



D2.2

Asset definitions and interdependencies

Ορισμός ακινήτων και αλληλεξαρτήσεων

Project name

TwinCity: Climate-Aware Risk and Resilience Assessment of Urban Areas under Multiple Environmental Stressors via Multi-Tiered Digital City Twinning.

Hellenic Foundation for Research and Innovation (H.F.R.I.) | Grant Agreement 2515
2nd Call for H.F.R.I. Research Projects to support Faculty Members & Researchers

Dissemination level	Public (PU) - Fully open
Type of deliverable	R - Document, report
Work package	WP2 – Asset ontology, system architecture and resilience framework
Deliverable number	D2.2 Asset definitions and interdependencies
Status - version, date	Final – V1.0
Deliverable leader	A. Gerontati
Contractual date of delivery	31/01/2023

Ποιοτικός έλεγχος

	Name	Organisation	Date
Peer review 1	Δ. Βαμβάτσικος	ΕΜΠ	10/09/2022
Peer review 2	Β. Μελισσιανός	ΕΜΠ	01/11/2022

Ιστορικό παραδοτέου

Version	Date	Author	Summary of changes
0.1	01/09/2022	A. Γεροντάτη	Πρώτο προσχέδιο εγγράφου
1.0	05/12/2022	A. Γεροντάτη	Τελική έκδοση (V1.0) εγγράφου

Νομική διακήρυξη

Η παρούσα εργασία είναι χρηματοδοτούμενη από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ, Grant Agreement 2515). Οι απόψεις και οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο παρόν έγγραφο δεν αντικατοπτρίζουν τις απόψεις του ΕΛΙΔΕΚ και εκφράζουν μόνο τους συγγραφείς. Το ΕΛΙΔΕΚ δεν φέρει καμία νομική ή άλλη ευθύνη για τα περιεχόμενα του παρόντος εγγράφου. Οι πληροφορίες σε αυτό το έγγραφο παρέχονται "ως έχουν", και η ερμηνεία τους επαφίεται στον αναγνώστη. Οι συμπράττοντες τω έργω δεν φέρουν καμία ευθύνη για ζημίες οποιουδήποτε είδους, συμπεριλαμβανομένων έμμεσων ή άλλων ζημιών που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση του υλικού που παρουσιάζεται.

Copyright © TwinCity Consortium, 2023.

Ποιοτικός έλεγχος	2
Ιστορικό παραδοτέου.....	2
Νομική διακήρυξη.....	2
Κατάλογος σχημάτων.....	4
Κατάλογος πινάκων	4
Σύνοψη	5
1 Εισαγωγή	6
1.1 Σκοπός	6
1.2 Στοχευόμενο κοινό.....	6
2 Γενικές πληροφορίες	7
2.1 Κατηγοριοποίηση κατασκευών.....	7
3 Κατασκευές στη Βαθμίδα 1.....	9
4 Κατασκευές στη Βαθμίδα 2.....	12
5 Κατασκευές στη Βαθμίδα 3.....	16
5.1 Συνήθη κτίρια στη Ρόδο	16
5.2 Κρίσιμες υποδομές.....	24

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1: Θέσεις μνημείων Ρόδου στη Βαθμίδα 1.....	9
Σχήμα 2: Φάρος και φρούριο του Αγίου Νικολάου.	10
Σχήμα 3: Προβλήτα Nailac.	10
Σχήμα 4: Ρωμαϊκή γέφυρα.	11
Σχήμα 5: Τοποθεσία στην ύπαιθρο του Ροδινίου.....	11
Σχήμα 6: Μνημεία Ρόδου στη Βαθμίδα 2.	12
Σχήμα 7: Ιστορικά και λειτουργικά κτίρια στη Βαθμίδα 2 στη Ρόδο.....	13
Σχήμα 8: Παραδείγματα λειτουργικών κτιρίων στη Ρόδο.	14
Σχήμα 9: (α) Τερματικός σταθμός του διεθνούς αεροδρομίου Ρόδου, (β) κτίρια τερματικού σταθμού.	15
Σχήμα 10: Κατάταξη κτιρίων στην πόλη της Ρόδου.	16
Σχήμα 11: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με τον κανονισμό σχεδιασμού.	17
Σχήμα 12: Παραδείγματα κτιρίων στη Ρόδο κατασκευασμένα με διαφορετικούς κανονισμούς (α) Low Code, (β) Mid Code και (γ) High Code.	17
Σχήμα 13: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με το δομικό υλικό.	18
Σχήμα 14: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με τον αριθμό ορόφων.	18
Σχήμα 15: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με την χρήση.	19
Σχήμα 16: (α) Είδος χρήσης και (β) αριθμός ορόφων των κτιρίων στη Ρόδο.	21
Σχήμα 17: (α) Δομικό σύστημα και (β) κανονιστικό πλαίσιο των κτιρίων στη Ρόδο.	22
Σχήμα 18: (α) Έδαφος έδρασης, (β) είδος στήριξης οροφής, (γ) σχήμα κάτοψης, (δ) ανομοιομορφία καθ' ύψος, (ε) υπόγειοι όροφοι και (στ) ύπαρξη καμινάδας κτιρίων στη Ρόδο.....	23
Σχήμα 19: Αριστερά: Κρίσιμα μέρη του συγκοινωνιακού δικτύου της Ρόδου. Δεξιά: Πλημμύρες που διαταράσσουν την πρόσβαση στο αεροδρόμιο (γέφυρα Κρεμαστής).	24
Σχήμα 20: (α) Κρίσιμα στοιχεία του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης της Ρόδου, (β) παράδειγμα αστοχία αγωγού ύδρευσης σε αστική και περιαστική περιοχή.	25
Σχήμα 21: Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (https://afroasia.co.ke/power-transmission-distribution/).....	26
Σχήμα 22: Τυπικές διατάξεις πύργων μεταφοράς ενέργειας. Διακρίνονται πύργοι ευθυγραμμίας (κάτω αριστερά) και πύργος γωνιακός (δεξιά).	27
Σχήμα 23: Μεταλλικοί στύλοι διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.	28
Σχήμα 24: Κρίσιμα μέρη του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ρόδου, Ελλάδα.	28
Σχήμα 25: Τυπικός πύργος τηλεπικοινωνιών.....	29
Σχήμα 26: 3D μοντέλο πύργου τηλεπικοινωνιών στο λογισμικό OpenSees.....	30

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Κατηγορίες κατασκευών στο TwinCity, η προσέγγιση τρωτότητας/απωλειών και το επίπεδο μελέτης.	8
Πίνακας 2: Πρότυπο έγγραφο αυτοψίας κτιρίων Ρόδου.....	19

Σύνοψη

Το παρόν έγγραφο παρουσιάζει το σύνολο των κατασκευών που εξετάζονται στη περιοχή μελέτης, η οποία στο πλαίσιο του TwinCity είναι το νησί της Ρόδου. Οι εξεταζόμενες κατασκευές αποτελούν κρίσιμο στοιχείο για τον καθορισμό ενός κατάλληλου μοντέλου διακινδύνευσης της περιοχής μελέτης που θα μπορούσε να πληγεί από μελλοντικά ακραία φυσικά γεγονότα. Σχετικά με τις κατασκευές, πρόκειται για μνημεία σημαντικά για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, συνήθη κτίρια, αλλά και υποδομές σημαντικές για την εύρυθμη λειτουργία της περιοχής. Οι κατασκευές ταξινομούνται σε τρεις βαθμίδες, ανάλογα με τη μοντελοποίησή τους.

Στη Βαθμίδα 1 εντάσσονται οι κατασκευές υψίστης σημασίας για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της Ρόδου για τις οποίες γίνεται λεπτομερής προσομοίωση της συμπεριφοράς τους. Στη Βαθμίδα 2 ανήκουν κτίρια ιστορικής αξίας τα οποία έχουν και λειτουργική χρήση για τα οποία χρησιμοποιούνται χαμηλότερης λεπτομέρειας μοντέλα. Για τη Βαθμίδα 3, παρέχεται ένα γενικό μοντέλο και επιλέγεται μόνο ένας περιορισμένος αριθμός χαρακτηριστικών κατασκευών που αντιπροσωπεύουν καλύτερα ολόκληρη την κατηγορία, ενώ χρησιμοποιούνται γενικές καμπύλες τρωτότητας και απωλειών για την αξιολόγηση κινδύνου.

Για κάθε κατασκευή παρέχονται απαραίτητες πληροφορίες και σχετικό φωτογραφικό υλικό. Σχετικά με τα συνήθη κτίρια, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία και πραγματοποιήθηκε λεπτομερής αυτοψία, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά.

Η δομή του εγγράφου διαίρεται σε πέντε βασικές ενότητες. Η πρώτη είναι εισαγωγική. Στη δεύτερη ενότητα, καθορίζεται η υποδιαίρεση των κατασκευών στις τρεις βαθμίδες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας όσον αφορά την περιγραφή τους. Στο τρίτο κεφάλαιο παρέχεται λεπτομερής περιγραφή των μνημειακών κατασκευών που εξετάστηκαν, ενώ το τέταρτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στις κατασκευές της Βαθμίδας 2. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης των κτιρίων της Βαθμίδας 3 καθώς και οι υποδομές που έχουν ως στόχο τη διατήρηση της εύρυθμης λειτουργίας στην ιστορική περιοχή της πόλης της Ρόδου.

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Το παραδοτέο 2.2 «Asset definitions and interdependencies» αποτελεί το βασικό δεδομένο εισόδου για τις εργασίες που περιλαμβάνονται στην Ενότητα Εργασίας 2 – “Asset ontology, system architecture and resilience framework”. Το υπόψιν έγγραφο περιέχει την επισκόπηση όλων των κατασκευών που εξετάζονται στο νησί της Ρόδου.

