



**Cyprus
University of
Technology**

Faculty of Geotechnical
Sciences and
Environmental
Management

Doctoral Dissertation

**Urban Energy and Environmental Modelling: The case of
green roofs**

Isidoros Ziogou

Limassol, February 2023

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEOTECHNICAL SCIENCES AND
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

Doctoral Dissertation

Urban Energy and Environmental Modelling: The case of green
roofs

Isidoros Ziogou

Limassol, February 2023

Approval Form

Doctoral Dissertation

Urban Energy and Environmental Modelling: The case of green roofs

Presented by

Isidoros Ziogou

Supervisor: Alexandros Charalambides, Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Cyprus University of Technology

Signature _____

Member of the committee: Stylianos Yiatros, Associate Professor, Department of Civil Engineering and Geomatics, Cyprus University of Technology

Signature _____

Member of the committee: Symeon Christodoulou, Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cyprus

Signature _____

Cyprus University of Technology

Limassol, February 2023

Approval Form of Advisory Committee

Doctoral Dissertation

Urban Energy and Environmental Modelling: The case of green roofs

Presented by

Isidoros Ziogou

Supervisor: Alexandros Charalambides, Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Cyprus University of Technology

Signature _____

Member of the committee: Stylianos Yiatros, Associate Professor, Department of Civil Engineering and Geomatics, Cyprus University of Technology

Signature _____

Member of the committee: Symeon Christodoulou, Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cyprus

Signature _____

Cyprus University of Technology

Limassol, February 2023

Copyrights

Copyright © 2023 Isidoros Ziogou

All rights reserved.

The approval of the dissertation by the Department of Chemical Engineering does not imply necessarily the approval by the Department of the views of the writer.

Acknowledgments

I would like to express my sincere gratitude to my Professor Theodoros Zachariadis and Dr. Apostolos Michopoulos, for their invaluable patience, as well as their constant academic and personal support throughout the duration of my doctoral studies. I also deeply appreciate the contribution of the members of my defense committee, for generously providing me with knowledge and expertise.

ABSTRACT

The objective of this doctoral research is to explore green roofs, as a nature-based solution, for improving the sustainability in urban areas of various climatic characteristics and different geometrical formations, with a focus on residential and office buildings. The appropriateness of these options has been assessed with the aid of energy, environmental and economic modelling. The results of this study indicatively demonstrate energy savings in individual buildings that can reach up to 35%, emission reductions of 3-10 tons of CO₂, 2-6 kg of NO_x and 7-18 kg of SO₂ per building per year, good economic prospects for individual users, with only modest reductions (varying from 6% to 35%) in green roofs' installation cost and, finally, reduction of urban air temperature reaching up to 0.35 K. Especially when it comes to city-level upgrades, green roofs can be either an immediate or a long-term measure for sustainable urban development. This potential should be an additional incentive for the responsible statutory and administrative bodies to adopt policies that economically promote the design and implementation of urban green roof retrofitting projects.

Keywords: green roofs, economic evaluation, energy efficiency, environmental upgrade, urban neighborhood.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδακτορική αυτή διατριβή διερευνά την εφαρμογή της τεχνολογίας των πράσινων οροφών, ως λύση βασισμένη στη φύση, για τη βελτίωση της βιωσιμότητας στις αστικές περιοχές με διαφορετικά κλιματικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά, με έμφαση στα κτίρια κατοικιών και γραφείων. Η καταλληλότητα των εναλλακτικών επιλογών έχει αξιολογηθεί με τη βοήθεια ενεργειακής, περιβαλλοντικής και οικονομικής μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης καταδεικνύουν κυρίως την εξοικονόμηση ενέργειας σε μεμονωμένα κτίρια που μπορεί να φτάσει έως και 35%, μειώσεις εκπομπών κατά 3-10 τόνους CO₂, 2-6 kg NO_x και 7-18 kg SO₂ ανά κτίριο ανά έτος, καλές οικονομικές προοπτικές για εφαρμογή από μεμονωμένους χρήστες, μετά την εφαρμογή συντηρητικών μειώσεων κυμαινόμενων από 6% έως 35% του αρχικού κόστους εγκατάστασης και, τέλος, βελτίωση της θερμικής άνεσης μέσα στο αστικό περιβάλλον, με την μείωση της θερμοκρασίας στο ύψος ενός πεζού, να κυμαίνεται στους 0,35 K. Ειδικά όταν πρόκειται για συστηματική και ευρεία εφαρμογή των πράσινων οροφών σε επίπεδο πόλης, η συγκεκριμένη λύση φαίνεται να μπορεί να αποτελέσει ένα μακροπρόθεσμο μέτρο άμεσης και έμμεσης περιβαλλοντικής αναβάθμισης. Αυτή η δυνατότητα θα πρέπει να αποτελέσει ένα πρόσθετο κίνητρο για τους αρμόδιους φορείς να υιοθετήσουν πολιτικές που προάγουν το σχεδιασμό και την υλοποίηση έργων πράσινων οροφών σε κτίρια των αστικών κέντρων.