89                    | 3,907        |
| NB57                   | 1,204        | 1.54                    | 1,161        | 1.03                    | 2.57                    | 1,097        |
| NB54                   | 8,086        | 1.58                    | 8,345        | 1.06                    | 2.63                    | 8,733        |
| NB66                   | 11,181       | 1.63                    | 11,232       | 1.09                    | 2.71                    | 11,308       |
| NB37                   | 3,295        | 1.67                    | 3,402        | 1.24                    | 2.91                    | 3,548        |
| NB59                   | 1,374        | 1.69                    | 1,504        | 1.09                    | 2.78                    | 1,705        |
| NB16                   | 6,328        | 1.80                    | 10,682       | 1.67                    | 3.47                    | 15,374       |
| NB53                   | 10,995       | 1.30                    | 12,894       | 1.29                    | 2.58                    | 14,812       |
| NB30                   | 1,096        | 1.64                    | 1,199        | 1.13                    | 2.77                    | 1,349        |

- หมายเหตุ
- C1 เป็นความเค็มก่อนสูบน้ำบาดาล (mg/l)
  - CT เป็นความเค็มรวมหลังจากสูบน้ำแล้ว (mg/l)
  - V1 เป็นปริมาตรของน้ำก่อนที่สูบน้ำออก (m<sup>3</sup>)
  - V2 เป็นปริมาตรของน้ำหลังจากที่สูบน้ำออกแล้ว (m<sup>3</sup>)
  - VT เป็นปริมาตรรวมก่อนสูบและหลังสูบ (m<sup>3</sup>)
  - C2 เป็นความเค็มหลังจากสูบน้ำแล้ว
- $$C2 = (CT \cdot VT - V1 \cdot C1) / V2$$

ภาคผนวก ง  
ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง MT3D



## ภาคผนวก ง

ในภาคผนวกนี้ แสดงรายละเอียดของชุดการคำนวณ แบบจำลอง MT3D และขั้นตอนการทำงาน  
ของ MT3D รวมถึงการประยุกต์ใช้สมการ finite difference ในแบบจำลอง MT3D

## แบบจำลอง MT3D

(A Modular Three-Dimensional Transport Model)

โปรแกรมโมเดลจำลองการเคลื่อนที่ MT3D เป็นโปรแกรมที่ใช้โครงสร้างโมดูลเช่นเดียวกับโมเดล MODFLOW (McDonald and Harbaugh, 1988) โมเดล MT3D ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก และโปรแกรมย่อยๆที่เป็นอิสระต่อกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งรวมอยู่ในเป็นชุดการคำนวณ แต่ละชุดการคำนวณจะจัดการเกี่ยวกับการจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของสาร

### 1. สมการทั่วไป

สมการ partial difference ที่ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของสารละลายในน้ำใต้ดิน สามมิติเขียนได้ ดังนี้

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right] - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_s}{\theta} C_s + \sum_{k=1}^N R_k \quad (1)$$

โดยที่

$C$  เป็นความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ละลายในน้ำใต้ดิน ( $ML^{-3}$ )

$t$  เป็นเวลา (T)

$x_i$  เป็นระยะทางตามแนวแกนของพิกัดฉาก (L)

$D_{ij}$  เป็น hydrodynamic dispersion coefficient ( $L^2T^{-1}$ )

$v_i$  เป็น seepage หรือ linear pore water velocity ( $LT^{-1}$ )

$q_s$  เป็น volumetric flux ของน้ำต่อหน่วยปริมาตรของชั้นน้ำ แทนด้วย sources (positive) และ sinks (negative) ( $T^{-1}$ )

$C_s$  เป็นความเข้มข้นของ sources หรือ sinks ( $ML^{-3}$ )

$\theta$  เป็นความพรุนของตัวกลางรูพรุน ไม่มีหน่วย

$\sum_{k=1}^N R_k$  เป็นเทอมปฏิกิริยาทางเคมี ( $ML^{-3}T^{-1}$ )

เทอมของปฏิกิริยาเคมี ในสมการที่ 2 แสดงได้ดังนี้

$$\sum_{k=1}^N R_k = -\frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} - \lambda \left( C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C} \right) \quad (2)$$

โดยที่

$\rho_b$  เป็นความหนาแน่นของตัวกลางรูพรุน ( $ML^{-3}$ )

$\bar{C}$  เป็นความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ดูดซับบนตัวกลางรูพรุน ( $MM^{-1}$ )

$\lambda$  เป็นอัตราคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ( $T^{-1}$ )

จัดรูปเทอม  $\frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t}$  ได้เป็น

$$\frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial C}{\partial t} \frac{\partial \bar{C}}{\partial C} \quad (3)$$

แทนสมการ 2 และ 3 ในสมการ 1 จะได้สมการ

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_s}{\theta} C_s \\ - \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \lambda \left( C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

ย้ายสมการที่ 4 ในเทอมขวามือของสมการ 4 ไปทางซ้ายมือ จะได้

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_s}{\theta} C_s - \lambda \left( C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C} \right) \quad (5)$$

โดยที่  $R$  เรียกว่า retardation factor

$$R = 1 + \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial C} \quad (6)$$

สมการที่ 5 เป็นสมการทั่วไปที่ใช้ในโมเดลการเคลื่อนที่ สมการการเคลื่อนที่ของสารจะสัมพันธ์เช่นเดียวกับสมการการไหลดังนี้

$$v_i = -\frac{K_{ii}}{\theta} \frac{\partial h}{\partial x_i} \quad (7)$$

โดยที่

$K_{ii}$  เป็นองค์ประกอบหลักของ hydraulic conductivity tensor ( $LT^{-1}$ )

$h$  เป็นหัวน้ำทางชลศาสตร์ (hydraulic head) (L)

หัวน้ำทางชลศาสตร์ (hydraulic head) ซึ่งได้จากการแก้สมการการไหลของน้ำใต้ดิน 3 มิติ ดังสมการ

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_{ii} \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) + q_s = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (8)$$

โดยที่  $S_s$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของวัสดุรูพรุน,  $L^{-1}$

## 2. การพัดพา (Advection)

จากสมการเทอมที่ 2 ของด้านขวาสมการ 5  $\frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C)$  เป็นเทอมการพัดพาซึ่งอธิบายการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนที่ละลายในน้ำโดยที่มีความเร็วเท่ากับความเร็วของน้ำใต้ดิน การวัดค่าของการพัดพา (Degree of advection) นี้จะให้ค่า Peclet number ซึ่งไม่มีหน่วย ดังสมการ

$$P_s = \frac{|v|L}{D} \quad (9)$$

โดยที่

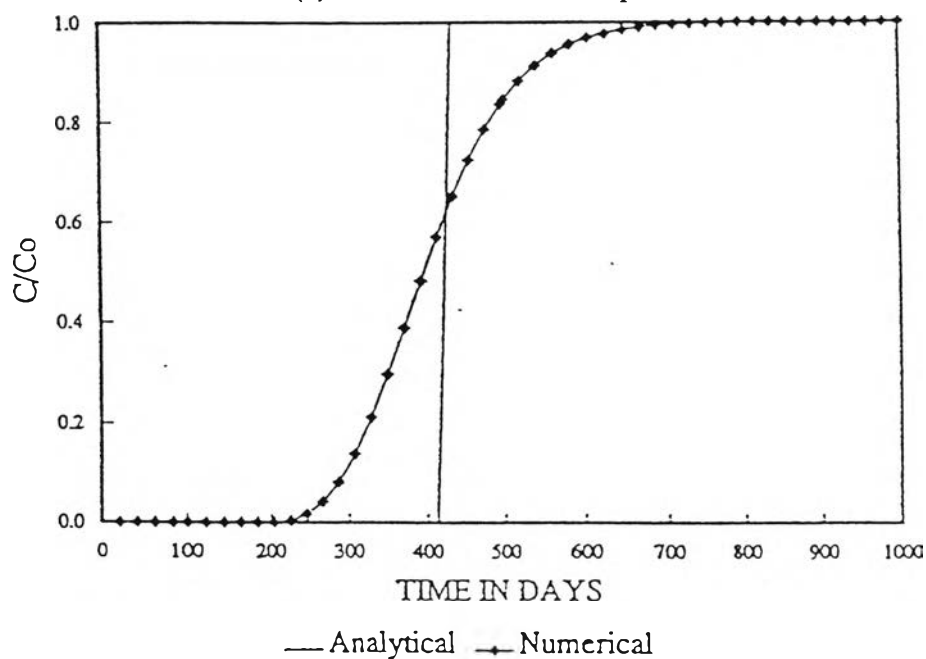
$v$  เป็นขนาดเวกเตอร์ความเร็วของการซึม ( $LT^{-1}$ )

$L$  เป็นลักษณะของความยาว ปกติจะเป็นความกว้างของ grid cell (L)

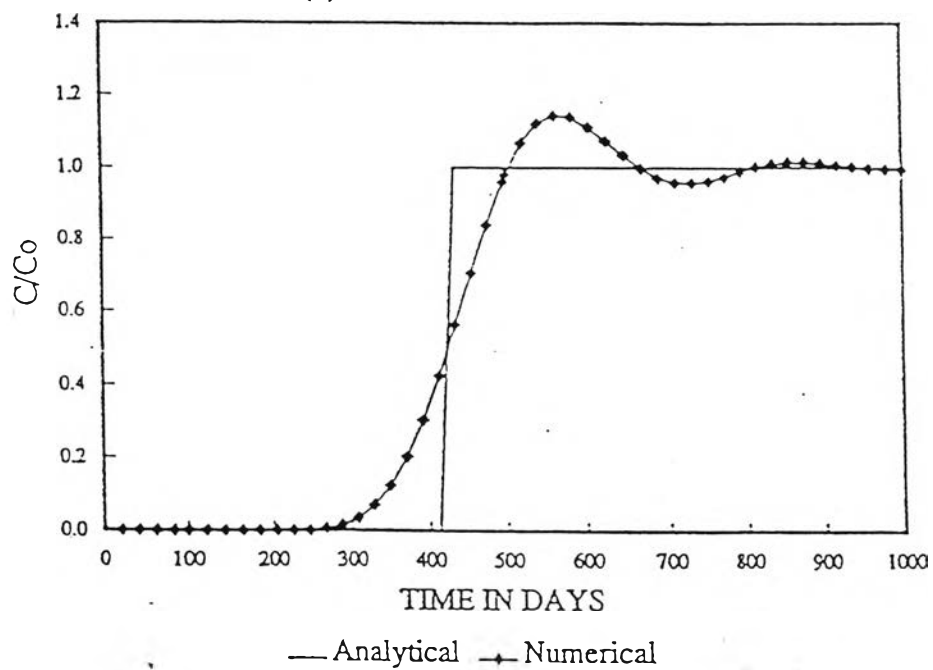
$D$  เป็นสัมประสิทธิ์การแพร่ ( $L^2T^{-1}$ )

ในปัญหาของ advection-dominated จะเป็นปัญหารูปแบบด้านหน้า (sharp front) Peclet number มีค่าที่สูงมาก สำหรับปัญหาการพัดพาแท้จริง Peclet number จะกลายเป็น infinite

(a) Effect of numerical dispersion



(b) Effect of artificial oscillation



รูปที่ 1 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในการจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร

สำหรับปัญหาของ advection-dominated การแก้สมการการเคลื่อนที่ ด้วยขั้นตอนทางเลขคณิตมาตรฐาน แบ่งได้โดยปัญหาทางเลขคณิต 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 1 ชนิดแรกเป็นการแพร่กระจายทางเลขคณิต (numerical dispersion) ที่มีผลกระทบเหมือนกับการแพร่กระจายทางกายภาพ (physical dispersion) เนื่องจากความผิดพลาดจากการแหวน (truncation error) เมื่อการแพร่กระจายทางกายภาพมีน้อยหรือไม่พิจารณา การแพร่กระจายทางกายภาพจะกลายเป็นปัญหาที่รุนแรง นำไปสู่การเปอะเปื้อนของมลพิษด้านหน้า ซึ่งควรจะมีรูปแบบดังรูปที่ 1a ชนิดที่สองของการแพร่กระจายทางเลขคณิต คือ artificial oscillation บางครั้งอ้างถึงการทำเลยหรือต่ำจนเกินไป (overshoot and undershoot) แสดงในรูปที่ 1a artificial oscillation เป็นรูปแบบธรรมชาติของ higher-order schemes ต่างๆ ที่ออกแบบเพื่อกำจัดการแพร่กระจายทางเลขคณิต และมีแนวโน้มรุนแรงกว่าเหมือนความเข้มข้นด้านหน้าที่ชัดเจนกว่า

การผสมระหว่างวิธี Eulerian-Lagrangian ที่สนับสนุนในโมเดลการเคลื่อนที่ MT3D จะจัดการการแพร่กระจายทางเลขคณิต และ artificial oscillation และสามารถจัดการช่วงทั้งหมดของ Peclet Number ตั้งแต่ 0 ถึง  $\infty$

### 3. การแพร่ (Dispersion)

#### 3.1 กลไกของการแพร่ (Dispersion Mechanism)

การแพร่ในตัวกลางรูพรุนหมายถึงการแพร่กระจายของมลพิษครอบคลุมพื้นที่ที่ใหญ่กว่า และควรจะทำนายเพียงอย่างเดียวจากเวกเตอร์ความเร็วของน้ำใต้ดิน Anderson (1984) อธิบายว่าการแพร่ที่เกิดจาก mechanical dispersion เป็นผลมาจากการหักเหของความเร็วที่แท้จริงบนโมเลกุลหนึ่งด้วยความเร็วของน้ำใต้ดินเฉลี่ย และการฟุ้งกระจายของโมเลกุล (molecular diffusion) และผลของความผันแปรของความเข้มข้น ผลกระทบของการฟุ้งกระจายของโมเลกุลโดยทั่วไปจะน้อยมากเมื่อเทียบผลกระทบของ mechanical dispersion และจะกลายเป็นส่วนสำคัญเมื่อความเร็วของน้ำใต้ดินต่ำมากๆ ผลรวมของ mechanical dispersion และ molecular diffusion เป็นเทอมของ hydrodynamic dispersion

ถึงแม้ว่ากลไกของการแพร่ การแทนที่ของปรากฏการณ์การแพร่ในโมเดลการเคลื่อนที่ เป็นหัวข้อหนึ่งที่ได้มีการวิจัยการอย่างกว้างขวาง เทอมการแพร่ในสมการ 5  $\frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right)$  แทนในวิธีทางปฏิบัติ ผ่านทางการคำนวณการเคลื่อนที่จริงๆ สามารถสร้างขึ้นโดยปราศจากการอธิบายสนามความเร็วที่ต่างกัน (heterogeneous velocity field) ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ขณะที่วิธีการและทฤษฎีต่างๆถูกพัฒนาขึ้นแทนกระบวนการแพร่ สมการ 5 ยังคงเป็นพื้นฐานของการจำลอง

#### 3.2 สัมประสิทธิ์การแพร่ (Dispersion Coefficient)

hydrodynamic dispersion tensor สำหรับตัวกลางรูพรุน isotropic ถูกกำหนดให้ สอดคล้องกับสมการของ Bear (1979) อยู่ในรูปแบบองค์ประกอบ ดังนี้

$$D_{xx} = \alpha_L \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (10a)$$

$$D_{yy} = \alpha_L \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (10b)$$

$$D_{zz} = \alpha_L \frac{v_z^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_T \frac{v_y^2}{|v|} + D^* \quad (10c)$$

$$D_{xy} = D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_y}{|v|} \quad (10d)$$

$$D_{xz} = D_{zx} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_x v_z}{|v|} \quad (10e)$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_y v_z}{|v|} \quad (10f)$$

โดยที่

$\alpha_L$  เป็น longitudinal dispersivity (L)

$\alpha_T$  เป็น transverse dispersivity (L)

$D^*$  เป็น effective molecular diffusion coefficient ( $L^2T^{-1}$ )

$v_x, v_y, v_z$  เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ความเร็วตามแนวแกน x,y และ z ( $LT^{-1}$ )

$|v| = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$  เป็นขนาดของเวกเตอร์ความเร็ว ( $LT^{-1}$ )

dispersion tensor ถูกระบุด้วย independent dispersivity 2 ตัว สำหรับ isotropic media ในสมการ 10a ถึง 10f จะไม่ใช้ในกรณีที่เป็น anisotropic porous media ซึ่งต้องการ independent dispersivity 5 ตัว (Bear,1979) แต่น่าเสียดายที่ โดยทั่วไปมันเป็นไปไม่ได้ที่จะได้รับ independent dispersivity 5 ตัว จากสนาม ด้วยเหตุนี้ ในทางปฏิบัติของโมเดลการเคลื่อนที่เป็นการสมมุติว่า isotropic dispersion coefficient ใช้งานได้กับ anisotropic porous media

โมเดลการเคลื่อนที่ MT3D สนับสนุนทางเลือกอื่นอีกจากที่ยองให้ใช้ transverse dispersion 2 ตัว horizontal transverse dispersivity ( $\alpha_{TH}$ ) และ vertical transverse dispersivity ( $\alpha_{TV}$ ) เสนอโดย Burnett และ Frind (1987)

$$D_{xx} = \alpha_L \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_{TH} \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_{TV} \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (11a)$$

$$D_{yy} = \alpha_L \frac{v_y^2}{|v|} + \alpha_{TH} \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_{TV} \frac{v_z^2}{|v|} + D^* \quad (11b)$$

$$D_{zz} = \alpha_L \frac{v_z^2}{|v|} + \alpha_{TV} \frac{v_x^2}{|v|} + \alpha_{TH} \frac{v_y^2}{|v|} + D^* \quad (11c)$$



$$D_{xy} = D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_{TV}) \frac{v_x v_y}{|v|} \quad (11d)$$

$$D_{xz} = D_{zx} = (\alpha_L - \alpha_{TV}) \frac{v_x v_z}{|v|} \quad (11e)$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (\alpha_L - \alpha_{TV}) \frac{v_y v_z}{|v|} \quad (11f)$$

สมการ 11a ถึง 11f จะเท่ากับ 10a ถึง 10f เมื่อ transverse dispersivity 2 ตัว มีค่าเท่ากัน

### 3.3 Sinks and Sources

เทอมที่ 3 ในสมการทั่วไป  $\frac{q_s}{\theta} C_s$  เป็นเทอม sink/source ซึ่งแทนที่มวลของสารละลายที่ละลายในน้ำเข้าไปในขอบเขตที่จำลองผ่าน source หรือมวลของสารละลายที่ละลายในน้ำเข้าไปในขอบเขตที่จำลองผ่าน sink

Sink หรือ source อาจจะถูกแบ่งเป็นการกระจายพื้นที่หรือจุดของ Sink หรือ source การกระจายพื้นที่ Sink หรือ source ประกอบด้วยการเติมน้ำและการระเหยรวมการคายน้ำ จุดของ Sink หรือ source ประกอบด้วยบ่อน้ำบาดาล ท่อระบาย และแม่น้ำ constant-head และ general head dependent boundary ในโมเดลการไหล จะถือเป็นจุด Sink หรือ source เนื่องจากมีฟังก์ชันเช่นเดียวกับกับ บ่อน้ำบาดาล ท่อระบาย และแม่น้ำ ในโมเดลการเคลื่อนที่

สำหรับ source ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องระบุความเข้มข้นของ source water สำหรับ sink ความเข้มข้นของ sink water โดยทั่วไปจะเท่ากับความเข้มข้นของน้ำใต้ดินในชั้นน้ำ และไม่ต้องระบุค่า อย่างไรก็ตาม มีข้อยกเว้นหนึ่งซึ่งความเข้มข้นของ sink อาจแตกต่างจากน้ำใต้ดิน ข้อยกเว้นนั้นคือ การระเหยรวมกับการคายน้ำ เนื่องจากเป็นน้ำที่อยู่ในชั้นน้ำนั้น ดังนั้นความเข้มข้นของ evapotranspiration flux เท่ากับศูนย์

### 3.4 เงื่อนไขตั้งต้น (Initial condition)

สมการทั่วไปของโมเดลการเคลื่อนที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ (transient) ของความเข้มข้นสารละลายในน้ำใต้ดิน ดังนั้นเงื่อนไขตั้งต้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีในการแก้สมการทั่วไป เงื่อนไขตั้งต้นในรูปแบบทั่วไปเขียนได้ดังนี้

$$C(x, y, z, t) = C^{\circ}(x, y, z) \text{ on } \forall, t = 0 \quad (12)$$

โดยที่

$C^{\circ}(x, y, z)$  เป็นการกระจายความเข้มข้นที่รู้ค่า และ  $\forall$  แสดงถึงขอบเขตที่จำลอง

### 3.5 เงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition)

การแก้สมการทั่วไปจะต้องระบุเงื่อนไขขอบเขตด้วย รูปแบบเงื่อนไขขอบเขตที่พิจารณาในโมเดล มี 3 แบบ คือ 1) ความเข้มข้นที่รู้ค่ารอบ ๆ ขอบเขต (Dirichet Condition) 2) ความลาดชันของความเข้มข้น (concentration gradient) ที่รู้ค่าตลอดแนวขอบเขต (Neuman Condition) และ 3) การรวมกันระหว่าง 1) และ 2)

สำหรับเงื่อนไขขอบเขตแรก จะระบุความเข้มข้นตลอดทั้งขอบเขต และยังคงไม่เปลี่ยนแปลงตลอดทั้งการจำลอง หรือ

$$C(x, y, z, t) = C^{\circ}(x, y, z) \text{ on } \Gamma_1, t \geq 0 \quad (13)$$

โดยที่  $\Gamma_1$  แสดงขอบเขตความเข้มข้นที่ระบุไว้ และ  $C^{\circ}(x, y, z)$  เป็นความเข้มข้นที่ระบุตลอดแนว  $\Gamma_1$