Ένα βασικό στοιχείο για τον προσδιορισμό της διακινδύνευσης, που είναι το αντικείμενο μελέτης τους ερευνητικού προγράμματος TwinCity, είναι ο καθορισμός των κατασκευών που είναι εκτεθειμένα σε πιθανούς μελλοντικούς φυσικούς κινδύνους. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα και αντικείμενο μελέτης αποτελεί η αξιολόγηση κατασκευών που είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της Ρόδου, τα περισσότερα από τα οποία είναι ιδιόκτητα κτίρια που αποτελούν μέρος της ιστορικής ατμόσφαιρας της πόλης.

Οι κατασκευές περιλαμβάνουν τόσο κτίρια όσο και υποδομές. Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών και της θέσης τους είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για την αξιολόγηση του αντικτύπου της διακοπής λειτουργίας των τοπικών επιχειρήσεων. Ο χαρακτηρισμός των κατασκευών περιλαμβάνει τον εντοπισμό τους, τον καθορισμό της οικονομικής τους αξίας, αλλά και των χαρακτηριστικών που είναι χρήσιμα για την αξιολόγηση της τρωτότητας και των συνεπακόλουθων απωλειών τους σε σχέση με πιθανούς φυσικούς κινδύνους.

1.2 Στοχευόμενο κοινό

Το στοχευόμενο κοινό του παρόντος εγγράφου είναι οι εταίροι του TwinCity και η επιστημονική κοινότητα στον τομέα της διακινδύνευσης και της πολιτικής προστασίας. Αυτή η αναφορά παρουσιάζει την έκθεση της Πόλης της Ρόδου σε φυσικό κίνδυνο και μπορεί αξιοποιηθεί σε πολλαπλά επίπεδα για την προστασία της.

2 Γενικές πληροφορίες

Το ερευνητικό πρόγραμμα TwinCity έχει ως στόχο να αξιοποιήσει υπάρχοντα εργαλεία και υπηρεσίες (π.χ. κλιματικά μοντέλα, μοντελοποίηση ακραίων γεγονότων και των επιπτώσεών τους κ.λπ.) και να αναπτύξει νέες τεχνολογίες (Layered-Block Models, City Digital Twins) για να προσφέρει μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για την αξιολόγηση της κοινωνικοοικονομικής ανθεκτικότητας, που λαμβάνει υπόψη πολλαπλούς κινδύνους, την καλύτερη προετοιμασία, την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη απόκριση και τη βιώσιμη ανασυγκρότηση αστικών περιοχών. Το TwinCity προσφέρει ένα ισχυρό εργαλείο που προσδιορίζει τα τοπικά κοινωνικοοικονομικά και επιχειρηματικά συστήματα για την προσομοίωση πολλαπλών πιθανών σεναρίων διακοπής λειτουργίας των επιχειρήσεων, αξιοποιώντας τις πληροφορίες που προσέφερε η καραντίνα εξαιτίας του COVID-19 ως προς τη διακοπή λειτουργίας και της ανάκαμψης των επιχειρήσεων. Ο τελικός στόχος είναι να προσφερθεί μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα βάσει του οποίου οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να αξιολογήσουν την συμπεριφορά, τον κίνδυνο και την ανθεκτικότητα μια μεγάλης κλίμακας πιλοτικής μελέτης μιας νησιωτικής ελληνικής πόλης που υπόκειται σε σεισμούς και καιρικούς/κλιματικούς κινδύνους.

Για να λειτουργήσει όμως σωστά η εν λόγω πλατφόρμα, χρειάζεται μια λεπτομερή βάση δεδομένων για την περιοχή υπό εξέταση. Αυτή ακριβώς η βάση, τα περιεχόμενα και η δομή της, παρουσιάζονται στο παρόν παραδοτέο.

2.1 Κατηγοριοποίηση κατασκευών

Οι εξεταζόμενες κατασκευές διακρίνονται σε κτίρια και υποδομές, τα οποία με τη σειρά τους χωρίζονται περαιτέρω σε βαθμίδες σύμφωνα με το επίπεδο λεπτομέρειας που χαρακτηρίζει τη μοντελοποίηση τους. Οι βαθμίδες αυτές διακρίνονται ως εξής:

- **Βαθμίδα 1:** Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται σε συγκεκριμένες μνημειακές κατασκευές υψίστης σημασίας για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς στην περιοχή μελέτης. Για τις κατασκευές σε αυτή την περίπτωση παράγονται λεπτομερή μοντέλα, τα οποία προσφέρουν ολοκληρωμένη άποψη για την απόκρισή τους. Τα μοντέλα αυτά βοηθούν σημαντικά στην εξέταση θεμάτων διάβρωσης και γενικότερα εντοπισμού ζημιών με στόχο την ομαλή διατήρηση των μνημείων σε βάθος χρόνου. Παρόλα αυτά, όταν μελετώνται ζητήματα που σχετίζονται με την διάδοση της αβεβαιότητας της απόκρισης τους, η αξιοποίηση των μοντέλων αυτών δεν είναι εύκολη εξαιτίας του σημαντικού υπολογιστικού κόστους τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται επιπλέον απλούστερα μοντέλα, με λιγότερους βαθμούς ελευθερίας, για τη διεξαγωγή δυναμικών αναλύσεων. Η αξιολόγηση της συμπεριφοράς των μνημείων πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας αναλυτικές καμπύλες τρωτότητας και καμπύλες απωλειών που αναφέρονται στην εκάστοτε κατασκευή. Μια κατασκευή που ανήκει στη Βαθμίδα 1 αξιολογείται σε επίπεδο των επιμέρους στοιχείων από τα οποία απαρτίζεται, επιτρέποντας τη διαφοροποίηση των βλαβών και των επακόλουθων απωλειών από το επίπεδο της συνολικής κατασκευής και ως εκ τούτου πραγματοποιείται μια πιο λεπτομερής αξιολόγηση. Για λόγους οικονομίας, μόνο ένα μικρό ποσοστό των μνημειακών κατασκευών μπορούν να ενταχθούν εδώ.

- **Βαθμίδα 2:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν δύο είδη κατασκευών. Αρχικά, πρόκειται για κατασκευές πολιτιστικής κληρονομιάς στην περιοχή μελέτης καθώς και κατασκευές σημαντικές για την ομαλή και αδιάκοπη συνέχιση της λειτουργίας της. Για την προσομοίωση τους χρησιμοποιούνται χαμηλότερης ακρίβειας μοντέλα για την μελέτη της απόκρισής τους. Η αξιολόγηση της συμπεριφοράς των

κατασκευών να πραγματοποιείται αξιοποιώντας αναλυτικές καμπύλες τρωτότητας και καμπύλες απωλειών. Οι κατασκευές και σ' αυτή την κατηγορία αξιολογούνται επίσης στο επίπεδο των επιμέρους στοιχείων από τα οποία απαρτίζονται. Ομοίως με τη Βαθμίδα 1, λίγες κατασκευές μπορούν να ενταχθούν εδώ για λόγους οικονομίας υπολογιστικού χρόνου.

- **Βαθμίδα 3:** Στην τελευταία κατηγορία εντάσσονται οι πολυάριθμες συνήθεις κατασκευές και υποδομές που δεν εντάσσονται στις Βαθμίδες 1 και 2. Αυτή είναι, με διαφορά, και η βαθμίδα με τα περισσότερα μέλη. Για τις κατασκευές αυτές γίνεται μια πιο απλοποιημένη μελέτη της συμπεριφοράς τους, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο της εκάστοτε κατασκευής και όχι όλα τα επιμέρους στοιχεία από τα οποία απαρτίζεται. Η ταξινόμηση των κατασκευών αντιστοιχεί σε ευρύτερες κλάσεις με βάση τα κύρια μακροοικονομικά χαρακτηριστικά κάθε δομής (π.χ. ηλικία, υλικό, τύπος δομικού συστήματος κ.λπ.). Κατά συνέπεια, η προσέγγιση τρωτότητας/απωλειών που υιοθετείται για την αξιολόγηση πιθανών κινδύνων είναι λιγότερο λεπτομερής.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τη μέθοδο αξιολόγησης που εφαρμόστηκε για κάθε βαθμίδα. Για την κάθε μια, προσδιορίζεται ο τρόπος προσέγγισης των καμπυλών τρωτότητας και απωλειών. Για τις Βαθμίδες 1 και 2 χρησιμοποιούνται οι αναλυτικές καμπύλες των κατασκευών, ενώ στην περίπτωση της Βαθμίδας 3 χρησιμοποιούνται οι καμπύλες της αντίστοιχης κλάσης στην οποία ανήκει η κατασκευή. Επίσης, ανάλογα με τη βαθμίδα προσδιορίζεται αν η κατασκευή εξετάζεται στο επίπεδο των επιμέρους στοιχείων από τα οποία απαρτίζεται είτε σε επίπεδο καθολικό.

Βαθμίδα κατασκευής	Προσέγγιση τρωτότητας/απωλειών	Επίπεδο μελέτης
Βαθμίδα 1	Κατασκευή	Επίπεδο στοιχείων
Βαθμίδα 2	Κατασκευή	Επίπεδο στοιχείων
Βαθμίδα 3	Κλάση	Επίπεδο κατασκευής

Πίνακας 1: Κατηγορίες κατασκευών στο TwinCity, η προσέγγιση τρωτότητας/απωλειών και το επίπεδο μελέτης.

3 Κατασκευές στη Βαθμίδα 1

Στο Σχήμα 1 απεικονίζονται οι τοποθεσίες των μνημείων ενδιαφέροντος που εξετάζονται στο νησί της Ρόδου. Εξετάζονται πύργοι, φρούρια και γέφυρες που κατασκευάστηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους που έχουν υποστεί διαφορετικό επίπεδο υλικής υποβάθμισης και ζημιάς. Όπως προαναφέρθηκε, η Ρόδος περιέχει πολλές περισσότερες κατασκευές που θεωρητικά θα έπρεπε να ενταχθούν σε αυτή τη βαθμίδα, κάτι που δεν είναι πρακτικώς υλοποιήσιμο εντός του έργου.



