

การประยุกต์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำบาดาลเพื่อหาความเร็วของการไหลในแนวตั้ง  
ของน้ำบาดาลในแอ่งเชียงใหม่ ประเทศไทย



นางสาวรัตนา ชีรจิตติธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาธรณีวิทยา ภาควิชาธรณีวิทยา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF GROUNDWATER TEMPERATURE DATA FOR THE DETERMINATION  
OF VERTICAL GROUNDWATER VELOCITIES IN THE CHIANG MAI BASIN, THAILAND

Miss Rattana Thirathititham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Geology

Department of Geology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009


Copyright of Chulalongkorn University

521847


Thesis Title                                    APPLICATION OF GROUNDWATER TEMPERATURE  
DATA FOR THE DETERMINATION OF VERTICAL  
GROUNDWATER VELOCITIES IN THE CHIANG MAI  
BASIN, THAILAND  
By                                                    Miss Rattana Thirathititham  
Field of Study                                    Geology  
Thesis Advisor                                  Associate Professor Visut Pisutha-Arnond, Ph.D.  
Thesis Co-Advisor                              Oranuj Lorphensri, Ph.D.

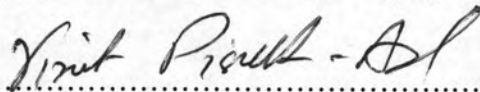
---


Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of  
the Requirements for the Master 's Degree

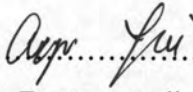
  
..... Dean of the Faculty of Science  
(Professor Supot Hannongbua, Dr.rer.nat.)

THESIS COMMITTEE

  
..... Chairman  
(Associate Professor Montri Choowong, Ph.D.)

  
..... Thesis Advisor  
(Associate Professor Visut Pisutha-Arnond, Ph.D.)

  
..... Thesis Co-Advisor  
(Oranuj Lorphensri, Ph.D.)

  
..... External Examiner  
(Aranya Fuangwasdi, Ph.D.)

รัตนา ธีรจิตธรรม: การประยุกต์ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำบาดาลเพื่อหาความเร็วของการไหลในแนวตั้งของน้ำบาดาลในแอ่งเชียงใหม่ ประเทศไทย (APPLICATION OF GROUNDWATER TEMPERATURE DATA FOR THE DETERMINATION OF VERTICAL GROUNDWATER VELOCITIES IN THE CHIANG MAI BASIN, THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ พิสุทธิอานนท์; อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.อรนุช หล่อเพ็ญศรี, 262 หน้า

อัตราการเติมน้ำเป็นตัวแปรที่สำคัญในการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล และการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีศึกษาหาอัตราการเติมน้ำจากข้อมูลอุณหภูมิน้ำบาดาล ในแอ่งเชียงใหม่ โดยทำการวัดอุณหภูมิน้ำบาดาลเป็นระยะไปตามความลึกจากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 20 บ่อ ในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2550

ผลจากการศึกษานี้พบว่าบ่อสังเกตการณ์ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่รับน้ำ ยกเว้นเพียง 4 บ่ออยู่ในพื้นที่ให้น้ำ ผลคำนวณอัตราการเติมน้ำโดยรวมของแอ่งเชียงใหม่อยู่ในช่วงระหว่าง 1.62-32.81 ซม./ปี โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 14.0 ซม./ปี หรือ ประมาณ 12% ของปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปี (116 ซม./ปี) นอกจากนี้อัตราการเติมน้ำสามารถจำแนกตามหน่วยตะกอนธรณีวิทยาได้ดังนี้ หน่วยแรกคือที่ราบตะกอนน้ำพา (Qcp) ได้อัตราการเติมน้ำเฉลี่ยที่ 6.07 ซม./ปี ขณะที่หน่วยลานตะพักระดับต่ำ (Qcr) ได้อัตราการเติมน้ำเฉลี่ยที่ 10.72 ซม./ปี และหน่วยลานตะพักระดับสูง (Qcm) ได้อัตราการเติมน้ำเฉลี่ยที่ 23.13 ซม./ปี สำหรับบริเวณที่เป็นพื้นที่ให้น้ำนั้น อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น มีการไหลจากชั้นน้ำบาดาลไปลงสู่แม่น้ำ และ/หรือ อยู่ในบริเวณที่มีการใช้น้ำบาดาลในเขตเมืองและการเกษตรกรรมในปริมาณที่มากกว่าอัตราการเติมน้ำลงไป และ/หรือ อยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิดินพื้นพิภพสูงกว่าปกติในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ขนานกับขอบแอ่งและรอยเลื่อนแม่ทา ซึ่งวางตัวห่างจากแอ่งเชียงใหม่ประมาณ 10 กิโลเมตรทางทิศตะวันออกของแอ่ง

