



**Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών**

**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος»**

**Μεταπτυχιακή Εργασία:**

**«Αξιολόγηση επενδύσεων υδροηλεκτρικών έργων υπό το πλαίσιο των  
ευέλικτων μηχανισμών του Πρωτοκόλλου του Κιότο με χρήση του  
προγράμματος RETScreen»**

**Χριστίνα Καλαντζή**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δανάη Διακουλάκη**

**Αθήνα, Ε.Μ.Π. 2011**

*Στο σύζυγό μου Γιώργο  
και στην κόρη μου Εύα*

*Στο πλαίσιο ολοκλήρωσης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια που ανέλαβε την επίβλεψή μου κ. Δανάη Διακουλάκη.*

*Επίσης, ευχαριστώ το διδάκτορα της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ κ. Παρασκευά Γεωργίου για την πολύτιμη βοήθειά του και την υπομονή του.*

Χριστίνα Καλαντζή

Αθήνα, 2011

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	2
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση	3
1.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	4
1.4 Οι επιπτώσεις στο γήινο περιβάλλον	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	11
2.1 Εισαγωγή	12
2.2 Παγκόσμιες συνδιασκέψεις για το περιβάλλον	13
2.3 Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή στο Ρίο (1992)	15
2.4 Διάσκεψη των Συμβαλλόμενων Μερών ΙΙΙ (CoP ΙΙΙ) στο Κιότο (1997)	15
2.4.1 Γενικά στοιχεία	15
2.4.2 Τα όργανα του Πρωτοκόλλου και της Συνθήκης	16
2.4.3 Κατηγοριοποίηση χωρών	19
2.4.4 Κύρια σημεία του Πρωτοκόλλου	21
2.4.5 Τα άρθρα του Πρωτοκόλλου	23
2.5 Διάσκεψη των Συμβαλλόμενων Μερών VII (CoP VII) στο Μαρακές (2001)	29
2.6 Οι ευέλικτοι μηχανισμοί	29
2.6.1 Κοινή Εφαρμογή (Joint Implementation-JI)	30
2.6.2 Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism-CDM)	30
2.6.3 Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emissions Trading-ET)	32
2.7 Επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο	32
2.8 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση	35
2.9 Σύνοψη	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	39
3.1 Εισαγωγή	40
3.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια	40
3.3 Υδροηλεκτρικά έργα	42
3.4 Η υδροηλεκτρική μονάδα	42
3.5 Τύποι φραγμάτων	43
3.6 Υδροστρόβιλοι	44
3.6.1 Υδροστρόβιλος Pelton	45
3.6.2 Υδροστρόβιλος Francis	46
3.6.3. Υδροστρόβιλος Kaplan	47
3.7 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ)	48
3.8 Σύνοψη	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	51
4.1 Εισαγωγή	52
4.2 Αλβανία	53
4.2.1 Γενικά στοιχεία	53
4.2.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	54
4.3. Βουλγαρία	58
4.3.1 Γενικά στοιχεία	58
4.3.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	59
4.4 Μολδαβία	63
4.4.1 Γενικά στοιχεία	63
4.4.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	63
4.5 Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (ΠΓΔΜ)	68
4.5.1 Γενικά στοιχεία	68
4.5.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	68
4.6 Ουκρανία	72
4.6.1 Γενικά στοιχεία	72
4.6.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	73
4.7 Ρουμανία	77
4.7.1 Γενικά στοιχεία	77
4.7.2 Στοιχεία ενεργειακού τομέα	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	82
5.1 Γενικά στοιχεία του προγράμματος RETScreen (Version 3.2)	83

5.2 Το υπολογιστικό φύλλο Energy Model (Ενεργειακό Μοντέλο)	85
5.2.1 Στοιχεία ενότητας Site Conditions (Συνθήκες της περιοχής)	85
5.2.2 Στοιχεία ενότητας System characteristics (Χαρακτηριστικά του συστήματος)	86
5.2.3 Στοιχεία ενότητας Annual Energy Production (Ετήσια παραγωγή ενέργειας)	87
5.3 Το υπολογιστικό φύλλο Hydrology & Load (Υδρολογική ανάλυση και υπολογισμός φορτίου)	88
5.3.1 Στοιχεία ενότητας Hydrology Analysis (Υδρολογική ανάλυση)	89
5.3.2 Στοιχεία ενότητας Load Characteristics (Χαρακτηριστικά φορτίου)	91
5.4 Το υπολογιστικό φύλλο Equipment Data (Στοιχεία εξοπλισμού)	92
5.5 Το υπολογιστικό φύλλο Cost Analysis (Ανάλυση κόστους)	94
5.6 Το υπολογιστικό φύλλο Greenhouse Gas Analysis (GHG) (Ανάλυση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου)	97
5.6.1 Στοιχεία ενότητας Background Information (Πληροφορίες συστήματος)	98
5.6.2 Στοιχεία ενότητας Base Case Electricity System (Baseline) (Στοιχεία βασικού συστήματος)	99
5.6.3 Στοιχεία ενότητας Proposed Case Electricity System (Small Hydro Project) (Στοιχεία προτεινόμενου συστήματος)	99
5.6.4 Στοιχεία ενότητας GHG Emission Reduction Summary (Συνοπτικά αποτελέσματα μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου)	100
5.7 Το υπολογιστικό φύλλο Financial Summary (Χρηματοοικονομικά αποτελέσματα)	101
5.7.1 Στοιχεία ενότητας Annual Energy Balance (Ετήσιο Ενεργειακό Ισοζύγιο)	101
5.7.2 Στοιχεία ενότητας Financial Parameters	102
5.7.3 Στοιχεία ενότητας Project Costs and Savings (Κόστη του έργου και οικονομικά οφέλη)	102
5.7.4 Στοιχεία ενότητας Financial Feasibility (Χρηματοοικονομική Βιωσιμότητα)	103
5.7.5 Στοιχεία ενότητας Cumulative Cash Flows Graph	104
5.8 Το φύλλο εργασίας Sensitivity and Risk Analysis (Ανάλυση ευαισθησίας)	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	105
6.1 Εισαγωγή	106
6.2 Χαρακτηριστικά τυπικού υδροηλεκτρικού έργου	108
6.2.1 Υπολογισμός παραγόμενης ισχύος και ενέργειας	108
6.2.2 Ανάλυση κόστους	108
6.2.3 Υπολογισμός εξοικονόμησης αερίων του θερμοκηπίου	109
6.2.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση	110
6.3 Αποτελέσματα	111
6.4 Ανάλυση ευαισθησίας	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	115
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	120