Σχήμα 1: Θέσεις μνημείων Ρόδου στη Βαθμίδα 1.

Το φρούριο του Αγίου Νικολάου βρίσκεται στην είσοδο του λιμανιού Μαντρακίου, σημειώνεται ως τοποθεσία 1 στο Σχήμα 1 και φαίνεται στο Σχήμα 2. Πρόκειται για ένα ενιαίο οχυρό που καταλαμβάνει το βόρειο άκρο της ομώνυμης προβλήτας. Πρόκειται για το αποτέλεσμα πολλών διαδοχικών ανακατασκευών και επεκτάσεων που σημειώθηκαν μετά τις καταστροφές που υπέστη από πολιορκίες, κατά τις οποίες λειτούργησε ως «κλειδί για την άμυνα της πόλης». Χτίστηκε από τον Δούκα Φίλιππο της Βουργουνδίας το 1464 – 1467 μ.Χ. Παλαιότερα υπήρχε μόνο ένα μικρό παρεκκλήσι αφιερωμένο στον Άγιο Νικόλαο στον ίδιο χώρο, το οποίο μετατράπηκε σε φρούριο από τους Αιγύπτιους όταν εισέβαλαν στα νησιά και χρησιμοποιήθηκε για να βομβαρδίσουν την πόλη. Τα τείχη γύρω από το φρούριο του Αγίου Νικολάου χτίστηκαν από τον Pierre d'Aubusson, ο οποίος αποκατέστησε επίσης τις ζημιές που υπέστη το φρούριο κατά την τουρκική πολιορκία το 1480 μ.Χ. Το φρούριο μετατράπηκε σε φάρο το 1863 μ.Χ.



Σχήμα 2: Φάρος και φρούριο του Αγίου Νικολάου.



Σχήμα 3: Προβλήτα Nailac.

Η δεύτερη κατασκευή είναι η προβλήτα Nailac. Βρίσκεται στον προμαχώνα του Αγίου Παύλου και αποτελεί μέρος των μεσαιωνικών οχυρώσεων στην προκυμαία, σημειώνεται ως τοποθεσία 2 στο Σχήμα 1 και φαίνεται στο Σχήμα 3. Κατασκευάστηκε περί το 1400 μ.Χ. στην προβλήτα και αποτελούσε μέρος της οχύρωσης του «Μεγάλου Λιμανιού», του Εμπορικού Λιμανιού της Ρόδου.

Στη συνέχεια εξετάζεται η Ρωμαϊκή γέφυρα, σημειώνεται ως τοποθεσία 3 στο Σχήμα 1 και απεικονίζεται στο Σχήμα 4. Η γέφυρα είναι χτισμένη κατά μήκος του ρέματος της Ροδινής, λίγα μέτρα πριν από την κατάληξη του στη θάλασσα. Πρόκειται για ένα μνημείο ιδιαίτερης αρχαιολογικής σημασίας, καθώς είναι ένα από τα ελάχιστα αρχαία γεφύρια που σώζονται στον ελληνικό χώρο και χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα. Η γέφυρα ανήκει σε κλειστό αρχαιολογικό χώρο, όπου σώζεται τμήμα του οχυρωματικού τείχους της πόλης. Το ρέμα της Ροδινής που ρέει κατά μήκος της οχύρωσης, χρησιμεύει ως φυσικός τρόπος άμυνας έναντι των περιβαλλοντικών κινδύνων. Η γέφυρα είναι κτισμένη από τοιχοποιία, χωρίς χρήση συνδετικού κονιάματος. Έχει δύο τοξωτά ανοίγματα πλάτους 6.50 μέτρων και ύψους 8.20 μέτρων. Παλαιότερα χρονολογούταν στην Ελληνιστική Περίοδο, ωστόσο σε νεότερες μελέτες, ειδικευμένες στην κατασκευή γεφυρών, χρονολογείται στη Ρωμαϊκή Περίοδο.



Σχήμα 4: Ρωμαϊκή γέφυρα.

Η Ρωμαϊκή γέφυρα είναι σε συνεχή χρήση από την Αρχαιότητα μέχρι σήμερα, αφού βρίσκεται στην κύρια έξοδο της πόλης προς την ανατολική ακτή του νησιού. Η κυκλοφορία, και ιδίως η διέλευση βαρέων οχημάτων, έχει προκαλέσει ρωγμές στην τοιχοποιία της, διεύρυνση των αρμών μεταξύ των λίθων και πτώση των τελευταίων. Τα ξύλινα ικριώματα, που συγκρατούν προσωρινά τις καμάρες, είναι μερικώς κατεστραμμένα και κινδυνεύουν να καταρρεύσουν. Αν και είχαν γίνει εργασίες εξυγίανσης πριν από μερικά χρόνια στις όχθες του χειμάρρου, η ροή του νερού εμποδίζεται από την πυκνή βλάστηση και την ανύψωση της αρχικής κοίτης. Επιπλέον, το νερό διέρχεται μόνο από το νότιο άνοιγμα, ενώ το βόρειο είναι γεμάτο με συντρίμια.

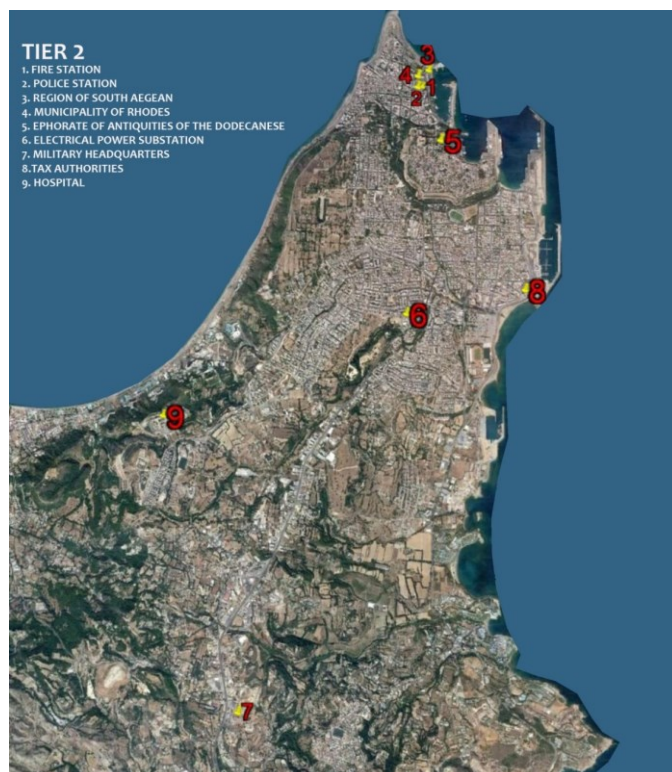
Η τελευταία κατασκευή που ανήκει στη Βαθμίδα 1 είναι η περιοχή της Ροδινής (Σχήμα 5), που κατά την αρχαιότητα ήταν τμήμα της κεντρικής νεκρόπολης. Εκεί σώζονται μερικοί από τους σημαντικότερους μνημειακούς τάφους της Ροδιακής νεκρόπολης (σημειώνεται ως 4 στο Σχήμα 1). Επιπλέον, η περιοχή χρησίμευε ως ένα είδος πάρκου, λόγω του γραφικού τοπίου της, και είναι μερικώς διατηρημένη μέχρι σήμερα. Με το αρχαίο πάρκο συνδέονται ανθρωπογενείς σχηματισμοί του τοπίου, όπως τοίχοι αντιστήριξης με τοιχοποιία, βραχώδεις μικρές προεξοχές με στενή σκάλα που πιθανότατα λειτουργούσε ως πεζοδρόμιο, υπόγεια κανάλια ύδρευσης και ιερό που μιμείται φυσικές σπηλιές. Επί Ιταλοκρατίας (1927 μ.Χ.) δημιουργήθηκε πάρκο κατά μήκος του βορειοανατολικού τμήματος του ρέματος, αναβιώνοντας κατά κάποιο τρόπο τη λειτουργία που είχε η περιοχή στην αρχαιότητα. Πριν από μερικές δεκαετίες το πάρκο ήταν ένα από τα αξιοθέατα της σύγχρονης πόλης, ενώ σήμερα βρίσκεται σε κατάσταση εγκατάλειψης.



Σχήμα 5: Τοποθεσία στην ύπαιθρο του Ροδινίου.

4 Κατασκευές στη Βαθμίδα 2

Εκτός από τα μνημεία που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2, μελετώνται επίσης κτίρια τα οποία έχουν τόσο ιστορική σημασία όσο και σημαντική λειτουργία για την περιοχή. Σ' αυτά συγκαταλέγονται ο Πυροσβεστικός Σταθμός (Σχήμα 7α), το Αστυνομικό Τμήμα (Σχήμα 7β), το περιφερειακό κτίριο Ν. Αιγαίου (Σχήμα 7γ), το Δημαρχείο (Σχήμα 7δ) καθώς και η Εφορεία Αρχαιοτήτων της Ρόδου (Σχήμα 7ε), οι τοποθεσίες των οποίων φαίνονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6: Μνημεία Ρόδου στη Βαθμίδα 2.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)

Σχήμα 7: Ιστορικά και λειτουργικά κτίρια στη Βαθμίδα 2 στη Ρόδο.

Στη Βαθμίδα 2 περιλαμβάνονται επίσης κτίρια κρίσιμα για τη διατήρηση της επιχειρησιακής συνέχειας και της οικονομικής βιωσιμότητας της περιοχής μελέτης. Χαρακτηριστικά αναφέρονται ο υποσταθμός ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 8α), ο οποίος απεικονίζεται στη θέση 6 στο Σχήμα 6 και το στρατιωτικό αρχηγείο στη θέση 7. Ακόμα, περιλαμβάνεται το κτίριο δημοσίων υπηρεσιών στη θέση 8 καθώς και το περιφερειακό Νοσοκομείο ((Σχήμα 8β) στη θέση 9 του Σχήμα 6.