ในโมเดลการไหล Dirichlet boundary เป็น specified-head boundary ซึ่งแสดงเป็น source หรือ sink ของน้ำที่เข้าหรือออกจากขอบเขตจำลอง ในทำนองเดียวกัน ขอบเขตที่ระบุความเข้มข้น (specified-concentration boundary) ในโมเดลการเคลื่อนที่แสดงเป็น source ให้

มวลสารละลายไปยังขอบเขตที่จำลอง และแสดงเป็น sink นำมวลสารละลายออกจากขอบเขตที่จำลอง specified-head boundary ในโมเดลการไหลอาจจะเป็นหรือไม่เป็น specified-concentration boundary ในโมเดลการเคลื่อนที่ก็ได้

สำหรับเงื่อนไขขอบเขตชนิดที่ 2 ความลาดชันของความเข้มข้น (concentration gradient) ถูกระบุตลอดทั้งขอบเขต

$$D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} = q(x, y, z, t) \text{ on } \Gamma_2, t \geq 0 \quad (14)$$

โดยที่  $q(x, y, z, t)$  เป็นฟังก์ชันที่รู้ค่าแทนด้วย dispersive flux ไปยังขอบเขต  $\Gamma_2$  สำหรับกรณีพิเศษที่ผ่านขอบเขตที่น้ำซึมไม่ได้ จะกำหนดให้  $q(x, y, z, t) = 0$

สำหรับเงื่อนไขขอบเขตชนิดที่ 3 ทั้ง ความเข้มข้นและความลาดชันของความเข้มข้น (concentration gradient) จะระบุได้ดังนี้

$$D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} = v_i C = g(w, y, z) \text{ on } \Gamma_3, t \geq 0 \quad (15)$$

โดยที่  $g(x, y, z, t)$  เป็นฟังก์ชันที่รู้ค่าแทนด้วย flux ทั้งหมด (dispersive และ advective) ไปยังขอบเขต  $\Gamma_3$  สำหรับขอบเขตที่น้ำซึมไม่ได้ ทั้ง dispersive และ advective flux เท่ากับศูนย์ นั่นคือ  $g(x, y, z, t) = 0$  บนขอบเขตที่ไหลเข้าและไหลออกปกติจะสมมติให้ advective flux เด่นชัดกว่า dispersive flux ดังนั้นสมการข้างบนเขียนใหม่ได้ว่า

$$-v_i C = g(x, y, z, t) \quad (16)$$

#### 4. การแก้สมการ EULERIAN-LAGRANGIAN

##### 4.1 Eulerian-Lagrangian Equations

เพื่อให้สอดคล้องกับกฎลูกโซ่ เทอม advection ในสมการที่ 5 สามารถเขียนได้เป็น

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) = v_i \frac{\partial C}{\partial x_i} + C \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = v_i \frac{\partial C}{\partial x_i} + C \frac{q_s}{\theta} \quad (17)$$

แทนสมการ 17 ในสมการที่ 5 และหารทั้งสองข้างด้วย retardation factor สมการทั่วไปจะกลายเป็น

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \bar{v}_i \frac{\partial C}{\partial x_i} - \frac{q_s}{R\theta} (C - C_s) - \frac{\lambda}{R} \left( C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C} \right) \quad (18)$$

โดยที่  $R$  เป็นค่า retarded velocity ของ อนุภาคมลพิษ

สมการ 18 เป็น Eulerian expression ใน partial derivative ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นของสารละลาย (C) ที่ fixed point ในพื้นที่ สมการ 18 สามารถแสดงในรูปของ Lagrangian ได้ในรูปของ

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{q_s}{R\theta} (C - C_s) - \frac{\lambda}{R} \left( C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C} \right) \quad (19)$$

โดยที่ แทนค่า  $DC/Dt = \partial C/\partial T + \bar{v}_i \partial C/\partial x_i$  ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นของสารละลาย (C) ตลอด pathline ของอนุภาคมลพิษ

จากระเบียบวิธี finite-difference substantial derivative ในสมการ 19 ประมาณได้ว่า

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{C_m^{n+1} - C_m^n}{\Delta t} \quad (20)$$

สมการ 3.3 จะกลายเป็น

$$C_m^{n+1} = C_m^n + \Delta t \times RHS \quad (21)$$

โดยที่

$C_m^{n+1}$  เป็นความเข้มข้นตัวทำละลายเฉลี่ยสำหรับเซลล์  $m$  ที่ระดับเวลาใหม่  $(n+1)$

$C_m^n$  เป็นความเข้มข้นตัวทำละลายเฉลี่ยสำหรับเซลล์  $m$  ที่ระดับเวลาใหม่  $(n+1)$  เนื่องจาก advection เพียงอย่างเดียว หมายถึงระดับเวลาระหว่างกลาง

$\Delta t$  เป็นเวลาที่เพิ่มขึ้นระหว่างระดับเวลาเก่า  $(n)$  และระดับเวลาใหม่  $(n+1)$

$RHS$  แทนค่าประมาณ finite-difference ในเทอมขวามือของสมการ 19 ค่าประมาณการเป็น explicit เมื่อความเข้มข้นที่ระดับเวลาเก่า  $C^n$  ถูกใช้ในการคำนวณของ  $RHS$  และจะเป็น implicit เมื่อความเข้มข้นที่ระดับเวลาใหม่  $C^{n+1}$  ถูกนำมาใช้

สมการที่ 21 ประกอบด้วยระเบียบวิธีพื้นฐานของการผสมกันระหว่างวิธี Eulerian-Lagrangian ใช้ในโมเดลการเคลื่อนที่ MT3D ในวิธีนี้ เทอม  $C_m^n$  ในสมการที่ 21 ซึ่งเป็นผลกระทบของ advection จะแก้สมการด้วยวิธี Lagrangian บนการเคลื่อนที่ในพิกัด ขณะที่เทอมที่ 2 ในสมการที่ 21 ซึ่งเป็นผลกระทบของ dispersion , การรวมกันของ sink/source และปฏิกิริยาเคมี ถูกแก้สมการด้วยวิธี finite-difference บน fixed Eulerian grid

การประยุกต์ใช้วิธี Eulerian-Lagrangian อาจแบ่งได้เป็น method of characteristics , modified method of characteristics และการรวมกันของทั้งสองวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้เทคนิคผลต่าง Lagrangian เพื่อประมาณค่าเทอม advection การแก้สมการทั้ง 3 ถูกใช้ในโมเดลการเคลื่อนที่ MT3D หลักการและแนวความคิดพื้นฐานเบื้องหลังวิธีการแก้สมการเหล่านี้อธิบายได้ดังนี้

## 4.2 Method of Characteristics (MOC)

เทคนิค MOC พัฒนาโดยการสำรวจธรณีวิทยาสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นโมเดลการเคลื่อนที่ 2 มิติ และใช้กันอย่างกว้างขวางในการศึกษาภาคสนาม method of characteristics ใช้เทคนิคการติดตาม particle สำหรับแก้สมการเทอม advection ที่จุดเริ่มต้นของการจำลองสภาพเขตของ particle ที่เคลื่อนที่ ถูกกระจายในสนามการไหลแบบสุ่มหรือแบบ fixed ความเข้มข้นและตำแหน่งในระบบพิกัดฉากมีความสัมพันธ์กับ particle เหล่านี้ particle จะถูกติดตาม (track) ไปข้างหน้าผ่านสนามการไหลโดยการเพิ่มเวลาขึ้นทีละน้อยๆที่จุดสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลาที่ย้อนความเข้มข้นเฉลี่ยที่เซลล์ m เนื่องจาก advection เพียงอย่างเดียวเหนือการเพิ่มขึ้นของเวลา หรือ  $C_m^n$  หาค่าได้จากความเข้มข้นของการเคลื่อนที่ของ particle ที่เกิดขึ้นเพื่อกำหนดตำแหน่งในเซลล์ m แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C_m^{n*} = \frac{1}{NP} \sum_{i=1}^{NP} C_i^n \quad (22)$$

โดยที่

$NP$  เป็นจำนวนของ particle ในเซลล์ m

$C_i^n$  เป็นความเข้มข้นของ  $i^{\text{th}}$  particle ที่ระดับเวลา n

หลังจากที่หาค่า  $C_m^{n*}$  สำหรับทุกเซลล์เสร็จ weighted concentration  $C_m^n$  คำนวณได้จาก  $C_m^{n*}$  และความเข้มข้นที่ระดับเวลาเดิม  $C_m^n$

$$C_m^{\hat{n}} = \omega C_m^{n*} + (1 - \omega) C_m^n \quad (23)$$

โดยที่  $\omega$  เป็น weighting factor ระหว่าง 0 และ 1  $C_m^n$  ถูกใช้ในการคำนวณเทอมที่ 2 ในสมการที่ 21 หรือการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นเนื่องจาก dispersion, การรวมกันของ sink/source และปฏิกิริยาเคมี (เทอมขวามือของสมการ 19) ด้วยวิธี explicit finite difference

$$\Delta C_m^{n+1} = \Delta t \times RHS(\Delta C_m^{\hat{n}}) \quad (24)$$

การใช้ weighted concentration ในสมการที่ 22 แทนวิธีการเฉลี่ยเพราะกระบวนการ dispersion , การรวมกันของ sink/source และ/หรือปฏิกิริยาเคมี เกิดขึ้นตลอดเวลาที่เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นสำหรับเซลล์  $m$  ที่ระดับเวลาใหม่  $(n+1)$  เป็นผลรวมระหว่างเทอม  $C_m^n$  และ เทอม  $\Delta C_m^{n+1}$  ความเข้มข้นของ particle ที่เคลื่อนที่ ถูกปรับปรุงใหม่เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก dispersion , การรวมกันของ sink/source และปฏิกิริยาเคมี ส่วนที่ทำเสร็จแล้วนี้เป็นขั้นตอนหนึ่งของวิธี method of characteristics ขั้นตอนการทำงานนี้จะทำซ้ำจนกระทั่งถึงจุดสุดท้ายของคาบเวลาที่ต้องการ

ลักษณะหนึ่งที่สำคัญในเทคนิค MOC คือ มันเป็น virtually free of numerical dispersion ซึ่งสร้างขึ้นมาอย่างมากใน standard numerical schemes ต่างๆ ข้อเสียหลักของเทคนิค MOC คือมันอาจจะช้าและต้องการหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก เมื่อต้องการ track particle ที่เคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสามมิติ เทคนิค MOC สามารถนำไปสู่ข้อเสียของสมดุลย์ของมวลอย่างมากภายใต้สถานการณ์ที่แน่นอน เพราะว่าเทคนิค MOC ไม่ได้ตั้งอยู่บนหลักการอนุรักษ์มวลสาร เช่นเดียวกับเทคนิคการแก้สมการด้วยการผสมกันระหว่างวิธี Eulerian-Lagrangian ในโมเดลการเคลื่อนที่ MT3D หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ที่ต้องการสำหรับเทคนิค MOC ถูกทำให้ลดลงอย่างกระทันหันผ่านการใช้ dynamic approach สำหรับการกระจาย particle ปัญหาข้อเสียของสมดุลย์ของมวลใช้ในเนื้อที่ขนาดใหญ่ได้ด้วยการใช้ velocity interpolation schemes ที่ไม่เปลี่ยนแปลง และ higher-order particle tracking algorithms

#### 4.3 Modified Method of Characteristics (MMOC)

modified method of characteristics ถูกพัฒนามาเพื่อประมาณเทอม advection โดยไม่เสียประสิทธิภาพของการคำนวณเป็นจำนวนมาก เทคนิค MMOC เหมือนกับเทคนิค MOC ยกเว้นการจัดการเทอม advection ส่วนที่ไม่เหมือนกับเทคนิค MOC คือ การ track จำนวนของ particle ที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าในเวลา และการเก็บ track ของความเข้มข้นและตำแหน่งของแต่ละ particle เทคนิค MMOC แทน particle ที่สมมุติขึ้นที่จุด nodal ของ fixed grid

ที่แต่ละระดับเวลาใหม่ (n+1) particle ถูก track ย้อนกลับไปเพื่อหาตำแหน่งของมันเองที่ระดับเวลาเดิม (n) ความเข้มข้นที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งนั้นถูกใช้ในการประมาณเทอม  $C_m^n$

$$C_m^{n+1} = C^n(X_p) = C_n(X_m - d) \quad (25)$$

โดยที่

- $X_p$  เป็นตำแหน่งที่ particle เริ่มต้น จาก nodal point m ไป เมื่อมันถูก track ย้อนกลับตาม reverse pathline ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น
- $X_m$  เป็นตำแหน่งเวกเตอร์ของ nodal point m
- $d$  เป็น characteristic nodal displacement หรือระยะทางตาม particle path จาก  $X_m$  ไป  $X_p$
- $C^n(X_p)$  เป็นความเข้มข้นที่ตำแหน่ง  $X_p$  ที่ระดับเวลาเก่า (n) โดยทั่วไป interpolated จากความเข้มข้นที่ nodal point ข้างเคียง

เทคนิค MMOC ใช้หนึ่ง particle สำหรับแต่ละ finite-difference cell ซึ่งเทคนิค MOC ทั่วๆไปต้องการ particle หลายตัวต่อเซลล์ ด้วยเหตุนี้เทคนิค MMOC ใช้ร่วมกับ simple lower-order interpolate scheme ปกติจะเร็วกว่าเทคนิค MOC และเนื่องจากเทคนิค MMOC เริ่มจาก particle ที่ nodal point ที่แต่ละระดับเวลาใหม่ และไม่มีจำเป็นต้องเก็บลักษณะของ particle ไว้ ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ สำหรับปัญหาในเทคนิค MOC ต้องการ particle เป็นจำนวนมาก เทคนิค MMOC ต้องการหน่วยความจำน้อยกว่า เทคนิค MMOC เป็น free of artificial oscillation ถ้าจัดการด้วย lower-order interpolation scheme เช่น linear interpolation (หมายถึง bilinear ในสองมิติ หรือ trilinear ในสามมิติ) อย่างไรก็ตาม lower-order interpolation scheme เทคนิค MMOC ได้เสนอแนะ numerical dispersion บางตัว โดยเฉพาะในปัญหา sharp front higher-order interpolation scheme สามารถใช้เพื่อกำจัดหรือลด numerical dispersion ตัวอย่างเช่น Cheng et. al. (1984) ใช้ quadratic interpolation scheme ในการจำลองสภาพสองมิติ และชี้ให้เห็นว่ามันเป็น free of numerical dispersion อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการคำนวณจะต่ำกว่า linear scheme และสามารถนำไปสู่ artificial oscillation ที่รุนแรงกว่า ในส่วนของปัญหา sharp front Healy และ Russell (1989) ได้ทดลอง interpolation scheme ที่หลากหลายสำหรับปัญหาหนึ่งมิติ และสรุปว่าการผสม linear/quadratic scheme สามารถลด numerical dispersion และ artificial oscillation ได้น้อยที่สุด การคำนวณแบบจำลองหลายๆมิติมากกว่า linear scheme



และไม่ได้อนุรักษ์มวล ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างหนึ่งในเทคนิค MMOC เนื่องจากเทคนิค MMOC ในโมเดลการเคลื่อนที่ MT3D จะใช้วิธี lower-order interpolation scheme และมุ่งที่จะใช้ในเงื่อนไขที่ไม่มี sharp front ดังนั้น ความผิดพลาดของ numerical dispersion บางอย่างเป็นผลมาจากการหาค่าตอบของ scheme ซึ่งไม่สำคัญนัก

#### 4.4 Hybrid Method of Characteristic (HMOC)

MOC หรือ MMOC scheme อาจจะไม่เหมาะสมระหว่าง Eulerian-Lagrangian ทางเลือกของวิธีเหล่านี้ขึ้นกับ การกำหนดสภาพเงื่อนไข (หรือ concentration field มีลักษณะเป็น sharp หรือ smooth fronts) และหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ (โดยทั่วไปการแก้ด้วย MOC ต้องการหน่วยความจำมากกว่าและเวลาในการคำนวณนานกว่า)

เทคนิค HMOC พยายามที่จะรวม strength ของเทคนิค MOC และ MMOC โดยใช้ automatic adaptive scheme มีหลักการข้อเสนองานของ Neuman (1984) พื้นฐานแนวความคิดเบื้องหลัง scheme นี้ คือการดัดแปลงของกระบวนการแก้สมการโดยอัตโนมัติ เพื่อแก้ concentration field ในธรรมชาติ เมื่อ sharp concentration fronts ถูกนำเสนอดvection term จะถูกแก้โดยเทคนิค MOC ผ่านการใช้ particle ที่เคลื่อนที่ไม่อยู่นิ่งซึ่งกระจายรอบๆแต่ละ front ในบาง front advection term ถูกแก้ด้วยเทคนิค MMOC ด้วย particle ที่สมมติ แทนที่ nodal point ซึ่ง track backward ในเวลา เมื่อกระจาย front จากการแพร่ จะทำให้ปฏิกิริยาเคมี forward tracking หยุดโดยอัตโนมัติ และ particle ที่เกี่ยวข้องกันก็จะเคลื่อนที่อีกครั้งหนึ่ง โดยการเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมการสลับเปลี่ยนระหว่าง MOC และ MMOC scheme ขั้นตอนการเลือกนี้สามารถหาค่าตอบที่ถูกต้องกว่า ภายใต้ช่วงทั้งของ Peclet numbers จาก 0 ถึง  $\infty$  โดยไม่มี numerical dispersion ขณะที่เวลาเดียวกันจะใช้ particle น้อยกว่าที่ต้องโดย MOC scheme เพียงอย่างเดียว

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง MT3D ซึ่งประกอบด้วยชุดการคำนวณ 5 ชุด ในการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในชั้นน้ำน่านทปรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

1. Basic Transport Package
2. Advection Package
3. Dispersion Package
4. Sink & Source Mixing Package

1. Basic Transport Package ประกอบด้วยโมดูลหลัก 3 โมดูลและโมดูลรองอื่นๆ ทำหน้าที่ต่างๆกัน คือ

1.1 นิยามสภาพปัญหาที่จำลองโดยอ่านจำนวนชั้น , แถว, หลัก และ stress periods เช่นเดียวกับ transport options

1.2 จัดสรรที่ว่างสำหรับ data arrays พื้นฐานที่จำเป็นตลอดทั้งโมเดล

1.3 อ่านและจัดเตรียม data arrays พื้นฐานที่ใช้ในโมเดลทั้งหมด

1.4 อ่าน stress period timing information

1.5 กำหนด stepsize ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละ transport step

1.6 ปรับปรุงความเข้มข้นของเซลล์ใหม่และเตรียมไว้เพื่อการจำลองใน step ต่อ

ไป

1.7 จัดเตรียมข้อมูลรายละเอียดของ global mass balance

1.8 พิมพ์หรือเก็บผลการจำลองตามที่ใช้ระบุ

## 2. Advection Package

2.1 จัดสรรที่ว่างสำหรับ data arrays ที่จำเป็นใน Advection Package

2.2 อ่านและจัดเตรียม input data ที่จำเป็นในการแก้สมการเทอม Advection

2.3 แก้สมการเทอม Advection โมดูลหลักประกอบด้วยโมดูลย่อยๆ ซึ่งมีหน้าที่ต่างๆกัน ดังนี้

2.3.1 หาเซลล์ที่ตำแหน่งของอนุภาค (I,J,K) ที่พิกัดจาก x,y,z

2.3.2 ประเมินค่าในช่วงความเร็วของอนุภาคที่จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับ

ส่วนของ linear scheme

- 2.3.3 ทำการติดตามการเคลื่อนที่ของอนุภาค (particle tracking) ด้วยวิธี first-order Euler algorithm
- 2.3.4 ทำการติดตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคด้วยวิธี fourth-order Runge-Kutta algorithm
- 2.3.5 จัดการการกระจายของการอนุภาคที่เคลื่อนที่ของอนุภาค โดยการแทรกหรือลดจำนวนอนุภาค ตามที่จำเป็น
- 2.3.6 คำนวณ relative concentration gradient ของเซลล์ด้วยเซลล์ที่ติดกัน
- 2.3.7 แทรกจำนวนอนุภาคใน finite-difference cell สอดคล้องกับแบบที่กำหนดไว้
- 2.3.8 แทรกจำนวนอนุภาคใน finite-difference cell แบบสุ่ม
- 2.3.9 คำนวณความเข้มข้นที่จุดใดจุดหนึ่งจาก nodes ที่ติดกันด้วยการประมาณค่าในช่วงแบบพหุนามอันดับที่หนึ่ง
- 2.3.10 คำนวณ mass flux ที่เข้าหรือออกจาก finite-difference cell ขึ้นกับการกำหนดสูตร finite-difference

### 3. Dispersion Package

- 3.1 จัดสรรที่ว่างสำหรับ data arrays ที่จำเป็นใน Dispersion Package
- 3.2 อ่านและจัดเตรียมค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ของสาร
- 3.3 คำนวณส่วนประกอบของค่าสัมประสิทธิ์ hydrodynamic dispersion
- 3.4 แก้สมการเทอม dispersion โดยใช้วิธี explicit finite difference

### 4. Sink & Source Mixing Package

- 4.1 จัดสรรที่ว่างสำหรับ data arrays ที่จำเป็นใน Sink & Source Mixing Package
- 4.2 อ่านและจัดเตรียมความเข้มข้นของ sources และ/หรือ sinks ซึ่งจะต้องระบุค่า
- 4.3 แก้สมการความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจาก sink/source mixing โดยใช้ explicit finite difference

ภาคผนวก จ  
ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ผ่านมา

## ภาคผนวก จ

ในภาคผนวกนี้แสดงผลการศึกษาที่ผ่านมาของค่าความสามารถในการแพร่ของสาร ตาม  
แนว longitudinal