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต..... *วิภา ธีรจิตธรรม*

สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: *S. J.*

ปีการศึกษา.....2552.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: *O. Aphorn*

# #4972456323 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: GROUNDWATER TEMPERATURE, VERTICAL GROUNDWATER VELOCITY, CHIANGMAI BASIN

RATTANA THIRATHITITHAM: APPLICATION OF GROUNDWATER TEMPERATURE DATA FOR THE DETERMINATION OF VERTICAL GROUNDWATER VELOCITIES IN THE CHIANG MAI BASIN, THAILAND. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR VISUT PISUTHA-ARNOND, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ORANUJ LORPHENSRI, Ph.D., 262 pp.

Groundwater recharge is an important factor in assessing groundwater resource. Recharge rate is required for groundwater modelling. In this research the groundwater temperature method is used for quantifying recharge rates and identification of recharge area in Chiang Mai basin. Temperature-depth profiles were obtained from 20 monitoring wells in Chiang Mai Basin during dry season of 2007.

The results of this study, most of the wells located in recharge zone except only four wells were in discharge zone. The overall recharge rates of the top units of all recharge wells range from 1.62-32.81 cm/yr with an average of 14.0 cm/yr. The average value is approximately 12 % of the annual rainfall (116 cm/yr). As for the recharge rate in different geological units, the top units of wells in young alluvial deposits (Qcp) give the average recharge rate of 6.07 cm/yr whereas those in low terrace deposits (Qcr) give the average recharge rate of 10.72 cm/yr and those in high terrace deposits (Qcm) give the average recharge rates of 23.13 cm/yr. The wells in discharge zone may indicate groundwater discharge into the river and/or excessive exploitation of groundwater in the municipal or agricultural areas and/or heat source underneath in relation to NE-SW active basement faults parallel to the eastern basin edge and to Mae Tha active fault zone about 10 kms toward the eastern side of the basin.

Department:.....Geology.....Student's Signature.....*Jam Visut*.....

Field of Study:.....Geology.....Advisor's Signature.....*Visut Pisutha-Arnond*.....

Academic Year:.....2009.....Co-Advisor's Signature.....*O. Lorphensri*.....

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author is deeply thankful to her advisor, Assoc. Prof. Dr. Visut Pisutha-Arnond of Department of geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University for good suggestion and advice as well as painstaking correction of the manuscript, and to her co-advisor, Dr. Oranuj Lorphensri from Department of Groundwater Resources (DGR) for inspiring the author to work on this research project and advice.

The author is grateful to Department of Groundwater Resources for the support of the fieldwork and hosting this research. Special thanks are given to Dr. Youhei Uchida from Geological Survey of Japan and Assoc. Prof. Dr. Makoto Taniguchi from Research Institute for Humanity and Nature in Japan for providing information and assistance. Thanks are also given to Ms. Dawruang Dechaop from (DGR) for her assistance during the preparation of this manuscript and making available the data.