(α)



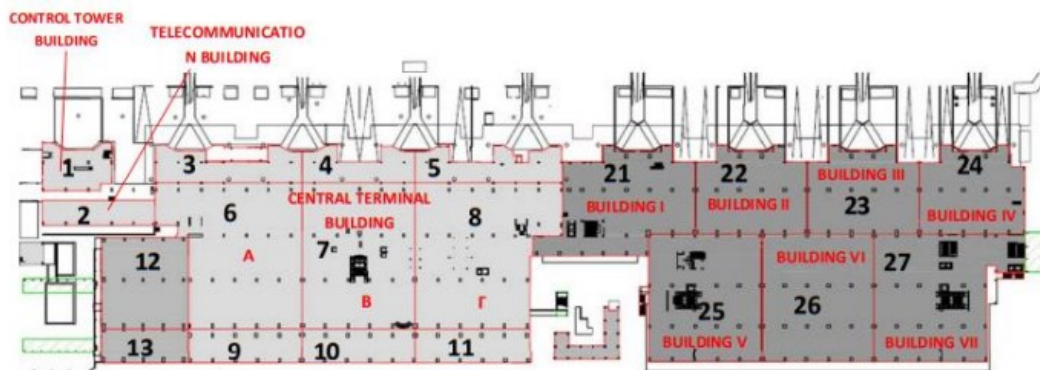
(β)

Σχήμα 8: Παραδείγματα λειτουργικών κτιρίων στη Ρόδο.

Ένα ακόμα σημαντικό κτίριο το οποίο ανήκει σ' αυτή την κατηγορία, αλλά δεν φαίνεται στο Σχήμα 6 διότι βρίσκεται εκτός του κέντρου της πόλης, είναι ο τερματικός σταθμός του αεροδρομίου της Ρόδου (Σχήμα 9).



(α)



(β)

Σχήμα 9: (α) Τερματικός σταθμός του διεθνούς αεροδρομίου Ρόδου, (β) κτίρια τερματικού σταθμού.

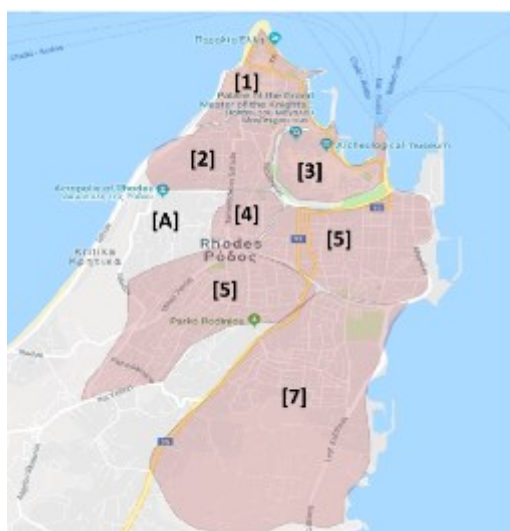
Το σημερινό αεροδρόμιο της Ρόδου κατασκευάστηκε το 1977 για να εξυπηρετήσει τη μεγάλη εισροή τουριστών στο νησί. Βρίσκεται 14 χλμ. στη νοτιοδυτική πλευρά της πόλης της Ρόδου, κοντά στο χωριό Παραδείσι. Είναι το τέταρτο μεγαλύτερο αεροδρόμιο της Ελλάδας, με συνολικό όγκο επιβατών σύμφωνα με την κίνηση του έτους 2019, να φτάνει τους 803.996 επιβάτες για πτήσεις εσωτερικού και τους 5.542.567 επιβάτες για πτήσεις εξωτερικού.

Τα κτίρια του αεροδρομίου καταλαμβάνουν μια συνολική έκταση των 47.390 m² και χωρίζονται σε δύο τμήματα. Το δυτικό τμήμα των υφιστάμενων κτιρίων (παλιό μέρος) κατασκευάστηκε το 1972. Το παλιό μέρος περιλαμβάνει το κεντρικό κτίριο του τερματικού σταθμού, το κτίριο των τηλεπικοινωνιών, το κτίριο του πύργου ελέγχου (κτίρια 1-11) και τον πύργο ελέγχου, ο οποίος δεν είναι ορατός στο Σχήμα 17 και βρίσκεται στα αριστερά του κτιρίου ελέγχου. Το 1995 έγινε επέκταση του αεροδρομίου με την κατασκευή των κτιρίων 12-13 και τα οποία θεωρούνται επίσης τμήμα του παλιού μέρους. Από την άλλη πλευρά, το ανατολικό τμήμα των υφιστάμενων κτιρίων (νέο μέρος) κατασκευάστηκε το 2002. Το νέο τερματικό τμήμα περιλαμβάνει τα κτίρια 21-27 (Σχήμα 9β).

5 Κατασκευές στη Βαθμίδα 3

5.1 Συνήθη κτίρια στη Ρόδο

Τα κτίρια που ανήκουν σε ολόκληρη την περιοχή του δήμου Ρόδου, μεταξύ των οποίων τόσο αυτά του κέντρου όσο και των προαστίων καλύπτοντας μια συνολική έκταση περίπου 1400 km², συμπεριλαμβάνονται στις κατασκευές της Βαθμίδα 3. Αυτή η περιοχή χωρίζεται σε επτά επιμέρους υποπεριοχές, με βάση το υλικό και το έτος κατασκευής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10. Στη Βαθμίδα 3 εντάσσονται επιπλέον ορισμένες κρίσιμες για την λειτουργία της περιοχής υποδομές που αναλύονται στην ενότητα 4.2.



[A] : ancient part of city

[1] - [2]: city center with RC buildings, mixed commercial and residential areas

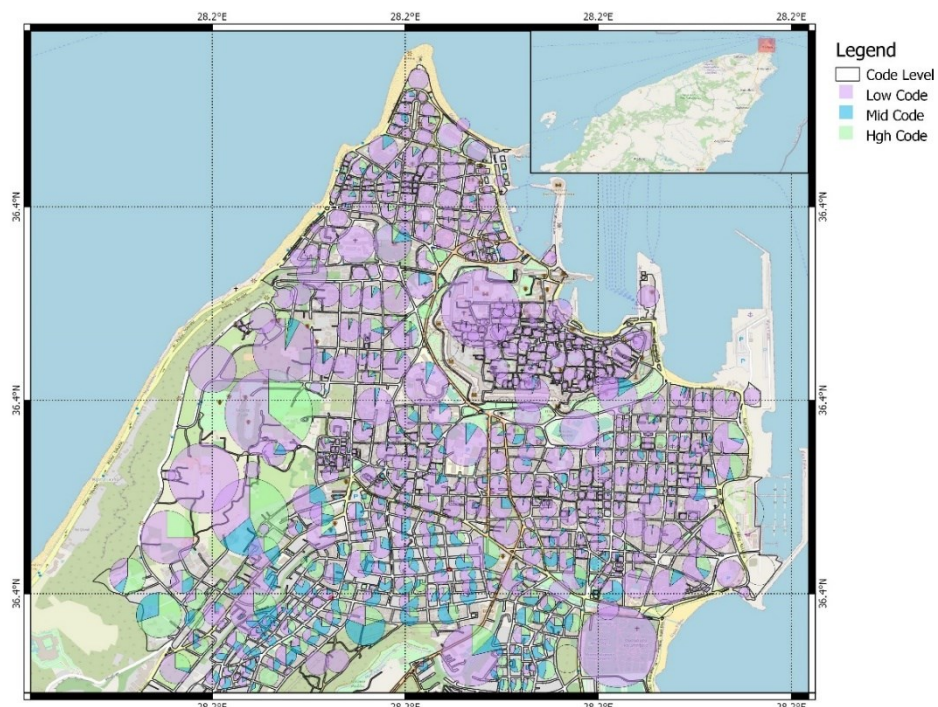
[3]: wall surrounded Medieval City (UNESCO heritage site), mixed commercial and residential area, unreinforced masonry

[4] - [6]: suburban city with RC buildings, mixed commercial and residential areas, mainly after 1960

[7]: suburban city with RC buildings, mainly residential area, mainly after 2000

Σχήμα 10: Κατάταξη κτιρίων στην πόλη της Ρόδου.

Δεδομένα για τα κτίρια λήφθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) ανά οικισμό, τα οποία υποβλήθηκαν σε επεξεργασία και προέκυψε ότι στο εσωτερικό των μεσαιωνικών τειχών τα κτίρια ως επί το πλείστον είναι σχεδιασμένα με παλαιούς κανονισμούς, κατασκευασμένα κυρίως από λιθοδομή, έχουν χαμηλό ύψος και χρησιμοποιούνται κυρίως ως κατοικίες. Όσο περισσότερο μετακινείται κανείς προς το νότιο τμήμα τόσο νεότερα είναι τα κτίρια, κατασκευασμένα με μεσαίους και νεότερους κανονισμούς, και κύριο δομικό υλικό είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχήμα 11, Σχήμα 13, Σχήμα 14 και Σχήμα 15). Παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα κτιρίων στη Ρόδο, που έχουν ληφθεί από την εφαρμογή Google Maps, και είναι κατασκευασμένα με παλαιούς (Low, Σχήμα 12α), ενδιάμεσους (Mid, Σχήμα 12β) και σύγχρονους κανονισμούς (High, Σχήμα 12γ).



Σχήμα 11: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με τον κανονισμό σχεδιασμού.