ตารางที่ ๑-1 ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ               | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                       | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางชลศาสตร์ (m/s)                      | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ( $m^2/s$ )        | ความพรุนใช้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล           | Monitoring                    | Tracer and Input      | Method of Data Interpretation  | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|---|------------|------------------------------------|----------------------------|--|--|------------------|--------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|---------------|---------------------------|--|
| 1     | Adams and Gelhar, Columbus, Mississippi   | 1991       | very heterogeneous sand and gravel | 8                          | $10^{-5}$ to $10^{-3}$                       |  | 35               | 0.03-0.5     | ambient                | three-dimensional             | Br (pulse)            | spatial moment   | 200           | 7.5                       | II   |
| 2     | Ahlstrom et al., Hanford, Washington      | 1997       | glaciofluvial sands and gravels    | 64                         | $5.7 \times 10^{-4}$ to $3.0 \times 10^{-2}$ |  |                  |              | ambient                | two-dimensional               | $^3H$ (contamination) | two-dimensional numerical model                                      | 20000         | 30.5/18.3                 | III  |
| 3     | Bentley and Walter, WIPP                  | 1983       | fractured dolomite                 | 5.5                        |  |  | 18               | 0.3          | two-well recirculating | two-dimensional               | PFB, SCN (step)       | one-dimensional quasi-uniform flow solution (Grove and Beetem, 1971) | 23            | 5.2                       | III  |
| 4     | Biershenk and Cole, Hanford, Washington   | 1953, 1972 | glaciofluvial sands and gravels    | 64                         |  | $1.7 \times 10^{-1}$                         | 10               | 26, 31       | ambient                | two-dimensional               | fluorescein (pulse)   | one-dimensional uniform flow solution                                | 3500          | 6                         | III  |
|       |   |            |                                    |                            |  |  |                  |              |                        |                               |                       |  | 4000          | 460                       | III  |
| 5     | Brodehoelt and Pinder, Brunswick, Georgia | 1973       | limestone                          | 50                         |  | $6.5 \times 10^{-7}$ to $8.6 \times 10^{-7}$ | 35               |              | radial converging      | two-dimensional               | Cl (contamination)    | two-dimensional numerical model                                      | 2000          | 170/52                    | III  |
| 6     | Claasen and Dordes, Amargosa, Nevada      | 1975       | fractured dolomite and limestone   | 15                         |  | $5 \times 10^{-2}$ to $11 \times 10^{-2}$    | 6-60             | 0.14-3.4     | two-well recirculating | two-dimensional               | $^3H$ (pulse)         | one-dimensional quasi-uniform flow solution (Grove and Beetem, 1971) | 122           | 15                        | III  |
| 7     | Daniels, Nevada Test Site                 | 1981, 1982 | alluvium derived from tuff         | 500                        | $1.7 \times 10^{-5}$                         |  |                  | 0.04         | radial converging      | two-dimensional               | $^3H$ (contamination) | radial flow type curve (Sauty, 1980)                                 | 91            | 10.00-30.00               | III  |
| 8     | Dienlin, Le Cellier (Lozere, France)      | 1981       | fractured granite                  | 20                         | $3 \times 10^{-4}$ to $9 \times 10^{-4}$     |  | 2-8              | 3            | radial converging      | two-dimensional               | Cl, I (pulse)         | radial flow type curve (Sauty, 1980)                                 | 5             | 0.5                       | II   |
| 9     | Dieulin, Torcy, France                    | 1980       | alluvium deposits                  | 6                          | $3 \times 10^{-4}$                           |  |                  | 0.5          | ambient                | two-dimensional (resistivity) | Cl (pulse)            | one-dimensional uniform flow solution                                | 15            | 3                         | III  |
| 10    | Egboka et al., Borden                     | 1983       | glaciofluvial sand                 | 7-27                       | $10^{-5}$ to $10^{-2}$                       |  | 38               | 0.01-0.04    | ambient                | three-dimensional             | $^3H$ (environmental) | one-dimensional uniform flow solution                                | 600           | 30-60                     | III  |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                               | ปี   | วัสดุชั้นน้ำ   | ความหนา<br>ของชั้นน้ำ<br>โดยเฉลี่ย | ความนำทาง<br>ซลศาสตร์ (m/s) | ค่าสัมประสิทธิ์<br>การซึมผ่าน<br>(m <sup>2</sup> /s) | ความทวน<br>ไ้การ<br>% | ความเร็ว<br>m/d | รูปแบบการ<br>ไหล          | Monitoring        | Tracer and Input        | Method of Data Interpretation   | Scale<br>of<br>Test | Dispersivity<br>AL/AT/AV<br>(m) | Classification<br>of Reliability of<br>AL/AT/AV<br>(I,II,III) |
|-------|---|------|--|------------------------------------|-----------------------------|--|-----------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---|---------------------|---------------------------------|---|
| 11    | Fenske, Tatum Salt Dome, Mississippi                      | 1973 | limestone  | 53                                 | $4.7 \times 10^{-6}$        |  | 23                    | 1.2             | radial<br>converging      |                   | <sup>3</sup> H (pulse)  | one-dimensional uniform flow solution                                     | 91                  | 11.6                            | III   |
| 12    | Freyberg, Borden  | 1985 | glaciofluvial sand   | 9                                  | $7.2 \times 10^{-5}$        |  | 33 (total)            | 0.09            | ambien:                   | three-dimensional | Br, Cl (pulse)          | spatial moments   | 90                  | 0.43/0.039                      | I   |
| 13    | Fried and Ungemach, Rhine aquifer                         | 1971 | sand, gravel, and cobbles  | 12                                 |                             |  |                       | 9.6             | radial<br>converging      |                   | Cl (pulse)              | one-dimensional radial flow numerical model                               | 6                   | 11                              | III   |
| 14    | Fried, Rhine aquifer (salt mines) southern Alsace, France | 1975 | alluvial; mixture of sand, gravel, and pebbles with clay lenses      | 125                                | $10^{-3}$                   |  |                       |                 | ambien:                   | three-dimensional | Cl (contamination)      | two-dimensional numerical model   | 800                 | 15.00/1                         | III   |
| 15    | Fried, Lyons, France (sanitary landfill)                  | 1975 | alluvial, with sand and gravel and slightly stratified clay lenses   | 20                                 |                             |  |                       | 5               | ambien:                   | two-dimensional   | EC (contamination)      | two-dimensional numerical model   | 600-1000            | 12.00/4                         | III   |
| 16    | Garabedian et al., Cape Cod, Massachusetts                | 1989 | medium to coarse sand with some gravel overlying silty sand and till | 70                                 | $1.3 \times 10^{-3}$        |  | 39                    | 0.43            | ambien:                   | three-dimensional | Br (pulse)              | spatial moments   | 250                 | 0.96/0.018/0.0015               | I   |
| 17    | Gelhar, Hanford, Washington                               | 1982 | brecciated basalt interflow zone                                     |                                    |                             |  |                       |                 | two-well<br>recirculating | two-dimensional   | <sup>31</sup> I (pulse) | one-dimensional nonuniform flow solution along                            | 17.1                | 0.6                             | I   |
| 18    | Gobiet, site B, France                                    | 1982 | fractured granite  | 50                                 | $10^{-5}$ to $10^{-7}$      |  |                       | 84              | radial<br>converging      | two-dimensional   | RhWt, SrCl (pulse)      | one-dimensional uniform flow solution including borehole flushing effects | 17                  | 2                               | III   |
| 19    | Grove, NRTS, Idaho  | 1977 | basaltic lava and sediments  | 76                                 |                             | $1.4 \times 10^{-1}$ to $1.4 \times 10^{-1}$         | 10                    |                 | ambien:                   | two-dimensional   | Cl (contamination)      | two-dimensional numerical model   | 20000               | 91/91                           | III   |
| 20    | Grove and Beetem, Eddy County (near Carlsbad), New Mexico | 1971 | fractured dolomite   | 12                                 |                             |  | 12                    | 3.5             | two-well<br>recirculating | two-dimensional   | <sup>3</sup> H (step)   | one-dimensional quasi-uniform flow solution (Grove and Beetem, 1971)      | 55                  | 38.1                            | III   |
| 21    | Gupta et al., Sutter Basin, California                    | 1975 | sandstone, shale, sand, and alluvial sediments                       |                                    |                             |  |                       |                 | ambien:                   |                   | Cl (environmental)      | three-dimensional numerical model   | 50000               | 80-200/8-20                     | III   |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                            | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                        | ความหนา<br>ของชั้นน้ำ<br>โดยเฉลี่ย | ความนำทาง<br>ชลศาสตร์ (m/s)                  | ค่าสัมประสิทธิ์<br>การซึมผ่าน<br>(m <sup>2</sup> /s) | ความทรม<br>ไ้การ<br>% | ความเร็ว<br>m/d | รูปแบบการ<br>ไหล       | Monitoring      | Tracer and Input               | Method of Data Interpretation                    | Scale<br>of<br>Test | Dispersivity<br>AL/AT/AV<br>(m) | Classification<br>of Reliability of<br>AL/AT/AV<br>(I,II,III) |
|-------|--|------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|--|---------------------|---------------------------------|---|
| 22    | Halevy and Nir and Lenda and Zuber, Nahal Oren, Israel | 1962, 1970 | dolomite                            | 100                                |  |  | 3.4                   | 4               | radial convergin g     | two-dimensional | <sup>60</sup> Co (pulse)       | one-dimensional uniform flow solution            | 250                 | 6                               | II  |
| 23    | Harpaz, southern coastal plain, Israel                 | 1965       | sandstone with silt and clay layers | 90                                 |  |  |                       | 14              | radial convergin g     | two-dimensional | Cl (step)                      | one-dimensional radial flow solution             | 28                  | 0.1-1.0                         | II  |
| 24    | Heiweg and Labadie, Bonsall subbasin, California       | 1977       |                                     |                                    |  |  |                       |                 | ambien:                |                 | TDS (contamination)            | two-dimensional numerical model                  | 14000               | 30.5/9.1                        | III   |
| 25    | Hoehn, lower Glatt Valley, Switzerland                 | 1983       | layered gravel and silty sand       | 25                                 | 9.2x10 <sup>-4</sup> to 6.6x10 <sup>-3</sup> |  |                       | 3.4             | ambien:                | two-dimensional | uranine (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution for layers | 4.4                 | 0.1                             | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 1.8             |                        |                 |                                |  | 4.4                 | 0.01                            | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 1.2             |                        |                 |                                |  | 4.4                 | 0.2                             | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 8.6             |                        |                 |                                |  | 10.4                | 0.3                             | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 4.1             |                        |                 |                                |  | 10.4                | 0.04                            | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 1.7             |                        |                 |                                |  | 10.4                | 0.7                             | III   |
| 26    | Hoehn and Santschi, lower Glatt Valley, Switzerland    | 1987       | layered gravel and silty sand       | 27.5                               | 8.1x10 <sup>-5</sup> to 6.6x10 <sup>-3</sup> |  |                       | 1.5             | ambien:                | two-dimensional | uranine (pulse)                | temporal moment                                  | 4.4                 | 1.1                             | II  |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 3.2             |                        |                 |                                |  | 10.4                | 1.2                             | II  |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 5.6             | ambien:                | two-dimensional | <sup>3</sup> H (environmental) | temporal moment                                  | 100                 | 6.7                             | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 3.9             |                        |                 |                                |  | 110                 | 10                              | III   |
|       |  |            |                                     |                                    |  |  |                       | 3.2             |                        |                 |                                |  | 500                 | 58                              | III   |
| 27    | Huyakorn et al., Mobile, Alabama                       | 1983       | layered medium sand                 | 21.6                               |  |  | 0.35                  |                 | two-well recirculating | two-dimensional | Br (pulse)                     | two-dimensional numerical model                  | 38.3                | 4                               | I   |



ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                                 | ปี   | วัสดุชั้นน้ำ  | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางของศาสตร์ (m/s)                     | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ( $m^2/s$ ) | ความพรุนไร้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล      | Monitoring        | Tracer and Input                 | Method of Data Interpretation          | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AI/AT/AV (I,II,III) |
|-------|---|------|---|----------------------------|--|---------------------------------------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--|---------------|---------------------------|--|
| 28    | Iris, Campuget (Gard), France                               | 1983 | alluvial deposits                                   | 9                          |  | $3.6 \times 10^{-3}$                  |                  | 0.05         | radial converging | three-dimensional | heat (pulse)                     | two-dimensional radial numerical model | 40            | 3/1.5                     | II   |
| 29    | Ivanovitch and Smith, Dorset, England                       | 1973 | fractured chalk                                     |                            | $2.2 \times 10^{-3}$ (fast pulse)            |                                       | 0.5              | 57.6         | radial converging |                   | $^{82}Br$ (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution  | 8             | 3.1                       | III  |
|       |   |      | chalk   |                            | $3.6 \times 10^{-4}$ (slow pulse)            |                                       | 2.3              | 9.6          | radial converging |                   | $^{82}Br$ (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution  | 8             | 1                         | III  |
| 30    | Kies, New Mexico State University, Las Cruces               | 1981 | fluvial sands                                       |                            | $9.5 \times 10^{-6}$                         |                                       | 4.2 (total)      |              | ambient           | two-dimensional   | $NO_3$ (pulse)                   | two-dimensional uniform flow solution  | 25            | 1.6/0.76                  | III  |
| 31    | Klotz et al., Dormach, Germany                              | 1983 | fluvio glacial gravels                              | 14                         |  |                                       |                  | 20           | radial converging | two-dimensional   | $^{82}Br$ , uranine (pulse)      | one-dimensional uniform flow solution  | 10            | 5.1/9                     | II   |
| 32    | Konikow, Rocky Mountain Arsenal                             | 1975 | alluvium  |                            |  |                                       | 30               |              | ambient           |                   | Cl (contamination)               | two-dimensional numerical model        | 13000         | 30.5                      | III  |
| 33    | Konikow and Bredehoeft, Arkansas River valley (at La Junta, | 1974 | alluvium, inhomogeneous clay, silt, sand and gravel |                            | $2.4 \times 10^{-4}$ to $4.2 \times 10^{-3}$ |                                       | 20               |              | ambient           | two-dimensional   | dissolved solids (contamination) | two-dimensional numerical model        | 18000         | 30.5/9.1                  | III  |
| 34    | Kreft et al., Poland  | 1974 | sand  | 2.5                        | $3.1 \times 10^{-5}$ to $1.5 \times 10^{-4}$ | $1.2 \times 10^{-4}$                  | 24               | 29           | radial converging | two-dimensional   | $^{131}I$ (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution  | 5.0-6.0       | 0.18                      | II   |
| 35    | Kreft et al., Zn-Pb deposits, Poland                        | 1974 | fractured dolomite                                  | 57                         | $2.5 \times 10^{-4}$ to $4.7 \times 10^{-4}$ |                                       | 2.4              | 7.5, 100     | radial converging |                   | $^{131}I$ (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution  | 22            | 44-110                    | II   |
|       |   |      | fractured dolomite                                  | 48                         | $2.5 \times 10^{-4}$ to $4.7 \times 10^{-4}$ |                                       | 2.4              | 60, 1, 22.7  | radial converging |                   | $^{131}I$ (pulse)                | one-dimensional uniform flow solution  | 21.3          | 2.1                       | II   |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                               | ปี   | วัสดุชั้นน้ำ                               | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางของศาสตร์ (m/s)    | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (m <sup>2</sup> /s) | ความพรุนใช้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล                | Monitoring        | Tracer and Input            | Method of Data Interpretation                    | Scale of Test    | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|---|------|--|----------------------------|-----------------------------|---|------------------|--------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--|------------------|---------------------------|--|
| 36    | Kreft et al., sulfur deposits, Poland                     | 1974 | limestone                                  | 7                          | $1.1 \times 10^{-4}$        |   | 12.3             | 10,10.8      | radial converging           |                   | <sup>56</sup> Co (pulse)    | one-dimensional uniform flow solution            | 27               | 2.7-27                    | II   |
|       |   |      | limestone                                  | 7                          | $1.1 \times 10^{-4}$        |   | 12.3             | 8.6          | radial converging           |                   | <sup>58</sup> Co (pulse)    | one-dimensional uniform flow solution            | 41.5             | 20.8                      | II   |
| 37    | Lau et al., University of California, Berkeley            | 1957 | sand and gravel with clay lenses           | 1.5                        | $9 \times 10^{-4}$          |   | 30               | 7            | radial converging           |                   | Cl (step)                   | one-dimensional radial numerical model           | 19               | 2.0-3.0                   | I  |
| 38    | Lee et al., Perch Lake, Ontario, (lake bed)               | 1980 | sand                                       |                            | $3.2 \times 10^{-5}$        |   |                  | 0.14         | ambient                     | three-dimensional | Cl (pulse)                  | one-dimensional uniform flow solution            | <=6              | 0.012                     | II   |
| 39    | Inland and Hillel, Amherst, Massachusetts                 | 1981 | fine sand and glacial till                 | 0.75                       | $2.4$ to $3 \times 10^{-4}$ |   | 40               | 0.3-0.6      | ambient                     | three-dimensional | Cl (pulse)                  | two-dimensional uniform flow solution            | 4                | 0.05-0.37                 | III  |
| 40    | Mercado, Yavne region, Israel                             | 1965 | sand and sandstone with some silt and clay | 80                         |                             | $2.1 \times 10^{-9}$ to $2.4 \times 10^{-8}$  | 23.3             | 0.84-3.4     | radial diverging/converging | three-dimensional | <sup>60</sup> Co, Cl (step) | one-dimensional radial flow solution             | <=115            | 0.5-1.5 (injection)       | I  |
|       |   |      |  |                            |                             |   |                  |              |                             |                   |                             | (observation well)                               | phase)           |                           |  |
| 41    | Meyer et al., Koeberg Nuclear Power Station, South Africa | 1981 | sand                                       | 20                         |                             |   |                  | 0.12         | ambient                     | three-dimensional | <sup>131</sup> I (pulse)    | one-dimensional uniform flow solution for layers | 2.0-8.0          | 0.01, 0.03, 0.01, 0.42    | III  |
|       |   |      |  |                            |                             |   |                  |              |                             |                   |                             |  | 0.05 for layers: |                           |  |
|       |   |      |  |                            |                             |   |                  |              |                             |                   |                             |  | 0.42 for depth   |                           |  |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                          | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                   | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางชลศาสตร์ (m/s) | ค่าซึมประสิทธิการซึมผ่าน ( $m^2/s$ )         | ความทวนไ้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล     | Monitoring        | Tracer and Input                                | Method of Data Interpretation           | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m)      | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|--|------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|----------------|--------------|------------------|-------------------|---|---|---------------|--------------------------------|--|
| 42    | Molinari and Peudecerf and Sauty, Bonnaud, France    | 1977, 1977 | sand                           | 3                          |                         | $8.3 \times 10^{-4}$ to $1.1 \times 10^{-3}$ |                | 2.7          | forced uniform   | two-dimensional   |   | two-dimensional uniform flow solution   | 13            | 0.79                           | I  |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 1.0          |                  |                   | $^3H$   |   | 13            | 1.27                           | I  |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 2.4          |                  |                   | $^{131}I$                                       |   | 13            | 0.72                           | I  |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 1.0          |                  |                   | $^{131}I$                                       |   | 26            | 2.23                           | I  |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 2.0          |                  |                   | $^{131}I$                                       |   | 33.2          | 1.94/0.11                      | I  |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 2.0          |                  |                   | $^{131}I$ (pulse)                               |   | 32.5          | 2.73/0.11                      | I  |
| 43    | Molyaner and Killey, Twin Lake aquifer (Chalk River) | 1989 a, b  | fluvial sand                   |                            |                         |  | 40.8 (total)   | 1.2          | ambien:          | three-dimensional | $^{131}I$ (pulse)                               | two-dimensional uniform flow solution   | 40            | 0.06-0.16/...<br>/0.0006-0.002 | II   |
| 44    | Naymik and Barcelona, Meredosia, Illinois (Morgan)   | 1981       | unconsolidated sand and gravel | 27                         |                         | $2.2 \times 10^{-2}$ to $4.3 \times 10^{-2}$ |                |              | ambien:          | three-dimensional | $NH_3$ (contamination)                          | two-dimensional numerical model         | 16.4          | 2.13-3.35/0.6<br>1-0.915       | III  |
| 46    | Roys Hill site                                       |            | gravel with cobbles            | 100                        |                         | 0.29   | 22             | 150-200      | ambien:          | three-dimensional | $^{131}I, RhWt, ^{82}Br, Cl, E$<br>Coli (pulse) | three-dimensional uniform flow solution | 54-59         | 1.4-11.5/0.1-<br>3.3/0.04-3.10 | II   |
| 47    | Flaxmere site 2                                      |            | alluvium (gravels)             | 120                        |                         | 0.37   | 22             | 20-25        | ambien:          | three-dimensional | $RhWt, ^{82}Br$ (pulse)                         | three-dimensional uniform flow solution | 25            | 0.3-1.5/.../0.06               | II   |
| 48    | Hastings City rubbish dump                           |            | alluvium (gravels)             |                            |                         | 0.14, 0.35                                   |                | 20           | ambien:          | three-dimensional | Cl (contamination)                              | three-dimensional uniform flow solution | 290           | 41/10/0.07                     | III  |
| 49    | Oakes and Edworthy, Clipstone, United Kingdom        | 1977       | sandstone                      | 44                         |                         | $2.4 \times 10^{-6}$ to $1.4 \times 10^{-4}$ |                | 5.6, 4.0     | radial diverging | two-dimensional   | $^{82}Br$ (pulse)                               | radial flow numerical model             | 6.3           | 0.16, 0.3/0.3<br>1             | II   |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 9.6          |                  |                   |   |   | 3             | 0.31                           | II   |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                | 2.4, 3.6     | radial diverging | two-dimensional   | Cl, I (pulse)                                   |   | 6             | 0.6                            | II   |
|       |  |            |                                |                            |                         |  |                |              |                  |                   |   |   | 3             | 0.6                            | II   |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                           | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ  | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางซึบซึม (m/s)   | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (m <sup>2</sup> /s)                               | ความพรุนใช้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล                | Monitoring        | Tracer and Input                 | Method of Data Interpretation               | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|---|------------|---|----------------------------|---|---|------------------|--------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|---|---------------|---------------------------|--|
| 50    | Papadopoulos and Larson, Mcbile, Alabama              | 1973       | medium to fine sand Interspersed with clay and silt | 21                         | 5x10 <sup>-4</sup> (horizontal) and 5.1x10 <sup>-4</sup> (vertical) |   | 25               | 0.05         | radial diverging            | two-dimensional   | heat (step)                      | two-dimensional numerical model             | 57.3          | 1.5                       | II   |
| 51    | Pickens and Grisak, Chalk River                       | 1981       | sand  | 8.5                        | 2x10 <sup>-5</sup> to 2x10 <sup>-4</sup>                            |   | 38               | 0.15         | two-well recirculating      | three-dimensional | <sup>51</sup> Cr (step)          | one-dimensional quasi uniform flow solution | 8             | 0.5                       | III  |
|       |   |            | sand  | 8.5                        | 2x10 <sup>-5</sup> to 2x10 <sup>-4</sup>                            |   | 38               | 0.15         | radial diverging/converging | three-dimensional | <sup>131</sup> I (step)          | one-dimensional radial flow solution        | 3             | 0.03                      | III  |
| 52    | Pinder, Long Island                                   | 1973       | glacial outwash                                     | 43                         | 7.5x10 <sup>-4</sup>  |   | 35               | 0.43         | regional                    | three-dimensional | Cr <sup>18</sup> (contamination) | two-dimensional numerical model             | 1000          | 21.3/4.2                  | III  |
| 53    | Rabinowitz and Gress, Roswell Basin, New Mexico       | 1972       | fractured limestone                                 | 61                         |   | 1.1x10 <sup>-2</sup> to 2.9x10 <sup>-1</sup>                                | 1                | 11-21        | regional                    | two-dimensional   | <sup>3</sup> H (environmental)   | one-dimensional uniform flow solution       | 32000         | 20-23                     | III  |
| 54    | Rajaram and Gelhar, Borden                            | 1991       | glaciofluvial sand                                  | 9                          | 7.2x10 <sup>-5</sup>  |   | 33 (total)       | 0.09         | ambient                     | three-dimensional | Br,Cl (pulse)                    | spatial moments                             | 90            | 0.50/0.05/0.0022          | I  |
| 55    | Roberts et al., Palo Alto bay lands                   | 1981       | sand, gravel, and silt                              | 2                          |   | 1.25x10 <sup>-3</sup> (lower aquifer); 5.0x10 <sup>-4</sup> (upper aquifer) | 25               | 15.5         | radial diverging            | two-dimensional   | Cl (step)                        | one-dimensional uniform                     | 11            | 5                         | III  |
|       |   |            |   |                            |   |   |                  | 12.0         |                             |                   |                                  | flow solution                               | 20            | 2                         | III  |
|       |   |            |   |                            |   |   |                  | 3.5          |                             |                   |                                  |   | 40            | 8                         | III  |
|       |   |            |   |                            |   |   |                  | 25.6         |                             |                   |                                  |   | 16            | 4                         | III  |
|       |   |            |   |                            |   |   |                  | 7.9          |                             |                   |                                  |   | 43            | 11                        | III  |
| 56    | Robertson, and Robertson and Barraclough, NRTS, Idaho | 1974, 1973 | basaltic lava and sediments                         | 76                         |   | 1.4x10 <sup>-1</sup> to 1.4x10 <sup>-1</sup>                                | 10               | 1.5-8        | regional                    | two-dimensional   | Cl (contamination)               | two-dimensional numerical model             | 20000         | 910/1370                  | III  |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                                  | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                                 | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางชลศาสตร์ (m/s)  | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ( $m^2/s$ )        | ความพรุนใช้การ % | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล           | Monitoring        | Tracer and Input    | Method of Data Interpretation                      | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|--|------------|--|----------------------------|--|--|------------------|--------------|------------------------|-------------------|---------------------|--|---------------|---------------------------|--|
| 57    | Robson, Barstow, California                                  | 1974, 1979 | alluvial sediments                           | 27                         |  | $2.1 \times 10^{-4}$ to $1 \times 10^{-2}$   | 40               |              | two-well recirculating | two-dimensional   | Cl (step)           | one-dimensional quasi-uniform flow solution        | 6.4           | 15.2                      | III  |
|       |  |            |  |                            |  |  | 40               | 3            | regional               | two-dimensional   | TDS (contamination) | two-dimensional numerical model                    | 10000         | 61/18                     | III  |
| 58    | Robson, Barstow, California                                  | 1979       | alluvial sediments                           | 30.5                       | $5 \times 10^{-4}$   |  | 40               |              | regional               | three-dimensional | TDS (contamination) | two-dimensional numerical model (vertical section) | 3200          | 61/.../0.2                | III  |
| 59    | Rousselot et al., Bylles-Saint Vulbas near Lyon, France      | 1977       | clay, sand, and gravel                       | 12                         | $6.5 \times 10^{-3}$ to $1.5 \times 10^{-2}$                           |  | 14               | 18           | radial converging      | two-dimensional   | Cl (pulse)          | one-dimensional uniform flow solution for layers   | 9.3           | 6.9                       | II   |
|       |  |            |  |                            |  |  | 2.1-1.8          | 11.5, 3.8    |                        |                   |                     | flow solution for layers                           | 5.3           | 0.3, 0.7                  | III  |
|       |  |            |  |                            |  |  | 1.8-5.9          | 46.7, 16     |                        |                   |                     |  | 10.7          | 0.46, 1.1                 | III  |
|       |  |            |  |                            |  |  | 11-24            | 24           |                        |                   |                     |  | 7.1           | 0.37                      | II   |
| 60    | Sauty, Corbas, France  | 1977       | sand and gravel                              | 12                         |  |  |                  | 125, 100     | radial converging      | two-dimensional   | Cl (pulse)          | one-dimensional uniform flow solution for layers   | 25            | 11, 1.25                  | III  |
|       |  |            |  |                            |  |  |                  | 15.5, 78     |                        |                   |                     |  | 50            | 25.6, 25                  | III  |
|       |  |            |  |                            |  |  |                  | 6.9          |                        |                   |                     |  | 150           | 12.5                      | II   |
| 61    | Sauty et al., Bonnaud, France                                | 1979       | sand   | 3                          |  | $8.3 \times 10^{-4}$ to $1.1 \times 10^{-3}$ |                  |              | radial converging      | two-dimensional   | heat (step)         | one-dimensional radial flow solution               | 13            | 1                         | II   |
| 62    | Segol and Pinder, Cutler area, Biscayne Bay aquifer, Florida | 1975       | fractured limestone and calcareous sandstone | 30.5                       | $0.4 \times 10^{-2}$ (horizontal) and $0.09 \times 10^{-4}$ (vertical) |  | 25               | 20           | ambient                | three-dimensional | Cl (environmental)  | two-dimensional numerical model                    | 490           | 6.7/.../0.67              | III  |
| 63    | Sudicky et al., Borden                                       | 1983       | glaciofluvial sand                           | 7-27                       | $4.8 \times 10^{-5}$ to $7.6 \times 10^{-5}$                           |  | 38               |              | ambient                | three-dimensional | Cl (pulse)          | three-dimensional uniform flow solution            | 11            | 0.08/0.03                 | II   |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                                   | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                            | ความหนาของชั้นน้ำโดยเฉลี่ย | ความนำทางซลศาสตร์ (m/s)   | ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (m <sup>2</sup> /s)                                  | ความพรุนใช้การ %                  | ความเร็ว m/d | รูปแบบการไหล           | Monitoring        | Tracer and Input                             | Method of Data Interpretation               | Scale of Test | Dispersivity AL/AT/AV (m) | Classification of Reliability of AL/AT/AV (I,II,III) |
|-------|---|------------|---|----------------------------|---|--|-----------------------------------|--------------|------------------------|-------------------|--|---|---------------|---------------------------|--|
|       |   |            |   |                            |   |  |                                   |              |                        |                   |  |   | 0.75          | 0.01/0.005                | II   |
| 64    | Sykes et al., Borden  | 1982, 1983 | sand                                    |                            | $5.8 \text{ to } 7.2 \times 10^{-5}$                                      |  | 35                                | 0.07-0.25    | ambien:                | three-dimensional | Cl (pulse)                                   | two-dimensional numerical model             | 700           | 7.6/.../0.31              | III  |
| 65    | Sykes et al., Mobile, Alabama                                 | 1983       | sand, silt, and clay                    | 21                         | $5 \times 10^{-4}$<br>(horizontal) and<br>$2.5 \times 10^{-4}$ (vertical) |  | 25                                | 0.05         | radial converging      | three-dimensional | heat (step)                                  | three-dimensional numerical model           | 57.3          | 0.76/.../0.15             | II   |
| 66    | Vaccaro and Bolke, Spokane aquifer, Washington and Idaho      | 1983       | glaciofluvial sand and gravel           | 152                        |   | $9 \times 10^{-6}$ to 6.5  | 7-40                              | 0.003-2.8    | ambien:                |                   | Cl (contamination)                           | two-dimensional numerical model             | 43400         | 91.4/27.4                 | III  |
| 67    | Valocchi et al., Palo Alto bay lands                          | 1981       | sand, gravel, and silt                  | 2                          |   | $1.25 \times 10^{-3}$ (lower aquifer);<br>$5.0 \times 10^{-4}$ (upper aquifer) | 25                                | 27           | radial diverging       |                   | Cl (step)                                    | two-dimensional numerical model             | 16            | 1.0/0.1                   | I  |
| 68    | Walter, W PP  | 1983       | fractured dolomite                      | 7                          |   | $8.0 \times 10^{-5}$   | 0.7 and 1' (along separate paths) | 4.7, 2.4     | radial diverging       | two-dimensional   | MTFMB, PFB, MIFB, para-FB (pulse)            | one-dimensional uniform flow solution       | 30            | 10.0-15.0                 | III  |
| 69    | Webster et al., Savannah River Plant, South Carolina          | 1973       | crystaline, fractured schist and gneiss | 76                         | $3.6 \times 10^{-7}$  |  |                                   | 1.3, 21.4    | two-well recirculating | two-dimensional   | <sup>85</sup> Sr<br><sup>85</sup> Br (pulse) | one-dimensional quasi-uniform flow solution | 538           | 134                       | III  |
| 70    | Werner et al., Hydrothermal Test Site, Aeffligen, Switzerland | 1983       | gravel                                  | 20                         | $6 \times 10^{-3}$  |  | 17                                | 9.1          | ambien:                | three-dimensional | heat (step)                                  | one-dimensional numerical model             | 700           | 130-234                   | III  |
|       |   |            |   |                            |   |  |                                   |              |                        |                   |  |   | 37            | 131                       | III  |
|       |   |            |   |                            |   |  |                                   |              |                        |                   |  |   | 105           | 208                       | III  |
|       |   |            |   |                            |   |  |                                   |              |                        |                   |  |   | 200           | 234                       | III  |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ผลการศึกษาค่าความสามารถในการซึมได้ที่ผ่านมา

| ลำดับ | รายการอ้างอิงและชื่อโครงการ                                 | ปี         | วัสดุชั้นน้ำ                          | ความหนา<br>ของชั้นน้ำ<br>โดยเฉลี่ย | ความนำทาง<br>ซลศาสตร์ (m/s) | ค่าสัมประสิทธิ์<br>การซึมผ่าน<br>(m <sup>2</sup> /s) | ความพรุน<br>ใช้การ<br>% | ความเร็ว<br>m/d | รูปแบบการ<br>ไหล       | Monitoring        | Tracer and Input                         | Method of Data Interpretation               | Scale<br>of<br>Test | Dispersivity<br>AL/AT/AV<br>(m) | Classification<br>of Reliability of<br>AL/AT/AV<br>(I,II,III) |
|-------|---|------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|-----------------|------------------------|-------------------|--|---|---------------------|---------------------------------|---|
| 71    | Webb et al., and Lenda and Zuber, Burdekin Delta, Australia | 1967, 1973 | sand and gravel                       | 6.1                                | $5.5 \times 10^{-3}$        |  | 32                      | 29              | radial diverging       |                   | <sup>131</sup> I, <sup>3</sup> H (pulse) | one-dimensional uniform flow solution       | 18.3                | 0.26                            | II  |
| 72    | Wilson and Robson, Tucson, Arizona                          | 1971, 1974 | unconsolidated gravel, sand, and silt |                                    |                             | $5.75 \times 10^{-3}$                                | 38                      |                 | two-well recirculating | three-dimensional | Cl (step)                                | one-dimensional quasi-uniform flow solution | 79.2                | 15.2                            | III   |
|       |   |            |                                       |                                    |                             |  |                         |                 |                        | two-dimensional   | Cl (step)                                | one-dimensional radial flow                 | 4.6                 | 0.55                            | III   |
| 73    | Wood, Aquia Formation, southern Maryland                    | 1981       | sand                                  | 1000                               |                             | $2.9 \times 10^{-4}$ to $8.7 \times 10^{-4}$         | 35                      | 0.0003-0.007    | ambient                |                   | Na <sup>+</sup>                          | one-dimensional uniform flow solution       | 10 <sup>-5</sup>    | 5600-40300                      | III   |
| 74    | Wood and Ehrlich and Bassett et al., Lubbock, Texas         | 1978, 1983 | sand and gravel                       | 17                                 |                             | $3.2 \times 10^{-3}$ to $4.4 \times 10^{-3}$         |                         | 78              | radial diverging       | two-dimensional   | I (pulse)                                | one-dimensional radial flow solution        | 1.52                | 0.015                           | II  |

ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณระดับน้ำเปรียบเทียบกับบ่อสังเกตการณ์



## ภาคผนวก จ

ในภาคผนวกนี้แสดงผลการคำนวณและการเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับบ่อสังเกตการณ์ และแสดงผลการคำนวณสมมูลของน้ำบาดาลในการจำลองในช่วงเวลาที่ต่างกัน และค่าความคาดเคลื่อนของระดับน้ำบาดาลจากการปรับเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำบาดาล

ตารางที่ ๑-1 สมดุลของน้ำบาดาลช่วงปี พ.ศ. 2529-2535

| ชั้นน้ำ | Source/Sinks  | 2529      |            | 2530      |            | 2531      |            | 2532      |            | 2533      |            | 2534      |            | 2535      |            |
|---------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|         |               | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   |
| UC      | Constant head | 954,945   | 0          | 972,644   | 0          | 982,667   | 0          | 982,480   | 0          | 1,002,356 | 0          | 1,058,067 | 0          | 1,124,439 | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -954,945   | 0         | -972,644   | 0         | -982,667   | 0         | -982,480   | 0         | -1,002,356 | 0         | -1,058,067 | 0         | -1,124,439 |
|         | Total         | 954,945   | -954,945   | 972,644   | -972,644   | 982,667   | -982,667   | 982,480   | -982,480   | 1,002,356 | -1,002,356 | 1,058,067 | -1,058,067 | 1,124,439 | -1,124,439 |
|         | Storage       | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            |
| BC      | Upper Leakage | 954,945   | 0          | 972,644   | 0          | 982,667   | 0          | 982,480   | 0          | 1,002,356 | 0          | 1,058,067 | 0          | 1,124,439 | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -954,955   | 0         | -972,806   | 0         | -982,790   | 0         | -982,560   | 0         | -1,002,565 | 0         | -1,058,445 | 0         | -1,124,909 |
|         | Lateral flow  | 22        | -22        | 23        | -23        | 23        | -23        | 24        | -23        | 24        | -24        | 26        | -25        | 28        | -27        |
|         | Total         | 954,968   | -954,977   | 972,667   | -972,829   | 982,690   | -982,813   | 982,503   | -982,583   | 1,002,381 | -1,002,589 | 1,058,093 | -1,058,470 | 1,124,467 | -1,124,937 |
|         | Storage       | -10       |            | -162      |            | -123      |            | -79       |            | -208      |            | -377      |            | -469      |            |
| BK      | Pumping       | 0         | -27,686    | 0         | -28,098    | 0         | -28,418    | 0         | -29,427    | 0         | -29,921    | 0         | -31,630    | 0         | -33,445    |
|         | Upper Leakage | 954,955   | 0          | 972,806   | 0          | 982,790   | 0          | 982,560   | 0          | 1,002,565 | 0          | 1,058,445 | 0          | 1,124,909 | 0          |
|         | Lower Leakage | 6         | -929,362   | 6         | -948,810   | 6         | -958,391   | 7         | -956,920   | 7         | -977,446   | 5         | -1,033,444 | 1         | -1,099,065 |
|         | Lateral flow  | 261,325   | -258,384   | 266,454   | -263,429   | 265,404   | -262,310   | 260,548   | -257,442   | 261,602   | -258,424   | 275,077   | -271,749   | 291,724   | -288,239   |
|         | Total         | 1,216,286 | -1,215,432 | 1,239,266 | -1,240,337 | 1,248,200 | -1,249,119 | 1,243,115 | -1,243,789 | 1,264,175 | -1,265,791 | 1,333,526 | -1,336,823 | 1,416,635 | -1,420,750 |
|         | Storage       | 854       |            | -1,071    |            | -919      |            | -674      |            | -1,616    |            | -3,297    |            | -4,115    |            |
| PD      | Pumping       | 0         | -268,308   | 0         | -282,744   | 0         | -285,663   | 0         | -291,827   | 0         | -304,936   | 0         | -316,499   | 0         | -325,644   |
|         | Upper Leakage | 929,362   | -6         | 948,810   | -6         | 958,391   | -6         | 956,920   | -7         | 977,446   | -7         | 1,033,444 | -5         | 1,099,065 | -1         |
|         | Lower Leakage | 1,656     | -681,771   | 1,921     | -692,467   | 2,158     | -699,893   | 2,626     | -693,784   | 3,470     | -708,539   | 3,348     | -758,911   | 3,024     | -819,400   |
|         | Lateral flow  | 894,598   | -874,564   | 919,847   | -899,168   | 925,895   | -904,235   | 927,860   | -904,605   | 968,615   | -942,297   | 1,026,843 | -998,589   | 1,100,786 | -1,070,782 |
|         | Total         | 1,825,616 | -1,824,649 | 1,870,579 | -1,874,385 | 1,886,444 | -1,889,797 | 1,887,406 | -1,890,223 | 1,949,531 | -1,955,780 | 2,063,635 | -2,074,004 | 2,202,876 | -2,215,828 |
| Storage | 967           |           | -3,806     |           | -3,354     |           | -2,817     |           | -6,248     |           | -10,369    |           | -12,952    |           |            |
| NL      | Pumping       | 0         | -510,654   | 0         | -534,746   | 0         | -531,825   | 0         | -520,489   | 0         | -538,224   | 0         | -582,430   | 0         | -636,032   |
|         | Upper Leakage | 681,771   | -1,656     | 692,467   | -1,921     | 699,893   | -2,158     | 693,784   | -2,626     | 708,539   | -3,470     | 758,911   | -3,348     | 819,400   | -3,024     |
|         | Lower Leakage | 32,108    | -247,556   | 36,549    | -249,565   | 34,847    | -259,489   | 31,611    | -261,338   | 32,721    | -268,866   | 33,712    | -286,845   | 37,053    | -304,147   |
|         | Lateral flow  | 1,377,924 | -1,330,269 | 1,434,943 | -1,383,584 | 1,461,141 | -1,408,139 | 1,451,137 | -1,396,557 | 1,530,544 | -1,472,051 | 1,647,805 | -1,584,738 | 1,775,724 | -1,709,994 |
|         | Total         | 2,091,803 | -2,090,136 | 2,163,959 | -2,169,816 | 2,195,881 | -2,201,610 | 2,176,532 | -2,181,011 | 2,271,804 | -2,282,812 | 2,440,428 | -2,457,361 | 2,632,177 | -2,653,197 |
| Storage | 1,667         |           | -5,857     |           | -5,729     |           | -4,478     |           | -10,808    |           | -16,933    |           | -21,020    |           |            |
| NB      | Pumping       | 0         | -260,386   | 0         | -282,213   | 0         | -297,554   | 0         | -296,243   | 0         | -319,874   | 0         | -361,855   | 0         | -392,986   |
|         | Upper Leakage | 247,556   | -32,108    | 249,565   | -36,549    | 259,489   | -34,847    | 261,338   | -31,611    | 268,866   | -32,721    | 286,845   | -33,712    | 304,147   | -37,053    |
|         | Lower Leakage | 54,089    | -47,682    | 61,621    | -45,105    | 62,336    | -44,220    | 56,189    | -45,845    | 60,237    | -48,501    | 69,817    | -49,566    | 78,891    | -52,784    |