# CONTENTS

	<b>Page</b>
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH.....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	x
CHAPTER I Introduction.....	1
1.1 Preamble.....	1
1.2 Rationale.....	1
1.3 Location of the Study Area.....	2
1.4 Objectives.....	2
1.5 Scope of Study.....	2
1.6 Method of Study.....	4
CHAPTER II Physiography, Geology and Hydrogeology of the Chiang Mai basin .6	
2.1 Geomorphology.....	6
2.2 Climate.....	7
2.3 Geology.....	8
2.3.1 Consolidated rocks.....	11
2.3.2 Igneous rocks.....	12
2.3.3 Unconsolidated rocks.....	13
2.4 Hydrogeology.....	19
2.4.1 Hydrogeological Units in Unconsolidated Aquifers.....	19
2.4.2 Hydrogeological Units in Semi-consolidated Aquifers .....	20
2.4.3 Hydrogeological Units in Consolidated Aquifer.....	20
2.5 Previous studies on groundwater recharge in Chaing Mai Basin .....	23
CHAPTER III Theoretical Backgroun.....	24
3.1 General background.....	24
3.2 Heat transport in groundwater flow.....	26
3.3 Heat transport in active depositional environments.....	27

	<b>Page</b>
3.4 Vertical groundwater velocities.....	29
3.5 Groundwater Temperature Measurement .....	31
3.6 Thermal Stability of Water Columns.....	33
3.7 Theory of Heat Transport .....	35
CHAPTER IV Data Collection and Analysis.....	45
4.1 Temperature measurement.....	45
4.2 Data analysis.....	48
CHAPTER V Result and Discussion.....	50
5.1 Vertical groundwater flow velocity.....	50
5.2 Recharge rate variation in different geological units.....	64
5.3 Variation of temperature depth profiles.....	65
5.4 Recharge versus discharge areas.....	82
CHAPTER VI Conclusion and Recommendation.....	84
6.1 Conclusions.....	84
6.2 Recommendation.....	86
REFERENCES.....	88
APPENDICES.....	94
APPENDIX A.....	95
Appendix A1 Lithologic log of 20 wells .....	96
Appendix A2 Groundwater temperature data.....	136
Appendix A3 Temperature-depth profiles .....	159
APPENDIX B.....	179
Appendix B1 Calculated $\beta$ values using $T_z$ , $T_0$ , $T_L$ , $z$ and $L$ parameters.....	180
Appendix B2 Type curve of $\beta$ values .....	222
Appendix B3 Calculated vertical groundwater velocities ( $V_z$ ).....	261
in cm/yr using $\beta$ values, $k$ , $c_o$ , $p_o$ , and $L$ parameters	
VITAE.....	262



## LIST OF TABLES

	<b>Page</b>
Table 2.1 General Stratigraphy of Chiang Mai basin and surrounding area (modified from Beshir, 1993, Tinnakorn Tatong, 2000 and Sirirat Uppasit, 2004) .....	16
Table 5.1 Summary of $\beta$ values and vertical groundwater velocities. ....	50
Table 5.2 Classification of thermal gradient into 6 groups.....	69