(α)

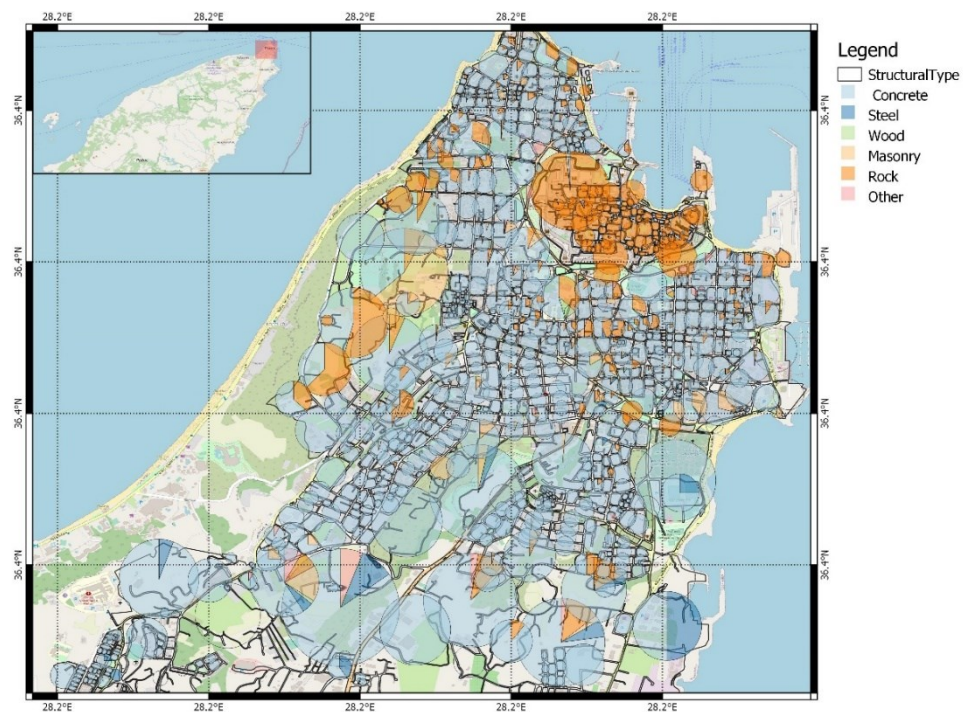


(β)

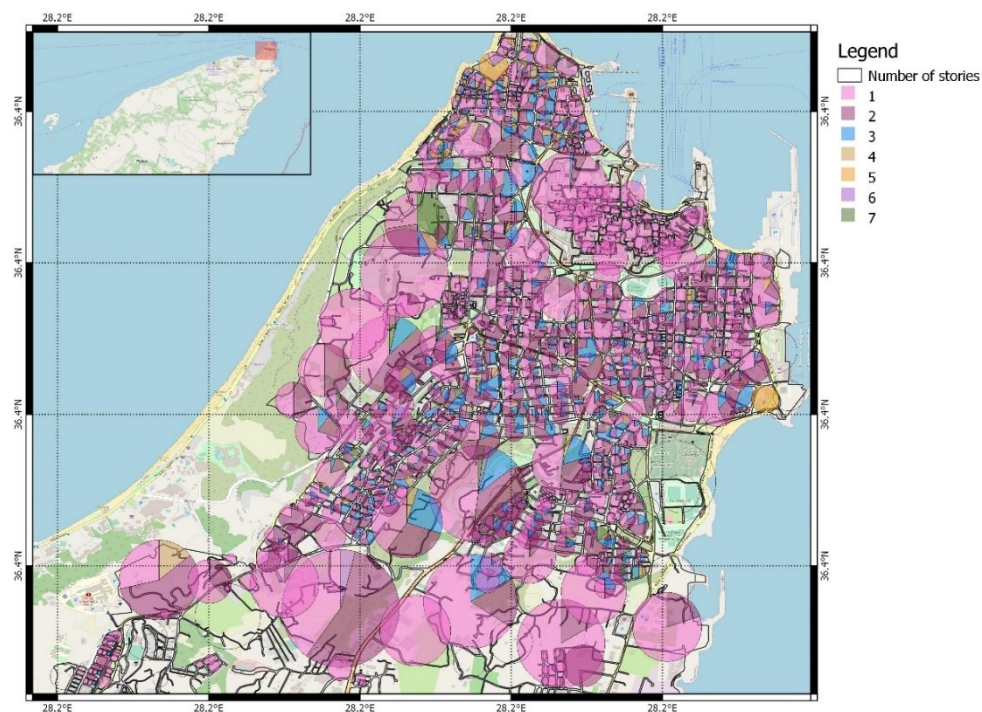


(γ)

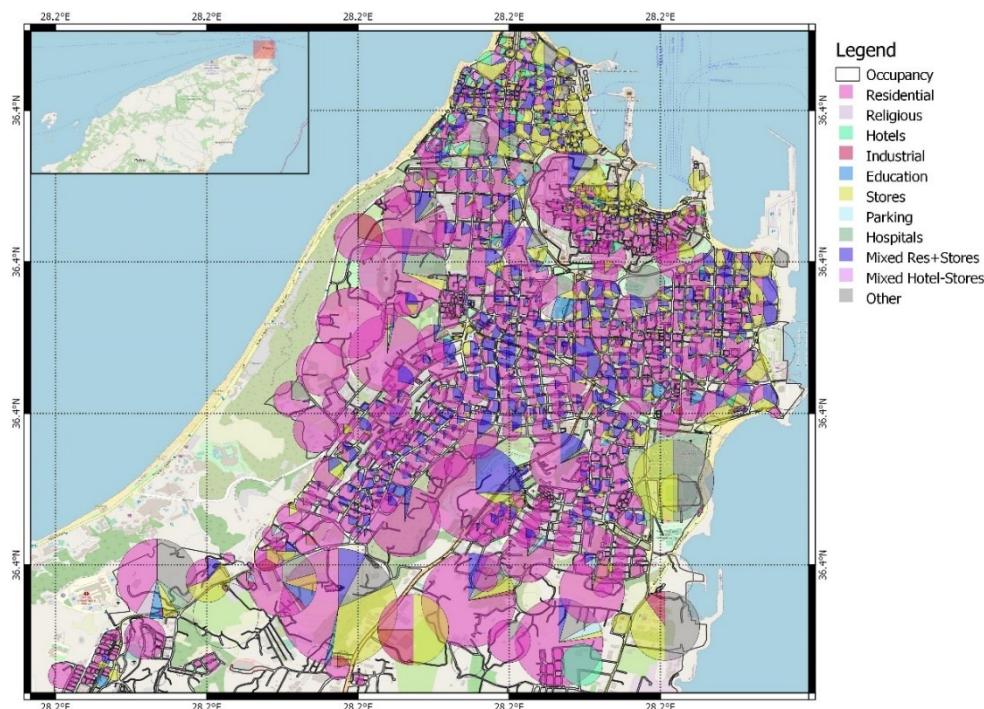
Σχήμα 12: Παραδείγματα κτιρίων στη Ρόδο κατασκευασμένα με διαφορετικούς κανονισμούς (α) Low Code, (β) Mid Code και (γ) High Code.



Σχήμα 13: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με το δομικό υλικό.



Σχήμα 14: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με τον αριθμό ορόφων.



Σχήμα 15: Κατανομή κτιρίων στο κέντρο της Ρόδου ανάλογα με την χρήση.

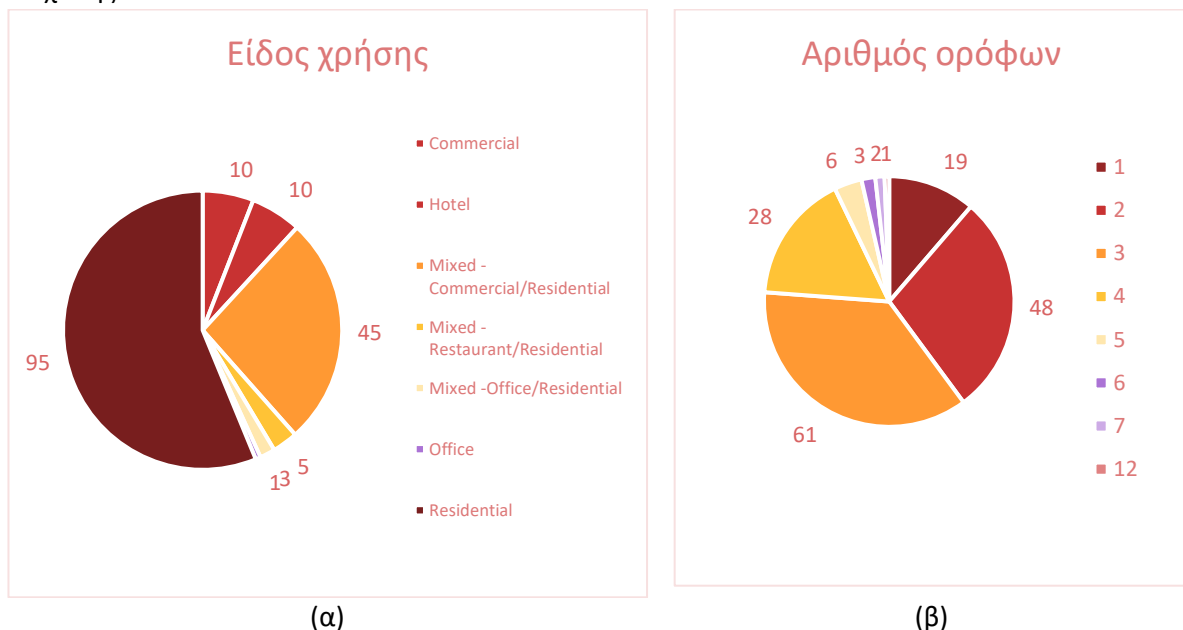
Πίνακας 2: Πρότυπο έγγραφο αυτοψίας κτιρίων Ρόδου.