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) สมดุลของน้ำบาดาลช่วงปี พ.ศ. 2529-2535

| ชั้นน้ำ | Source/Sinks   | 2529       |            | 2530       |             | 2531       |             | 2532       |             | 2533       |             | 2534       |             | 2535       |             |
|---------|----------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|         |                | Flow In    | Flow Out   | Flow In    | Flow Out    | Flow In    | Flow Out    | Flow In    | Flow Out    | Flow In    | Flow Out    | Flow In    | Flow Out    | Flow In    | Flow Out    |
|         | Lateral flow   | 1,525,063  | -1,482,999 | 1,559,759  | -1,515,390  | 1,563,693  | -1,517,624  | 1,507,532  | -1,457,791  | 1,548,220  | -1,492,253  | 1,682,608  | -1,820,410  | 1,822,140  | -1,754,344  |
|         | Total          | 1,826,707  | -1,823,175 | 1,870,944  | -1,879,257  | 1,885,517  | -1,894,245  | 1,825,060  | -1,831,490  | 1,877,323  | -1,893,349  | 2,039,270  | -2,065,543  | 2,205,178  | -2,237,167  |
|         | Storage        | 3,533      |            | -8,312     |             | -8,728     |             | -6,430     |             | -16,026    |             | -26,272    |             | -31,988    |             |
| SK      | Pumping        | 0          | -20,226    | 0          | -23,661     | 0          | -26,755     | 0          | -32,821     | 0          | -41,010     | 0          | -49,184     | 0          | -54,838     |
|         | Upper Leakance | 47,682     | -54,089    | 45,105     | -61,621     | 44,220     | -62,336     | 45,845     | -56,189     | 48,501     | -60,237     | 49,566     | -69,817     | 52,784     | -78,891     |
|         | Lower Leakance | 24,162     | -9,485     | 29,059     | -8,437      | 31,450     | -7,632      | 30,641     | -7,239      | 34,395     | -7,090      | 42,324     | -6,888      | 48,686     | -7,520      |
|         | Lateral flow   | 536,792    | -520,810   | 536,145    | -519,612    | 532,447    | -515,323    | 511,972    | -494,688    | 517,964    | -499,754    | 559,429    | -539,247    | 606,546    | -584,390    |
|         | Total          | 608,636    | -604,609   | 610,309    | -613,330    | 608,116    | -612,046    | 588,458    | -590,937    | 600,860    | -608,091    | 651,318    | -665,137    | 708,016    | -725,638    |
|         | Storage        | 4,026      |            | -3,022     |             | -3,929     |             | -2,479     |             | -7,231     |             | -13,819    |             | -17,622    |             |
| PT      | Pumping        | 0          | -876       | 0          | -1,302      | 0          | -1,408      | 0          | -1,817      | 0          | -3,433      | 0          | -4,485      | 0          | -6,667      |
|         | Upper Leakance | 9,484      | -24,162    | 8,437      | -29,059     | 7,632      | -31,450     | 7,239      | -30,641     | 7,090      | -34,395     | 6,888      | -42,324     | 7,520      | -48,686     |
|         | Lower Leakance | 13,002     | -4,106     | 14,985     | -3,244      | 16,355     | -2,578      | 16,592     | -2,206      | 18,560     | -1,702      | 22,309     | -1,326      | 25,622     | -1,189      |
|         | Lateral flow   | 162,090    | -154,201   | 159,304    | -151,336    | 157,611    | -149,518    | 152,469    | -143,439    | 150,710    | -142,567    | 157,700    | -149,069    | 168,730    | -159,383    |
|         | Total          | 184,576    | -183,145   | 182,726    | -184,940    | 181,598    | -184,953    | 176,300    | -178,103    | 176,360    | -182,097    | 186,897    | -197,204    | 201,872    | -215,925    |
|         | Storage        | 1,431      |            | -2,215     |             | -3,356     |             | -1,803     |             | -5,737     |             | -10,307    |             | -14,054    |             |
| TB      | Pumping        | 0          | -1,746     | 0          | -1,846      | 0          | -1,846      | 0          | -1,875      | 0          | -3,207      | 0          | -4,666      | 0          | -6,875      |
|         | Upper Leakance | 4,106      | -13,002    | 3,244      | -14,985     | 2,578      | -16,355     | 2,206      | -16,592     | 1,702      | -18,560     | 1,326      | -22,309     | 1,189      | -25,622     |
|         | Lower Leakance | 6,374      | -56        | 6,197      | -61         | 6,095      | -65         | 5,962      | -70         | 5,924      | -73         | 6,110      | -74         | 6,492      | -72         |
|         | Lateral flow   | 152,415    | -147,162   | 148,749    | -143,440    | 146,751    | -141,358    | 141,337    | -135,933    | 141,939    | -136,429    | 150,578    | -144,772    | 165,156    | -158,918    |
|         | Total          | 162,896    | -161,966   | 158,189    | -160,332    | 155,424    | -159,624    | 149,505    | -154,470    | 149,565    | -158,269    | 158,014    | -171,821    | 172,836    | -191,486    |
|         | Storage        | 929        |            | -2,143     |             | -4,200     |             | -4,965     |             | -8,704     |             | -13,807    |             | -18,650    |             |
| PN      | Pumping        | 0          | -6,021     | 0          | -6,689      | 0          | -7,762      | 0          | -9,876      | 0          | -12,239     | 0          | -13,155     | 0          | -13,211     |
|         | Upper Leakance | 56         | -6,374     | 61         | -6,197      | 65         | -6,095      | 70         | -5,962      | 73         | -5,924      | 74         | -6,110      | 72         | -6,492      |
|         | Lower Leakance | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           |
|         | Lateral flow   | 173,850    | -170,277   | 181,073    | -177,392    | 198,636    | -194,711    | 217,147    | -212,743    | 238,445    | -233,471    | 252,480    | -247,039    | 256,204    | -250,576    |
|         | Total          | 173,907    | -182,672   | 181,133    | -190,277    | 198,701    | -208,568    | 217,216    | -228,581    | 238,518    | -251,634    | 252,554    | -266,305    | 256,275    | -270,279    |
|         | Storage        | -8,765     |            | -9,144     |             | -9,867     |             | -11,365    |             | -13,116    |             | -13,751    |             | -14,003    |             |
| Total   |                | 10,000,339 | -9,995,706 | 10,222,416 | -10,258,147 | 10,325,238 | -10,365,442 | 10,228,576 | -10,263,667 | 10,532,872 | -10,602,567 | 11,241,802 | -11,350,733 | 12,044,771 | -12,179,646 |
| IN-OUT  |                | 4,633      |            | -35,732    |             | -40,204    |             | -35,091    |             | -69,695    |             | -108,931   |             | -134,875   |             |

ตารางที่ ๑-2 สมดุลของน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่างๆ ช่วงปี พ.ศ.2536-2540

| ชั้นน้ำ | Sources/Sinks  | 2536    |          | 2537    |          | 2538    |          | 2539    |          | 2540    |          | เฉลี่ย  |          |
|---------|----------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
|         |                | Flow In | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In | Flow Out |
| UC      | Constant head  | 1039051 | 0        | 1130563 | 0        | 1254033 | 0        | 1371825 | 0        | 1435921 | 0        | 1246279 | 0        |
|         | Upper Leakance | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        |
|         | Lower Leakance | 0       | -1039051 | 0       | -1130563 | 0       | -1254033 | 0       | -1371825 | 0       | -1435921 | 0       | -1246279 |
|         | Total          | 1039051 | -1039051 | 1130563 | -1130563 | 1254033 | -1254033 | 1371825 | -1371825 | 1435921 | -1435921 | 1246279 | -1246279 |
|         | Storage        | 0       |          | 0       |          | 0       |          | 0       |          | 0       |          | 0       |          |
| BC      | Pumpage        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        | 0       | 0        |
|         | Upper Leakance | 1039051 | 0        | 1130563 | 0        | 1254033 | 0        | 1371825 | 0        | 1435921 | 0        | 1246279 | 0        |
|         | Lower Leakance | 0       | -1038447 | 0       | -1131243 | 0       | -1254692 | 0       | -1372500 | 0       | -1436246 | 0       | -1246625 |
|         | Lateral flow   | 1       | 0        | 1       | 0        | 1       | 0        | 1       | 0        | 1       | 0        | 1       | 0        |
|         | Total          | 1039051 | -1038447 | 1130564 | -1131243 | 1254034 | -1254692 | 1371825 | -1372500 | 1435921 | -1436246 | 1246279 | -1246625 |
|         | Storage        | 605     |          | -679    |          | -658    |          | -675    |          | -325    |          | -346    |          |
| BK      | Pumpage        | 0       | -23103   | 0       | -24342   | 0       | -24872   | 0       | -25195   | 0       | -25202   | 0       | -24543   |
|         | Upper Leakance | 1038447 | 0        | 1131243 | 0        | 1254692 | 0        | 1372500 | 0        | 1436246 | 0        | 1246625 | 0        |
|         | Lower Leakance | 0       | -1013813 | 0       | -1117781 | 0       | -1240856 | 0       | -1358033 | 0       | -1418162 | 0       | -1229729 |
|         | Lateral flow   | 4132    | -1085    | 4371    | -1121    | 4348    | -1211    | 4664    | -1318    | 4838    | -1392    | 4471    | -1225    |
|         | Total          | 1042578 | -1038000 | 1135614 | -1143244 | 1259039 | -1266939 | 1377164 | -1384548 | 1441084 | -1444755 | 1251096 | -1255497 |
|         | Storage        | 4578    |          | -7630   |          | -7900   |          | -7381   |          | -3671   |          | -4401   |          |
| PD      | Pumpage        | 0       | -186900  | 0       | -214457  | 0       | -205282  | 0       | -214271  | 0       | -212626  | 0       | -206707  |
|         | Upper Leakance | 1013813 | 0        | 1117781 | 0        | 1240856 | 0        | 1358033 | 0        | 1418162 | 0        | 1229729 | 0        |
|         | Lower Leakance | 1575    | -835968  | 2825    | -957818  | 442     | -1088811 | 626     | -1199363 | 22      | -1251950 | 1098    | -1066782 |
|         | Lateral flow   | 23433   | -281     | 27505   | -311     | 30177   | -366     | 33397   | -557     | 35965   | -697     | 30095   | -443     |
|         | Total          | 1038821 | -1023149 | 1148111 | -1172586 | 1271475 | -1294459 | 1392056 | -1414191 | 1454148 | -1465273 | 1260922 | -1273932 |
|         | Storage        | 15671   |          | -24475  |          | -22984  |          | -22136  |          | -11125  |          | -13010  |          |
| NL      | Pumpage        | 0       | -526660  | 0       | -719015  | 0       | -793304  | 0       | -851333  | 0       | -840379  | 0       | -746138  |
|         | Upper Leakance | 835968  | -1575    | 957818  | -2825    | 1088811 | -601     | 1199363 | -626     | 1251950 | -22      | 1066782 | -1130    |
|         | Lower Leakance | 16669   | -363932  | 41713   | -391453  | 41210   | -458062  | 40932   | -510331  | 33987   | -557051  | 34902   | -456166  |
|         | Lateral flow   | 56921   | -451     | 71097   | -1059    | 80145   | -1343    | 85959   | -1795    | 92183   | -2163    | 77261   | -1362    |
|         | Total          | 909559  | -892618  | 1070628 | -1114353 | 1210166 | -1253311 | 1326254 | -1364085 | 1378121 | -1399614 | 1178946 | -1204796 |
|         | Storage        | 16941   |          | -43724  |          | -43144  |          | -37830  |          | -21494  |          | -25850  |          |

ตารางที่ ๑-2 (ต่อ) สมดุลของน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่างๆ ช่วงปี พ.ศ.2536-2540

| ชั้นน้ำ | Sources/Sinks | 2536    |          | 2537     |          | 2538    |          | 2539     |          | 2540    |          | เฉลี่ย   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|---------|---------------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|--|----------|--|---------|--|----------|--|---------|--|----------|
|         |               | Flow In | Flow Out | Flow In  | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In  | Flow Out | Flow In | Flow Out | Flow In  | Flow Out |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| NB      | Pumpage       | 0       | -370125  | 0        | -503849  | 0       | -568653  | 0        | -600190  | 0       | -582748  | 0        | -525113  |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Upper Leakage | 363932  | -16669   | 391453   | -41713   | 458062  | -41210   | 510331   | -40932   | 557051  | -33987   | 456166   | -34902   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lower Leakage | 54605   | -84369   | 95751    | -76094   | 100285  | -90509   | 99549    | -105787  | 81307   | -139605  | 86299    | -99273   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lateral flow  | 60044   | -1297    | 68892    | -1338    | 76245   | -3631    | 83158    | -5752    | 86471   | -6771    | 74962    | -3758    |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Total         | 478581  | -472461  | 556096   | -622995  | 634592  | -704003  | 693038   | -752661  | 724829  | -763112  | 617427   | -663046  |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Storage       | 6120    |          | -66899   |          | -69411  |          | -59623   |          | -38283  |          | -45619   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| SK      | Pumpage       | 0       | -78400   | 0        | -87389   | 0       | -124017  | 0        | -135133  | 0       | -146660  | 0        | -114320  |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Upper Leakage | 84369   | -54605   | 76094    | -95751   | 90509   | -100285  | 105787   | -99549   | 139605  | -81307   | 99273    | -86299   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lower Leakage | 35940   | -14439   | 55968    | -11908   | 72556   | -15482   | 73321    | -21759   | 60816   | -38732   | 59720    | -20464   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lateral flow  | 24721   | 0        | 29046    | -19      | 34139   | -51      | 38580    | -50      | 40771   | -55      | 33451    | -35      |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Total         | 145030  | -147444  | 161109   | -195067  | 197204  | -239835  | 217688   | -256492  | 241192  | -266754  | 192444   | -221118  |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Storage       | -2414   |          | -33958   |          | -42631  |          | -38804   |          | -25562  |          | -28674   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| PT      | Pumpage       | 0       | -20594   | 0        | -22544   | 0       | -40102   | 0        | -51239   | 0       | -79920   | 0        | -42880   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Upper Leakage | 14439   | -35940   | 11908    | -55968   | 15482   | -72556   | 21759    | -73321   | 38732   | -60816   | 20464    | -59720   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lower Leakage | 26313   | -2467    | 36004    | -3496    | 53454   | -3686    | 58747    | -4448    | 60634   | -19166   | 47031    | -6653    |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lateral flow  | 9961    | 0        | 11362    | 0        | 13387   | 0        | 15241    | 0        | 16486   | 0        | 13287    | 0        |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Total         | 50714   | -59001   | 59274    | -82008   | 82323   | -116345  | 95747    | -129007  | 115852  | -159902  | 80782    | -109253  |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Storage       | -8287   |          | -22734   |          | -34022  |          | -33260   |          | -44050  |          | -28471   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| TB      | Pumpage       | 0       | -6224    | 0        | -10180   | 0       | -13188   | 0        | -15648   | 0       | -16230   | 0        | -12294   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Upper Leakage | 2467    | -26313   | 3496     | -36004   | 3686    | -53454   | 4448     | -58747   | 6013    | -60634   | 4022     | -47031   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lower Leakage | 6676    | -68      | 6951     | -64      | 7917    | -54      | 9119     | -41      | 10088   | -31      | 8150     | -52      |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lateral flow  | 6603    | 0        | 7517     | 0        | 8881    | 0        | 10332    | 0        | 11571   | 0        | 8981     | 0        |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Total         | 15746   | -32605   | 17965    | -46248   | 20485   | -66696   | 23898    | -74436   | 27672   | -76895   | 21153    | -59376   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Storage       | -16860  |          | -28283   |          | -46211  |          | -50538   |          | -49224  |          | -38223   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| PN      | Pumpage       | 0       | -15812   | 0        | -17548   | 0       | -19628   | 0        | -21956   | 0       | -23426   | 0        | -19674   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Upper Leakage | 68      | -6676    | 64       | -6951    | 54      | -7917    | 41       | -9119    | 31      | -10088   | 52       | -8150    |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lower Leakage | 0       | 0        | 0        | 0        | 0       | 0        | 0        | 0        | 0       | 0        | 0        | 0        |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Lateral flow  | 6430    | -17      | 7007     | -21      | 7814    | -18      | 8653     | -15      | 9624    | -13      | 7905     | -17      |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Total         | 6498    | -22505   | 7071     | -24520   | 7868    | -27563   | 8694     | -31089   | 9655    | -33527   | 7957     | -27841   |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
|         | Storage       | -16007  |          | -17448   |          | -19695  |          | -22396   |          | -23872  |          | -19884   |          |         |  |          |  |         |  |          |  |         |  |          |
| Total   |               | 5765628 |          | -5765281 |          | 6416996 |          | -6662827 |          | 7191220 |          | -7477875 |          | 7878189 |  | -8150833 |  | 8264394 |  | -8482000 |  | 7103286 |  | -7307763 |

ตารางที่ ๑-3 สมดุลของน้ำบาดาลเฉลี่ยในชั้นน้ำต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2560 ในกรณีต่างๆ

| ชั้นน้ำ | Sources/Sinks | กรณีที่ 1 |            | กรณีที่ 2 |            | กรณีที่ 3 |            | กรณีที่ 4 |            | กรณีที่ 5 |            |
|---------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|         |               | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   | Flow In   | Flow Out   |
| UC      | Constant head | 1,589,116 | 0          | 1,985,166 | 0          | 2,502,484 | 0          | 1,284,620 | 0          | 1,049,319 | 0          |
|         | Upper Leakage | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -1,589,116 | 0         | -1,985,166 | 0         | -2,502,484 | 0         | -1,284,620 | 0         | -1,049,319 |
|         | Total         | 1,589,116 | -1,589,116 | 1,985,166 | -1,985,166 | 2,502,484 | -2,502,484 | 1,284,620 | -1,284,620 | 1,049,319 | -1,049,319 |
|         | Storage       | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            | 0         |            |
| BC      | Pumpage       | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          |
|         | Upper Leakage | 1,589,116 | 0          | 1,985,166 | 0          | 2,502,484 | 0          | 1,284,620 | 0          | 1,049,319 | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -1,589,144 | 0         | -1,985,426 | 0         | -2,503,087 | 0         | -1,284,493 | 0         | -1,049,090 |
|         | Lateral flow  | 1         | 0          | 1         | 0          | 1         | 0          | 1         | 0          | 1         | 0          |
|         | Total         | 1,589,117 | -1,589,144 | 1,985,167 | -1,985,426 | 2,502,485 | -2,503,087 | 1,284,621 | -1,284,493 | 1,049,320 | -1,049,090 |
|         | Storage       | -27       |            | -259      |            | -602      |            | 128       |            | 230       |            |
| BK      | Pumpage       | 0         | -25,202    | 0         | -32,478    | 0         | -42,144    | 0         | -19,703    | 0         | -15,526    |
|         | Upper Leakage | 1,589,144 | 0          | 1,985,426 | 0          | 2,503,087 | 0          | 1,284,493 | 0          | 1,049,090 | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -1,567,842 | 0         | -1,960,121 | 0         | -2,472,804 | 0         | -1,266,415 | 0         | -1,033,615 |
|         | Lateral flow  | 5,173     | -1,552     | 6,517     | -1,940     | 8,280     | -2,446     | 4,145     | -1,253     | 3,356     | -1,023     |
|         | Total         | 1,594,317 | -1,594,596 | 1,991,943 | -1,994,540 | 2,511,367 | -2,517,394 | 1,288,639 | -1,287,371 | 1,052,446 | -1,050,164 |
|         | Storage       | -279      |            | -2,596    |            | -6,027    |            | 1,267     |            | 2,281     |            |
| PD      | Pumpage       | 0         | -212,626   | 0         | -274,016   | 0         | -699,432   | 0         | -166,229   | 0         | -130,993   |
|         | Upper Leakage | 1,567,842 | 0          | 1,960,121 | 0          | 2,382,133 | -5         | 1,266,415 | 0          | 1,033,615 | 0          |
|         | Lower Leakage | 0         | -1,394,509 | 0         | -1,742,083 | 17,603    | -1,812,172 | 0         | -1,127,371 | 0         | -920,999   |
|         | Lateral flow  | 39,367    | -858       | 49,683    | -1,146     | 63,225    | -1,530     | 31,473    | -640       | 25,405    | -474       |
|         | Total         | 1,607,209 | -1,607,994 | 2,009,804 | -2,017,244 | 2,462,961 | -2,513,139 | 1,297,889 | -1,294,239 | 1,059,020 | -1,052,466 |
|         | Storage       | -784      |            | -7,440    |            | -50,179   |            | 3,650     |            | 6,553     |            |
| NL      | Pumpage       | 0         | -840,379   | 0         | -1,083,015 | 0         | -1,405,315 | 0         | -657,002   | 0         | -517,735   |
|         | Upper Leakage | 1,394,509 | 0          | 1,742,083 | 0          | 2,196,255 | -17        | 1,127,371 | 0          | 920,999   | 0          |
|         | Lower Leakage | 28,796    | -678,066   | 39,284    | -829,280   | 53,873    | -1,024,670 | 21,187    | -560,468   | 15,639    | -468,534   |
|         | Lateral flow  | 96,336    | -5,671     | 122,022   | -3,211     | 155,860   | -4,136     | 76,759    | -1,971     | 61,764    | -1,561     |
|         | Total         | 1,519,641 | -1,524,116 | 1,903,388 | -1,915,506 | 2,405,989 | -2,434,138 | 1,225,317 | -1,219,441 | 998,402   | -987,829   |
|         | Storage       | -4,475    |            | -12,117   |            | -28,149   |            | 5,876     |            | 10,573    |            |

ตารางที่ ๔-4 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำใต้ดินของชั้นน้ำต่างในปี พ.ศ.2536-2540