## LIST OF FIGURES

	<b>Page</b>
Figure 1.1 Index map of the study area.....	3
Figure 1.2 Flow chart of methodology.....	5
Figure 2.1 Lineament interpretation from Landsat TM satellite image (06/04/91) (modified from Tinnakorn Tatong, 2000 and Sirirat Uppasit, 2004).....	9
Figure 2.2 Bouguer gravity structural interpretation of the Chiang Mai Basin (modified from Kittichai Wattananikorn et al., 1995) .....	10
Figure 2.3 Geologic Map of Chiang Mai basin (modified from DMR, 2001).....	18
Figure 2.4 Aquifer systems of Chiang Mai basin (modified from DMR, 2001).....	22
Figure 3.1 Schematic temperature profiles showing deviations of the geothermal gradient caused by surface warming in the surficial zone and convection in the geothermal zone. (modified after Taniguchi 1999a; Domenico and Schwartz 1997) .....	25
Figure 3.2 Forced, free, and mixed convection in a hydrothermal system (after Sharp and Kyle, 1988) .....	27
Figure 3.3 Schematic diagram of accumulating sediment with heat flux across the lower boundary. (after Domenico and Schwartz, 1997) .....	28
Figure 3.4 Temperature patterns with moving boundaries and convection (after Domenico and Schwartz, 1997) .....	29
Figure 3.5 Three ideal cases where a field is imposed on a conductive thermal gradient (after Domenico and Schwartz, 1997) .....	30
Figure 3.6 Diagrammatic sketch of typical leaky aquifer (modified after Bredehoeft and Papadopulos, 1965) .....	37
Figure 3.7 Type curves of the function $f(\beta, z/L)$ (modified after Bredehoeft and Papadopulos, 1965) .....	39
Figure 3.8 Idealized temperature depth profiles that indicate the direction of vertical leakage through an aquitard; upward, downward, and no flow (modified after Boyle and Saleem, 1979) .....	41
Figure 3.9 The Solver Parameters dialog box.....	43

	<b>Page</b>
Figure 4.1 Measurement of water level .....	46
Figure 4.2 Equipment used in groundwater temperature measurement; thermometer (grey), sensor or thermistor (green) and cable (black wire).....	46
Figure.4.3 Measuring of groundwater temperature from water level to well bottom at every 2 m interval. ....	47
Figure 5.1 Composite bar chart of observation wells in study area showing recharge rates in different unconsolidated geologic units, namely, young alluvial deposits (Qcp), low terrace deposits (Qcr) and high terrace deposits (Qcm). ....	67
Figure 5.2 Location of observation wells in the Chiang Mai Basin showing 6 groups of temperature-depth profile. Figure 5.1 Composite bar chart of observation wells in study area showing .....	68
Figure 5.3 Temperature-depth profile of Group 1 (mainly in Qcp except Well 8, 15 in Qcr) in Mae Ping flood plain. The No. 42 profile is Probably the best representative of normal geothermal gradient of the basin. ....	71
Figure 5.4 Showing cross-section lines in Chiang Mai Basin.....	72
Figure 5.5 Cross-section line A-A' showing normal isotherm observed in the observation wells. ....	73
Figure 5.6 Temperature-depth profile of Group 2 (in Qcr and Qcm) in lower Mae Ping flood plain. The No. 42 is shown as the reference profile.....	74
Figure 5.7 Temperature-depth profile of Group 3 (in Qcm) at basin rim The No. 42 is shown as the reference profile. ....	75
Figure 5.8 Temperature-depth profile of Group 4 (in Qcp) in central Mae Ping flood plain. The No. 42 is shown as the reference profile....	76
Figure 5.9 Schematic of stream water gained from nearby groundwater (modified after Toth, 1963) .....	77
Figure 5.10 Temperature-depth profile of Group 5(Qcr) at lower basin rim The No. 42 is shown as the reference profile.....	78

	<b>Page</b>
Figure 5.11 Temperature depth-profile of Group 6 (Qcr) at the rim of basin in active depositional environment. The No. 42 is shown as the reference profile. ....	79
Figure 5.12 Cross-section line B-B' showing steep isotherm at well 21.....	80
Figure 5.13 Cross-section line C-C' showing steep isotherm at well 9.....	80
Figure 5.14 Map showing the distribution of fluoride contents of groundwater and rates of geothermal gradients observed in the observation wells in the Chiang Mai Basin (modified after Benjavun Ratanasthien and Tavisakdi Ramingwong, 1982). ....	81
Figure 5.15 Map showing two cases of vertical flow direction, recharge and discharge. Pink circle represents groundwater moving downward or recharge, and yellow circle represents groundwater moving upward or discharge. ....	83