1. Survey Date	2. Group Number	3. Name of the Surveyor
4. ID of the Asset (Tab.1)	5. Picture(s) of the asset - specify file name(s)	
		
6. Longitude	8. Usage of the Asset:	
7. Latitude		
11. Is the building abandoned?		
13. Number of stories		
14. Average interstory height of the <u>FIRST</u> story	9. If Mixed usage, how many stories are NOT residential?	12. Is the building adjacent to another? (write 1/2/3/4 depending on the case, see Figure 1)
☐ <2.50 ☐ From 2.5 to 3.5 ☐ From 3.5 to 5.0 ☐ >5.0	15. Average interstory height of the <u>OTHER</u> stories	10. Structural Typology
17. N. of underground stories (1/2/3/3+ or N/A)		

18. Flooding protection? (Figure 2)	16. Floor system diaphragm	- Reinforced Masonry (RM) - Steel (S) - Wood (W) - Mixed RC-URM Mixed (other) - N/A - Other:
20. Conservation level - Good - Average - Low	- Wooden rafter - Steel rafter - Concrete slab (rigid) - N/A	
	21. Building structurally strengthened?	
24. Ground Slope - Flat - Moderate - Steep	22. Is the building irregular in elevation? - Yes, with soft-storey [Fig. 3.1-right] - Yes, with soft first story (pilotis) [Fig.3.1-left] - Yes, with set-back(s) - No	19. Building Vintage - Before 1959 1959 – 1984 1985 – 1994 1995 – present - N/A
26. Roof Shape (Figure 4) - Gable - Mansard - Hipped - Flat - Shed - Saltbox - N/A - Other:	25. Ground floor level with respect to the street 0 (+/- 10 cm tolerance) < -10 cm - from 10 cm to 50 cm - from 50 cm to 1 m > 1 m	23. Plan Shape - C-Shape - Irregular - Regular - L-Shape - N/A - Other:
	27. Roof with eave/rake overhang? (Figure 5)	
	29. Presence of Chimneys/Towers	28. Roof Support - Light roof (timber or steel) self-supported w/ perimeter ties - Light roof (timber or steel) self-supported w/o perimeter ties - Concrete slab - N/A
31. Openings (Figure 7) a) Casement b) Jalousie c) Glazing d) Ribbon Windows e) Mixed f) N/A g) Other:	33. Windows with wind protection (e.g. shutters)?	a) Asbestos-concrete b) Metal c) Slate d) Terracotta tiles e) Packed clay soil f) N/A g) Other:
32. % Wall openings >75% <75% - No windows	34. External Façade Material - Bricks - Sandstone - Marble - Plaster - Glazed - Timber - N/A - Other:	

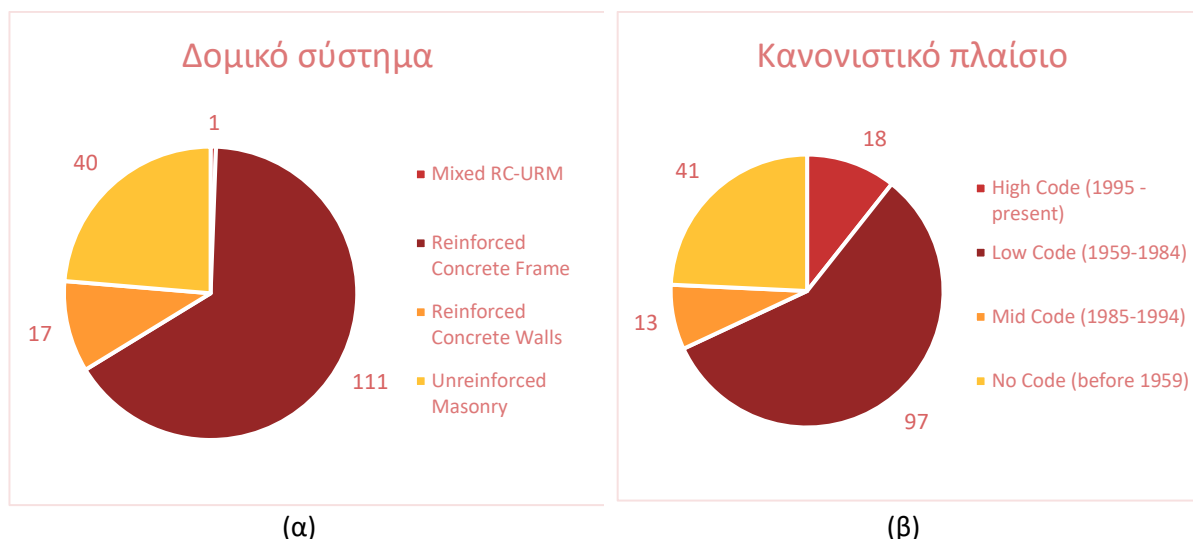
Στα πλαίσια του TwinCity πραγματοποιήθηκε επιπλέον λεπτομερής αυτοψία για 169 κτίρια στην πόλη της Ρόδου. Στον Πίνακα 2 απεικονίζεται η βασική μορφή του εντύπου που χρησιμοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή της έρευνας.

Στη συνέχεια απεικονίζονται γραφήματα τα οποία έχουν ως στόχο να ομαδοποιήσουν τα αποτελέσματα της αυτοψίας, προκειμένου να υπάρχει άμεση σύνδεση με το παραπάνω έντυπο οι χαρακτηρισμοί παραμένουν στα αγγλικά. Το Σχήμα 16α παρουσιάζει τα αποτελέσματα της κατάταξης των κτιρίων στις επιμέρους κατηγορίες χρήσης τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αυτοψίας, το σύνολο των κτιρίων αποτελείται κυρίως από κατοικίες, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό έχει μικτή λειτουργία. Η μικτή λειτουργία συνοδεύεται σε κάθε περίπτωση από την οικιστική χρήση. Το 80% των κτιρίων που έχουν μικτή χρήση εκμεταλλεύονται μόνο έναν όροφο που δεν αξιοποιείται ως κατοικία. Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 16β τα περισσότερα κτίρια αποτελούνται συνολικά από τρεις ορόφους, ενώ αρκετά σύνηθες είναι να έχουν δύο ή τέσσερις, τα ψηλά κτίρια αποτελούν εξαίρεση στο νησί της Ρόδου. Αξίζει να αναφερθεί ότι από τα 169 κτίρια μόνο τα 9 εμφανίζονται ως εγκαταλελειμμένα, ενώ έπειτα από οπτικό έλεγχο εξετάστηκε επίσης το επίπεδο συντήρησης των κτιρίων. Στο σύνολο, 138 κτίρια κρίθηκαν να είναι καλώς συντηρημένα, ενώ μόνο 6 από τα συνολικά θεωρήθηκαν κακώς συντηρημένα. Επίσης, μόνο 4 από τα 169 κτίρια παρουσιάζουν στοιχεία δομικής ενίσχυσης.



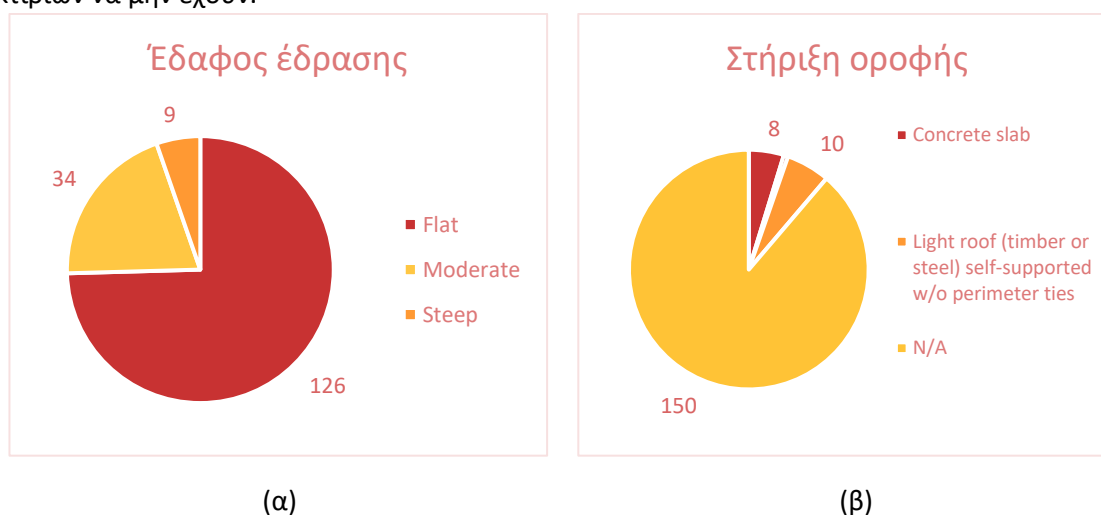
Σχήμα 16: (α) Είδος χρήσης και (β) αριθμός ορόφων των κτιρίων στη Ρόδο.