กรณีใช้สัมประสิทธิ์ตัวคูณลดเฉลี่ยรายจังหวัด = 74%

| เดือน   | ชั้นน้ำพระประแดง |                       |                           | ชั้นน้ำนครหลวง |                       |                           | ชั้นน้ำนนทบุรี |                       |                           | เฉลี่ย 3 ชั้นน้ำ |                       |                           |
|---------|------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
|         | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย |
| มี.ค.36 | 2.03             | 4.25                  | 5.33                      | 2.44           | 4.92                  | 6.26                      | -0.04          | 4.10                  | 5.01                      | 1.48             | 4.42                  | 5.53                      |
| มิ.ย.36 | 2.56             | 4.26                  | 5.40                      | 3.46           | 5.39                  | 6.79                      | 0.60           | 3.92                  | 4.92                      | 2.21             | 4.52                  | 5.70                      |
| ก.ย.36  | 2.92             | 4.30                  | 5.52                      | 4.03           | 5.59                  | 7.11                      | 1.07           | 3.88                  | 4.98                      | 2.67             | 4.59                  | 5.87                      |
| ธ.ค.36  | 3.25             | 4.40                  | 5.67                      | 4.65           | 5.98                  | 7.59                      | 1.50           | 3.81                  | 5.01                      | 3.13             | 4.73                  | 6.09                      |
| มี.ค.37 | 3.02             | 4.50                  | 5.73                      | 5.42           | 6.23                  | 8.15                      | 3.98           | 5.39                  | 7.37                      | 4.14             | 5.37                  | 7.08                      |
| มิ.ย.37 | 2.48             | 4.41                  | 5.54                      | 4.28           | 5.51                  | 7.40                      | 3.00           | 5.06                  | 6.78                      | 3.25             | 4.99                  | 6.57                      |
| ก.ย.37  | 1.95             | 4.54                  | 5.57                      | 3.57           | 5.31                  | 7.14                      | 2.25           | 5.04                  | 6.56                      | 2.59             | 4.96                  | 6.42                      |
| ธ.ค.37  | 1.88             | 4.50                  | 5.55                      | 3.61           | 5.31                  | 7.15                      | 2.03           | 4.78                  | 6.24                      | 2.51             | 4.86                  | 6.31                      |
| มี.ค.38 | 2.12             | 4.37                  | 5.56                      | 4.42           | 6.04                  | 8.08                      | 3.11           | 5.66                  | 7.83                      | 3.22             | 5.36                  | 7.16                      |
| มิ.ย.38 | 1.71             | 4.30                  | 5.42                      | 3.52           | 5.70                  | 7.47                      | 1.90           | 5.29                  | 7.07                      | 2.38             | 5.10                  | 6.65                      |
| ก.ย.38  | 1.09             | 4.20                  | 5.21                      | 2.67           | 5.38                  | 7.05                      | 0.82           | 5.18                  | 6.69                      | 1.53             | 4.92                  | 6.32                      |
| ธ.ค.38  | 0.69             | 4.35                  | 5.28                      | 2.45           | 5.24                  | 6.88                      | 0.21           | 5.19                  | 6.56                      | 1.12             | 4.93                  | 6.24                      |
| มี.ค.39 | 0.58             | 4.85                  | 5.95                      | 3.32           | 6.52                  | 8.44                      | 1.99           | 7.05                  | 8.81                      | 1.96             | 6.14                  | 7.73                      |
| มิ.ย.39 | 0.02             | 4.99                  | 5.96                      | 2.31           | 6.29                  | 8.06                      | 0.77           | 6.93                  | 8.50                      | 1.03             | 6.07                  | 7.51                      |
| ก.ย.39  | -0.31            | 5.08                  | 6.02                      | 1.69           | 6.32                  | 7.95                      | -0.04          | 6.85                  | 8.35                      | 0.45             | 6.08                  | 7.44                      |
| ธ.ค.39  | -0.54            | 5.20                  | 6.18                      | 1.46           | 6.43                  | 8.00                      | -0.65          | 6.91                  | 8.37                      | 0.09             | 6.18                  | 7.52                      |
| มี.ค.40 | 0.82             | 5.76                  | 7.09                      | -1.08          | 5.52                  | 6.55                      | -2.01          | 6.87                  | 8.35                      | -0.76            | 6.05                  | 7.33                      |
| มิ.ย.40 | 0.69             | 5.68                  | 7.07                      | -0.94          | 5.11                  | 6.22                      | -2.41          | 6.65                  | 8.11                      | -0.89            | 5.81                  | 7.13                      |
| ก.ย.40  | 0.58             | 5.62                  | 6.93                      | -1.44          | 5.24                  | 6.34                      | -2.88          | 6.65                  | 8.16                      | -1.25            | 5.84                  | 7.14                      |
| ธ.ค.40  | 0.23             | 5.49                  | 6.77                      | -2.04          | 5.44                  | 6.57                      | -3.55          | 7.07                  | 8.56                      | -1.79            | 6.00                  | 7.30                      |
| เฉลี่ย  | 1.39             | 4.75                  | 5.89                      | 2.39           | 5.67                  | 7.26                      | 0.58           | 5.61                  | 7.11                      | 1.45             | 5.35                  | 6.75                      |

ตารางที่ ข-3 (ต่อ) สมดุลของน้ำบาดาลเฉลี่ยในชั้นน้ำต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2560 ในกรณีต่างๆ

| ชั้นน้ำ | Sources/Sinks | กรณีที่ 1 |          | กรณีที่ 2  |            | กรณีที่ 3  |            | กรณีที่ 4   |          | กรณีที่ 5  |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|---------|---------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|------------|----------|-------------|--|-----------|--|------------|--|-----------|--|------------|
|         |               | Flow In   | Flow Out | Flow In    | Flow Out   | Flow In    | Flow Out   | Flow In     | Flow Out | Flow In    | Flow Out |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| NB      | Pumpage       | 0         | -582,749 | 0          | -751,001   | 0          | -974,495   | 0           | -455,588 | 0          | -359,016 |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Upper Leakage | 678,066   | -28,796  | 829,280    | -39,284    | 1,024,670  | -53,873    | 560,468     | -21,187  | 468,534    | -15,639  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lower Leakage | 54,808    | -205,360 | 78,513     | -241,303   | 111,999    | -287,286   | 38,043      | -177,106 | 26,230     | -154,797 |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lateral flow  | 90,812    | -9,356   | 114,957    | -11,648    | 146,714    | -14,639    | 73,228      | -7,718   | 58,243     | -6,228   |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Total         | 823,685   | -826,260 | 1,022,750  | -1,043,236 | 1,283,383  | -1,330,293 | 671,738     | -661,599 | 553,006    | -535,680 |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Storage       | -2,575    |          | -20,486    |            | -46,910    |            | 10,139      |          | 17,327     |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| SK      | Pumpage       | 0         | -146,660 | 0          | -189,004   | 0          | -245,251   | 0           | -114,658 | 0          | -90,353  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Upper Leakage | 205,360   | -54,808  | 241,303    | -78,513    | 287,286    | -111,999   | 177,106     | -38,043  | 154,797    | -26,230  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lower Leakage | 28,221    | -77,716  | 43,662     | -85,506    | 67,067     | -96,326    | 18,021      | -71,848  | 11,348     | -67,311  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lateral flow  | 43,938    | -345     | 55,171     | -384       | 69,887     | -430       | 35,330      | -311     | 28,700     | -283     |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Total         | 277,519   | -279,529 | 340,136    | -353,407   | 424,240    | -454,006   | 230,457     | -224,860 | 194,845    | -184,177 |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Storage       | -2,010    |          | -13,272    |            | -29,766    |            | 5,598       |          | 10,668     |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| PT      | Pumpage       | 0         | -79,920  | 0          | -102,995   | 0          | -133,645   | 0           | -62,481  | 0          | -49,237  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Upper Leakage | 77,716    | -28,221  | 85,506     | -43,662    | 96,326     | -67,067    | 71,848      | -18,021  | 67,311     | -11,348  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lower Leakage | 30,997    | -21,027  | 46,023     | -19,760    | 68,636     | -19,398    | 21,145      | -22,684  | 14,581     | -24,221  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lateral flow  | 18,241    | -32      | 22,814     | -19        | 28,783     | -10        | 14,646      | -32      | 12,000     | -36      |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Total         | 126,954   | -129,200 | 154,343    | -166,436   | 193,745    | -220,120   | 107,639     | -103,219 | 93,893     | -84,841  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Storage       | -2,245    |          | -12,092    |            | -26,375    |            | 4,420       |          | 9,052      |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| TB      | Pumpage       | 0         | -16,231  | 0          | -20,917    | 0          | -27,141    | 0           | -12,689  | 0          | -9,999   |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Upper Leakage | 21,027    | -30,997  | 19,760     | -46,023    | 19,398     | -68,636    | 22,684      | -21,145  | 24,221     | -14,581  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lower Leakage | 8,625     | -125     | 6,016      | -81        | 16,744     | -51        | 5,984       | -224     | 4,237      | -595     |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lateral flow  | 13,468    | -23      | 16,734     | -13        | 20,984     | -3         | 10,945      | -33      | 8,988      | -41      |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Total         | 43,119    | -47,376  | 42,510     | -67,033    | 57,126     | -95,832    | 39,614      | -34,091  | 37,446     | -25,216  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Storage       | -4,257    |          | -24,523    |            | -38,706    |            | 5,523       |          | 12,230     |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| PN      | Pumpage       | 0         | -23,426  | 0          | -30,189    | 0          | -39,174    | 0           | -18,314  | 0          | -14,432  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Upper Leakage | 125       | -8,625   | 81         | -12,138    | 51         | -16,744    | 224         | -5,984   | 595        | -4,237   |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lower Leakage | 0         | 0        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0        | 0          | 0        |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Lateral flow  | 9,842     | -8       | 12,664     | -11        | 16,379     | -15        | 7,691       | -5       | 6,043      | -4       |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Total         | 9,967     | -32,058  | 12,745     | -42,338    | 16,430     | -55,933    | 7,915       | -24,304  | 6,638      | -18,673  |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
|         | Storage       | -22,091   |          | -29,594    |            | -39,502    |            | -16,388     |          | -12,035    |          |             |  |           |  |            |  |           |  |            |
| Total   |               | 9,180,645 |          | -9,219,389 |            | 11,447,953 |            | -11,570,333 |          | 14,360,208 |          | -14,626,425 |  | 7,438,449 |  | -7,418,237 |  | 6,094,335 |  | -6,037,456 |



ตารางที่ ๕-5 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำใต้ดินของชั้นน้ำต่างในปี พ.ศ.2536-2540

กรณีใช้สัมประสิทธิ์ตัวคูณลด = 77%

หน่วย : เมตร

| เดือน   | ชั้นน้ำประแดง |                       |                           | ชั้นน้ำนครหลวง |                       |                           | ชั้นน้ำนทบุรี |                       |                           | เฉลี่ย 3 ชั้นน้ำ |                       |                           |
|---------|---------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
|         | ค่าเฉลี่ย     | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของค่า<br>เฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของค่า<br>เฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย     | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของค่า<br>เฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย |
| มี.ค.36 | 0.74          | 3.90                  | 4.86                      | 0.03           | 4.92                  | 6.02                      | -1.82         | 4.70                  | 5.57                      | -0.35            | 4.51                  | 5.48                      |
| มิ.ย.36 | 0.53          | 3.73                  | 4.63                      | -0.21          | 4.98                  | 6.02                      | -2.33         | 4.85                  | 5.73                      | -0.67            | 4.52                  | 5.46                      |
| ก.ย.36  | 0.42          | 3.65                  | 4.53                      | -0.42          | 4.92                  | 5.95                      | -2.69         | 4.98                  | 5.84                      | -0.90            | 4.52                  | 5.44                      |
| ธ.ค.36  | 0.43          | 3.59                  | 4.49                      | -0.32          | 4.96                  | 5.99                      | -2.84         | 4.93                  | 5.79                      | -0.91            | 4.49                  | 5.42                      |
| มี.ค.37 | 0.19          | 4.00                  | 4.83                      | -0.20          | 4.57                  | 5.51                      | -0.56         | 4.90                  | 5.93                      | -0.19            | 4.49                  | 5.42                      |
| มิ.ย.37 | -0.52         | 4.09                  | 4.93                      | -1.61          | 4.85                  | 5.67                      | -1.92         | 5.11                  | 6.13                      | -1.35            | 4.68                  | 5.58                      |
| ก.ย.37  | -1.19         | 4.47                  | 5.32                      | -2.54          | 5.21                  | 6.12                      | -2.97         | 5.49                  | 6.55                      | -2.23            | 5.06                  | 6.00                      |
| ธ.ค.37  | -1.34         | 4.51                  | 5.36                      | -2.62          | 5.21                  | 6.12                      | -3.41         | 5.62                  | 6.48                      | -2.46            | 5.11                  | 5.99                      |
| มี.ค.38 | -0.90         | 4.35                  | 5.08                      | -1.03          | 5.01                  | 6.07                      | -1.78         | 5.97                  | 6.99                      | -1.24            | 5.11                  | 6.05                      |
| มิ.ย.38 | -1.32         | 4.46                  | 5.18                      | -1.93          | 5.11                  | 6.18                      | -2.99         | 6.14                  | 7.07                      | -2.08            | 5.24                  | 6.14                      |
| ก.ย.38  | -1.95         | 4.57                  | 5.34                      | -2.80          | 5.36                  | 6.50                      | -4.11         | 6.61                  | 7.52                      | -2.95            | 5.51                  | 6.45                      |
| ธ.ค.38  | -2.34         | 4.82                  | 5.60                      | -3.00          | 5.35                  | 6.49                      | -4.73         | 6.90                  | 7.78                      | -3.36            | 5.69                  | 6.62                      |
| มี.ค.39 | -2.35         | 5.39                  | 6.28                      | -1.8           | 6.36                  | 7.51                      | -2.91         | 7.63                  | 8.96                      | -2.35            | 6.46                  | 7.58                      |
| มิ.ย.39 | -2.89         | 5.66                  | 6.56                      | -2.76          | 6.63                  | 7.83                      | -4.21         | 7.95                  | 9.41                      | -3.29            | 6.75                  | 7.93                      |
| ก.ย.39  | -3.21         | 5.83                  | 6.75                      | -3.36          | 6.90                  | 8.16                      | -5.07         | 8.26                  | 9.73                      | -3.88            | 7.00                  | 8.21                      |
| ธ.ค.39  | -3.42         | 6.05                  | 6.98                      | -3.54          | 6.92                  | 8.26                      | -5.69         | 8.58                  | 10.07                     | -4.22            | 7.18                  | 8.44                      |
| มี.ค.40 | -1.95         | 6.16                  | 7.26                      | -5.65          | 6.96                  | 8.50                      | -6.41         | 8.99                  | 10.47                     | -4.67            | 7.37                  | 8.74                      |
| มิ.ย.40 | -1.96         | 6.07                  | 7.26                      | -5.31          | 6.50                  | 7.99                      | -6.67         | 8.88                  | 10.35                     | -4.65            | 7.15                  | 8.53                      |
| ก.ย.40  | -1.98         | 6.06                  | 7.14                      | -5.67          | 6.72                  | 8.30                      | -7.03         | 8.98                  | 10.50                     | -4.89            | 7.25                  | 8.65                      |
| ธ.ค.40  | -2.25         | 6.04                  | 7.10                      | -6.14          | 7.07                  | 8.68                      | -7.60         | 9.41                  | 11.00                     | -5.33            | 7.51                  | 8.93                      |
| เฉลี่ย  | -2.04         | 6.08                  | 7.19                      | -5.69          | 6.81                  | 8.37                      | -6.93         | 9.07                  | 10.58                     | -4.89            | 7.32                  | 8.71                      |

ตารางที่ ๖-6 ผลที่ได้จากการจำลองสภาพเทียบกับข้อมูลจากบ่อสังเกตการณ์ในช่วงปี 2536-2540

| บ่อ  | เดือน          | มี.ค.36 | มิ.ย.36 | ก.ย.36 | ธ.ค.36 | มี.ค.37 | มิ.ย.37 | ก.ย.37 | ธ.ค.37 | มี.ค.38 | มิ.ย.38 | ก.ย.38 | ธ.ค.38 | มี.ค.39 | มิ.ย.39 | ก.ย.39 | ธ.ค.39 | มี.ค.40 | มิ.ย.40 | ก.ย.40 | ธ.ค.40 |
|------|----------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| NB04 | การคำนวณ       | -23.17  | -22.90  | -22.79 | -22.60 | -23.71  | -24.59  | -25.32 | -25.75 | -28.05  | -29.53  | -30.77 | -31.47 | -32.15  | -32.89  | -33.69 | -34.15 | -34.72  | -35.14  | -35.63 | -35.81 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -22.23  | -22.80  | -23.03 | -23.37 | -23.72  | -24.84  | -24.82 | -22.28 | -22.55  | -23.15  | -25.78 | -25.68 | -26.18  | -26.69  | -26.67 | -27.09 | -27.41  | -28.11  | -28.18 | -27.57 |
| NB05 | การคำนวณ       | -43.62  | -43.45  | -43.15 | -42.65 | -48.59  | -51.48  | -53.12 | -53.99 | -55.32  | -56.91  | -58.06 | -58.63 | -61.27  | -63.26  | -64.53 | -65.11 | -64.49  | -64.82  | -65.16 | -65.13 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -47.19  | -47.40  | -47.94 | -47.58 | -45.33  | -49.31  | -52.40 | -52.90 | -53.72  | -54.70  | -55.11 | -54.28 | -56.04  | -56.18  | -56.06 | -56.35 | -56.03  | -54.23  | -57.93 | -54.78 |
| NB07 | การคำนวณ       | -36.08  | -36.24  | -36.27 | -36.17 | -37.71  | -39.44  | -40.94 | -42.04 | -43.94  | -45.72  | -47.24 | -48.31 | -50.22  | -52.04  | -53.60 | -54.67 | -56.20  | -57.48  | -58.55 | -59.21 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -37.00  | -41.68  | -42.81 | -43.15 | -43.55  | -44.42  | -45.53 | -47.20 | -47.88  | -49.02  | -49.26 | -49.90 | -51.63  | -51.64  | -53.23 | -54.06 | -54.71  | -55.94  | -57.01 | -55.71 |
| NB15 | การคำนวณ       | -14.97  | -15.11  | -15.20 | -15.25 | -15.94  | -16.65  | -17.28 | -17.79 | -19.38  | -20.60  | -21.61 | -22.35 | -23.81  | -24.93  | -25.86 | -26.51 | -27.35  | -28.07  | -28.72 | -29.15 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -17.02  | -17.19  | -17.65 | -18.81 | -18.08  | -18.55  | -18.74 | -18.97 | -19.11  | -19.97  | -20.07 | -19.44 | -20.01  | -20.59  | -20.81 | -20.72 | -21.24  | -21.77  | -22.00 | -21.72 |
| NB20 | การคำนวณ       | -26.18  | -26.52  | -26.74 | -26.77 | -27.49  | -28.24  | -28.91 | -29.33 | -31.85  | -34.07  | -35.87 | -37.06 | -38.60  | -39.91  | -41.08 | -41.82 | -42.85  | -43.67  | -44.40 | -44.78 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -26.17  | -26.85  | -26.82 | -26.82 | -27.72  | -28.42  | -28.65 | -27.46 | -29.61  | -29.84  | -30.51 | -30.42 | -31.08  | -30.53  | -30.91 | -31.37 | -31.53  | -31.84  | -31.96 | -32.38 |
| NB23 | การคำนวณ       | -37.53  | -36.94  | -36.67 | -36.00 | -38.37  | -39.87  | -40.93 | -41.17 | -42.30  | -43.13  | -43.90 | -44.00 | -49.48  | -50.82  | -51.48 | -51.48 | -50.40  | -50.21  | -50.22 | -49.82 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -35.71  | -36.11  | -36.22 | -36.72 | -36.99  | -38.85  | -39.88 | -40.15 | -39.75  | -40.10  | -40.32 | -40.39 | -41.25  | -41.29  | -41.36 | -40.82 | -40.76  | -41.31  | -41.24 | -41.21 |
| NB25 | การคำนวณ       | -48.02  | -47.30  | -46.62 | -46.08 | -47.71  | -48.93  | -49.48 | -49.81 | -53.78  | -57.21  | -59.38 | -60.87 | -63.87  | -66.45  | -67.97 | -68.98 | -70.48  | -72.03  | -72.82 | -73.29 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -51.20  | -51.20  | -50.01 | -51.88 | -54.36  | -54.36  | -58.33 | -57.04 | -55.60  | -60.17  | -58.04 | -60.59 | -61.86  | -62.33  | -63.80 | -62.85 | -65.01  | -66.22  | -65.27 | -64.75 |
| NB29 | การคำนวณ       | -48.80  | -49.13  | -48.38 | -47.71 | -54.25  | -56.95  | -57.83 | -58.34 | -51.46  | -51.31  | -51.39 | -51.44 | -52.51  | -53.52  | -53.89 | -54.06 | -53.36  | -53.59  | -53.50 | -53.32 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -40.31  | -41.24  | -41.79 | -42.33 | -44.72  | -44.72  | -45.70 | -48.27 | -49.38  | -48.87  | -47.45 | -48.35 | -49.98  | -49.83  | -50.16 | -50.42 | -50.87  | -51.21  | -51.02 | -50.71 |
| NB32 | การคำนวณ       | -33.75  | -33.23  | -32.80 | -32.35 | -34.19  | -35.48  | -36.20 | -36.56 | -37.90  | -39.03  | -39.78 | -40.20 | -41.18  | -42.02  | -42.53 | -42.81 | -43.09  | -43.32  | -43.38 | -43.32 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -30.70  | -31.56  | -37.40 | -31.98 | -32.38  | -33.24  | -33.63 | -33.49 | -34.52  | -34.50  | -34.47 | -34.37 | -35.04  | -35.67  | -34.94 | -35.24 | -35.02  | -34.68  | -35.27 | -33.51 |
| NB33 | การคำนวณ       | -31.62  | -31.26  | -30.88 | -30.49 | -31.73  | -32.69  | -33.24 | -33.55 | -35.14  | -36.28  | -36.90 | -37.27 | -38.05  | -38.79  | -39.21 | -39.46 | -39.47  | -39.64  | -39.67 | -39.63 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -29.61  | -30.16  | -29.84 | -29.57 | -30.93  | -31.14  | -32.22 | -32.84 | -30.98  | -33.31  | -33.27 | -33.39 | -33.85  | -33.68  | -33.68 | -34.01 | -33.75  | -34.51  | -34.29 | -33.34 |
| NB35 | การคำนวณ       | -40.71  | -40.23  | -39.85 | -39.18 | -42.31  | -44.03  | -45.00 | -45.28 | -49.19  | -50.58  | -51.13 | -51.13 | -52.42  | -53.38  | -53.85 | -53.82 | -52.74  | -52.59  | -52.49 | -52.09 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -34.79  | -35.67  | -35.73 | -36.02 | -36.62  | -38.54  | -40.48 | -42.06 | -41.87  | -42.04  | -41.75 | -42.66 | -43.01  | -42.78  | -42.59 | -42.42 | -42.71  | -42.88  | -41.72 | -40.67 |