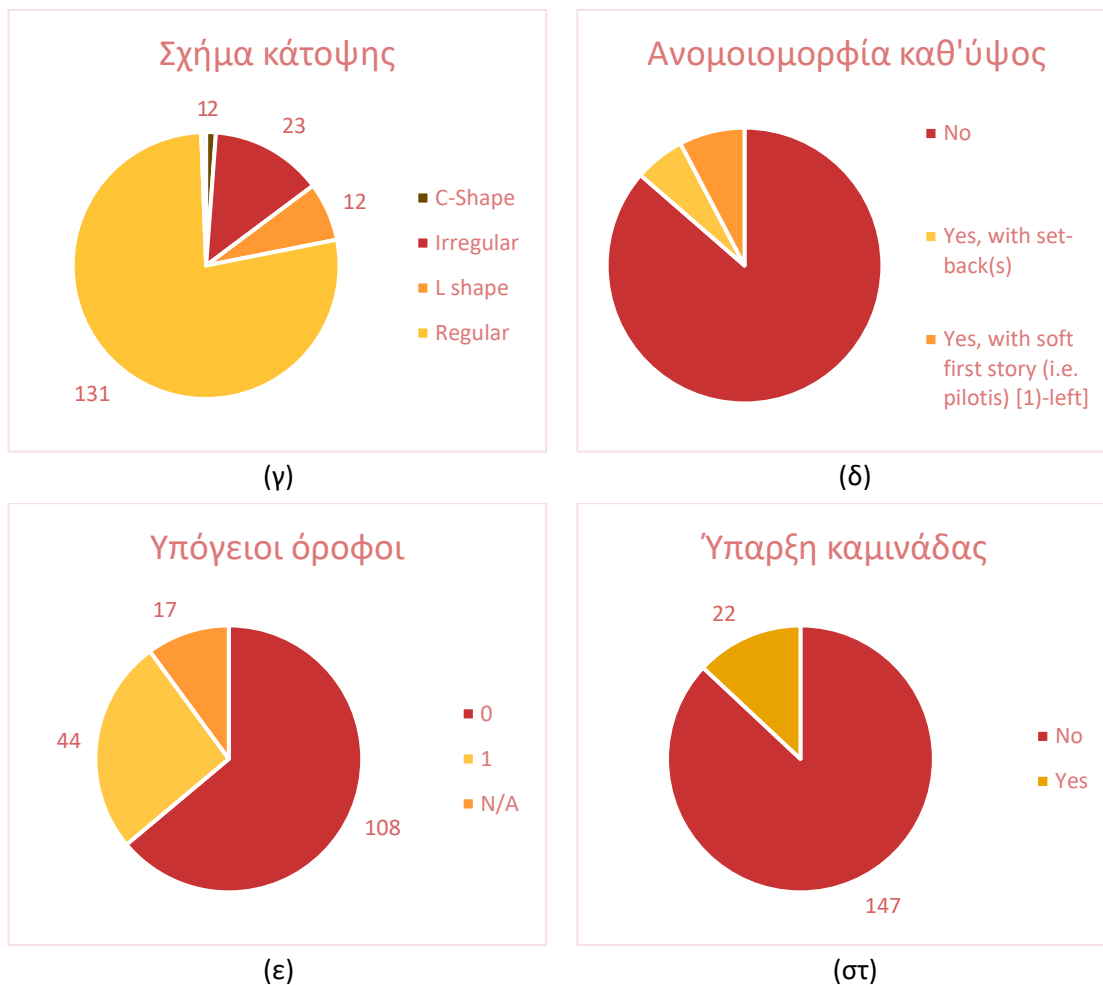
Απαραίτητα στοιχεία για την αξιολόγηση μιας κατασκευής είναι ο τύπος του δομικού συστήματος καθώς και οι κανονισμοί που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον σχεδιασμό. Όσον αφορά το δομικό σύστημα τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 17α. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των κτιρίων έχει πλαίσιακή λειτουργία από οπλισμένο σκυρόδεμα και ακολουθεί η περίπτωση κτιρίων με άοπλη τοιχοποιία. Στην περίπτωση της κατηγοριοποίησης των κανονισμών οικοδόμησης των κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις κατηγορίες, και όχι τρεις όπως δίνεται από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, και σύμφωνα μ' αυτή την κατάταξη προέκυψε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων έχει κατασκευαστεί με παλαιούς κανονισμούς μεταξύ του 1959 και 1984 (Σχήμα 17β) καθώς και ένα σημαντικό ποσοστό χαρής κανονισμού.



Σχήμα 17: (α) Δομικό σύστημα και (β) κανονιστικό πλαίσιο των κτιρίων στη Ρόδο.

Σημαντικές πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των κτιρίων δίνονται επίσης στο Σχήμα 18. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 18α φαίνεται η ταξινόμηση του εδάφους έδρασης σε τρεις επιμέρους κατηγορίες επίπεδης, μέτριας και απότομης κλίσης. Ακολουθούν πληροφορίες για το είδος της οροφής (Σχήμα 18β) για το οποίο όμως δεν υπάρχουν πολλά διαθέσιμα δεδομένα. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι γνωστό ότι η οροφή είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις πρόκειται για αυτοφερόμενες ελαφριές ξύλινες ή μεταλλικές οροφές χωρίς πλευρικές εξασφαλίσεις. Ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των κατασκευών με βάση το σχήμα της κάτοψης όπως φαίνεται στο Σχήμα 18γ, όπου διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των κτιρίων έχει ομοιομορφία σε κάτοψη. Ομοίως υπάρχει γενικώς ομοιομορφία καθ' ύψος (Σχήμα 18δ). Τέλος εξετάστηκε η ύπαρξη υπογείων, όπου εμφανίζεται ότι ένας μικρός αριθμός κτιρίων έχει μόνο έναν υπόγειο όροφο (Σχήμα 18ε) καθώς και η ύπαρξη ή όχι καμινάδων όπως φαίνεται στο Σχήμα 18στ, με την πλειοψηφία των κτιρίων να μην έχουν.





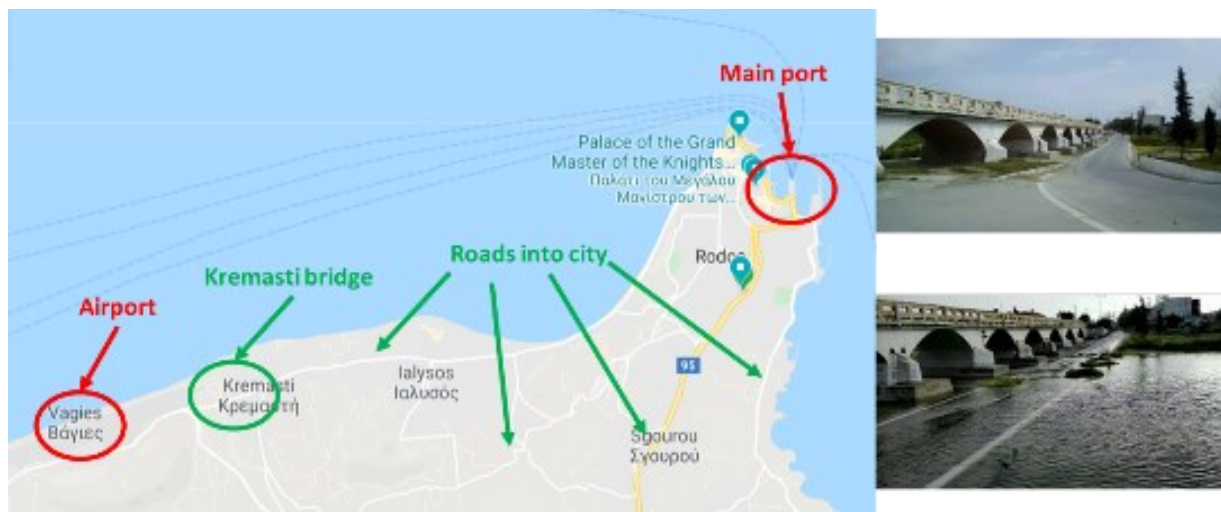
Σχήμα 18: (α) Έδαφος έδρασης, (β) είδος στήριξης οροφής, (γ) σχήμα κάτοψης, (δ) ανομοιομορφία καθ' ύψος, (ε) υπόγειοι όροφοι και (στ) ύπαρξη καμινάδας κτιρίων στη Ρόδο.

5.2 Κρίσιμες υποδομές

5.2.1 Δίκτυο συγκοινωνιών

Η αδιάλειπτη λειτουργία του οδικού δικτύου σε περίπτωση φυσικής καταστροφής είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές όπως η Ρόδος, όπου η πρόσβαση σε κρίσιμα σημεία όπως το αεροδρόμιο δεν είναι δυνατή με διαφορετικές εναλλακτικές διαδρομές. Επομένως, η αξιολόγηση της τρωτότητας του οδικού δικτύου υπό φυσικές καταστροφές (π.χ. σεισμός, πλημμύρα) είναι κρίσιμη και απαραίτητη για τη εύρυθμη της λειτουργίας της πόλης. Κρίσιμα μέρη του συγκοινωνιακού δικτύου της πόλης της Ρόδου απεικονίζονται στο Σχήμα 19. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι οδικοί άξονες, τέσσερις σε αριθμό που επιτρέπουν την επικοινωνία της πόλης με το υπόλοιπο νησί και αντίστροφα.

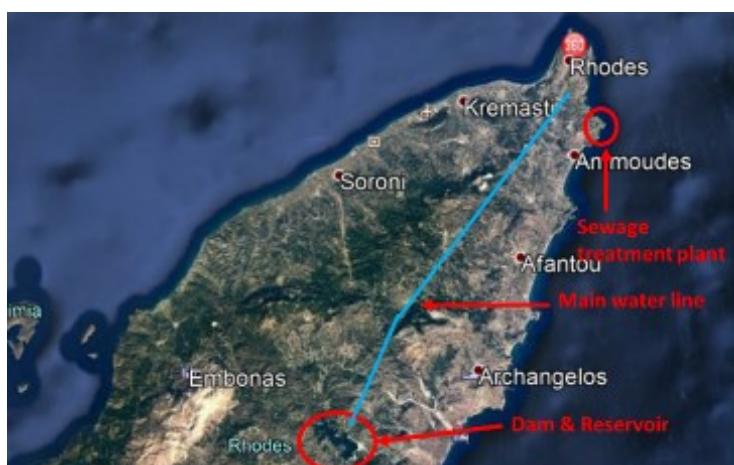
Εκτός από το λιμάνι, σημαντικό είναι να αναφερθεί και η γέφυρα της Κρεμαστής που βρίσκεται στον κεντρικό δρόμο που συνδέει την πόλη με το αεροδρόμιο, με το ένα ρεύμα να περνάει μέσα από την κοίτη του ποταμού και να είναι απόλυτα ευπαθές σε πλημμυρικά φαινόμενα.



Σχήμα 19: Αριστερά: Κρίσιμα μέρη του συγκοινωνιακού δικτύου της Ρόδου. Δεξιά: Πλημμύρες που διαταράσσουν την πρόσβαση στο αεροδρόμιο (γέφυρα Κρεμαστής).

5.2.2 Δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης

Το δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης μιας περιοχής είναι μια κρίσιμη υποδομή της οποίας η λειτουργία μετά από μια φυσική καταστροφή είναι επίσης κρίσιμης σημασίας για την επιβίωση της κοινότητας. Τα κρίσιμα στοιχεία του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης της Ρόδου φαίνονται στο Σχήμα 20α, ενώ ένα ενδεικτικό παράδειγμα αστοχίας αγωγού νερού (από άλλη πόλη) παρουσιάζεται στο Σχήμα 20β.



(α)

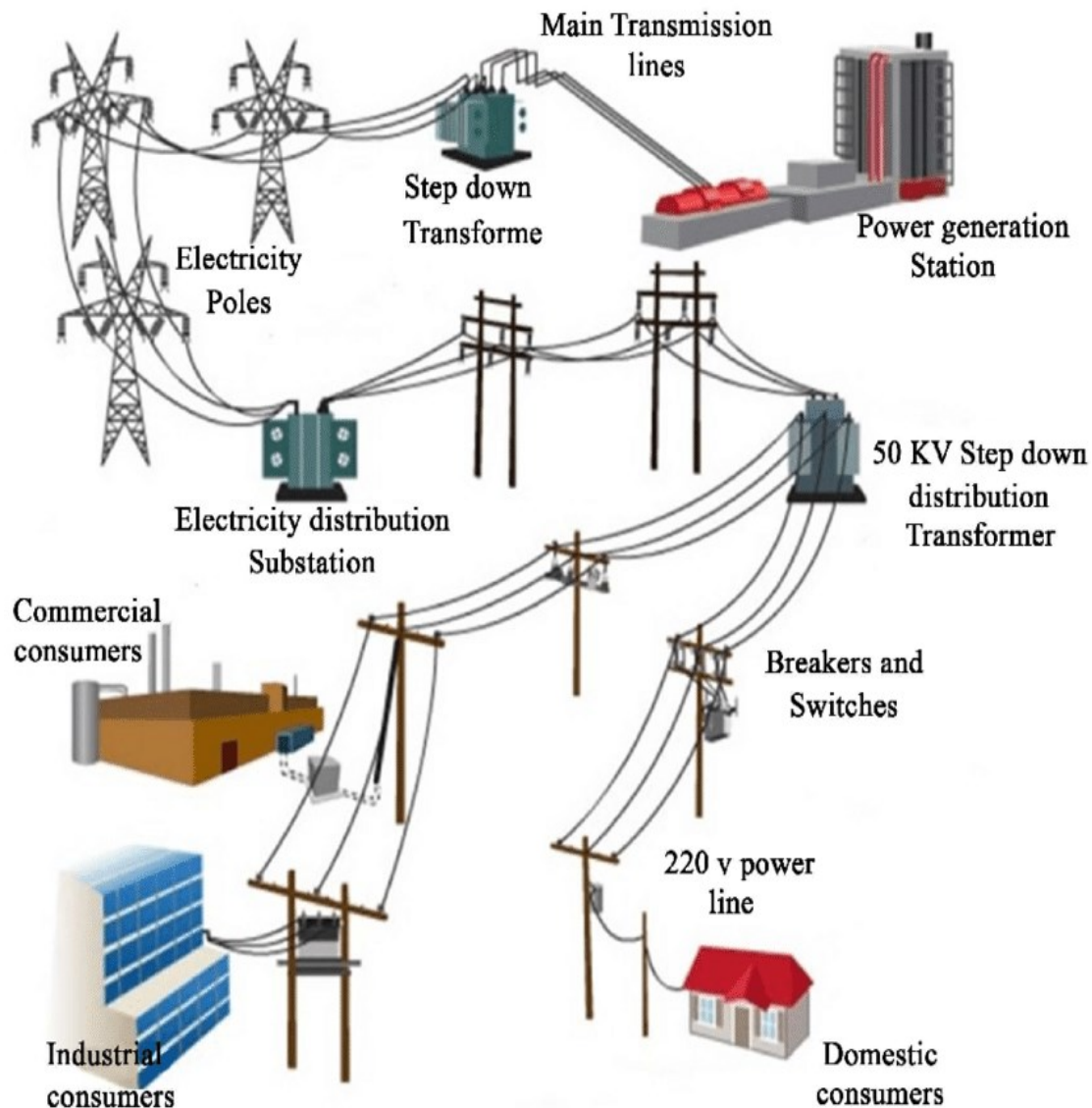


(β)

Σχήμα 20: (α) Κρίσιμα στοιχεία του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης της Ρόδου, (β) παράδειγμα αστοχία αγωγού ύδρευσης σε αστική και περιαστική περιοχή.

5.2.3 Δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Τα κρίσιμα μέρη του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι υποσταθμοί, το κτίριο ελέγχου ισχύος και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 21). Οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπεύθυνες για την μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης που αποτελεί υποδομή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τη λειτουργία ολόκληρης της πόλης. Τα πιο κρίσιμα μέρη μιας γραμμής μεταφοράς είναι οι πύργοι μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τελευταίοι είναι συνήθως ψηλές κατασκευές από χάλυβα που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τους αγωγούς μιας γραμμής. Όσον αφορά τη λειτουργία των πύργων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: (1) Πύργους υποστήριξης που έχουν κατακόρυφους μονωτές και φέρουν κυρίως τα φορτία βαρύτητας καθώς και (2) γωνιακούς ή τερματικούς πύργους, που αποτελούνται από δύο οριζόντιους ή κεκλιμένους μονωτές ανά αγωγό και οι οποίοι εγκαθίστανται σε συγκεκριμένα σημεία κατά μήκος μιας γραμμής για να προσφέρουν πλευρική αντίσταση ή/και να επιτρέψουν αλλαγές στην κατεύθυνση της γραμμής (Σχήμα 22).



Σχήμα 21: Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (<https://afroasia.co.ke/power-transmission-distribution/>).



Σχήμα 22: Τυπικές διατάξεις πύργων μεταφοράς ενέργειας. Διακρίνονται πύργοι ευθυγραμμίας (κάτω αριστερά) και πύργος γωνιακός (δεξιά).

Οι γραμμές μεταφοράς ενέργειας εντάσσονται στην Βαθμίδα 3 για το TwinCity. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαμορφώνονται λεπτομερώς συγκεκριμένα αρχέτυπα, τα οποία συνδέονται με συγκεκριμένες καμπύλες τρωτότητας και απωλειών. Πιο αναλυτικά, το τρισδιάστατο μοντέλο ενός πύργου δημιουργείται μέσω του λογισμικού Opensees (McKenna et al., 2000). Ο πύργος μοντελοποιείται χρησιμοποιώντας στοιχεία δοκών (beam elements) και τμήματα ινών (fiber sections) που έχουν κατάλληλα βαθμονομημένες σχέσεις τάσης-παραμόρφωσης.

Το εναέριο δίκτυο διανομής ενέργειας αξιολογείται ως κατασκευή που δεν είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής μελέτης, καθώς η λειτουργία του σχετίζεται με τη λειτουργικότητα ολόκληρης της πόλης. Το δίκτυο διανομής της πόλης αποτελείται κυρίως από ξύλινους στύλους, καθώς και από χαλύβδινους στύλους (Σχήμα 23). Οι στύλοι και οι αγωγοί ταξινομούνται στη Βαθμίδα 3, επομένως μόνο ένας περιορισμένος αριθμός αρχετύπων μοντελοποιείται αναλυτικά για την εκτίμηση των συναρτήσεων τρωτότητας και απωλειών.



Σχήμα 23: Μεταλλικοί στύλοι διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι ηλεκτρικοί υποσταθμοί είναι κρίσιμες εγκαταστάσεις του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς περιέχουν εξοπλισμό όπως ρελέ (relays), πυκνωτές (capacitor banks), μπαταρίες κ.λπ. που απαιτούνται για τη μετατροπή της υψηλής τάσης σε χαμηλή και αντίστροφα καθώς και για την εκτέλεση πολλών άλλων σημαντικών λειτουργιών εξισορρόπησης του δικτύου. Ο ηλεκτρικός υποσταθμός αντιμετωπίζεται ως κατασκευή Βαθμίδας 3, επομένως χρησιμοποιούνται καμπύλες τρωτότητας και απωλειών από τη βιβλιογραφία για τις συγκεκριμένες κατηγορίες για σκοπούς αξιολόγησης κινδύνου. Τα κρίσιμα τμήματα του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ρόδου απεικονίζονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 24.



Σχήμα 24: Κρίσιμα μέρη του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ρόδου, Ελλάδα.

5.2.4 Πύργοι τηλεπικοινωνιών

Οι πύργοι τηλεπικοινωνιών είναι ψηλές, εξαιρετικά βελτιστοποιημένες κατασκευές, παρόμοιες σε δομική λειτουργία με τους πύργους μεταφοράς ενέργειας. Χρησιμοποιούνται από τους παρόχους τηλεπικοινωνιακών δικτύων για την υποστήριξη των κεραιών (Σχήμα 25). Είναι υπεύθυνοι για την παροχή τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων και είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις ενέργειες διαχείρισης/απόκρισης συμβάντων. Γενικά, η έλλειψη τηλεπικοινωνιών έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την έγκαιρη αντιπετώπιση των καταστροφών, επηρεάζοντας σοβαρά την αναταξιμότητα των αστικών και περιαστικών περιοχών.



Σχήμα 25: Τυπικός πύργος τηλεπικοινωνιών.

Οι πύργοι τηλεπικοινωνιών είναι κατασκευές που εντάσσονται στη Βαθμίδα 3, επομένως μόνο ένας περιορισμένος αριθμός αρχετύπων μοντελοποιείται αναλυτικά και χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της τρωτότητας και απωλειών συγκεκριμένης κατηγορίας. Το μοντέλο του πύργου τηλεπικοινωνιών παρουσιάζεται στο Σχήμα 26 και δημιουργείται μέσω του λογισμικού Opensees¹. Αποτελείται συνολικά από 932 μέλη, τόσο δικτύωματα όσο και δοκούς. Τα μέλη μοντελοποιούνται ως στοιχεία δοκών-υποστυλωμάτων ή ραβδών, που έχουν τις ιδιότητες των αντίστοιχων χαλύβδινων διατομών της κατασκευής.

¹ <https://opensees.berkeley.edu>



Σχήμα 26: 3D μοντέλο πύργου τηλεπικοινωνιών στο λογισμικό OpenSees.