ตารางที่ ข-6 (ต่อ) ผลที่ได้จากการจำลองสภาพเทียบกับข้อมูลจากบ่อสังเกตการณ์ในช่วงปี 2536-2540

| บ่อ  | เดือน          | มี.ค.36 | มิ.ย.36 | ก.ย.36 | ธ.ค.36 | มี.ค.37 | มิ.ย.37 | ก.ย.37 | ธ.ค.37 | มี.ค.38 | มิ.ย.38 | ก.ย.38 | ธ.ค.38 | มี.ค.39 | มิ.ย.39 | ก.ย.39 | ธ.ค.39 | มี.ค.40 | มิ.ย.40 | ก.ย.40 | ธ.ค.40 |
|------|----------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| NB36 | การคำนวณ       | -41.38  | -40.80  | -40.44 | -39.83 | -43.99  | -46.46  | -47.99 | -48.63 | -49.75  | -50.92  | -51.98 | -52.38 | -55.18  | -56.90  | -58.06 | -58.45 | -57.89  | -57.89  | -58.17 | -58.01 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -40.18  | -40.99  | -38.29 | -37.76 | -41.90  | -44.07  | -44.97 | -45.98 | -46.57  | -47.64  | -48.88 | -50.49 | -50.87  | -50.70  | -51.76 | -50.69 | -49.77  | -50.20  | -50.53 | -48.93 |
| NB38 | การคำนวณ       | -43.02  | -42.13  | -41.58 | -41.02 | -47.72  | -49.98  | -51.47 | -51.92 | -53.72  | -55.10  | -56.42 | -56.73 | -60.18  | -61.77  | -63.03 | -63.28 | -63.36  | -63.79  | -64.42 | -64.23 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -42.84  | -43.28  | -43.87 | -43.87 | -45.80  | -46.49  | -47.20 | -48.01 | -46.92  | -49.04  | -48.66 | -48.41 | -49.28  | -49.31  | -49.71 | -48.09 | -48.46  | -49.14  | -47.19 | -45.44 |
| NB42 | การคำนวณ       | -34.77  | -34.25  | -33.83 | -33.33 | -35.39  | -36.80  | -37.61 | -37.96 | -39.10  | -40.11  | -40.82 | -41.16 | -43.33  | -44.38  | -44.92 | -45.14 | -44.95  | -45.04  | -45.05 | -44.91 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -32.77  | -33.33  | -33.32 | -33.88 | -34.49  | -35.05  | -36.04 | -36.29 | -36.88  | -37.24  | -37.34 | -37.24 | -37.65  | -37.69  | -37.71 | -37.64 | -37.10  | -37.10  | -37.10 | -37.10 |
| NB47 | การคำนวณ       | -40.18  | -40.13  | -40.00 | -39.70 | -42.45  | -44.76  | -46.48 | -47.54 | -49.65  | -51.38  | -52.79 | -53.62 | -55.85  | -57.73  | -59.24 | -60.08 | -61.01  | -61.76  | -62.46 | -62.71 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -39.78  | -41.23  | -40.86 | -41.67 | -42.49  | -42.89  | -43.49 | -44.70 | -45.63  | -46.86  | -48.58 | -48.97 | -50.38  | -51.03  | -51.37 | -51.75 | -51.76  | -51.63  | -50.87 | -50.52 |
| NB50 | การคำนวณ       | -29.38  | -29.09  | -28.84 | -28.53 | -29.67  | -30.56  | -31.18 | -31.54 | -34.40  | -35.96  | -36.94 | -37.59 | -38.26  | -39.06  | -39.64 | -40.04 | -40.20  | -40.54  | -40.76 | -40.85 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -26.89  | -26.73  | -27.87 | -28.05 | -27.98  | -29.25  | -28.35 | -30.41 | -30.55  | -30.94  | -31.16 | -30.84 | -31.50  | -31.97  | -31.57 | -31.58 | -31.60  | -32.24  | -31.82 | -31.45 |
| NB53 | การคำนวณ       | -29.00  | -28.65  | -28.29 | -27.95 | -28.43  | -29.06  | -29.54 | -29.88 | -30.35  | -30.97  | -31.50 | -31.92 | -32.49  | -33.12  | -33.63 | -34.02 | -34.33  | -34.66  | -34.90 | -35.06 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -27.02  | -27.39  | -27.41 | -27.83 | -28.14  | -28.92  | -28.81 | -29.13 | -29.54  | -29.46  | -29.72 | -29.69 | -29.89  | -29.11  | -29.96 | -30.37 | -30.35  | -30.54  | -30.52 | -30.21 |
| NB54 | การคำนวณ       | -30.18  | -29.80  | -29.42 | -29.05 | -29.70  | -30.41  | -30.90 | -31.22 | -32.21  | -33.13  | -33.79 | -34.24 | -34.91  | -35.62  | -36.14 | -36.51 | -36.72  | -37.01  | -37.21 | -37.31 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -28.84  | -28.86  | -29.39 | -29.21 | -29.35  | -30.78  | -30.58 | -29.41 | -31.94  | -32.13  | -31.71 | -32.01 | -32.30  | -31.97  | -32.63 | -30.70 | -32.80  | -33.21  | -33.00 | -32.32 |
| NB55 | การคำนวณ       | -34.30  | -33.85  | -33.48 | -32.94 | -35.10  | -36.29  | -36.97 | -37.17 | -38.57  | -39.54  | -40.10 | -40.22 | -41.73  | -42.55  | -42.96 | -43.01 | -42.58  | -42.51  | -42.45 | -42.17 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -33.64  | -33.50  | -33.41 | -34.15 | -34.04  | -34.84  | -35.61 | -36.60 | -36.58  | -36.99  | -36.72 | -36.53 | -37.23  | -37.05  | -37.03 | -37.01 | -36.52  | -36.57  | -37.69 | -36.42 |
| NB57 | การคำนวณ       | -42.34  | -41.90  | -41.40 | -40.81 | -43.46  | -45.57  | -46.82 | -47.44 | -47.89  | -48.58  | -49.04 | -49.20 | -50.20  | -51.18  | -51.78 | -51.99 | -51.74  | -51.80  | -51.82 | -51.62 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -37.72  | -39.74  | -40.32 | -40.38 | -44.77  | -44.77  | -44.77 | -46.31 | -46.60  | -46.75  | -46.50 | -46.83 | -47.80  | -47.30  | -47.62 | -47.73 | -47.94  | -48.53  | -48.54 | -45.39 |
| NB61 | การคำนวณ       | -35.13  | -35.82  | -35.95 | -35.94 | -36.82  | -37.77  | -38.35 | -38.76 | -43.20  | -46.56  | -48.76 | -50.24 | -53.25  | -55.42  | -56.86 | -57.75 | -59.38  | -60.68  | -61.49 | -61.89 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -37.42  | -40.25  | -43.10 | -43.11 | -42.58  | -43.97  | -43.00 | -41.06 | -47.08  | -48.13  | -47.87 | -48.65 | -52.12  | -52.56  | -51.73 | -52.43 | -53.19  | -52.97  | -52.70 | -51.52 |
| NB63 | การคำนวณ       | -24.79  | -24.69  | -24.65 | -24.49 | -25.46  | -26.24  | -26.89 | -27.26 | -29.47  | -31.01  | -32.29 | -33.07 | -33.49  | -34.22  | -35.00 | -35.48 | -36.25  | -36.76  | -37.24 | -37.43 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | -24.63  | -25.18  | -25.68 | -26.01 | -26.18  | -26.78  | -27.41 | -27.86 | -27.97  | -28.47  | -28.59 | -28.59 | -28.98  | -29.51  | -29.52 | -29.49 | -30.05  | -30.49  | -30.32 | -29.67 |

ตารางที่ จ-7 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนของเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำเฉลี่ยทุกชั้นน้ำ ตั้งแต่ปี 2536-2540

หน่วย : เมตร

| เปอร์เซ็นต์ | 2536      |           |           | 2537      |           |           | 2538      |           |           | 2539      |           |           | 2540      |           |           | เฉลี่ย    |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | รากที่    |
|             |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |           | สัมบูรณ์  | สองของ    |
|             |           |           | ค่าเฉลี่ย |           |           | ค่าเฉลี่ย |           |           | ค่าเฉลี่ย |           |           | ค่าเฉลี่ย |           |           | ค่าเฉลี่ย |           |           | ค่าเฉลี่ย |
| 75          | 2.77      | 4.52      | 5.74      | 1.92      | 4.43      | 5.71      | 0.96      | 4.56      | 5.60      | -0.32     | 5.64      | 6.79      | -1.97     | 5.72      | 6.93      | 0.67      | 4.97      | 6.15      |
| 76          | 2.53      | 4.42      | 5.55      | 1.47      | 4.31      | 5.44      | 0.45      | 4.52      | 5.48      | -0.94     | 5.61      | 6.75      | -2.47     | 5.88      | 7.19      | 0.21      | 4.95      | 6.08      |
| 77          | 2.35      | 4.38      | 5.48      | 1.22      | 4.29      | 5.37      | 0.16      | 4.54      | 5.45      | -1.26     | 5.69      | 6.81      | -2.83     | 6.02      | 7.34      | -0.07     | 4.98      | 6.09      |
| 78          | 2.18      | 4.34      | 5.41      | 0.98      | 4.28      | 5.31      | -0.14     | 4.57      | 5.45      | -1.59     | 5.78      | 6.90      | -3.19     | 6.18      | 7.51      | -0.35     | 5.03      | 6.12      |
| 79          | 2.00      | 4.30      | 5.35      | 0.73      | 4.28      | 5.27      | -0.43     | 4.61      | 5.46      | -1.92     | 5.90      | 7.00      | -3.54     | 6.36      | 7.70      | -0.63     | 5.09      | 6.15      |
| 80          | 1.90      | 4.34      | 5.42      | 0.70      | 4.36      | 5.38      | -0.49     | 4.62      | 5.51      | -1.94     | 6.02      | 7.11      | -3.76     | 6.47      | 7.74      | -0.72     | 5.16      | 6.23      |
| 85          | 1.04      | 4.27      | 5.24      | -0.53     | 4.47      | 5.37      | -1.93     | 5.01      | 5.83      | -3.57     | 6.67      | 7.82      | -5.54     | 7.49      | 8.87      | -2.11     | 5.58      | 6.63      |
| 90          | 0.17      | 4.30      | 5.23      | -1.75     | 4.80      | 5.66      | -3.38     | 5.62      | 6.53      | -5.20     | 7.53      | 8.82      | -7.32     | 8.71      | 10.22     | -3.50     | 6.19      | 7.29      |
| 95          | -0.71     | 4.44      | 5.37      | -2.98     | 5.33      | 6.22      | -4.83     | 6.41      | 7.48      | -6.83     | 8.57      | 10.02     | -9.10     | 10.05     | 11.70     | -4.89     | 6.96      | 8.16      |
| 100         | -1.56     | 4.68      | 5.66      | -4.20     | 5.97      | 6.99      | -6.28     | 7.37      | 8.60      | -8.45     | 9.74      | 11.36     | -10.88    | 11.53     | 13.27     | -6.27     | 7.86      | 9.18      |

ภาคผนวก ซ  
ผลการคำนวณความเค็ม

## ภาคผนวก ซ

ในภาคผนวกนี้แสดงผลการคำนวณความเค็มปรับเทียบกับบ่อสังเตการณ์ และการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง MT3D ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาที่ช่วงปี พ.ศ.2529-2535 และ 2536-2540 และปริมาณเกลือในชั้นน้ำต่างๆ และสมดุลของมวลเกลือของอัตราการสูบน้ำในกรณีต่างๆ

ตารางที่ ข-1 เปรียบเทียบความเข้มข้นคลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณกับการสังเกตของชั้นน้ำนันทบุรี  
ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2535

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

| บ่อ  | ปี             | 2529  | 2530  | 2531  | 2532  | 2533  | 2534  | 2535  |
|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NB04 | การคำนวณ       | 201   | 205   | 209   | 213   | 217   | 221   | 225   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 125   | 138   | 148   | 192   | 199   | 214   | 238   |
| NB08 | การคำนวณ       | 130   | 129   | 128   | 127   | 129   | 128   | 118   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 24    | 81    |       | 73    | 113   | 143   |       |
| NB09 | การคำนวณ       | 215   | 214   | 213   | 213   | 213   | 207   | 192   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 371   | 344   |       | 243   | 252   | 262   |       |
| NB13 | การคำนวณ       | 5,151 | 5,102 | 5,032 | 4,948 | 4,767 | 4,694 | 4,616 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 6,581 | 5,438 | 5,343 | 5,470 | 5,528 | 5,391 | 5,355 |
| NB14 | การคำนวณ       | 2,306 | 2,299 | 2,288 | 2,279 | 2,382 | 2,379 | 2,377 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 2,292 | 2,341 | 2,316 | 2,392 | 2,437 | 2,499 | 2,499 |
| NB15 | การคำนวณ       | 897   | 892   | 888   | 883   | 879   | 874   | 869   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 226   | 1,135 | 809   | 847   | 851   | 893   | 904   |
| NB19 | การคำนวณ       | 189   | 189   | 188   | 188   | 187   | 187   | 186   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 187   | 187   | 211   | 224   | 292   | 309   | 440   |
| NB20 | การคำนวณ       | 279   | 278   | 278   | 277   | 277   | 276   | 252   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 527   | 259   | 218   | 196   | 183   |       | 286   |
| NB21 | การคำนวณ       | 2,109 | 2,094 | 2,077 | 2,056 | 2,010 | 1,947 | 1,906 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 952   | 464   | 1,614 | 2,066 | 2,307 | 2,202 | 2,261 |
| NB22 | การคำนวณ       | 67    | 79    | 99    | 95    | 98    | 117   | 134   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 36    | 39    |       | 30    | 31    | 36    |       |
| NB23 | การคำนวณ       | 96    | 106   | 115   | 125   | 139   | 150   | 162   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 12    | 14    |       | 10    | 12    | 23    | 14    |
| NB24 | การคำนวณ       | 157   | 165   | 172   | 165   | 171   | 165   | 161   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 40    | 46    | 45    | 57    | 66    | 79    | 89    |
| NB25 | การคำนวณ       | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 14    | 21    | 19    | 16    | 21    | 25    | 22    |
| NB27 | การคำนวณ       | 886   | 871   | 864   | 860   | 858   | 855   | 829   |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 1,007 | 946   | 916   | 931   | 917   | 1,410 |       |
| NB28 | การคำนวณ       | 14    | 19    | 23    | 24    | 29    | 31    | 37    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |       | 14    |       | 41    | 44    | 48    | 81    |

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) เปรียบเทียบความเข้มข้นคลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณกับการสังเกตของชั้นน้ำบาดาล  
ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2535

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

| บ่อ  | ปี             | 2529   | 2530   | 2531   | 2532   | 2533   | 2534   | 2535   |
|------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NB29 | การคำนวณ       | 122    | 123    | 125    | 126    | 130    | 135    | 141    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        | 35     | 33     | 36     | 37     |        |
| NB31 | การคำนวณ       | 2,439  | 2,418  | 2,384  | 2,372  | 2,365  | 2,358  | 2,350  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        | 3,856  | 2,857  | 2,785  | 2,844  |        |
| NB32 | การคำนวณ       | 19     | 22     | 26     | 28     | 30     | 31     | 33     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        | 7      | 11     | 8      | 11     |        |
| NB33 | การคำนวณ       | 1,904  | 1,888  | 1,868  | 2,134  | 2,121  | 2,108  | 2,095  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        | 1,866  | 1,663  | 1,499  | 726    |        |
| NB34 | การคำนวณ       | 65     | 75     | 133    | 148    | 175    | 193    | 205    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        | 36     | 50     | 82     | 99     | 143    |
| NB38 | การคำนวณ       | 126    | 161    | 169    | 178    | 189    | 251    | 285    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 29     | 60     | 61     | 54     |
| NB39 | การคำนวณ       | 171    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 64     | 64     | 71     |        |
| NB42 | การคำนวณ       | 11     | 12     | 14     | 14     | 15     | 15     | 16     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 1      | 29     | 25     | 24     |
| NB44 | การคำนวณ       | 251    | 248    | 246    | 245    | 244    | 244    | 243    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 220    | 233    | 226    | 214    |
| NB45 | การคำนวณ       | 67     | 67     | 68     | 68     | 69     | 70     | 70     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 55     | 52     | 54     |        |
| NB46 | การคำนวณ       | 283    | 274    | 267    | 261    | 250    | 246    | 242    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 299    | 389    | 333    | 309    |
| NB50 | การคำนวณ       | 276    | 277    | 278    | 279    | 280    | 281    | 282    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 374    | 349    | 321    | 309    |
| NB53 | การคำนวณ       | 16,248 | 16,184 | 16,121 | 16,064 | 15,969 | 15,858 | 15,734 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 15,637 | 16,184 | 15,470 | 15,470 |
| NB54 | การคำนวณ       | 10,675 | 10,539 | 10,473 | 10,420 | 10,379 | 10,341 | 10,308 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 11,900 | 11,769 |        | 11,067 |
| NB55 | การคำนวณ       | 84     | 86     | 88     | 90     | 100    | 103    | 106    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ |        |        |        | 25     | 39     | 52     |        |



ตารางที่ ข-2 (ต่อ) เปรียบเทียบความเข้มข้นคลอรีนที่ได้จากการคำนวณกับบ่อสังเกตการณ์  
ของชั้นน้ำน่านทบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2536-2540 (ต่อ)

หน่วย: มิลลิกรัม/ลิตร

| บ่อ  | วิธี           | 2536   | 2537   | 2538   | 2539   | 2540   | เฉลี่ย |
|------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NB31 | การคำนวณ       | 2,856  | 2,142  |        |        |        | 2,499  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 2,211  | 2,205  | 2,198  | 2,196  | 2,149  | 2,192  |
| NB32 | การคำนวณ       | 13     | 12     | 17     | 18     |        | 15     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 90     | 91     | 93     | 133    | 176    | 117    |
| NB33 | การคำนวณ       | 1,424  | 1,428  | 1,488  | 1,547  |        | 1,472  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 2,000  | 1,978  | 2,061  | 2,065  | 2,155  | 2,052  |
| NB34 | การคำนวณ       | 234    | 274    | 381    |        |        | 296    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 254    | 261    | 354    | 358    | 435    | 333    |
| NB38 | การคำนวณ       | 60     | 48     | 90     |        |        | 66     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 580    | 552    | 853    | 1,040  | 1,158  | 837    |
| NB39 | การคำนวณ       | 86     | 167    | 161    | 155    |        | 142    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 147    | 138    | 137    | 137    | 161    | 144    |
| NB42 | การคำนวณ       | 25     | 33     | 49     |        |        | 36     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 28     | 47     | 51     | 56     | 77     | 52     |
| NB44 | การคำนวณ       | 230    | 226    | 226    |        |        | 227    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 252    | 251    | 251    | 250    | 249    | 251    |
| NB45 | การคำนวณ       | 53     | 70     | 109    | 619    |        | 213    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 79     | 75     | 83     | 85     | 81     | 81     |
| NB46 | การคำนวณ       | 301    | 262    | 280    |        |        | 281    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 305    | 284    | 279    | 281    | 268    | 283    |
| NB48 | การคำนวณ       | 2,063  |        | 321    |        |        | 1,192  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 1,383  | 1,390  | 1,600  | 1,622  | 1,633  | 1,526  |
| NB50 | การคำนวณ       | 298    |        | 298    | 298    | 286    | 295    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 278    | 278    | 279    | 279    | 279    | 279    |
| NB53 | การคำนวณ       | 15,470 |        |        | 15,708 | 16,660 | 15,946 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 14,188 | 14,063 | 13,851 | 13,721 | 13,220 | 13,808 |
| NB54 | การคำนวณ       | 11,146 |        |        | 11,305 | 9,635  | 10,696 |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 10,338 | 10,265 | 10,255 | 10,165 | 9,712  | 10,147 |
| NB55 | การคำนวณ       | 66     | 80     | 93     | 119    |        | 90     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 254    | 402    | 425    | 623    | 758    | 492    |
| NB56 | การคำนวณ       | 766    | 4,165  | 5,772  | 4,522  |        | 3,806  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 208    | 231    | 258    | 406    | 421    | 305    |

ตารางที่ ข-2 เปรียบเทียบความเข้มข้นคลอไรต์ที่ได้จากการคำนวณกับบ่อสังเกตการณ์  
ของชั้นน้ำนันทบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2536-2540 (ต่อ)

หน่วย: มิลลิกรัม/ลิตร

| บ่อ  | วิธี           | 2536  | 2537  | 2538  | 2539  | 2540  | เฉลี่ย |
|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| NB01 | การคำนวณ       | 857   |       | 797   | 940   | 976   | 893    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 1,490 | 1,799 | 1,823 | 2,187 | 2,262 | 1,912  |
| NB04 | การคำนวณ       | 4,133 |       |       | 476   | 2,023 | 2,211  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 165   | 165   | 163   | 165   | 168   | 165    |
| NB08 | การคำนวณ       | 222   | 309   | 333   |       |       | 288    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 149   | 124   | 120   | 136   | 150   | 136    |
| NB09 | การคำนวณ       | 199   | 119   |       |       |       | 159    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 297   | 311   | 316   | 391   | 454   | 354    |
| NB13 | การคำนวณ       | 5,474 |       | 4,522 | 4,534 |       | 4,843  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 5,225 | 5,165 | 4,994 | 4,855 | 4,732 | 4,994  |
| NB14 | การคำนวณ       | 2,340 |       |       | 2,463 | 4,403 | 3,069  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 2,999 | 3,003 | 3,037 | 3,275 | 3,269 | 3,117  |
| NB15 | การคำนวณ       | 1,591 |       | 976   | 964   | 1,785 | 1,329  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 832   | 826   | 821   | 815   | 809   | 821    |
| NB19 | การคำนวณ       | 524   |       |       | 595   | 547   | 555    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 188   | 183   | 182   | 175   | 174   | 181    |
| NB20 | การคำนวณ       | 1,333 |       | 4,165 | 5,474 | 6,902 | 4,468  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 230   | 228   | 227   | 227   | 224   | 227    |
| NB21 | การคำนวณ       | 2,221 | 2,142 | 2,261 |       |       | 2,208  |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 1,958 | 1,901 | 1,886 | 1,765 | 1,703 | 1,843  |
| NB22 | การคำนวณ       | 76    | 86    | 89    | 98    |       | 87     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 669   | 739   | 973   | 1,118 | 1,354 | 971    |
| NB23 | การคำนวณ       | 24    | 20    | 36    |       | 43    | 31     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 123   | 282   | 375   | 504   | 546   | 366    |
| NB24 | การคำนวณ       | 101   | 100   | 114   |       |       | 105    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 235   | 282   | 279   | 289   | 332   | 283    |
| NB25 | การคำนวณ       | 88    |       | 71    | 131   |       | 97     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 11    | 14    | 14    | 15    | 25    | 16     |
| NB27 | การคำนวณ       | 766   | 595   | 601   | 643   |       | 651    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 849   | 904   | 907   | 912   | 975   | 909    |
| NB28 | การคำนวณ       | 99    | 143   | 109   |       |       | 117    |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 31    | 37    | 49    | 56    | 63    | 47     |
| NB29 | การคำนวณ       | 70    | 64    | 98    | 143   |       | 94     |
|      | บ่อสังเกตการณ์ | 120   | 114   | 121   | 120   | 120   | 119    |

ตารางที่ ซ-3 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง MT3D

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

| กรณีที่ | ระยะทางในการเคลื่อนที่ของสาร (เมตร) | % Porosity | ค่าความคลาดเคลื่อน |                   |                       |
|---------|-------------------------------------|------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
|         |                                     |            | ค่าเฉลี่ย          | ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ | รากที่สองของค่าเฉลี่ย |
| 1       | 250                                 | 10         | 25.80              | 335.52            | 559.38                |
| 2       | 250                                 | 20         | 31.14              | 253.38            | 535.50                |
| 3       | 300                                 | 10         | -177.51            | 559.88            | 1193.67               |
| 4       | 300                                 | 20         | -145.47            | 408.32            | 884.42                |
| 5       | 350                                 | 10         | -184.33            | 588.73            | 1256.63               |
| 6       | 350                                 | 20         | -163.64            | 434.63            | 949.68                |
| 7       | 400                                 | 10         | -186.38            | 616.43            | 1310.54               |
| 8       | 400                                 | 20         | -178.64            | 458.26            | 1007.50               |
| 9       | 250                                 | 15         | 23.03              | 278.60            | 480.43                |
| 10      | 275                                 | 10         | -174.63            | 541.63            | 1158.80               |
| 11      | 275                                 | 15         | -162.21            | 449.44            | 972.23                |
| 12      | 275                                 | 20         | -136.47            | 395.00            | 852.18                |
| 13      | 250                                 | 25         | 36.61              | 237.18            | 426.67                |

ตารางที่ ข-4 ค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นคลอไรด์ในชั้นน้ำต่างๆ

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

| เี     | ชั้นน้ำพระประแดง |                   |                       | ชั้นน้ำนครหลวง |                   |                       | ชั้นน้ำนนทบุรี |                   |                       |
|--------|------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
|        | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ | รากที่สองของค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ | รากที่สองของค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ | รากที่สองของค่าเฉลี่ย |
| 2529   | 363.89           | 535.51            | 990.41                | 218.33         | 291.23            | 498.14                | 21.40          | 301.33            | 532.64                |
| 2530   | 83.74            | 239.55            | 301.67                | 120.85         | 262.71            | 458.46                | 78.88          | 190.67            | 438.63                |
| 2531   | 15.72            | 327.18            | 378.70                | 150.44         | 285.10            | 414.17                | -59.69         | 192.88            | 410.70                |
| 2532   | 23.93            | 268.27            | 317.89                | 162.34         | 325.82            | 478.93                | -31.38         | 162.05            | 328.20                |
| 2533   | -8.71            | 314.54            | 390.00                | 115.54         | 337.68            | 511.06                | -65.95         | 173.19            | 333.85                |
| 2534   | 56.60            | 251.99            | 340.34                | 182.91         | 335.53            | 500.37                | 5.80           | 183.80            | 343.12                |
| 2535   | 133.24           | 262.56            | 378.16                | 77.19          | 226.29            | 339.98                | -87.65         | 172.44            | 280.34                |
| เฉลี่ย | 95.49            | 314.23            | 442.45                | 146.80         | 294.91            | 457.30                | -19.80         | 196.62            | 381.07                |

ตารางที่ ข-5 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นคลอไรด์ในชั้นน้ำต่างๆ ช่วงปี 2536-2540

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

| ปี     | ชั้นน้ำพระประแดง |                       |                           | ชั้นน้ำนครหลวง |                       |                           | ชั้นน้ำนนทบุรี |                       |                           | เฉลี่ย 3 ชั้นน้ำ |                       |                           |
|--------|------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
|        | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย      | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย        | ค่าเฉลี่ย<br>สัมบูรณ์ | รากที่สองของ<br>ค่าเฉลี่ย |
| 2536   | 59.08            | 220.95                | 287.56                    | 152.52         | 227.04                | 306.46                    | -85.10         | 211.24                | 347.32                    | 42.17            | 219.74                | 313.78                    |
| 2537   | 61.53            | 253.06                | 344.44                    | 161.73         | 235.55                | 302.13                    | -34.36         | 185.46                | 294.70                    | 62.97            | 224.69                | 313.75                    |
| 2538   | 34.25            | 312.32                | 437.20                    | 316.39         | 444.93                | 1130.47                   | -54.97         | 169.09                | 279.42                    | 98.56            | 308.78                | 615.70                    |
| 2539   | 41.60            | 303.19                | 401.35                    | 144.79         | 281.36                | 351.19                    | -98.80         | 227.93                | 355.83                    | 29.20            | 270.83                | 369.46                    |
| 2540   | -14.03           | 389.72                | 621.23                    | 76.57          | 363.54                | 542.74                    | -114.57        | 282.87                | 470.54                    | -17.34           | 345.38                | 544.83                    |
| เฉลี่ย | 36.49            | 295.85                | 418.35                    | 170.40         | 310.48                | 526.60                    | -77.56         | 215.32                | 349.56                    | 43.11            | 273.88                | 431.50                    |

ตารางที่ ๕-6 ปริมาณเกลือในชั้นน้ำต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ.2529-2540

| ชั้นน้ำ              | ความพรุน<br>ใช้การ | ความหนาชั้นน้ำ<br>เฉลี่ย (เมตร) | ปริมาณเกลือ (ล้านตัน) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                      |                    |                                 | 2529                  | 2530   | 2531   | 2532   | 2533   | 2534   | 2535   | 2536   | 2537   | 2538   | 2539   | 2540   |
| ชั้นดินเหนียวอ่อน    | 0.030              | 1.00                            | 6.72                  | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   | 6.72   |
| ชั้นดินเหนียวกรุงเทพ | 0.030              | 8.54                            | 7.17                  | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   | 7.17   |
| กรุงเทพ              | 0.176              | 32.67                           | 57.98                 | 58.77  | 59.49  | 60.14  | 60.78  | 61.42  | 62.10  | 63.99  | 64.67  | 65.38  | 66.14  | 66.87  |
| พระประแดง            | 0.141              | 56.03                           | 93.84                 | 93.92  | 94.11  | 94.28  | 94.50  | 94.76  | 95.00  | 95.65  | 95.95  | 96.18  | 96.46  | 96.82  |
| นครหลวง              | 0.123              | 70.63                           | 62.76                 | 63.10  | 63.45  | 63.78  | 64.04  | 64.38  | 64.87  | 65.89  | 66.30  | 66.75  | 67.18  | 67.68  |
| นนทบุรี              | 0.111              | 87.30                           | 111.40                | 111.07 | 110.70 | 110.31 | 109.94 | 109.48 | 109.01 | 107.91 | 107.55 | 107.13 | 106.77 | 106.30 |
| สามโคก               | 0.105              | 43.46                           | 2.98                  | 3.52   | 3.95   | 4.38   | 4.93   | 5.42   | 5.97   | 7.22   | 7.83   | 8.51   | 9.16   | 9.88   |
| พญาไท                | 0.102              | 44.41                           | 0.81                  | 0.82   | 0.83   | 0.85   | 0.87   | 0.90   | 0.93   | 1.06   | 1.13   | 1.22   | 1.30   | 1.43   |
| ธนบุรี               | 0.099              | 77.70                           | 0.96                  | 0.96   | 0.96   | 0.96   | 0.96   | 0.97   | 0.97   | 0.97   | 1.05   | 1.05   | 1.11   | 1.12   |
| ปากน้ำ               | 0.092              | 154.61                          | 1.16                  | 1.16   | 1.16   | 1.16   | 1.16   | 1.18   | 1.18   | 1.18   | 1.18   | 1.26   | 1.33   | 1.33   |
| รวม                  |                    |                                 | 345.77                | 347.20 | 348.54 | 349.76 | 351.07 | 352.40 | 353.92 | 357.79 | 359.56 | 361.37 | 363.36 | 365.32 |

ภาคผนวก ช  
เขตวิฤตการณ์น้ำบาดาล

## ภาคผนวก ซ

ในภาคผนวกนี้ แสดงเขตวิกฤตน้ำบาดาลใหม่ ปี พ.ศ. 2538 และการแบ่งเขตวิกฤตน้ำ  
บาดาล



## เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลใหม่

เนื่องจากได้มีการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่รอบนอกกรุงเทพมหานครและบริเวณจังหวัดใกล้เคียง ทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงมากและการทรุดตัวของพื้นดิน ขยายบริเวณกว้างมากขึ้นในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น กรมทรัพยากรน้ำจึงได้ปรับปรุงเขตวิกฤตการณ์ใหม่ตามสถานการณ์ลดลงของระดับน้ำบาดาล และอัตราการทรุดตัวของพื้นดิน และได้ประกาศเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลตามประกาศกรมทรัพยากรน้ำ เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน 2538 (รูปที่ 20) ดังนี้

1.เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 1 กลุ่มพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 3 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำบาดาลลดลงมากกว่า 3 เมตรต่อปี ได้แก่

### 1.1 กรุงเทพมหานคร ได้แก่

- เขตมีนบุรีทั้งเขต
- เขตบางเขนทั้งเขต
- เขตดอนเมืองเฉพาะแขวงตลาดบางเขน
- เขตลาดพร้าวทั้งเขต
- เขตจตุจักรทั้งเขต
- เขตบึงกุ่มทั้งเขต
- เขตบางกะปิทั้งเขต
- เขตสวนหลวงทั้งเขต
- เขตพระโขนงทั้งเขต
- เขตห้วยขวางทั้งเขต
- เขตคลองเตยเฉพาะ แขวงคลองตัน แขวงพระโขนง
- เขตลาดกระบังทั้งเขต ยกเว้นแขวงชุมทอง

### 1.2 จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่

- อำเภอบางพลี เฉพาะตำบลบางพลีใหญ่ ตำบลบางไฉลง  
ตำบลราชาเทวะ ตำบลบางแก้ว
- กิ่งอำเภอบางเสาธง เฉพาะตำบลศรีษะจรเข้หน้า

- อำเภอเมืองสมุทรปราการ เฉพาะตำบลบางเมือง  
ตำบลบางเมืองใหม่ ตำบลลำโรงเหนือ ตำบลเทพารักษ์

### 1.3 จังหวัดปทุมธานี ได้แก่

- อำเภอธัญบุรี เฉพาะตำบลรังสิต ตำบลบึงยี่โก ตำบลประชาธิปไตย
- อำเภอลำลูกกา เฉพาะตำบลลำลูกกา ตำบลบึงคำพร้อย ตำบลลาดสวาย  
ตำบลคูคต

### 1.4 จังหวัดสมุทรสาคร ได้แก่

- อำเภอเมืองสมุทรสาคร เฉพาะตำบลท่าจีน ตำบลบางหญ้าแพรก  
ตำบลโคกขาม ตำบลพันท้ายนรสิงห์ ตำบลบางน้ำจืด ตำบลคอกกระบือ  
ตำบลนาดี ตำบลท่าทราย
- อำเภอกระทุ่มแบน เฉพาะตำบลสวนหลวง ตำบลท่าไม้ ตำบลท่าเสา  
ตำบลคลองมะเดื่อ ตำบลแคราย ตำบลคอนไก่ดี ตำบลบางยาง

2.เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 2 ครอบคลุมพื้นที่บริเวณที่มีการทรุดตัวของพื้นดินระหว่าง 1-3 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำลดลงระหว่าง 2-3 เมตรต่อปี ได้แก่

### 2.1 กรุงเทพมหานคร ได้แก่

- เขตบางขุนเทียนทั้งเขต
- เขตบางคอแหลมทั้งเขต
- เขตดุสิตทั้งเขต
- เขตพระนครทั้งเขต
- เขตป้อมปราบศัตรูพ่ายทั้งเขต
- เขตสัมพันธวงศ์ทั้งเขต
- เขตสาทรทั้งเขต
- เขตบางรักทั้งเขต
- เขตปทุมวันทั้งเขต
- เขตยานนาวาทั้งเขต
- เขตพญาไททั้งเขต
- เขตราชเทวีทั้งเขต
- เขตคลองสานทั้งเขต

- เขตหนองแขมทั้งเขต
- เขตหนองจอก เฉพาะแขวงคลองสิบ แขวงคูฝั่งเหนือ แขวงโคกแฝด แขวงลำผักชี แขวงลำต้อยติ่ง
- เขตลาดกระบัง เฉพาะแขวงชุมทอง
- เขตดินแดงทั้งเขต
- เขตคลองเตย เฉพาะแขวงคลองเตย
- เขตบางซื่อทั้งเขต
- เขตดอนเมือง เฉพาะแขวงทุ่งสองห้อง และแขวงสีกัน

## 2.2 จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่

- อำเภอบางพลี เฉพาะตำบลบางปลา
- กิ่งอำเภอบางเสาธง เฉพาะตำบลบางเสาธง ตำบลศิระชะจรเข้ใหญ่
- อำเภอเมือง เฉพาะตำบลแพรกษา ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปู ตำบลบางปูใหม่ ตำบลบางด้วน ตำบลบางโปรง
- อำเภอพระประแดง เฉพาะตำบลสำโรงใต้ ตำบลสำโรง ตำบลบางหัวเสือ ตำบลสำโรงกลาง ตำบลบางหญ้าแพรก ตำบลบางกะเจ้า ตำบลบางกอบัว ตำบลบางน้ำผึ้ง

## 2.3 จังหวัดนนทบุรี ได้แก่

- อำเภอเมือง เฉพาะตำบลบางเขน ตำบลตลาดขวัญ ตำบลท่าทราย ตำบลบางกระสอบ ตำบลสวนใหญ่
- อำเภอปากเกร็ด เฉพาะตำบลปากเกร็ด ตำบลบางพูด ตำบลบางตลาด ตำบลเกาะเกลือ ตำบลบ้านใหม่ ตำบลคลองเกลือ

## 2.4 จังหวัดปทุมธานี ได้แก่

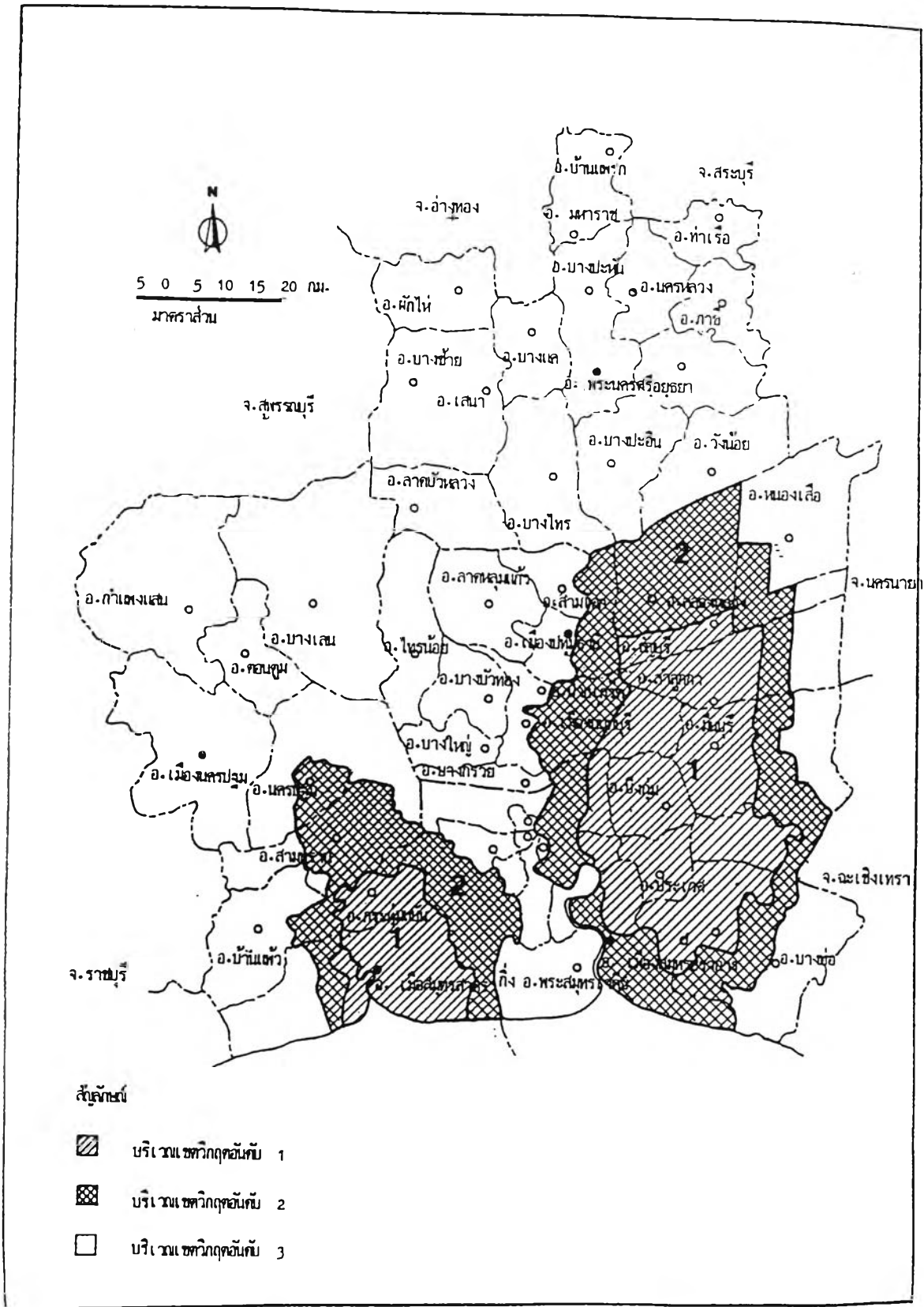
- อำเภอเมือง เฉพาะตำบลหลักหก ตำบลบางกระดี ตำบลบ้านกลาง ตำบลบางพูน ตำบลบ้านใหม่ ตำบลสวนพริกไทย ตำบลบางพูด ตำบลบ้านกระแซง
- อำเภอสามโคก เฉพาะตำบลเชียงรากใหญ่ ตำบลเชียงรากน้อย ตำบลบ้านปทุม ตำบลบ้านจั่น
- อำเภอธัญบุรี เฉพาะตำบลบึงสนั่น ตำบลลำผักกูด
- อำเภอลำลูกกา เฉพาะตำบลบึงทองหลาง

- อำเภอหนองเสือ เฉพาะตำบลบึงบอน
- อำเภอคลองหลวง เฉพาะตำบลคลองหนึ่ง ตำบลคลองสอง ตำบลคลองสาม ตำบลคลองสี่ ตำบลคลองห้า ตำบลคลองหก ตำบลคลองเจ็ด

## 2.6 จังหวัดนครปฐม ได้แก่

- อำเภอสามพราน เฉพาะตำบลบางช้าง ตำบลสามพราน ตำบลท่าข้าม ตำบลท่าตลาด ตำบลอ้อมใหญ่ ตำบลไร่ชิง ตำบลบางกระทุ่มล้ม ตำบลคลองใหม่ ตำบลหอมเกร็ด ตำบลบางกระทึก ตำบลยายชา ตำบลบางเตย ตำบลทรงคะนอง ตำบลบ้านใหม่
- อำเภอนครชัยศรี เฉพาะตำบลนครชัยศรี ตำบลขุนแก้ว ตำบลจิวราย ตำบลท่าตำหนัก ตำบลบางกระเบา ตำบลวัดไทยवास

3. เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 3 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการขุดตัวของพื้นดินน้อยกว่า 1 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำบาดาลลดลงน้อยกว่า 2 เมตรต่อปี ได้แก่ บริเวณเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบริเวณนอกเหนือเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 ของกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร และนครปฐม



รูปที่ ๕-1 แผนที่แสดงเขตพื้นที่วิกฤตน้ำบาดาลตามประกาศกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2538

## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ : นายวินัย เชาวน์วิวัฒน์

เกิด : 11 ธันวาคม 2516 อุดรธานี



## การศึกษา

- พ.ศ. 2538 : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.)  
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต
- พ.ศ. 2539 : เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประสบการณ์ทำงาน

- พ.ศ. 2538 : วิศวกรประมาณราคา บริษัทเกษมกิจ คอนสตรัคชั่น
- พ.ศ. 2541 : ผู้ช่วยนักวิจัยโครงการศึกษาและพัฒนาศักยภาพ  
แหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม