



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών (Σ.Ε.Τ.)

Πρόγραμμα Σπουδών

Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (Π.Σ.Χ.)

Διπλωματική Εργασία

«Η Διερεύνηση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του
Αθλητισμού και των Αθλητικών Εγκαταστάσεων».

«Investigating the Environmental Footprint
of Sports and Sports Facilities ».

«Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Σούλης Μ. Ιωάννης»

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: «Γαρείου Ζωή»

Ρόδος, «Οκτώβριος 2025»

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2017

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή «Σούλη Ιωάννη του Μαρίνου» που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο Σούλης Μ. Ιωάννης εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο Σούλης Μ. Ιωάννης διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών (Σ.Ε.Τ.)

Πρόγραμμα Σπουδών

Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (Π.Σ.Χ.)

Διπλωματική Εργασία

«Η Διερεύνηση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του
Αθλητισμού και των Αθλητικών Εγκαταστάσεων».

«Investigating the Environmental Footprint
of Sports and Sports Facilities ».

«Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Σούλης Μ. Ιωάννης»

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

«Γαρέιου Ζωή»

«Τσέλιου Αρετή»

«ΣΕΠ, ΕΑΠ»

«ΣΕΠ, ΕΑΠ»

Ρόδος, «Οκτώβριος 2025»

Ευχαριστίες & Αφιέρωση

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί έναν σημαντικό προσωπικό και ακαδημαϊκό σταθμό. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές και ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν, άμεσα ή έμμεσα, στην πραγματοποίησή της. Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Γαρέιου Ζωή, για την καθοδήγηση, την επιστημονική της υποστήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η εμπιστοσύνη, η διαθεσιμότητα και η ουσιαστική συμβολή της υπήρξαν καθοριστικές για την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στην οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξη, την κατανόηση και την υπομονή που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια αυτής της διαδρομής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τη σύζυγό μου, Ζωή, για την αγάπη, την ενθάρρυνση και τη δύναμη που μου έδωσε σε κάθε στάδιο αυτής της προσπάθειας, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των πολλών Σαββατοκύριακων που αφιερώθηκαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στα παιδιά μου, Μαρίνο & Κωνσταντίνο-Θεοφάνη, στους οποίους οφείλω μια μικρή αλλά και μια μεγάλη συγγνώμη ταυτόχρονα για τον χρόνο που τους στέρησα αυτή την περίοδο. Η αγάπη τους, το χαμόγελό τους, η παρουσία τους αλλά και η στήριξη τους αποτελούν για εμένα τη μεγαλύτερη πηγή δύναμης και έμπνευσης.

Και για όλους τους παραπάνω λόγους η παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνεται αποκλειστικά στη σύζυγό μου και στα παιδιά μου, για την αγάπη, την υπομονή και την κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας μέχρι και την ολοκλήρωση αυτού του σημαντικού στόχου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει με θεωρητική μέθοδο το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του αθλητισμού και των αθλητικών εγκαταστάσεων της σύγχρονης εποχής, με κύρια έμφαση τους κύριους τομείς περιβαλλοντικής επιβάρυνσης όπως είναι η κατανάλωση ενέργειας και υδάτινων πόρων (νερού), τις χρήσεις υλικών, στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και στην διαχείριση αποβλήτων που παράγονται από τους αθλητές κατά την χρήση των αθλητικών εγκαταστάσεων. Επιπλέον δίνεται και έμφαση στον τρόπο με τον οποίο παράγοντες όπως η χωροθέτηση των αθλητικών εγκαταστάσεων, η προσβασιμότητα, οι μεταφορές και οι μεγάλες αθλητικές διοργανώσεις και γεγονότα επηρεάζουν το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Χωρίς την πραγματοποίηση κάποιας έρευνας ή υπολογισμών αναλύονται οι αρχές της αειφορίας στον αθλητισμό, τα διεθνή περιβαλλοντικά πρότυπα πιστοποίησης ISO 14001, ISO 14040 κ.α. καθώς και διάφορα παραδείγματα πρακτικών από διεθνείς αθλητικές διοργανώσεις, σύγχρονα αθλητικά κέντρα αλλά και οδηγίες οργανισμών όπως η FIFA και η UEFA.

Η διπλωματική εργασία καταδεικνύει τον τρόπο με το οποίο μπορεί να γίνει ορθά η περιβαλλοντική διαχείριση όπου στην συνέχεια να συμβάλει στην μείωση του αποτυπώματος στον αθλητισμό, στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών καθώς και στην προώθηση μιας πιο βιώσιμης αθλητικής κουλτούρας.

Στο πρακτικό μέρος, η διπλωματική μελέτη εστιάζει στο Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτειρα" στην πόλη της Ρόδου, αξιολογώντας την υφιστάμενη κατάσταση και προτείνοντας συγκεκριμένες παρεμβάσεις, υποστηριζόμενες από οικονομοτεχνική ανάλυση, για τη δραστική μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος.

Μέσα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και σύγκριση διεθνών πρακτικών και διάφορων προτύπων γίνεται η ανάδειξη των βασικών παραγόντων που συμβάλουν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αξιολογώντας όλες τις σύγχρονες τάσεις βιώσιμης διαχείρισης. Το Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτειρα" αποτελεί μια εξαιρετικά ενεργοβόρα υποδομή, με το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα να πολλαπλασιάζεται λόγω του τοπικού, μη διασυνδεδεμένου δικτύου της Ρόδου, το οποίο βασίζεται σε ρυπογόνους θερμικούς σταθμούς με υψηλό συντελεστή εκπομπών (0,68 kgCO₂/kWh).

Η παράκτια θέση προκαλεί διάβρωση στις εγκαταστάσεις λόγω αλατονέφωσης, απαιτώντας συχνή συντήρηση που αυξάνει τις έμμεσες εκπομπές άνθρακα.

Το ξηρό και θερμό κλίμα του νησιού επιβάλλει τη νυχτερινή χρήση των γηπέδων, αυξάνοντας ραγδαία την εξάρτηση από ενεργοβόρους προβολείς παλαιάς τεχνολογίας.

Οι μεγάλες επιφάνειες σκληρών υλικών (άσφαλτος, ταρτάν) με χαμηλή ανακλαστικότητα δημιουργούν έντονο φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας, επιδεινώνοντας το μικρόκλιμα.

Οι μεγάλες ανάγκες σε πόσιμο νερό για τις εγκαταστάσεις και τους αθλητές ασκούν περαιτέρω πίεση στο ήδη επιβαρυνμένο δίκτυο ύδρευσης του νησιού.

Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις που προτείνονται για την μείωση των εκπομπών του CO₂ στην είναι η εγκατάσταση συστήματος Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας (ΑΠΕ) με τη μορφή φωτοβολταϊκών στεγαστρων ισχύος 100kWp στον χώρο στάθμευσης και στις κερκίδες σε συνδυασμό με την εφαρμογή του μοντέλου Ενεργειακού Συμψηφισμού (Net-Billing) για τη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση απαιτεί κόστος επένδυσης 130.000,00€, το οποίο αποσβένεται σε 4,68 έτη, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ κατά 112,2 τόνους ετησίως και αποφέροντας καθαρό οικονομικό όφελος 27.750,00€ ετησίως στα ταμεία του Δήμου.

Η τοποθέτηση κεντρικού ηλιοθερμικού συστήματος βεβιασμένης κυκλοφορίας στις οροφές των αποδυτηρίων για την κάλυψη των αναγκών σε Ζεστό Νερό Χρήσης, καταργώντας τους ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες.

Η καθολική ενεργειακή αναβάθμιση του φωτισμού με αντικατάσταση των παλαιών προβολέων με τεχνολογία LED, διασυνδεδεμένων με συστήματα έξυπνης διαχείρισης.

Η εφαρμογή "ψυχρών υλικών" (Cool Materials) υψηλής ανακλαστικότητας στις μελλοντικές συντηρήσεις των δαπέδων (τένις, μπάσκετ) για την αποτροπή της τοπικής θερμικής νησίδας.

Καθώς και η κατασκευή υπόγειας δεξαμενής για τη συλλογή όμβριων υδάτων κατά τους χειμερινούς μήνες, τα οποία θα χρησιμοποιούνται το καλοκαίρι για τον καθαρισμό των γηπέδων.

Λέξεις – Κλειδιά

Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα - Αθλητικές Εγκαταστάσεις - Ενεργειακή Αναβάθμιση

Βιώσιμη Ανάπτυξη - Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Μείωση CO₂

Diploma Thesis

«Investigating the Environmental Footprint of Sports and Sports Facilities ».

«Postgraduate Student: Soulis M. Ioannis»

Rhodes, «October 2025»

Abstract

This thesis examines the environmental footprint of sports and sports facilities of the modern era using a theoretical method, with a main emphasis on the main areas of environmental burden such as energy and water consumption, the use of materials, carbon dioxide (CO₂) emissions due to the greenhouse effect, as well as the management of waste produced by athletes when using sports facilities. In addition, emphasis is placed on how factors such as the location of sports facilities, accessibility, transportation and major sports events and competitions affect the overall environmental footprint.

Without carrying out any research or calculations, the principles of sustainability in sports, the international environmental certification standards ISO 14001, ISO 14040, etc. are analyzed, as well as various examples of practices from international sports events, modern sports centers and guidelines from organizations such as FIFA and UEFA.

The thesis demonstrates how environmental management can be done correctly, which can then contribute to reducing the footprint in sports, improving the quality of life of citizens and promoting a more sustainable sports culture.

In the practical part, the thesis focuses on the "Kallipateira" Sports Center in the city of Rhodes, evaluating the current situation and proposing specific interventions, supported by economic and technical analysis, for the drastic reduction of the carbon footprint.

Through the bibliographic review and comparison of international practices and various standards, the main factors that contribute to environmental impacts are highlighted, evaluating all modern trends in sustainable management.

The "Kallipateira" Sports Center is an extremely energy-intensive infrastructure, with its environmental footprint multiplied by the local, non-interconnected grid of Rhodes, which is based on polluting thermal plants with a high emission factor (0.68 kgCO₂/kWh).

The coastal location causes corrosion of the facilities due to salt fog, requiring frequent maintenance that increases indirect carbon emissions.

The dry and hot climate of the island imposes the night use of the stadiums, rapidly increasing the dependence on energy-intensive old-technology floodlights.

The large surfaces of hard materials (asphalt, tartan) with low reflectivity create a strong Urban Heat Island phenomenon, worsening the microclimate.

The high demand for drinking water for the facilities and athletes is putting further pressure on the island's already overburdened water supply network.

The proposed interventions to reduce CO₂ emissions are the installation of a Renewable Energy Source (RES) system in the form of 100kWp photovoltaic roofs in the parking lot and stands in combination with the implementation of the Energy Offset (Net-Billing) model for the management of the energy produced. The photovoltaic installation requires an investment cost of €130,000.00, which is amortized in 4.68 years, reducing CO₂ emissions by 112.2 tons per year and yielding a net economic benefit of €27,750.00 per year to the Municipality's coffers.

The installation of a central forced circulation solar thermal system on the roofs of the locker rooms to cover the needs for Hot Water, eliminating electric water heaters.

The universal energy upgrade of lighting by replacing old spotlights with LED technology, interconnected with smart management systems.

The application of "cool materials" (Cool Materials) of high reflectivity in future maintenance of the floors (tennis, basketball) to prevent the local heat island.

As well as the construction of an underground tank to collect rainwater during the winter months, which will be used in the summer for cleaning the courts.

Keywords

Environmental Footprint - Sports Facilities - Energy Upgrading - Sustainable Development - Photovoltaic Systems - CO₂ Reduction

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Abstract	4
Περιεχόμενα	6
Κυριότερα Σημεία Δ.Ε. (Highlights)	10
Η Συνεισφορά της Δ.Ε.	11
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	12
Κατάλογος Φωτογραφιών	13
Κατάλογος Σχεδίων.....	14
Εισαγωγή.....	15
1. Ο Αθλητισμός ως Κοινωνικό και Οικονομικό Φαινόμενο.....	18
1.1. Ο ρόλος του αθλητισμού στην σύγχρονη κοινωνία	19
1.1.1. Ο Αθλητισμός ως φορέας κοινωνικής συνοχής.	19
1.1.2. Η πολιτιστική διάσταση του αθλητισμού.	19
1.1.3. Ο αθλητισμός ως μέσο κοινωνικοπολιτικής επιρροής.....	20
1.2. Η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων (κοινωνικοοικονομική διάσταση).	21
1.2.1. Η Κοινωνική διάσταση της ανάπτυξης αθλητικών υποδομών.	21
1.2.2. Η Οικονομική διάσταση των αθλητικών εγκαταστάσεων.	21
1.2.3. Το ζήτημα της βιωσιμότητας και των περιβαλλοντικών προκλήσεων.....	22
1.3. Μεγάλα Αθλητικά Γεγονότα.....	23
1.3.1. Η Κοινωνική Επίδραση των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων.....	23
1.3.2. Οι οικονομικές επιπτώσεις των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων.....	23
1.3.3. Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων.....	24
1.4. Σύνοψη Κεφαλαίου	24
2. Σκοπός της Δ.Ε. και τα Ερευνητικά Ερωτήματα.	25
2.1. Ο Σκοπός της Δ.Ε.....	25
2.2. Τα Ερευνητικά Ερωτήματα.....	25
2.3. Σύνοψη Κεφαλαίου	26
3. Μεθοδολογία της Έρευνας και Παρουσίαση Πεδίου Μελέτης.	27
3.1. Μεθοδολογική Προσέγγιση	27
3.2. Παρουσίαση του Πεδίου Μελέτης (Α.Κ. Καλλιπάτειρα)	27
3.3. Σύνοψη Κεφαλαίου	28

4. Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα του αθλητισμού και οι Βασικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.	29
4.1. Ο ορισμός του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος, ποιος είναι ο ρόλος του και ποια είναι η πρόκληση αυτού στην σύγχρονη εποχή.	30
4.1.1. Εισαγωγή στην έννοια του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.	30
4.1.2. Ο Ρόλος του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος στον Αθλητισμό.	30
4.1.3. Οι προκλήσεις του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην σύγχρονη εποχή.	31
4.1.4. Η Σημασία της έννοιας για την αθλητική διαχείριση.	32
4.2. Η ενεργειακή κατανάλωση στον αθλητισμό.	33
4.2.1. Εισαγωγή.	33
4.2.2. Κατανάλωση Ενέργειας στις αθλητικές εγκαταστάσεις.	33
4.2.3. Πηγές Ενέργειας και αποτύπωμα CO ₂	34
4.2.4. Στρατηγικές Μείωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης.	34
4.2.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης.	35
4.3. Η διαχείριση υδάτων και των υδάτινων πόρων στον αθλητισμό.	36
4.3.1. Εισαγωγή.	36
4.3.2. Κατανάλωση νερού στις αθλητικές Εγκαταστάσεις.	36
4.3.3. Προκλήσεις στην διαχείριση υδάτων.	37
4.3.4. Στρατηγικές Βιώσιμης διαχείρισης νερού.	37
4.3.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Υδάτινων πόρων.	38
4.4. Η παραγωγή και η διαχείριση αποβλήτων στον αθλητισμό.	39
4.4.1. Εισαγωγή.	39
4.4.2. Τύποι αποβλήτων στον αθλητισμό.	39
4.4.3. Προκλήσεις στην διαχείριση αποβλήτων.	40
4.4.4. Στρατηγικές Βιώσιμης Διαχείρισης αποβλήτων.	40
4.4.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Αποβλήτων.	41
4.5. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στον αθλητισμό.	42
4.5.1. Εισαγωγή.	42
4.5.2. Πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στον αθλητισμό.	42
4.5.3. Εκτιμήσεις και μέτρηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στον αθλητισμό.	43
4.5.4. Στρατηγικές μείωσης εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στον αθλητισμό.	44
4.5.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂).	45
4.6. Τα υλικά κατασκευής και κύκλος ζωής των αθλητικών εγκαταστάσεων.	46
4.6.1. Εισαγωγή.	46
4.6.2. Βασικά Υλικά Κατασκευής και περιβαλλοντική επιβάρυνση.	47
4.6.3. Κύκλος ζωής των εγκαταστάσεων (Life Cycle Assessment – LCA)	48

4.6.4. Στρατηγικές Βιώσιμης επιλογής υλικών.....	49
4.6.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές χρήσης υλικών με μεγαλύτερο κύκλο ζωής.....	49
4.7. Σύνοψη Κεφαλαίου.....	50
5. Οι Παράγοντες που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις αθλητικές εγκαταστάσεις.....	51
5.1. Εισαγωγή.....	51
5.2. Η Χωροθέτηση και ο αστικός σχεδιασμός.....	52
5.3. Οι Μεταφορές και η προσβασιμότητα.....	53
5.3.1. Στρατηγικές Βελτίωσης της Προσβασιμότητας και Μείωσης Ρύπων.....	54
5.4. Το μέγεθος, η χωρητικότητα και το είδος της εγκατάστασης.....	55
5.4.1. Η Επίδραση του Μεγέθους και της Χωρητικότητας.....	55
5.4.2. Ο Τύπος της Εγκατάστασης: Κλειστές vs Ανοιχτές Υποδομές.....	55
5.5. Λειτουργία, Συντήρηση και Διαχείριση.....	56
5.6. Οι θετικοί και οι αρνητικοί παράγοντες όλων των παραπάνω υποπεριπτώσεων.....	57
5.6.1. Οι Αρνητικοί Παράγοντες (Περιβαλλοντικές Πιέσεις).....	57
5.6.1. Οι Θετικοί Παράγοντες (Ευκαιρίες Βιώσιμης Ανάπτυξης).....	58
5.7. Σύνοψη Κεφαλαίου.....	59
6. Πρότυπα Πιστοποίησης, Πολιτικές και προσεγγίσεις Βιωσιμότητας.....	60
6.1. Οι Αρχές Βιώσιμης Ανάπτυξης στον αθλητισμό.....	60
6.2. Το Πρότυπο Περιβαλλοντικής Πιστοποίησης ISO 14001.....	61
6.3. Οι Οδηγίες Διεθνών Οργανισμών (FIFA – UEFA).....	63
6.4. Εφαρμογές Πράσινων Τεχνολογιών στον αθλητικό τομέα.....	64
6.5. Εφαρμογή Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA) σε Αθλητικές Εγκαταστάσεις.....	65
6.6. Παραδείγματα Βιώσιμων Αθλητικών Εγκαταστάσεων.....	67
6.7. Σύνοψη Κεφαλαίου.....	68
7. Μελέτη Περίπτωσης – Αθλητικό Κέντρο Καλλιπάτειρα.....	69
7.1. Περιγραφή του Αθλητικού Κέντρου ‘‘Καλλιπάτειρα’’.....	69
7.2. Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Αθλητικού Κέντρου ‘‘Καλλιπάτειρα’’ (Θέση & Τοπικό Περιβάλλον).....	70
7.3. Στοιχεία Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού & Ενεργειακό Αποτύπωμα.....	71
7.4. Σύνοψη Κεφαλαίου.....	72
8. Προτάσεις Παρεμβάσεων για Μείωση Εκπομπών CO ₂	73

8.1. Ενσωμάτωση ΑΠΕ (Φωτοβολταϊκά και NET – Billing)	73
8.2. Ηλιοθερμικά Συστήματα (ZNX)	75
8.3. Ενεργειακή Αναβάθμιση και Έξυπνος Φωτισμός.....	75
8.4. Βελτίωση Μικροκλίματος και Διαχείριση Νερού.....	76
8.5. Σύνοψη Κεφαλαίου	78
9. Οικονομοτεχνική Μελέτη και Περιβαλλοντική Ανάλυση	80
9.1 Υπολογισμός Οικονομικών Δεικτών	80
9.2 Υπολογισμός Αποφευγόμενων Εκπομπών CO ₂	80
9.3 Πίνακας Μελέτης Περίπτωσης Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Συστήματος 100kWp σε στέγαστρα.	81
9.4. Σύνοψη Κεφαλαίου	82
10. Τελικά Συμπεράσματα – Προτάσεις	83
10.1. Θεωρητικά Συμπεράσματα	83
10.2 Συμπεράσματα από το Πεδίο Μελέτης (Α.Κ. «Καλλιπάτειρα»)	83
10.3 Συμπεράσματα Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης	84
10.4. Σύνοψη Κεφαλαίου	85
11. Αξιολόγηση Δ.Ε. – Προτάσεις – Θεωρητικές & Πρακτικές Εφαρμογές.....	86
11.1. Αναπάντητα Ερωτήματα & Αδυναμίες Δ.Ε.....	86
11.2. Προτάσεις για περαιτέρω μελλοντική έρευνα.	86
11.3. Πιθανές Θεωρητικές και Πρακτικές Εφαρμογές των Αποτελεσμάτων της Δ.Ε.	87
Τοπογραφικό Διάγραμμα Υφιστάμενης Κατάστασης Αθλητικού Κέντρου.....	89
Τοπογραφικό Διάγραμμα με Προτεινόμενες Παρεμβάσεις Αθλητικού Κέντρου.	90
Βιβλιογραφικές Αναφορές	91
Παράρτημα Α: «Φωτογραφίες Α.Κ.»	96

Κυριότερα Σημεία Δ.Ε. (Highlights)

- Ο αθλητισμός προκαλεί τεράστιες περιβαλλοντικές πιέσεις λόγω ενεργειακής κατανάλωσης.
- Το Α.Κ. Καλλιπάτειρα επιβαρύνεται ακραία από το ρυπογόνο ηλεκτρικό δίκτυο της Ρόδου.
- Προτείνονται στέγαστρα με επικάλυψη Φ/Β συνολικής ισχύς 100kWp με Net-Billing, με απόσβεση κεφαλαίου σε 4,68 έτη.
- Οι έξυπνες παρεμβάσεις αποτρέπουν την έκλυση 112,2 τόνων CO₂ ετησίως στο περιβάλλον του νησιού.
- Η βιώσιμη διαχείριση μιας αθλητικής εγκατάστασης προσφέρει ταυτόχρονα τεράστιο οικολογικό και οικονομικό όφελος.

Η Συνεισφορά της Δ.Ε.

Η παρούσα διπλωματική εργασία συνεισφέρει στην ακαδημαϊκή έρευνα συνδυάζοντας το θεωρητικό πλαίσιο της αθλητικής οικολογίας με την πρακτική και οικονομοτεχνική εφαρμογή σε τοπικό επίπεδο. Παρέχει ένα ολοκληρωμένο, κοστολογημένο και στρατηγικό μοντέλο ενεργειακής - περιβαλλοντικής αναβάθμισης για το Α.Κ. «Καλλιπάτειρα», το οποίο λαμβάνει υπόψη τους γεωγραφικούς περιορισμούς του μη διασυνδεδεμένου δικτύου της Ρόδου. Μέσω της ανάλυσης μετρήσιμων δεικτών, όπως ο απλός χρόνος απόσβεσης και των κερδισμένων προς το περιβάλλον εκπομπών CO₂, η Δ.Ε. λειτουργεί ως ρεαλιστικός οδηγός μετάβασης των δημόσιων αθλητικών υποδομών της τοπικής αυτοδιοίκησης προς την κλιματική ουδετερότητα, υποδεικνύοντας ότι η βιωσιμότητα είναι τεχνολογικά εφικτή και άμεσα οικονομικά συμφέρουσα.

Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή ο αθλητισμός αποτελεί ένα πολυδιάστατο κοινωνικό, πολιτισμικό και οικονομικό φαινόμενο, λειτουργώντας ως βασικός μοχλός κοινωνικοποίησης αλλά και ως ένας παγκόσμιος οικονομικός κολοσσός. Ωστόσο, η ραγδαία ανάπτυξη των αθλητικών υποδομών συνοδεύεται από σοβαρές περιβαλλοντικές προκλήσεις. Η κλιματική αλλαγή, η οποία είναι από τις πιο μεγάλες παγκόσμιες απειλές, καθιστά την ανάγκη μείωσης και αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του αθλητισμού πιο επιτακτική και επίκαιρη από ποτέ (Coakley, 2017 & Giulianotti, 2015).



Φωτογραφία 1: Γενική Διάταξη Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή– Λήψη Drone)

Σκοπός Δ.Ε.

Ο σκοπός της παρούσας Δ.Ε. είναι η διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ανοιχτών αθλητικών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας και η αξιολόγηση των βέλτιστων πρακτικών για την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους αναβάθμιση. Για την πρακτική εφαρμογή του θεωρητικού πλαισίου, η εργασία στοχεύει στην αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στον Δήμο Ρόδου, το οποίο αποτελεί τη μεγαλύτερη ανοιχτή αθλητική υποδομή του νησιού.

Μεθοδολογία Δ.Ε.

Η μεθοδολογία της έρευνας στην παρούσα Δ.Ε. κατανεμήθηκε σε τρία διακριτά και αλληλεξαρτώμενα στάδια:

<< Η Διερεύνηση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του Αθλητισμού και των Αθλητικών Εγκαταστάσεων. >>

Σούλης Μ. Ιωάννης & Γαρέιου Ζωή

Ρόδος, Οκτώβριος 2025

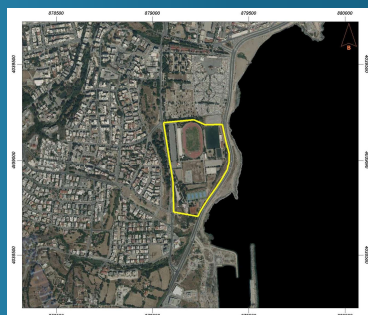
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών (Σ.Ε.Τ.) - Πρόγραμμα Σπουδών Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (Π.Σ.Χ.)

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.)

•**Την Βιβλιογραφική Ανασκόπηση:** Με την συστηματική μελέτη των διεθνών πρακτικών, της βιώσιμης αθλητικής ανάπτυξης και των προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης (ISO 14001, ISO 14040, οδηγίες UEFA/FIFA) (ISO, 2015 & UEFA, 2022).

•**Την Αξιολόγηση του Πεδίου:** Η ποιοτική καταγραφή και ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα» στη Ρόδο, λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση, το τοπικό ξηρό κλίμα, την αλατονέφωση και το ενεργειακό προφίλ (μη διασυνδεδεμένο δίκτυο) (Kaldellis, 2010).

•**Οικονομοτεχνική Ανάλυση:** Ποσοτική εκτίμηση και εφαρμογή μαθηματικών τύπων για τον υπολογισμό του Απλού Χρόνου Απόσβεσης (SPP) των προτεινόμενων παρεμβάσεων (Φ/Β 100kWp) και των αντίστοιχων αποφευγόμενων εκπομπών CO₂.



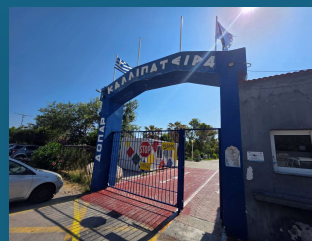
Φωτογραφία 2: Απόσπασμα Αεροφωτογραφίας Αθλητικού Κέντρου Καλλιπάτειρα (Κλίμακα 1:1000) - (Πηγή: Site Κτηματολογίου Δ.Ε.)

Αποτελέσματα Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων:

Η έρευνα ανέδειξε τις γενικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του αθλητισμού, οι οποίες περιλαμβάνουν την κλιματική αλλαγή λόγω εκπομπών CO₂ από ενέργεια και μεταφορές (Score 3) (Triantafyllidis, 2018), την εξάντληση φυσικών πόρων και υδάτων (Ding, 2008), τη ρύπανση εδαφών από φυτοφάρμακα και μικροπλαστικά, καθώς και την αλλοίωση του μικροκλίματος.

Στο πεδίο μελέτης (Α.Κ. Καλλιπάτειρα), οι επιπτώσεις αυτές οξύνονται λόγω κρίσιμων τοπικών παραγόντων:

- **Μη Διασυνδεδεμένο Δίκτυο Ρόδου:** Η ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται σε θερμικούς σταθμούς με καύση μαζούτ/ντίζελ, εκτοξεύοντας τον συντελεστή εκπομπών στα **0,68 kg CO₂/kWh** (Kaldellis et al., 2010).
- **Ακραία Ενεργειακή Κατανάλωση:** Λόγω του θερμού κλίματος, οι αθλητικές δραστηριότητες μετατοπίζονται στις βραδινές ώρες, καθιστώντας τους παλαιούς προβολείς βασικό ρυπαντή (Collins et al., 2009).
- **Υδατικές Ανάγκες & Μικροκλίμα:** Η έλλειψη συλλογής όμβριων υδάτων και η κυριαρχία σκούρων επιφανειών επιτείνουν τη λειψυδρία και τη θερμική δυσφορία.



Φωτογραφία 3: Κεντρική Είσοδος Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή)

Πρόταση Παρεμβάσεων για Μείωση Εκπομπών CO₂

Μέσα από την ενδελεχή ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του κέντρου, προκύπτει ότι το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα οφείλεται κυρίως στην υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και παρασκευή ζεστού νερού, καθώς και στη μη βέλτιστη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις που στοχεύουν στην άρση αυτών των παθογενειών, αξιοποιώντας τα ιδιαίτερα κλιματικά και χωρικά χαρακτηριστικά της Ρόδου είναι οι εξής:

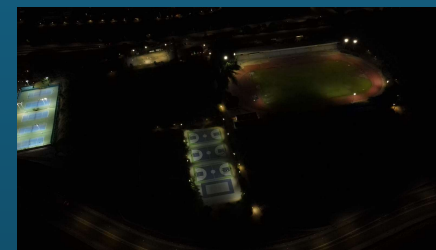
- Η Ενσωμάτωση ΑΠΕ με την τοποθέτηση Ηλιακών Στεγαστρών σε συνδυασμό της ενεργοποίησης του μοντέλου του Ενεργειακού Συμψηφισμού.
- Η Τοποθέτηση Ηλιοθερμικών Συστημάτων (ZNX) για την απεγκατάσταση των συμβατικών ηλεκτρονικών θερμοσιφώνων για την παραγωγή ZNX.

- Η Γενική Ενεργειακή Αναβάθμιση και η τοποθέτηση έξυπνου Φωτισμού με αποτέλεσμα της δραστηκής μείωσης της εγκατεστημένης ισχύος.
- Η Βελτίωση Μικροκλίματος και Διαχείρισης Νερού με την τοποθέτηση Ψυχρών υλικών, την τοποθέτηση ειδικών αισθητήρων εντοπισμού υγρασίας αλλά και την αξιοποίηση των όμβριων υδάτων

Συμπεράσματα Δ.Ε.

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατέδειξε ότι η περιβαλλοντική αναβάθμιση του αθλητισμού απαιτεί ολιστική προσέγγιση, υιοθέτηση προτύπων (ISO 14001) και συνεργασία με φορείς όπως η UEFA και η FIFA. Η μελέτη περίπτωσης του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα» απέδειξε ότι η υφιστάμενη ενεργοβόρα κατάσταση μπορεί να αντιστραφεί ριζικά μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων (Φ/Β στεγαστρών 100kWp με Net-Billing, ηλιοθερμικών ZNX, έξυπνου φωτισμού LED και ψυχρών υλικών).

Ειδικότερα, η οικονομοτεχνική ανάλυση επιβεβαίωσε ότι η επένδυση στα Φ/Β αποσβένεται σε μόλις 4,68 έτη, αποτρέποντας την έκλυση 112,2 τόνων CO₂ ετησίως, γεγονός που καθιστά το έργο άμεσα βιώσιμο και κλιμακόσιμο για την Τοπική Αυτοδιοίκηση.



Φωτογραφία 4: Γήπεδα Μπάσκετ Αθλητικού Κέντρου -Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή– Λήψη Drone)

Βιβλιογραφία Poster

Coakley, J. (2017). *Sports in society: Issues and controversies*. McGraw-Hill Education. - Collins, A., Jones, C., & Munday, M. (2009). Assessing the environmental impacts of mega sporting events. - Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. - Giulianotti, R. (2015). *Sport: A critical sociology*. - ISO. (2015). *ISO 14001: Environmental management systems*. International Organization for Standardization. - Kaldellis, J. K., et al. (2010). Energetic and environmental performance of autonomous power systems. - Triantafyllidis, S., et al. (2018). Carbon footprint of spectators' transportation. - UEFA. (2022). *UEFA Sustainable Infrastructure Guidelines*.

«Η Διερεύνηση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του Αθλητισμού και των Αθλητικών Εγκαταστάσεων».

Σούλης Μ. Ιωάννης, Γαρείου Ζωή

Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,
Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα
email: soulis_ioannis@yahoo.gr , gareiyou@latpee.eap.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν άρθρο εξετάζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του αθλητισμού και των αθλητικών εγκαταστάσεων της σύγχρονης εποχής, δίνοντας έμφαση στην κατανάλωση ενέργειας, τη διαχείριση υδάτινων πόρων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂). Μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αναλύονται οι διεθνείς πρακτικές βιωσιμότητας και τα πρότυπα πιστοποίησης (π.χ., ISO 14001 & ISO 14040, κατευθυντήριες οδηγίες UEFA & FIFA). Στο πρακτικό μέρος, η έρευνα εστιάζεται στο Αθλητικό Κέντρο «Καλλιπάτειρα» στο νησί της Ρόδου του Δήμου Ρόδου. Αξιολογείται η υφιστάμενη ενεργοβόρα κατάσταση της εγκατάστασης, η οποία επιβαρύνεται από το τοπικό, μη διασυνδεδεμένο ενεργειακό δίκτυο του νησιού. Μέσα από την οικονομοτεχνική ανάλυση προτείνονται στοχευμένες παρεμβάσεις (Φωτοβολταϊκά στέγαστρα, κεντρικά ηλιοθερμικά συστήματα Ζεστού Νερού Χρήσης, έξυπνος φωτισμός LED, χρήση ψυχρών υλικών κ.α.) που αποδεικνύουν τη βιωσιμότητα της μετάβασης σε αθλητικές υποδομές χαμηλών εκπομπών. Ειδικότερα, η επένδυση σε σύστημα ΑΠΕ ισχύος 100kWp αποσβένεται σε 4,68 έτη, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ κατά 112,2 τόνους ετησίως μετατρέποντας το Αθλητικό Κέντρο «Καλλιπάτειρα» σε πρότυπο αστικής βιωσιμότητας.

Λέξεις-Κλειδιά: Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα, Αθλητικές Εγκαταστάσεις, Ενεργειακή Αναβάθμιση, Βιώσιμη Ανάπτυξη, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Μείωση CO₂.

ABSTRACT

This article examines the environmental footprint of modern sports and sports facilities, with an emphasis on energy consumption, water management and greenhouse gas (CO₂) emissions. Through a literature review, international sustainability practices and certification standards are analyzed (e.g., ISO 14001 & ISO 14040, UEFA & FIFA guidelines). In the practical part, the research focuses on the “Kallipateira” Sports Center on the island of Rhodes, Municipality of Rhodes. The current energy-intensive state of the facility, which is burdened by the local, non-interconnected energy network of the island, is assessed. Through the economic and technical analysis, targeted interventions are proposed (Photovoltaic canopies, central solar thermal Hot Water systems, smart LED lighting, use of cold materials, etc.) that demonstrate the sustainability of the transition to low-emission sports infrastructure. In particular, the investment in a 100kWp RES system is amortized in 4.68 years, reducing CO₂ emissions by 112.2 tons per year, transforming the "Kallipateira" Sports Center into a model of urban sustainability.

Keywords: Environmental Footprint, Sports Facilities, Energy Upgrading, Sustainable Development, Photovoltaic Systems, CO₂ Reduction.

1. Εισαγωγή

Από την αρχαιότητα έως και τη σύγχρονη εποχή, ο αθλητισμός αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και πιο πολυδιάστατα κοινωνικά, πολιτισμικά και οικονομικά φαινόμενα. Η συνεχής εξέλιξή του επηρεάζει παγκοσμίως εκατομμύρια ανθρώπους, διαμορφώνοντας τις καθημερινές συνήθειες τους. Ως κοινωνικό φαινόμενο, ο αθλητισμός λειτουργεί ως μοχλός κοινωνικοποίησης, ενισχύοντας την αλληλεπίδραση διαφορετικών κοινωνικών ομάδων και προάγοντας αξίες όπως η συνεργασία, η πειθαρχία, ο σεβασμός και η κοινωνική ενσωμάτωση (Coakley, 2017).

Παράλληλα, έχει μετατραπεί σε έναν παγκόσμιο οικονομικό κολοσσό. Οι αθλητικές δραστηριότητες, οι επαγγελματικές ομάδες, οι χορηγίες, τα τηλεοπτικά δικαιώματα και η κατασκευή τεράστιων αθλητικών υποδομών αποτελούν βασικούς πυλώνες της αστικής και οικονομικής ανάπτυξης.

Ωστόσο, η ραγδαία αυτή ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων και η διαρκής αύξηση της διοργάνωσης γεγονότων μεγάλης κλίμακας (mega-events, όπως οι Ολυμπιακοί Αγώνες και τα Παγκόσμια Κύπελλα) συνοδεύονται από τεράστιες περιβαλλοντικές προκλήσεις.

Ιστορικά, ο σχεδιασμός αυτών των υποδομών βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στο δόγμα της λειτουργικότητας, του θεάματος και της εμπορικής εκμετάλλευσης, παραβλέποντας συστηματικά την οικολογική διάσταση και τα όρια των φυσικών πόρων.

Σήμερα, η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες απειλές, καθιστώντας την ανάγκη εύρεσης τρόπων μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του αθλητισμού πιο επιτακτική από ποτέ.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αθλητικών υποδομών είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την υπερκατανάλωση

ενέργειας για φωτισμό, θέρμανση και κλιματισμό, τις τεράστιες απαιτήσεις σε υδάτινους πόρους για τη συντήρηση χλοοταπήτων και πισινών, την εκτεταμένη παραγωγή αποβλήτων καθώς και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις μετακινήσεις των θεατών (Collins, Jones, & Munday, 2009).

Ένα σύγχρονο ποδοσφαιρικό στάδιο μπορεί να καταναλώνει ετησίως ενέργεια ίση με εκατοντάδες μέσες κατοικίες, ενώ η κατασκευή του απαιτεί ενεργοβόρα υλικά όπως ο χάλυβας και το σκυρόδεμα, το ενσωματωμένο αποτύπωμα των οποίων υπάρχουν στο περιβάλλον δεκαετίες πριν την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης.

2. Σκοπός της Δ.Ε.

Ο κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εις βάθος διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ανοιχτών αθλητικών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας και η αξιολόγηση των βέλτιστων πρακτικών για την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους αναβάθμιση (Ding, 2008).

Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία, τα σύγχρονα πρότυπα βιωσιμότητας (ISO 14001, ISO 14040) και τις δεσμευτικές οδηγίες διεθνών οργανισμών όπως η UEFA και η FIFA, η έρευνα στοχεύει στην ανάδειξη των παραγόντων που επιβαρύνουν το φυσικό οικοσύστημα (ISO, 2015).

Για την πρακτική εφαρμογή του θεωρητικού πλαισίου, η εργασία στοχεύει στην κριτική αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στον Δήμο Ρόδου.

Απώτερος στόχος είναι η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου, κοστολογημένου σχεδίου παρεμβάσεων, με έμφαση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και την ορθολογική διαχείριση των πόρων.

Η μελέτη επιδιώκει να αποδείξει την οικονομοτεχνική βιωσιμότητα της μετάβασης σε αθλητικές υποδομές χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών, αναδεικνύοντας πώς τα ιδιαίτερα τοπικά χαρακτηριστικά της Ρόδου (παράκτιο μέτωπο, υψηλή ηλιοφάνεια, λειψυδρία, ενεργειακό μείγμα μη διασυνδεδεμένων θερμικών σταθμών) επηρεάζουν και διαμορφώνουν τη λήψη αποφάσεων περιβαλλοντικού σχεδιασμού.

3. Μεθοδολογία Δ.Ε.

Για την πλήρη απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων και την επίτευξη του σκοπού της μελέτης, υιοθετήθηκε η μέθοδος της Μελέτης Περίπτωσης, η οποία επιτρέπει την εις βάθος εξέταση ενός πολύπλοκου φαινομένου στο πραγματικό του γεωγραφικό, κλιματικό και κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο. Η μεθοδολογική διαδικασία αναπτύχθηκε σε τρία διακριτά και αλληλεξαρτώμενα μεταξύ τους στάδια.

Το πρώτο στάδιο αφορούσε την εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, μέσω της οποίας προσδιορίστηκε το θεωρητικό πλαίσιο της βιώσιμης αθλητικής ανάπτυξης. Αναλύθηκαν οι αρχές του Triple Bottom Line στον αθλητισμό, τα διεθνή πρότυπα πιστοποίησης (ISO 14001, ISO 20121, LEED), οι σύγχρονες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας (BMS, ΑΠΕ, υβριδικοί χλοοτάπητες), καθώς και η μεθοδολογία Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA).

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε η παρατήρηση, καταγραφή και ποιοτική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του πεδίου μελέτης. Το Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτειρα" χωροθετείται στην περιοχή Καρακόνερο της πόλεως Ρόδου. Αποτελεί τη μεγαλύτερη ανοιχτή αθλητική υποδομή του Δήμου, διαθέτοντας κεντρικό γήπεδο στίβου (400μ. με ταρτάν), σκεπαστή εξέδρα (2.000 θέσεων), γήπεδο ποδοσφαίρου με φυσικό

χλοοτάπητα, πολλαπλά γήπεδα μπάσκετ/τένις, κλειστές αίθουσες και υποδομές αποδυτηρίων. Η αξιολόγηση συσχέτισε τη συνεχή λειτουργία του κέντρου με τα γεωγραφικά (παράκτια θέση) και ενεργειακά δεδομένα της περιοχής (Κλιματική Ζώνη Α, Μη Διασυνδεδεμένο Δίκτυο).

Το τρίτο στάδιο βασίστηκε στην ποσοτική οικονομοτεχνική ανάλυση. Προτάθηκαν συγκεκριμένες τεχνολογικές παρεμβάσεις και εφαρμόστηκαν μαθηματικοί τύποι για τον υπολογισμό του Απλού Χρόνου Απόσβεσης (Simple Payback Period - SPP). Παράλληλα,

εκτιμήθηκαν ποσοτικά οι αποφευγόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάνοντας χρήση του ειδικού, υψηλού συντελεστή εκπομπών του τοπικού δικτύου ηλεκτροπαραγωγής της Ρόδου (0,68 kg CO₂/kWh), προκειμένου να αποδειχθεί η απόδοση της προτεινόμενης εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

4. Αποτελέσματα Δ.Ε.

Τα αποτελέσματα της παρούσας Δ.Ε. διακρίνονται σε δύο σκέλη: αφενός στη θεωρητική προσέγγιση των γενικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του αθλητισμού και αφετέρου στην ειδική, εφαρμοσμένη αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα».

Θεωρητική Προσέγγιση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων:

Όπως προέκυψε από τη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του αθλητισμού δεν περιορίζονται στενά στον χώρο του γηπέδου, αλλά διαχέονται στο ευρύτερο αστικό και φυσικό οικοσύστημα. Σε θεωρητικό επίπεδο, η λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων μεταφράζεται στις εξής κύριες περιβαλλοντικές πιέσεις:

Κλιματική Αλλαγή:

Η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας (φωτισμός κ.α.), καθώς και οι εκπομπές από τις εξωτερικές μεταφορές των θεατών (Scope 3) – (Triantafyllidis et al., 2018), οδηγούν σε μαζική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) καθώς και άλλων αερίων, συμβάλλοντας καθοριστικά στην αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας.

Εξάντληση Φυσικών Πόρων:

Οι εγκαταστάσεις απορροφούν δυσανάλογα υψηλές ποσότητες μη ανανεώσιμων ορυκτών πόρων κατά την κατασκευή τους (χάλυβας, άμμος για σκυρόδεμα, παράγωγα πετρελαίου για πλαστικά) και ακραίους όγκους πόσιμου νερού, ασκώντας ασφυκτική πίεση στους υδροφόρους ορίζοντες.

Ρύπανση Εδαφών και Υδάτων:

Η αλόγιστη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για τη συντήρηση του φυσικού χλοοτάπητα, σε συνδυασμό με τη διαρροή μικροπλαστικών από τα παλαιάς τεχνολογίας συνθετικά δάπεδα (από ανακυκλωμένα ελαστικά), προκαλεί ευτροφισμό στους αποδέκτες των υδάτων και μόλυνση του υπεδάφους. Παράλληλα, τα στερεά απόβλητα και τα πλαστικά μιας χρήσης επιβαρύνουν τους χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ).

Αλλοίωση Μικροκλίματος:

Η αντικατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος με τεράστιες, σκληρές και σκουρόχρωμες επιφάνειες (άσφαλτος στα πάρκινγκ, συνθετικό ταρτάν) απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και την εκπέμπει ως θερμότητα, αυξάνοντας τοπικά τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και υποβαθμίζοντας τη θερμική άνεση της περιοχής.

Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Α.Κ. «Καλλιπάτειρα»

Η μετάβαση από τη θεωρία στην πράξη, μέσω της αξιολόγησης του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στη Ρόδο,

επιβεβαιώνει με τον πιο χαρακτηριστικό τρόπο τις παραπάνω περιβαλλοντικές πιέσεις, οι οποίες οξύνονται δραματικά λόγω των τοπικών, νησιωτικών ιδιομορφιών.

Το Ενεργειακό Μείγμα και η Νυχτερινή Λειτουργία:

Το πλέον κρίσιμο εύρημα είναι η άμεση εξάρτηση της υποδομής από το ηλεκτρικό δίκτυο της Ρόδου. Η Ρόδος ανήκει στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και η ηλεκτροπαραγωγή της βασίζεται ιστορικά σε Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής που καίνε ρυπογόνα υγρά ορυκτά καύσιμα (μαζούτ, ντίζελ). Αυτό συνεπάγεται έναν εξαιρετικά υψηλό συντελεστή εκπομπών της τάξης του 0,68 kg CO₂/kWh (σε αντίθεση με τον μέσο όρο της ηπειρωτικής Ελλάδας). Παράλληλα, λόγω του ξηρού και ιδιαίτερα θερμού μεσογειακού κλίματος (Κλιματική Ζώνη Α), η χρήση των ανοιχτών γηπέδων κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι αδύνατη το καλοκαίρι. Ο όγκος των δραστηριοτήτων μετατοπίζεται υποχρεωτικά στις βραδινές ώρες, καθιστώντας τη λειτουργία των ενεργοβόρων, παλαιάς τεχνολογίας προβολών (αλογονιδίων μετάλλου) τον νούμερο ένα παράγοντα έκλυσης CO₂. Επιπρόσθετα, η θέρμανση του Ζεστού Νερού Χρήσης στα αποδυτήρια βασίζεται αποκλειστικά σε ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες, μια πρακτική περιβαλλοντικά αναποτελεσματική σε ένα νησί με πάνω από 300 ημέρες ηλιοφάνειας.

Γεωγραφική Τρωτότητα και Μικροκλίμα: Η χωροθέτηση του κέντρου στο ανατολικό παράκτιο μέτωπο της πόλης το εκθέτει συνεχώς στην αλατονέφωση. Το διαβρωτικό αυτό περιβάλλον επιταχύνει τη φθορά των μεταλλικών στοιχείων (ιστοί, περιφράξεις), αυξάνοντας την ανάγκη συντήρησης και συνεπώς τις έμμεσες εκπομπές (ενσωματωμένος άνθρακας νέων υλικών). Τέλος, οι τεράστιες επιφάνειες σκληρών, σκούρων υλικών του κέντρου (μαύρη άσφαλτος, κόκκινο ταρτάν) δημιουργούν

ένα έντονο φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας, επιδεινώνοντας τη θερμική δυσφορία. Η ανάγκη καθαρισμού αυτών των εκτεταμένων επιφανειών και η άρδευση του γηπέδου ποδοσφαίρου με πόσιμο νερό ασκούν ασφυκτική πίεση στο ήδη επιβαρυνόμενο από τον τουρισμό δίκτυο ύδρευσης της ΔΕΥΑΡ.

5. Προτάσεις Μείωσης Εκπομπών CO₂

Η μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα απαιτεί τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας ολιστικής στρατηγικής που εδράζεται στο τρίπτυχο:

Παραγωγή Καθαρής Ενέργειας, Ενεργειακή Αποδοτικότητα και Κλιματική Προσαρμογή. Για τη ριζική μεταμόρφωση του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα», προτείνονται οι ακόλουθες τέσσερις άμεσα εφαρμόσιμες παρεμβάσεις: **Ενσωμάτωση ΑΠΕ (Ηλιακά Στέγαστρα και Net-Billing):**

Η απουσία μεγάλων οροφών καθιστά αναγκαίο τον πολυλειτουργικό σχεδιασμό. Προτείνεται η κατασκευή μεταλλικών στεγαστρων στον υπαίθριο χώρο στάθμευσης και στις κερκίδες, φέροντας Φωτοβολταϊκά πάνελ ισχύος 100 kWp. Το σύστημα θα υπαχθεί στο καθεστώς Ενεργειακού Συμψηφισμού (Net-Billing). Η ενέργεια που θα παράγεται το πρωί θα πωλείται στο δίκτυο και τα έσοδα θα συμψηφίζονται λογιστικά με το υπέρογκο κόστος του ρεύματος που καταναλώνεται το βράδυ, χρησιμοποιώντας ουσιαστικά το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ ως "εικονική μπαταρία". Παράλληλα, τα στέγαστρα προσφέρουν πολύτιμη σκίαση σε οχήματα και φιλάθλους. **Ηλιοθερμικά Συστήματα για ΖΝΧ:** Πλήρης κατάργηση των ηλεκτρικών θερμοσιφώνων. Τοποθέτηση ενός Κεντρικού Ηλιοθερμικού Συστήματος Βεβιασμένης Κυκλοφορίας (με συλλέκτες υψηλής επιλεκτικότητας και μεγάλους ταμιευτήρες) στις οροφές των αποδυτηρίων. Το σύστημα δύναται να καλύψει το 85-95% των ετήσιων αναγκών

των αθλητών σε ζεστό νερό χρησιμοποιώντας δωρεάν ηλιακή ενέργεια.

Ενεργειακή Αναβάθμιση και Έξυπνος Φωτισμός: Καθολική αντικατάσταση των παλαιών προβολέων με σύγχρονα φωτιστικά σώματα τεχνολογίας LED. Κρίσιμη είναι η διασύνδεσή τους με Κεντρικό Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης. Αυτό επιτρέπει το δυναμικό "dimming": λειτουργία στο 30-40% της έντασης κατά τις απλές προπονήσεις και 100% μόνο κατά τους επίσημους αγώνες, οδηγώντας σε δραματική μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης (άνω του 60%) και εξάλειψη της φωτορύπανσης.

Βελτίωση Μικροκλίματος και Κυκλική Διαχείριση Νερού: Κατά τις μελλοντικές συντηρήσεις των δαπέδων (τένις, μπάσκετ, εξωτερικοί διάδρομοι), προτείνεται η εφαρμογή «Ψυχρών Υλικών» υψηλής ανακλαστικότητας (υψηλό SRI), ώστε να αποτρέπεται η απορρόφηση θερμότητας και να μειωθεί η τοπική θερμοκρασία. Για την προστασία των υδάτινων πόρων, προτείνεται η κατασκευή υπόγειας δεξαμενής συλλογής όμβριων υδάτων. Το βρόχινο νερό θα συλλέγεται τον χειμώνα από τις στέγες και θα αξιοποιείται ετεροχρονισμένα το καλοκαίρι για τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων και την άρδευση, αποφορτίζοντας το δίκτυο της ΔΕΥΑΡ.

6. Θεωρητικό Πλαίσιο & Παράγοντες του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος.

Η έννοια του «περιβαλλοντικού αποτυπώματος» προσφέρει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο αξιολόγησης των οικολογικών επιπτώσεων, μετρώντας τη συνολική επιβάρυνση που προκαλεί μια εγκατάσταση σε όρους κατανάλωσης πόρων και παραγωγής ρύπων. Στον αθλητισμό, η λειτουργία μιας εγκατάστασης εξαρτάται από πολλαπλούς, σύνθετους παράγοντες χωροθέτησης, λειτουργίας και σχεδιασμού. Το ανθρακικό, υδατικό και ενεργειακό αποτύπωμα των αθλητικών υποδομών

διαμορφώνεται από τις ακόλουθες κύριες συνιστώσες:

Ενεργειακή Κατανάλωση

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό είναι η ακραία ενεργειακή κατανάλωση. Στα ανοιχτά στάδια, η περιβαλλοντική πίεση εντοπίζεται στις τεράστιες ανάγκες τεχνητού φωτισμού κατά τις νυχτερινές ώρες. Στις κλειστές υποδομές, το 72% έως 78% της θερμικής ενέργειας καταναλώνεται από τα συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και μηχανικού εξαερισμού. Η εξάρτηση αυτών των συστημάτων από ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο) εκτοξεύει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αντίθετα, η ενσωμάτωση Βιοκλιματικού σχεδιασμού, έξυπνων συστημάτων ελέγχου (BMS) και ΑΠΕ, μπορεί να μετατρέψει την εγκατάσταση από καταναλωτή σε παραγωγό ενέργειας.

Διαχείριση Υδάτινων Πόρων και Αποβλήτων

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις απαιτούν τεράστιους όγκους νερού, κυρίως για την άρδευση των φυσικών χλοοταπήτων και την πλήρωση των πισινών. Σε περιοχές με αστική πίεση και λειψυδρία, η παραδοσιακή άρδευση οδηγεί σε ακραία σπατάλη του πολύτιμου πόρου. Η σύγχρονη τάση επιβάλλει την κατασκευή υπόγειων δεξαμενών για τη συλλογή όμβριων υδάτων και τη χρήση υβριδικών χλοοταπήτων. Επιπλέον, το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο λειτουργίας (κυρίως στην εστίαση κατά τις ημέρες των αγώνων) προκαλεί την παραγωγή χιλιάδων τόνων στερεών αποβλήτων (π.χ., πλαστικά μιας χρήσης), απαιτώντας άμεση μετάβαση στις αρχές της Κυκλικής Οικονομίας με αυστηρή διαλογή στην πηγή και κομποστοποίηση.

Ο Κύκλος Ζωής των Υλικών (LCA):

Το ενσωματωμένο αποτύπωμα μιας εγκατάστασης προκύπτει πριν καν αυτή

τεθεί σε λειτουργία. Η παραγωγή σκυροδέματος (υπεύθυνη για το 8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂) και χάλυβα απαιτεί τεράστια ενέργεια. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040, η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA) επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων από την εξόρυξη έως την κατεδάφιση. Η βιώσιμη αρχιτεκτονική προκρίνει τη χρήση ανακυκλωμένων μετάλλων, πιστοποιημένης ξυλείας και τον σχεδιασμό υποδομών για εύκολη αποσυναρμολόγηση.

Χωροθέτηση, Μεταφορές και Πρότυπα Πιστοποίησης:

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι οι μετακινήσεις φιλάθλων, αθλητών και προσωπικού (Scope 3) συχνά αντιπροσωπεύουν το 60-80% του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος ενός γεγονότος (Triantafyllidis et al., 2018). Η χωροθέτηση κοντά σε δίκτυα σταθερής τροχιάς και η προώθηση της μικροκινητικότητας είναι επιβεβλημένες. Πλέον, οι διεθνείς οργανισμοί έχουν μεταμορφωθεί από φορείς συστάσεων σε ρυθμιστές. Η UEFA και η FIFA έχουν θεσπίσει αυστηρούς δεσμευτικούς κανονισμούς αδειοδότησης, καθιστώντας την περιβαλλοντική πιστοποίηση (βάσει του ISO 14001) υποχρεωτική, εξαλείφοντας τους συμβατικούς καυστήρες και επιβάλλοντας την αποκλειστική χρήση ΑΠΕ (UNCC, 2019) & (UEFA, 2022).

7. Οικονομοτεχνική & Περιβαλλοντική Ανάλυση Δ.Ε.

Η ρεαλιστική αποτίμηση της βιωσιμότητας των προτεινόμενων παρεμβάσεων απαιτεί τη μετάφραση του περιβαλλοντικού οφέλους σε αυστηρούς οικονομικούς δείκτες, με έμφαση στην εγκατάσταση του Φωτοβολταϊκού συστήματος. Για τον Δήμο Ρόδου, η αξιολόγηση της επένδυσης βασίζεται στον μαθηματικό τύπο του Απλού Χρόνου Απόσβεσης (Simple Payback Period - SPP), ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της

αρχικής δαπάνης προς το καθαρό ετήσιο όφελος. Για τον υπολογισμό των αποφευγόντων ρύπων, πολλαπλασιάζεται η παραγόμενη ενέργεια με τον τοπικό συντελεστή εκπομπών (0,68 kg CO₂/kWh). Όπως αποδεικνύεται ξεκάθαρα από την ανάλυση που γίνεται εντός της Δ.Ε. μια απόσβεση σε λιγότερο από 5 έτη θεωρείται εξαιρετικά αποδοτική για οποιοδήποτε δημόσιο έργο. Για τα εναπομείναντα 20 χρόνια του κύκλου ζωής του συστήματος, ο Δήμος Ρόδου θα εξοικονομεί περίπου 27.000,00€ ετησίως, απελευθερώνοντας πόρους για περαιτέρω αθλητικές επενδύσεις. Ταυτόχρονα, το περιβαλλοντικό όφελος είναι τεράστιο, καθώς αποτρέπεται η έκλυση 112,20 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, ανακουφίζοντας σημαντικά την ατμόσφαιρα του νησιού.

8. Συμπεράσματα, Αδυναμίες & Προεκτάσεις Δ.Ε.

Τελικά Συμπεράσματα

Ο αθλητισμός αποτελεί έναν ισχυρό μοχλό κοινωνικής και αστικής ανάπτυξης, ο οποίος ωστόσο προκαλεί, κατά τη λειτουργία του, τεράστιες περιβαλλοντικές πιέσεις. Η παρούσα έρευνα κατέδειξε περίτρανα ότι η μετάβαση των αθλητικών εγκαταστάσεων σε υποδομές κλιματικής ουδετερότητας δεν αποτελεί πλέον πολυτέλεια ή θεωρητική επιλογή, αλλά μια λειτουργική, δεσμευτική και νομοθετική αναγκαιότητα (όπως ορίζεται από τη FIFA, την UEFA και τα πρότυπα ISO).

Η εις βάθος μελέτη του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα» ανέδειξε πόσο καθοριστικά επηρεάζει το ενεργειακό αποτύπωμα μιας εγκατάστασης η γεωγραφική της θέση και κυρίως η πηγή τροφοδοσίας της. Η εξάρτηση από ένα ρυπογόνο, μη διασυνδεδεμένο θερμικό δίκτυο (0,68 kg CO₂/kWh) πολλαπλασιάζει την οικολογική ζημιά. Ωστόσο, η έρευνα αποδεικνύει ρεαλιστικά πως οι στοχευμένες τεχνολογικές παρεμβάσεις (Φωτοβολταϊκά με Net-Billing, έξυπνος φωτισμός LED,

ηλιοθερμικά και ψυχρά υλικά) είναι όχι μόνο τεχνικά εφικτές, αλλά και εξαιρετικά προσοδοφόρες οικονομικά. Η εφαρμογή αυτού του ολοκληρωμένου περιβαλλοντικού σχεδίου επιτρέπει στην Τοπική Αυτοδιοίκηση να εξοικονομήσει ζωτικούς οικονομικούς πόρους, μετατρέποντας παράλληλα τα στάδια σε πυρήνες βιωσιμότητας και ζωντανά εργαλεία οικολογικής εκπαίδευσης για τους πολίτες.

Αδυναμίες της Εργασίας και Αναπάντητα Ερωτήματα

Μία από τις βασικές αδυναμίες (limitations) της παρούσας μελέτης εντοπίζεται στην έλλειψη πρωτογενών, ποσοτικών δεδομένων σχετικά με την ακριβή ογκομετρική κατανάλωση ύδατος. Η πρόταση για δεξαμενές όμβριων υδάτων βασίστηκε σε ποιοτική αξιολόγηση των αναγκών και όχι σε ανάλυση ιστορικών λογαριασμών της επιχείρησης ύδρευσης. Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό αναπάντητο ερώτημα παραμένει ο υπολογισμός των έμμεσων εκπομπών (Scope 3) από τις μετακινήσεις των εκατοντάδων αθλητών (Triantafyllidis etc, 2018). Λόγω απουσίας τοπικών ερωτηματολογίων μετακίνησης, η έρευνα επικεντρώθηκε κυρίως στη φάση λειτουργίας (Scope 1 & 2) του σταδίου.

Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Με γνώμονα τα ευρήματα και τους περιορισμούς, προτείνονται οι ακόλουθες ερευνητικές κατευθύνσεις:

Πρώτον, η διεξαγωγή εκτενούς Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) για τη σύγκριση φυσικού, συνθετικού και υβριδικού χλοοτάπητα στις ξηρές ελληνικές κλιματικές συνθήκες, με έμφαση στο υδατικό αποτύπωμα και τη διαρροή μικροπλαστικών (SBR) στο υπέδαφος.

Δεύτερον, η ποσοτικοποίηση των μετακινήσεων (Scope 3) μέσω πρωτογενούς έρευνας για τον σχεδιασμό "Σχεδίων Αστικής Κινητικότητας".

Η Διερεύνηση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του Αθλητισμού και των Αθλητικών Εγκαταστάσεων.

Τρίτον, η τεχνοοικονομική μελέτη για τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων των θεατών στους χώρους στάθμευσης ως προσωρινών μπαταριών (εξομάλυνση αιχμών).

Τέλος, η συγκριτική μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μιας νησιωτικής εγκατάστασης σε αντιπαραβολή με μια αντίστοιχη της ηπειρωτικής Ελλάδας (διασυνδεδεμένο δίκτυο).

9. Βιβλιογραφία Άρθρου

- Collins, A., Jones, C., & Munday, M. (2009). Assessing the environmental impacts of mega sporting events.
- Coakley, J. (2017). Sports in society: Issues and controversies. McGraw-Hill Education.
- Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management.
- ISO (2015). ISO 14001: Environmental management systems.
- Triantafyllidis, S., Ries, R. J., & Kaplanidou, K. (2018). Carbon footprint of spectators' transportation in collegiate events: Comparing small and large programs.
- UEFA. (2022). UEFA Sustainable Infrastructure Guidelines. Union of European Football Associations.
- United Nations Climate Change - UNCC (2019). Sports for climate action framework.

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα:

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΘΕ	Θεματική Ενότητα

Κατάλογος Φωτογραφιών

Φωτογραφία 1: Απόσπασμα Αεροφωτογραφίας Αθλητικού Κέντρου Καλλιπάτειρα (1:1000).....	96
Φωτογραφία 2: Απόσπασμα Αεροφωτογραφίας Αθλητικού Κέντρου Καλλιπάτειρα (1:2500).....	96
Φωτογραφία 3: Γενική Διάταξη Αθλητικού Κέντρου	97
Φωτογραφία 4: Κεντρική Είσοδος Αθλητικού Κέντρου	97
Φωτογραφία 5: Χάρτης Αθλητικού Κέντρου	98
Φωτογραφία 6: Κυλικείο Αθλητικού Κέντρου & Χώρος Υποδοχής - Reception	98
Φωτογραφία 7: Χώρος Εισόδου Αθλητικού Κέντρου & Υποδοχής - Reception	99
Φωτογραφία 8: Γήπεδα Μπάσκετ και Τένις Αθλητικού Κέντρου.....	100
Φωτογραφία 9: Γήπεδο Στίβου Αθλητικού Κέντρου	100
Φωτογραφία 10: Γήπεδο Στίβου & Επιφ. Στεγ. Κερκίδων Αθλ. Κέντρου	101
Φωτογραφία 11: Γήπεδα Ποδοσφαίρου Αθλητικού Κέντρου	101
Φωτογραφία 12: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου	102
Φωτογραφία 13: Γενικές Εγκαταστάσεις Αθλητικού Κέντρου	102
Φωτογραφία 14: Χώρος Εισόδου και Reception Αθλητικού Κέντρου	103
Φωτογραφία 15: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου	103
Φωτογραφία 16: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου	104
Φωτογραφία 17: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου	104
Φωτογραφία 18: Γήπεδα Μπάσκετ Αθλητικού Κέντρου	105
Φωτογραφία 19: Γήπεδα Μπάσκετ Αθλητικού Κέντρου	105
Φωτογραφία 20: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου.....	106
Φωτογραφία 21: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου	106

Κατάλογος Σχεδίων

Τοπογραφικό Διάγραμμα Υφιστάμενης Κατάστασης Αθλητικού Κέντρου.....	89
Τοπογραφικό Διάγραμμα Αθλητικού Κέντρου με Προτάσεις.....	90

Εισαγωγή

Στην σύγχρονη εποχή ο αθλητισμός αποτελεί ένα πολυδιάστατο κοινωνικό, πολιτισμικό και οικονομικό φαινόμενο του οποίου η συνεχής εξέλιξη επηρεάζει παγκοσμίως εκατομμύρια ανθρώπους (Coakley, 2017).

Ο αθλητισμός επηρεάζει σημαντικά την κοινωνική συνοχή, την οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής αλλά και την αστική ζωή μέσα από την καθημερινή άθληση του ανθρώπου, μέσα από τις τοπικές αθλητικές δραστηριότητες της κάθε περιοχής αλλά και από τις μεγάλες αθλητικές διοργανώσεις (όπως οι Ολυμπιακοί Αγώνες κ.α.). Η συνεχής αύξηση των αθλητικών γεγονότων σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και η συνεχής επέκταση των αθλητικών εγκαταστάσεων έχουν φέρει στην επιφάνεια μια σειρά από περιβαλλοντικές προκλήσεις οι οποίες καθιστούν αναγκαία την μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του αθλητισμού. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα συνδέεται με πολλούς παράγοντες όπως την κατανάλωση ενέργειας στις αθλητικές εγκαταστάσεις (για φωτισμό κ.α.), την χρήση υδάτινων πόρων (ύδρευση & άρδευση αθλητικών εγκαταστάσεων), την παραγωγή αποβλήτων από την χρήση των αθλητικών εγκαταστάσεων από τους ανθρώπους, από την μετακίνηση των θεατών και των αθλητών προς τις αθλητικές εγκαταστάσεις αλλά και την απομάκρυνση από αυτές καθώς και τα υλικά των αθλητικών υποδομών και ο κύκλος ζωής αυτών (Collins, Jones & Munday, 2009)

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί στην σύγχρονη εποχή μια από τις πιο μεγάλες παγκόσμιες απειλές με αποτέλεσμα η ανάγκη εύρεσης τρόπων μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του αθλητισμού αλλά και αξιολόγησης αυτών των επιπτώσεων είναι πιο επιτακτική και επίκαιρη από ποτέ. Όλα τα παραπάνω φέρνουν το μοναδικό συμπέρασμα το οποίο δεν είναι άλλο από την ενίσχυση ανάπτυξης όλων αυτών των πράσινων πολιτικών, προτύπων και τεχνολογιών με μοναδικό στόχο την μετάβαση προς βιώσιμες αθλητικές πρακτικές (Coakley, 2017).

Στόχος της παρούσας Δ.Ε. είναι να προσπαθήσει αρχικά μέσω της θεωρητικής κατεύθυνσης να αναλύσει σφαιρικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του αθλητισμού και των αθλητικών εγκαταστάσεων, εξετάζοντας όλες αυτές τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και όλους αυτούς τους παράγοντες που τις επηρεάζουν. Στην συνέχεια θα γίνει η παρουσίαση όλων αυτών των σύγχρονων πολιτικών και των πράσινων τεχνολογιών που αναπτύσσουν διεθνώς αθλητικοί οργανισμοί με μοναδικό στόχο την βιωσιμότητα στον αθλητισμό σε συνδυασμό με όλα τα πρότυπα πιστοποίησης που είναι διαθέσιμα ανά περίπτωση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε έντεκα (11) κύρια κεφάλαια, η δομή των οποίων έχει οργανωθεί με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή μετάβαση από το θεωρητικό πλαίσιο στην πρακτική εφαρμογή. Αναλυτικότερα:

- Στο Κεφάλαιο 1 αναλύεται η κοινωνική και οικονομική διάσταση του αθλητισμού, καθώς και οι πολύπλευρες επιδράσεις που προκαλεί η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων και η διοργάνωση μεγάλων αθλητικών γεγονότων στη σύγχρονη κοινωνία.
- Στο Κεφάλαιο 2 διατυπώνονται ο κεντρικός σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, προσδιορίζοντας το πλαίσιο της έρευνας.
- Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση και γίνεται η εισαγωγική παρουσίαση του πεδίου μελέτης, δηλαδή του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα».
- Στο Κεφάλαιο 4 εξετάζεται σε βάθος η έννοια του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Αναλύονται διεξοδικά οι περιβαλλοντικές πιέσεις που προκύπτουν από την ενεργειακή κατανάλωση, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, την παραγωγή αποβλήτων, τις εκπομπές CO₂ και τον κύκλο ζωής των υλικών κατασκευής (LCA).
- Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν το μέγεθος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, όπως είναι η χωροθέτηση, ο αστικός σχεδιασμός, οι μεταφορές/προσβασιμότητα, το μέγεθος της υποδομής και οι πρακτικές συντήρησης.
- Στο Κεφάλαιο 6 αναπτύσσονται τα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης (όπως το ISO 14001 και το LEED) και οι κατευθυντήριες οδηγίες διεθνών φορέων (UEFA, FIFA). Παράλληλα, παρατίθενται σύγχρονες «πράσινες» τεχνολογίες και διεθνή παραδείγματα βιώσιμων αθλητικών εγκαταστάσεων.
- Στο Κεφάλαιο 7 αποτελεί το πρακτικό σκέλος της έρευνας. Καταγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση και το ενεργειακό προφίλ της αθλητικής εγκατάστασης στη Ρόδο, και προτείνονται συγκεκριμένες, κοστολογημένες παρεμβάσεις (συστήματα ΑΠΕ, έξυπνος φωτισμός, διαχείριση υδάτων), συνοδευόμενες από αναλυτική οικονομοτεχνική ανάλυση.
- Στο Κεφάλαιο 8 διαμορφώνονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις για τη μείωση των εκπομπών CO₂, οι οποίες περιλαμβάνουν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγαστρα με σύστημα Net-Billing, ηλιοθερμικά συστήματα για ζεστό νερό χρήσης,

ενεργειακή αναβάθμιση φωτισμού με LED και έξυπνη διαχείριση, καθώς και μέτρα βελτίωσης του μικροκλίματος (ψυχρά υλικά) και συλλογής όμβριων υδάτων.

- Στο Κεφάλαιο 9 πραγματοποιείται η πλήρης οικονομοτεχνική και περιβαλλοντική ανάλυση, με τον υπολογισμό του απλού χρόνου απόσβεσης (SPP) και των αποφευγόντων εκπομπών CO₂ για το προτεινόμενο σύστημα ΑΠΕ ισχύος 100 kWp.
- Στο Κεφάλαιο 10 συνοψίζονται τα βασικά θεωρητικά και πρακτικά συμπεράσματα της μελέτης.
- Στο Κεφάλαιο 11 γίνεται η συνολική αξιολόγηση της εργασίας, επισημαίνονται οι αδυναμίες και τα αναπάντητα ερωτήματα, και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα καθώς και οι θεωρητικές/πρακτικές εφαρμογές των αποτελεσμάτων.

Κύριος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι ότι μέσω της ανάλυσης των κεφαλαίων που αναλύονται παραπάνω αλλά και σε συνδυασμό με την μελέτη περίπτωσης να βγουν τα πραγματικά συμπεράσματα – προτάσεις για την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος καθώς και της βελτίωσης της περιβαλλοντικής διαχείρισης στον αθλητισμό. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αναλυτική διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό και στις αθλητικές εγκαταστάσεις σε απόλυτο συνδυασμό την αξιολόγηση όλων αυτών των παραγόντων που επηρεάζουν είτε τον αθλητισμό είτε τις αθλητικές εγκαταστάσεις, καθώς επίσης και την παρουσίαση όλων αυτών των συγχρόνων εργαλείων που στοχεύουν αποκλειστικά στην βιώσιμη ανάπτυξη όλου του περιεχομένου του αθλητικού τομέα.

1. Ο Αθλητισμός ως Κοινωνικό και Οικονομικό Φαινόμενο.

Από την αρχαιότητα έως και σήμερα την σύγχρονη εποχή ο αθλητισμός αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά φαινόμενα, συνδέεται άμεσα με την κοινωνική ζωή, τις καθημερινές συνήθειες και τις πολιτισμικές αξίες των ανθρώπων ενώ παράλληλα εξελίσσεται σε ένα οικονομικό δυναμικό τομέα όπου επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις της ζωής των ανθρώπων μέσω της ανάπτυξης, της απασχόλησης και της κατανάλωσης (Coakley, 2017).

Ο αθλητισμός ως κοινωνικό φαινόμενο λειτουργεί με έναν τρόπο κοινωνικοποίησης ο οποίος ενισχύει την αλληλεπίδραση όλων των κοινωνικών ομάδων διαφορετικών και μη και προάγει όλες αυτές τις ανθρώπινες αξίες που δημιουργεί καλύτερες συνθήκες σε όλους τους τομείς της ζωής όπως είναι η συνεργασία, η πειθαρχία, ο σεβασμός και η ευγενής άμιλλα. Δεν είναι όμως όλα ρόδινα, υπάρχουν και όλες αυτές οι αρνητικές διαστάσεις όπως η βία, ο φανατισμός και οι διακρίσεις όπου επηρεάζουν την λειτουργία και τον ρόλο του αθλητισμού στην σύγχρονη εποχή (Giulianotti, 2015).

Παράλληλα με όλα τα παραπάνω ο αθλητισμός έχει μετατραπεί σε ένα ισχυρό οικονομικό φαινόμενο, καθώς περιλαμβάνει ένα μεγάλο φάσμα δραστηριοτήτων όπως είναι οι αθλητικές διοργανώσεις (όλων των ειδών), οι επαγγελματικές ομάδες, οι χορηγίες, τα τηλεοπτικά δικαιώματα για την μετάδοση των αγώνων, το αθλητικό μάρκετινγκ, τον τουρισμό και την βιομηχανία των αθλητικών ειδών. Ο αθλητισμός λειτουργεί ως ένα προϊόν με υψηλή εμπορική αξία διότι μέσω αυτού δημιουργούνται αρκετά έσοδα από τις διοργανώσεις κ.α. αλλά και αρκετές θέσεις εργασίας δίνοντας μια σημαντική επιρροή στην παγκόσμια αγορά. Η μελέτη του αθλητισμού ως ένα κοινωνικό και οικονομικό φαινόμενο κρίνεται απαραίτητη καθώς επιτρέπει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αλληλοεπιδρά με θεσμούς, κοινωνικές δομές και τα οικονομικά συστήματα (Coakley, 2017).

1.1. Ο ρόλος του αθλητισμού στην σύγχρονη κοινωνία

Ο αθλητισμός από την αρχή του έως και σήμερα με τις οργανωμένες και σύγχρονες αθλητικές δομές αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά φαινόμενα. Η λειτουργία του στις σύγχρονες κοινωνίες είναι πολυσύνθετη διότι προάγει πολλά θετικά στοιχεία όπως η κοινωνικοποίηση, την κοινωνική ενσωμάτωση αλλά και την δημόσια υγεία στην ζωή του ανθρώπου (Coakley, 2017).

Ο αθλητισμός δεν προσφέρει μόνο την φυσική άσκηση στον άνθρωπο αλλά καλλιεργεί ηθικές αξίες, διαμορφώνει συμπεριφορές και χαρακτήρες καθώς επίσης ενισχύει την κοινωνική αλληλεπίδραση των ανθρώπων με το περιβάλλον γύρω από αυτούς. Τα άτομα μέσα από την αθλητική συμμετοχή μαθαίνουν να συνεργάζονται με τους συμπαίκτες τους, να σέβονται τους εκάστοτε κανόνες, να θέτουν προσωπικούς ή ομαδικούς στόχους αλλά και να επιδιώκουν να γίνονται συνεχώς καλύτερη αυξάνοντας την επίδοση και βελτίωση τους. Όλα οι παραπάνω αξίες μεταφέρονται αυτόματα στην προσωπική καθημερινότητα του καθενός επηρεάζοντας θετικά την εργασιακή συμπεριφορά τους, την σχολική απόδοση τους αλλά και την διαπροσωπική επικοινωνία με άτομα που συναναστρέφονται καθημερινά (Giulianotti, 2015).

1.1.1. Ο Αθλητισμός ως φορέας κοινωνικής συνοχής.

Για την αντιμετώπιση όλων των κοινωνικών ανισοτήτων που υπάρχουν αλλά και την βελτίωση της ποιότητας ζωής ευάλωτων ομάδων όπως είναι άτομα με αναπηρία, παιδιά ή έφηβοι από στρώματα οικονομικά ασθενέστερα, πρόσφυγες ή μετανάστες αλλά και ηλικιωμένοι υπάρχουν διάφοροι οργανισμοί, σύλλογοι ή ιδρύματα οι οποίοι αξιοποιούν τον αθλητισμό για την επίτευξη αυτού του στόχου. Με την συμμετοχή όλων αυτών των ατόμων σε αθλητικά προγράμματα (όπως οι Παραολυμπιακοί αγώνες κ.α.) αλλά και άλλες δράσεις κοινωνικής αθλητικής μέριμνας έχει αποδειχθεί ότι ο αθλητισμός λειτουργεί ως ένας μοχλός άρσης όλων αυτών των κοινωνικών φραγμών προωθώντας την ισότητα και την συμπερίληψη στην σύγχρονη κοινωνία (Brittain, 2016).

1.1.2. Η πολιτιστική διάσταση του αθλητισμού.

Ο αθλητισμός αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα παγκόσμιο πολιτισμικό προϊόν. Με την διοργάνωση ενός αθλητικού γεγονότος σε μία περιοχή αναδεικνύονται τα στοιχεία της περιοχής όπως είναι η τοπική παράδοση, η ταυτότητα της περιοχής αλλά και του πολιτισμού

αυτής λειτουργώντας ως μέσο προβολής των περιοχών αυτών σε διεθνές επίπεδο και όχι μόνο. Η κοινή συμμετοχή ή ακόμα και η υποστήριξη μιας ομάδας ενισχύει το αίσθημα της συλλογικότητας δημιουργώντας έτσι ομάδες φιλάθλων ή υποστηρικτών αλλά και συμμετεχόντων (Giulianotti, 2015).

Άλλη όμως μια σημαντική διάσταση του αθλητισμού είναι και αυτή η ικανότητα που έχει ώστε να διαμορφώνει όλα αυτά τα κοινωνικά πρότυπα επηρεάζοντας σε βάθος τον τρόπο διαβίωσης των πολιτών όπως είναι η υγιεινή διατροφή, η διαχείριση του ελεύθερου χρόνου για την συμμετοχή σε αθλήματα αλλά και την συνείδηση όλων αυτών για την ευεξία και την φυσική κατάσταση. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας σχετικά με τη σωματική δραστηριότητα και την καθιστική συμπεριφορά παρέχουν συστάσεις δημόσιας υγείας βασισμένες σε στοιχεία για παιδιά, εφήβους, ενήλικες και ηλικιωμένους σχετικά με την ποσότητα σωματικής δραστηριότητας (συχνότητα, ένταση και διάρκεια) που απαιτείται για να προσφέρει σημαντικά οφέλη για την υγεία και να μετριάσει τους κινδύνους για την υγεία. Για πρώτη φορά, παρέχονται συστάσεις σχετικά με τις συσχετίσεις μεταξύ καθιστικής συμπεριφοράς και αποτελεσμάτων υγείας, καθώς και για υποπληθυσμούς, όπως έγκυες και γυναίκες μετά τον τοκετό, και άτομα που ζουν με χρόνιες παθήσεις ή αναπηρία (World Health Organization, 2020).

1.1.3. Ο αθλητισμός ως μέσο κοινωνικοπολιτικής επιρροής.

Η διεθνής πολιτική αξιοποιεί τον αθλητισμό ως ένα εργαλείο με ήπια δύναμη. Κατά την διάρκεια μεγάλων αθλητικών γεγονότων (όπως π.χ. Ολυμπιακοί αγώνες) προβάλλεται το κύρος κρατών ενισχύοντας την διπλωματική παρουσία και επιδρώντας στην εξωτερική πολιτική αυτών παράγοντας πολιτικά μηνύματα σε μεγάλη εμβέλεια. Ο αθλητισμός εκτός από την πολιτική επιρροή έχει και επιρροή στην σύγχρονη κοινωνία γιατί συνδέεται απευθείας με αυτήν προωθώντας την ισότητα των φύλων, την καταπολέμηση του ρατσισμού, την υποστήριξη της ειρήνης καθώς επίσης και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Υπάρχει μια έντονη κοινωνική δράση από Αθλητές, Συλλόγους αλλά και Διεθνείς Ομοσπονδίες διότι με αυτόν τον τρόπο αξιοποιούν την δημόσια επιρροή τους όπου τις περισσότερες φορές χαρακτηρίζεται ως πολύ ισχυρή (Coakley, 2017).

1.2. Η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων (κοινωνικοοικονομική διάσταση).

Η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη του αθλητισμού ως ενός οργανωμένου συστήματος με κοινωνικοοικονομική διάσταση. Από τα μικρά τοπικά γήπεδα της επαρχίας έως αυτά τα υπερσύγχρονα γήπεδα μεγάλης κλίμακας στα μεγάλα αστικά κέντρα αποτελούν το βασικότερο στοιχείο της αστικής ανάπτυξης και της οικονομικής κατάστασης (Preuss, 2004).

1.2.1. Η Κοινωνική διάσταση της ανάπτυξης αθλητικών υποδομών.

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις δημιουργούν χώρους δημόσιας ζωής, συμμετοχής αλλά και κοινωνικής ανταλλαγής. Λειτουργούν ως χώροι οι οποίοι προωθούν στον αθλούμενο την υγεία και την φυσική δραστηριότητα του, μέσω αθλητικών και εκπαιδευτικών προγραμμάτων ενισχύουν την νεολαία στην συμμετοχή τους σε αυτά, δημιουργούν την απαραίτητη προσβασιμότητα σε άτομα με ειδικές ανάγκες αλλά προφέρει προς όλους την συνάντηση με τον συνάνθρωπο τους και την συλλογική εμπειρία της άθλησης (Chen & Liu, 2020).

Η ύπαρξη όλων αυτών των κατάλληλων αθλητικών εγκαταστάσεων βελτιώνει την εικόνα και την ποιότητα μιας πόλης αλλά ταυτόχρονα ενισχύει το αίσθημα ασφάλειας, ενθαρρύνει την κοινωνική συμμετοχή με αποτέλεσμα να συμβάλει στην σημαντική πρόληψη όλων αυτών των κοινωνικών προβλημάτων όπως είναι η παραβατικότητα και ο αποκλεισμός (Spraaij, 2009).

1.2.2. Η Οικονομική διάσταση των αθλητικών εγκαταστάσεων.

Σήμερα ένας από τους σημαντικότερους κλάδους της παγκόσμιας οικονομίας είναι ο αθλητισμός. Οι αθλητικές εγκαταστάσεις παράγουν μια πολύ μεγάλη και σημαντική οικονομική δραστηριότητα από την κατασκευή τους όσο και από την λειτουργία τους. Δημιουργούνται θέσεις εργασίες όλες τις εποχές του χρόνου, πραγματοποιείται αύξηση του τουρισμού και των επισκέψεων στον χώρο των αθλητικών εγκαταστάσεων και της γύρω περιοχής σε περίπτωση ενός μεγάλου και σημαντικού αθλητικού γεγονότος, σημαντικά έσοδα από εισιτήρια αγώνων, χορηγιών ή ακόμα και από τηλεοπτικά δικαιώματα μετάδοσης των αγώνων, σημαντική εμπορική ανάπτυξη γύρω από την περιοχή των αθλητικών εγκαταστάσεων (όπως πχ καταστήματα μαζικής εστίασης ή εμπορικά) αλλά

επίσης και την αναβάθμιση των υποβαθμισμένων περιοχών μετά από των αστικών αναπλάσεων. Πολλές χώρες αξιοποίησαν την κατασκευή νέων αθλητικών εγκαταστάσεων ως μοχλό αστικής αναγέννησης για την διεξαγωγή μεγάλων αθλητικών γεγονότων (όπως π.χ. Ολυμπιακοί αγώνες κ.α.) όπου όλες αυτές οι νέες αθλητικές εγκαταστάσεις δημιούργησαν σημαντική ενίσχυση της επιχειρηματικότητας και της κατοικίας στις γύρω περιοχές από αυτές (Baade & Matheson, 2004).

1.2.3. Το ζήτημα της βιωσιμότητας και των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων όμως δεν έχει μόνο θετικά στοιχεία αλλά έχει και αρκετά αρνητικά διότι μια ανάπτυξη συνοδεύεται από αυξημένες περιβαλλοντικές απαιτήσεις λόγω τις υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για την χρήση αυτών, ανάγκης στην χρησιμοποίηση εξειδικευμένων υλικών για την συντήρηση και όχι μόνο, χρήση νερού για πότισμα εγκαταστάσεων κ.α., δημιουργία αποβλήτων από την χρήση καθώς και υψηλών αναγκών στην συντήρηση αυτών. Ως συμπέρασμα των παραπάνω είναι η αναγκαιότητα στην μεταστροφή προς βιώσιμες λύσεις. Στην σύγχρονη εποχή υπάρχουν ποια πολλές πρακτικές όπου με την χρησιμοποίηση αυτών θα μπορέσουν να δώσουν μεγάλη μείωση στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Κάποιες από αυτές τις σύγχρονες πρακτικές θα μπορούσαν να είναι η εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων φωτισμού, η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.), την εγκατάσταση συστημάτων για την εξοικονόμηση νερού, η χρησιμοποίηση υλικών με προφίλ χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος αλλά και την χρησιμοποίηση όλων αυτών στον στρατηγικών για την βιώσιμη διαχείριση και πιστοποίηση αυτών. Στην σύγχρονη εποχή δεν πρέπει να γίνεται συζήτηση ανάπτυξη εγκαταστάσεων αθλητικών ή μη χωρίς να υπάρχει μια ολοκληρωμένη μελέτη με την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών κριτηρίων (Collins etc, 2009).

1.3. Μεγάλα Αθλητικά Γεγονότα.

Τα μεγάλα αθλητικά γεγονότα αποτελούν την κορύφωση της αθλητικής δραστηριότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι ολυμπιακοί αγώνες, τα παγκόσμια κύπελλα, τα ευρωπαϊκά πρωταθλήματα καθώς και οι μεγάλοι διεθνείς αγώνες συνδέονται άμεσα με τεράστιες κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Collins etc, 2009).

1.3.1. Η Κοινωνική Επίδραση των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων

Τα μεγάλα αθλητικά γεγονότα έχουν την ικανότητα να ενώσουν κοινωνίες όλων των ειδών, να ενισχύσουν την εθνική υπερηφάνεια αλλά και να προβάλουν τον πολιτισμό μια χώρας και όχι μόνο διεθνώς. Όλα αυτά τα γεγονότα δίνουν ευκαιρίες σε ανταλλαγή πολιτισμού, στην ενίσχυση της ειρήνης και τις συνεργασίας των λαών για καλύτερο αποτέλεσμα, δράσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα αλλά και την προώθηση κοινωνικών μηνυμάτων όπως είναι η ισότητα των φύλων, τα δικαιώματα των ΑΜΕΑ και την περιβαλλοντική προστασία. Η διεθνής προβολή όλων αυτών των μεγάλων αθλητικών γεγονότων συμβάλει στην ενδυνάμωση της σύγχρονης κοινωνίας με την προώθηση μόνο θετικών προτύπων (Houlihan & Green, 2008).

1.3.2. Οι οικονομικές επιπτώσεις των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων

Η διοργάνωση μεγάλων αθλητικών γεγονότων μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη στην περιοχή που θα πραγματοποιηθούν, όπως είναι η αύξηση του τουρισμού για παρακολούθηση των γεγονότων, η ενίσχυση των επενδύσεων στην γύρω περιοχή της εγκατάστασης για την ανάπτυξη των τοπικών επιχειρήσεων, οι νέες θέσεις εργασίας αλλά και την προβολή της χώρας διεθνώς κάποια από αυτά τα οφέλη. Παράλληλα με τα παραπάνω η κατασκευή όλων αυτών των υποδομών (στάδια, δρόμοι, συγκοινωνίες, τουριστικές εγκαταστάσεις κ.α.) που απαιτούνται για την διοργάνωση αυτών των Αθλητικών Γεγονότων μπορεί να συμβάλουν στην ευρύτερη αστική και οικονομική ανάπτυξη. Όμως σε πολλές περιπτώσεις το οικονομικό μέγεθος είναι μεγαλύτερο από το προσδοκώμενο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οικονομικά βάρη στις χώρες με αποτέλεσμα οι εγκαταστάσεις να μην αξιοποιούνται μετά και το τέλος των διοργανώσεων λόγω τους μεγάλου κόστους συντήρησης και μη επαρκών διαθέσιμων προϋπολογισμών για αυτά (Preuss, 2004).

1.3.3. Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα των Μεγάλων Αθλητικών Γεγονότων

Η διοργάνωση μεγάλων αθλητικών γεγονότων επιφέρουν μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις περιοχές που γίνονται. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν οι πιο σημαντικές όπως είναι η μετακίνηση των θεατών και των αθλητών από & προς τις αθλητικές εγκαταστάσεις, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και νερού, η αυξημένη παραγωγή αποβλήτων, η κατασκευαστικές δραστηριότητες μεγάλης κλίμακας με την απουσία μελετών με περιβαλλοντικά κριτήρια αλλά και η διαμόρφωση ή και την καταστροφή φυσικών τοπίων για την κατασκευή αθλητικών εγκαταστάσεων (Collins etc, 2009).

Η διεθνής αθλητική κοινότητα στην σημερινή εποχή και με την καθοδήγηση και τις οδηγίες των διεθνών οργανισμών (όπως π.χ. FIFA, UEFA κ.α.) γίνεται η υιοθέτηση και η δέσμευση κάποιων πολιτικών βιωσιμότητας με αποκλειστικό στόχο την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος όλων αυτών των διοργανώσεων. Κάποιες από τις πρακτικές οι οποίες περιλαμβάνονται στις οδηγίες είναι η κατασκευή πράσινων υποδομών με υλικά αποδεκτά περιβαλλοντικά, την ενεργειακή αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις βιώσιμες μεταφορές θεατών και αθλητών, εγκατάσταση συστημάτων ανακύκλωσης και διαχείρισης αποβλήτων αλλά και το περιορισμό εκπομπών CO₂ (McCullough, Orr & Kellison, 2020).

1.4. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 1^ο κεφάλαιο της Δ.Ε. αναλύεται η κοινωνική και οικονομική διάσταση του αθλητισμού, ο οποίος προσεγγίζεται ως ένα πολυδιάστατο παγκόσμιο φαινόμενο. Αναδεικνύεται ο ρόλος του στην κοινωνική συνοχή, την άρση των ανισοτήτων, αλλά και ως πολιτισμικό προϊόν και μέσο διπλωματικής επιρροής.

Παράλληλα, εξετάζεται η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων και των μεγάλων αθλητικών γεγονότων ως μοχλός οικονομικής και αστικής ανάπτυξης, τονίζοντας ωστόσο ότι αυτή η εξέλιξη γεννά τεράστιες περιβαλλοντικές προκλήσεις, καθιστώντας επιτακτική τη μετάβαση σε βιώσιμες πρακτικές.

2. Σκοπός της Δ.Ε. και τα Ερευνητικά Ερωτήματα.

2.1. Ο Σκοπός της Δ.Ε.

Ο κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ανοιχτών αθλητικών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας και η αξιολόγηση των βέλτιστων πρακτικών για την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους αναβάθμιση. Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία και τα σύγχρονα πρότυπα βιωσιμότητας (όπως το ISO 14001, ISO 14040 και τις οδηγίες της UEFA - FIFA), η μελέτη στοχεύει στην ανάδειξη των παραγόντων που επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον, εστιάζοντας στην ενεργειακή κατανάλωση, τη διαχείριση των υδάτων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Για την πρακτική εφαρμογή του θεωρητικού πλαισίου, η εργασία στοχεύει στην αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στον Δήμο Ρόδου. Απώτερος στόχος είναι η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου, κοστολογημένου σχεδίου παρεμβάσεων (με έμφαση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας), το οποίο θα αποδεικνύει την οικονομοτεχνική βιωσιμότητα της μετάβασης σε αθλητικές υποδομές χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών, ειδικά σε μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά δίκτυα.

2.2. Τα Ερευνητικά Ερωτήματα

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, η παρούσα έρευνα δομείται γύρω από τα ακόλουθα κεντρικά ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι κύριες πηγές περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (εκπομπές CO₂, κατανάλωση πόρων) κατά τη λειτουργία των σύγχρονων αθλητικών εγκαταστάσεων;
2. Πώς τα ιδιαίτερα τοπικά χαρακτηριστικά της Ρόδου (παράκτιο μέτωπο, υψηλή ηλιοφάνεια, λειψυδρία, ενεργειακό μείγμα τοπικών θερμικών σταθμών παραγωγής) επηρεάζουν και διαμορφώνουν το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα»;
3. Ποιες σύγχρονες «πράσινες» τεχνολογίες και παρεμβάσεις περιβαλλοντικού σχεδιασμού κρίνονται ως οι πλέον κατάλληλες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών άνθρακα στη συγκεκριμένη εγκατάσταση;

4. Είναι οικονομοτεχνικά βιώσιμη για την Τοπική Αυτοδιοίκηση η επένδυση σε συστήματα ΑΠΕ (όπως τα Φωτοβολταϊκά στέγαστρα) και ποιος είναι ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου σε συνάρτηση με το περιβαλλοντικό όφελος;

2.3. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 5^ο κεφάλαιο της Δ.Ε διατυπώνονται ο κεντρικός σκοπός της διπλωματικής, που είναι η αξιολόγηση των βέλτιστων πρακτικών περιβαλλοντικής αναβάθμισης και τα ερευνητικά ερωτήματα.

Τα ερωτήματα εστιάζουν στις πηγές ρύπανσης, την επιρροή των τοπικών χαρακτηριστικών της Ρόδου, τις κατάλληλες πράσινες τεχνολογίες και την οικονομοτεχνική βιωσιμότητα των επενδύσεων σε ΑΠΕ.

3. Μεθοδολογία της Έρευνας και Παρουσίαση Πεδίου Μελέτης.

3.1. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Για την απάντηση των παραπάνω ερευνητικών ερωτημάτων ακολουθείτε η μέθοδος της Μελέτης Περίπτωσης (Case Study), η οποία μας επιτρέπει την εις βάθος εξέταση ενός φαινομένου στο πραγματικό του πλαίσιο.

Η ερευνητική διαδικασία χωρίζεται σε τρία διακριτά στάδια:

Στο πρώτο στάδιο το οποίο αφορά αποκλειστικά την εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, μέσω της οποίας προσδιορίστηκε το θεωρητικό πλαίσιο της βιώσιμης αθλητικής ανάπτυξης, τα διεθνή πρότυπα και οι σύγχρονες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείτε η παρατήρηση, καταγραφή και ποιοτική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του πεδίου μελέτης, συσχετίζοντας τη λειτουργία του κέντρου με τα γεωγραφικά, κλιματικά και ενεργειακά δεδομένα της περιοχής (Κλιματική Ζώνη Α, Μη Διασυνδεδεμένο Δίκτυο).

Και στο τρίτο στάδιο βασίζετε στην ποσοτική οικονομοτεχνική ανάλυση. Εφαρμόστηκαν μαθηματικοί τύποι για τον υπολογισμό του Απλού Χρόνου Απόσβεσης (Simple Payback Period - SPP) και την εκτίμηση των αποφευγόμενων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂, κάνοντας χρήση του ειδικού συντελεστή εκπομπών του δικτύου της Ρόδου (0,68 kg CO₂/kWh) προκειμένου να ελεγχθεί η αποδοτικότητα του προτεινόμενου σεναρίου παρεμβάσεων (εγκατάσταση συστήματος 100 kWp).

3.2. Παρουσίαση του Πεδίου Μελέτης (Α.Κ. Καλλιπάτειρα)

Ως πεδίο για την εφαρμογή της μελέτης περίπτωσης επιλέχθηκε το Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτειρα", το οποίο χωροθετείται στην περιοχή Καρακόνερο της πόλεως Ρόδου. Αποτελεί τη μεγαλύτερη ανοιχτή αθλητική υποδομή του Δήμου Ρόδου και το βασικότερο αθλητικό συγκρότημα του νησιού. Το κέντρο έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί ταυτόχρονα τις ανάγκες του μαζικού αθλητισμού των πολιτών και τη φιλοξενία επίσημων, οργανωμένων αγώνων, καταλαμβάνοντας μια ευρεία, επίπεδη έκταση στο ανατολικό παράκτιο μέτωπο της πόλης.

Η καθημερινή και εντατική χρήση της εγκατάστασης από πληθώρα αθλητικών συλλόγων, σχολεία και πολίτες, καθιστά τις λειτουργικές της ανάγκες ιδιαίτερα αυξημένες. Συνοπτικά, το αθλητικό συγκρότημα απαρτίζεται από τις εξής βασικές εγκαταστάσεις:

- Κεντρικό γήπεδο στίβου 400μ. με οκτώ (8) διαδρομές, ελαστικό τάπητα (ταρτάν) και πλήρη εξοπλισμό.
- Σκεπαστή εξέδρα χωρητικότητας περίπου 2.000 θέσεων.
- Γήπεδο ποδοσφαίρου με φυσικό χλοοτάπητα (συνολικού εμβαδού περίπου 7.000 τ.μ.).
- Πολλαπλά ανοιχτά γήπεδα καλαθοσφαίρισης (μπάσκετ), πετοσφαίρισης (βόλεϊ) και αντισφαίρισης (τένις) με σκληρή επιφάνεια.
- Γήπεδα Beach Volley και ποδοσφαίρου 5x5.
- Κλειστή αίθουσα στίβου και πυγμαχίας, καθώς και αίθουσα judo με προπονητήριο τοξοβολίας.
- Βοηθητικές κτιριακές υποδομές που περιλαμβάνουν αποδυτήρια, χώρους υγιεινής, αίθουσες ενδυνάμωσης, γραφεία διοίκησης (reception/κυλικείο), καθώς και εκτεταμένους υπαίθριους χώρους στάθμευσης.

Η συγκέντρωση αυτών των πολλαπλών δραστηριοτήτων συνεπάγεται μια διαρκή και ενεργοβόρα λειτουργία, θέτοντας το Α.Κ. «Καλλιπάτειρα» ως το ιδανικό πεδίο ελέγχου για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και τη δοκιμή πρακτικών περιβαλλοντικού σχεδιασμού.

3.3. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 6^ο κεφάλαιο της Δ.Ε καταγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας, η οποία βασίζεται στη Μελέτη Περίπτωσης και χωρίζεται σε τρία στάδια: βιβλιογραφική ανασκόπηση, ποιοτική αξιολόγηση πεδίου και ποσοτική οικονομοτεχνική ανάλυση (υπολογισμός SPP και αποφευγόντων εκπομπών).

Στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγική παρουσίαση του πεδίου μελέτης, δηλαδή του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα», με καταγραφή των υποδομών του.

4. Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα του αθλητισμού και οι Βασικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του αθλητισμού αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα στην εποχή μας με υψηλή σημασία καθώς η ανάπτυξη όλων των αθλητικών δραστηριοτήτων και η δημιουργία μεγάλων αθλητικών διοργανώσεων συνοδεύονται από σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις. Παρότι ο αθλητισμός συνδέεται άμεσα με την υγεία, την ευεξία και τις ποιότητες ζωής των ανθρώπων η λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με την διοργάνωση αθλητικών γεγονότων (μικρής ή μεγάλης σημασίας) και την μετακίνηση των αθλητών και των φιλάθλων συνεισφέρουν σε μεγάλη κατανάλωση ενέργειας άρα σε μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κατανάλωση φυσικών πόρων (ύδατος κ.α.), παραγωγή μεγάλων όγκων αποβλήτων και υποβάθμιση των τοπικών οικοσυστημάτων των εκάστοτε πόλεων. Μεγάλες αθλητικές διοργανώσεις (όπως οι Ολυμπιακοί Αγώνες, τα Παγκόσμια Κύπελλα, οι Διεθνείς Μαραθώνιοι κ.α.) χαρακτηρίζονται από υψηλές απαιτήσεις σε υποδομές και υπηρεσίες. Για μια μεγάλη διοργάνωση θα απαιτηθεί η κατασκευή ή η αναβάθμιση σταδίων, η λειτουργία φωτισμού ή κλιματισμού για θέρμανση ή για ψύξη, η χρήση μεγάλης ποσότητας νερού για την συντήρηση των αγωνιστικών χώρων καθώς και η μεγάλη παραγωγή απορριμμάτων αποτελούν τις βασικές πηγές του περιβαλλοντικού κόστους. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με τις μεταφορές των αθλητών που απαιτούνται για την συμμετοχή τους στις διοργανώσεις αποτελούν την βασικότερη πηγή περιβαλλοντικού κόστους με την αυξημένη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που αυτή επέρχεται λόγω της χρήσης των αεροπλάνων κ.τ.λ αλλά και της αυξημένης κυκλοφορίας μέσα στις πόλεις που φιλοξενούν αυτές τις διοργανώσεις. Ο Αθλητισμός μπορεί να λειτουργήσει ως μια πλατφόρμα προώθησης βιώσιμων πρακτικών λόγω της ευρείας κοινωνικής απήχησης αυτού, ενισχύοντας προς όλους την οικολογική συνείδηση και επηρεάζοντας θετικά την στάση του καθένα αλλά και της συμπεριφοράς του. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό είναι απαραίτητη ώστε να γίνουν κατανοητές οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στην συνέχεια να διαμορφωθούν όλες οι απαιτούμενες στρατηγικές για την βιώσιμη ανάπτυξη στον χώρο του αθλητισμού. (Wackernagel & Rees, 1996) (Collins etc, 2009) (Coakley, 2017).

4.1. Ο ορισμός του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος, ποιος είναι ο ρόλος του και ποια είναι η πρόκληση αυτού στην σύγχρονη εποχή.

4.1.1. Εισαγωγή στην έννοια του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Ο όρος «περιβαλλοντικό αποτύπωμα» (Environmental Footprint) αναφέρεται στη συνολική επιβάρυνση που προκαλεί μια δραστηριότητα, ένας οργανισμός ή ένα προϊόν στο φυσικό περιβάλλον, μετρημένη σε όρους κατανάλωσης φυσικών πόρων και παραγωγής ρύπων (Wackernagel etc, 1996).

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα προσφέρει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο αξιολόγησης των οικολογικών επιπτώσεων και επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών δραστηριοτήτων ή επιλογών σε όρους βιωσιμότητας.

Η έννοια αυτή περιλαμβάνει διαφορετικές περιπτώσεις, όπως:

- Το Ανθρακικό αποτύπωμα (Carbon Footprint): Μετρά τις εκπομπές CO₂ και άλλων αερίων θερμοκηπίου που συνδέονται με μια δραστηριότητα.
- Το αποτύπωμα του Νερού (Water Footprint): Εκτιμά την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται ή επηρεάζεται για την δημιουργία μιας δραστηριότητας.
- Το Ενεργειακό αποτύπωμα (Energy Footprint): Αξιολογεί τη συνολική κατανάλωση ενέργειας που χρειάζεται για την δραστηριότητα στο σύνολο της, τόσο από ανανεώσιμες όσο και από μη ανανεώσιμες πηγές.
- Το Οικολογικό αποτύπωμα (Ecological Footprint): Περιλαμβάνει την κατανάλωση γης, βιοποικιλότητας και φυσικών πόρων για την υποστήριξη μιας δραστηριότητας.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα παρέχει συνεπώς ένα πολυδιάστατο εργαλείο αξιολόγησης, που συνδέει την οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα με τις οικολογικές συνέπειες (Wackernagel etc, 1996).

4.1.2. Ο Ρόλος του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος στον Αθλητισμό.

Μια αθλητική δραστηριότητα και οι εγκαταστάσεις αυτής έχουν σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, λόγω των πολλαπλών αλληλεπιδράσεων με το φυσικό περιβάλλον.

Οι βασικοί παράγοντες που την περιλαμβάνουν είναι:

1. Η Κατανάλωση ενέργειας:

Στα στάδια, τα κλειστά γυμναστήρια και τα αθλητικά κέντρα, η θέρμανση, ο φωτισμός, ο εξαερισμός και γενικά οι ηλεκτρονικές υποδομές απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία τους. Για παράδειγμα, ένα σύγχρονο

- ποδοσφαιρικό στάδιο μπορεί να καταναλώνει ετησίως ενέργεια ίση με εκατοντάδες μέσες κατοικίες (Collins etc, 2009).
2. Η Κατανάλωση νερού:
Οι εγκαταστάσεις των γηπέδων, οι πισίνες, τα ποδοσφαιρικά γήπεδα με φυσικό χλοοτάπητα απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για την συντήρησή τους.
 3. Τα Απόβλητα και τα ανακυκλώσιμα υλικά:
Οι αθλητικές εκδηλώσεις (πάσης φύσεως) παράγουν μεγάλες ποσότητες στερεών και υγρών αποβλήτων, τα οποία αν δεν διαχειριστούν σωστά, προκαλούν γενική ρύπανση εδάφους και υδάτων.
 4. Οι Μεταφορές και η κινητικότητα:
Τα μεγάλα αθλητικά γεγονότα προκαλούν τεράστιες μετακινήσεις θεατών, αθλητών και προσωπικού, αυξάνοντας τις εκπομπές CO₂. Το αποτύπωμα των μεταφορών συχνά αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών σε ένα γεγονός (United Nations Climate Change, 2019).
 5. Τα Κατασκευαστικά υλικά και υποδομές:
Οι εγκαταστάσεις απαιτούν τεράστιες ποσότητες τσιμέντου, μετάλλου, πλαστικών και άλλων υλικών, τα οποία έχουν υψηλό ενεργειακό και οικολογικό κόστος.
Ο κύκλος ζωής των εγκαταστάσεων και των υλικών από τα οποία περιλαμβάνονται, από την κατασκευή τους μέχρι τη συντήρησή τους αλλά και την κατεδάφιση τους επηρεάζει το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η αναγνώριση και η μέτρηση όλων αυτών των παραγόντων επιτρέπει στις αθλητικές ομοσπονδίες, τις πόλεις και τους μελετητές – κατασκευαστές αυτών των εγκαταστάσεων να εφαρμόσουν στρατηγικές μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Collins etc, 2009), (United Nations Climate Change, 2019), (Mallen & Chard, 2012).

4.1.3. Οι προκλήσεις του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην σύγχρονη εποχή.

Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από έντονες κοινωνικές, τεχνολογικές και οικονομικές απαιτήσεις, οι οποίες δημιουργούν πολλαπλές προκλήσεις για τη βιώσιμη διαχείριση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό.

Κάποιες από τις απαιτήσεις αυτές είναι οι παρακάτω:

- Η Αυξανόμενη ζήτηση για μεγάλες εγκαταστάσεις: Η πίεση για σύγχρονα και πολυλειτουργικά στάδια αυξάνει τη χρήση φυσικών πόρων και ενέργειας, αλλά και την παραγωγή αποβλήτων.

- Τα Μεγάλα αθλητικά γεγονότα: Οι διεθνείς διοργανώσεις προκαλούν υψηλές εκπομπές CO₂, κατανάλωση νερού και ενέργειας, καθώς και σημαντική τροποποίηση του τοπίου (Collins etc, 2009).
- Η Κλιματική αλλαγή: Η αυξανόμενη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων απαιτεί μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα των εγκαταστάσεων και αυξημένη ανθεκτικότητα των υποδομών (Collins etc, 2009).
- Η Κοινωνική ευαισθητοποίηση και πίεση για βιωσιμότητα: Το κοινό και οι διεθνείς οργανισμοί απαιτούν πλέον περιβαλλοντικά υπεύθυνες πολιτικές, αναγκάζοντας τις εγκαταστάσεις να προσαρμοστούν σε αυστηρά πρότυπα (ISO14040, 2006) (ISO 14001, 2015) (FIFA, 2022) (UEFA, 2021).
- Η Σύνθετη διαχείριση πόρων: Η ολοκληρωμένη εκτίμηση του αποτυπώματος απαιτεί συλλογή δεδομένων από πολλαπλές πηγές, από την ενέργεια, το νερό, τα απορρίμματα, τις μεταφορές, τα υλικά. Γεγονός που καθιστά τη μέτρηση και την παρακολούθηση ιδιαίτερα απαιτητική λόγω των ιδιοτήτων αυτών και των δυσκολιών που υπάρχουν (ISO14040, 2006) (ISO 14001, 2015) (FIFA, 2022) (UEFA, 2021).

4.1.4. Η Σημασία της έννοιας για την αθλητική διαχείριση.

Η κατανόηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για τη βιώσιμη ανάπτυξη του αθλητισμού. Κάποιες εφαρμογές για την περιβαλλοντική διαχείριση περιλαμβάνουν:

- Την δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας και του νερού, με μοναδικό στόχο την μείωση των εκπομπών και της κατανάλωσης αυτών.
- Τον σχεδιασμό πράσινων εγκαταστάσεων, με την χρήση ανακυκλώσιμων και χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος υλικών.
- Η Δημιουργία προγραμμάτων ευαισθητοποίησης θεατών και προσωπικού, για την μείωση αποβλήτων και προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών.
- Δημιουργία στρατηγικής μείωσης εκπομπών από μεταφορές, μέσω ενθάρρυνσης δημόσιων μέσων μεταφοράς ή ποδηλάτου.

Μια ολοκληρωμένη εκτίμηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος επιτρέπει τον σχεδιασμό βιώσιμων πολιτικών, που εξισορροπούν την κοινωνική και οικονομική αξία του αθλητισμού με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις (Dingle, 2020) (United Nations Climate Change, 2019).

4.2. Η ενεργειακή κατανάλωση στον αθλητισμό.

4.2.1. Εισαγωγή.

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό είναι η ενεργειακή κατανάλωση. Η λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων, η διεξαγωγή των μεγάλων αθλητικών γεγονότων και η υποστήριξη των αθλητικών δραστηριοτήτων απαιτούν σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για την σωστή λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων με αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (Collins etc, 2009).

Η ενέργεια χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς κατά την χρήση των αθλητικών εγκαταστάσεων όπως στον φωτισμό, στον κλιματισμό για θέρμανση ή για ψύξη, στην λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων, στην λειτουργία μηχανολογικών εγκαταστάσεων αλλά και των υποδομών μεταφορών. Η σημασία της κατανάλωσης ενέργειας στον αθλητισμό δεν περιορίζεται μόνο στην ποσότητα αυτής, αλλά αφορά και την προέλευση της ενέργειας, δηλαδή με ποιον τρόπο αυτή δημιουργείται, η χρήση ορυκτών καυσίμων για την δημιουργία ενέργειας αυξάνει το ανθρακικό αποτύπωμα και ενισχύει τις εκπομπές CO₂, ενώ η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνει σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκάστοτε περιοχής (Mallen etc, 2012).

4.2.2. Κατανάλωση Ενέργειας στις αθλητικές εγκαταστάσεις.

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τις ενεργειακές απαιτήσεις που έχει η κάθε μια, παίζει ιδιαίτερο λόγο το μέγεθος της εγκατάστασης, ο τύπος αυτής αλλά και η χρήση που γίνεται σε αυτήν.

Κάποια παραδείγματα είναι τα εξής:

➤ Τα Γήπεδα ποδοσφαίρου:

Τα μεγάλα γήπεδα απαιτούν φωτισμό υψηλής έντασης για αγώνες και διάφορες άλλες εκδηλώσεις, συστήματα θέρμανσης ή ψύξης αντίστοιχα, καθώς και ηλεκτρονικές υποδομές (οθόνες, υποσυστήματα, κ.λπ.).

Ένα σύγχρονο στάδιο μπορεί να καταναλώνει ετησίως ενέργεια από 5 έως 20GWh, ανάλογα με τη χωρητικότητα και τις εγκαταστάσεις (Mallen etc, 2012).

➤ Οι Ολυμπιακές εγκαταστάσεις:

Οι Ολυμπιακοί Αγώνες απαιτούν την κατασκευή πολυάριθμων εγκαταστάσεων όπως στάδια, κλειστά γυμναστήρια, πισίνες, εγκαταστάσεις προπόνησης και χώρους

υποδοχής. Η ενεργειακή κατανάλωση αυτών των εγκαταστάσεων είναι τεράστια. Για παράδειγμα, οι Ολυμπιακοί Αγώνες του Λονδίνου (2012) απαιτούσαν συνολική ενέργεια 1,5TWh για την κατασκευή και λειτουργία των υποδομών, πριν την εφαρμογή στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας (United Nations Climate Change, 2019).

➤ Οι Πισίνες και οι υδάτινες εγκαταστάσεις:

Η θέρμανση του νερού και η κυκλοφορία του απαιτούν υψηλή ενέργεια, ενώ η χρήση φωτισμού και εξαερισμού αυξάνει τις ανάγκες.

Σύγχρονες τεχνολογίες, όπως αντλίες θερμότητας και ηλιακή θέρμανση, μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση (United Nations Climate Change, 2019).

4.2.3. Πηγές Ενέργειας και αποτύπωμα CO₂.

Η προέλευση της ενέργειας έχει καθοριστική σημασία για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Αυτή μπορεί να προέρχεται από τις κάτωθι κατηγορίες:

- Από τα Ορυκτά καύσιμα: Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα ή φυσικό αέριο αυξάνει τις εκπομπές CO₂.
- Από τις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.): Όπως Ηλιακή, αιολική ή υδροηλεκτρική ενέργεια μειώνει τις εκπομπές και μπορεί να μετατρέψει την εγκατάσταση σε «πράσινο» πρότυπο.
- Με συνδυαστικά συστήματα, δηλαδή την χρήση ορυκτών καυσίμων και Α.Π.Ε: Πολλές εγκαταστάσεις εφαρμόζουν υβριδικά συστήματα, με στόχο τη μείωση του ενεργειακού κόστους και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Για παράδειγμα το Ολυμπιακό Στάδιο του Λονδίνου χρησιμοποιεί ηλιακούς συλλέκτες για τη μείωση των εκπομπών κατά 20% σε σύγκριση με ένα στάδιο παρόμοιου μεγέθους (International Olympic Committee, 2020).

4.2.4. Στρατηγικές Μείωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης.

Οι στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος εντός των αθλητικών εγκαταστάσεων περιλαμβάνουν τους εξής τομείς:

- Τον τομέα της Ενεργειακής αποδοτικότητας με τις εξής στρατηγικές:
 - Την Χρήση LED φωτισμού αντί για τα συμβατικά φωτιστικά.
 - Την εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων ελέγχου φωτισμού και θερμοκρασίας.

- ο Την μείωση ενεργειακής κατανάλωσης κατά τη διάρκεια εκτός ωραρίου λειτουργίας.
- Τον τομέα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) με τις εξής στρατηγικές:
 - ο Την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ανεμογεννητριών.
 - ο Την χρήση γεωθερμίας για θέρμανση και ψύξη.
- Τον σωστό σχεδιασμό των υποδομών με τις εξής στρατηγικές:
 - ο Η δημιουργία Βιοκλιματικού σχεδιασμού των εγκαταστάσεων ώστε να επιτυγχάνεται ο φυσικός φωτισμός και ο εξαερισμός των εγκαταστάσεων για να αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας.
 - ο Η χρήση θερμομονωτικών υλικών για την μείωση θερμικών απωλειών.
- Η σωστή Διαχείριση και παρακολούθηση των εγκαταστάσεων με τις εξής στρατηγικές:
 - ο Εγκατάσταση συστημάτων «έξυπνης» διαχείρισης ενέργειας για συνεχή παρακολούθηση και αναφορά.
 - ο Η σωστή εκπαίδευση προσωπικού και αθλητών (μέσω ημερίδων κ.α.) για περιορισμό της σπατάλης ενέργειας.

Η ενσωμάτωση όλων αυτών των παραπάνω στρατηγικών οδηγεί σε σημαντική μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος, συμβάλλοντας στη βιώσιμη λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων (Collins etc, 2009).

4.2.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Ενεργειακής Κατανάλωσης.

- Στους Ολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου το 2012 πραγματοποιήθηκαν οι εξής στρατηγικές:
 - ο Η χρήση φωτοβολταϊκών συλλεκτών για την παραγωγή ενέργειας, την εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων για την ανακύκλωση νερού και την διαχείριση ενέργειας.
 - ο Πραγματοποίηση Μείωσης παραγωγής CO₂ κατά 20 – 25% σε σχέση με τις εκτιμήσεις για παρόμοιες εγκαταστάσεις (International Olympic Committee, 2020).
- Στάδιο Mercedes-Benz Arena, Στουτγάρδη:
 - ο Εγκατάσταση και Χρήση αντλιών θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης.

- Εγκατάσταση φωτισμού τύπου LED καθώς και συστημάτων αυτοματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.
- Πραγματοποιήθηκε μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 30% και μείωση εκπομπών CO₂ κατά 15% ετησίως (UEFA, 2021).
- Πισίνες «London Aquatics Centre»:
 - Εγκατάσταση και Εφαρμογή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και συστημάτων ανακύκλωσης νερού.
 - Πραγματοποιήθηκε εξοικονόμηση 40% στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση νερού (United Nations Climate Change, 2019).

4.3. Η διαχείριση υδάτων και των υδάτινων πόρων στον αθλητισμό.

4.3.1. Εισαγωγή.

Η διαχείριση υδάτων αποτελεί ένα κρίσιμο παράγοντα για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του αθλητισμού. Οι αθλητικές εγκαταστάσεις, από τα στάδια και τα γήπεδα ποδοσφαίρου μέχρι τις πισίνες και τα υδάτινα κέντρα, απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού για τα εξής:

- Την συντήρηση των γηπέδων και του χλοοτάπητα σε αυτά.
- Την πλήρωση των πισίνων.
- Την συντήρηση των υδάτινων εγκαταστάσεων.
- Την υγιεινή και την καθαριότητα των κοινοχρήστων χώρων.

Η αυξημένη ζήτηση του νερού, σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές και την περιορισμένη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων, καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης νερού (Mallen etc, 2012).

4.3.2. Κατανάλωση νερού στις αθλητικές Εγκαταστάσεις.

Η κατανάλωση νερού διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης:

- Για τα γήπεδα του ποδοσφαίρου και τους χλοοτάπητες:

Η άρδευση του φυσικού χλοοτάπητα αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή κατανάλωσης. Τα στάδια με χλοοτάπητα υψηλής ποιότητας απαιτούν έως 10.000–15.000 λίτρα νερού ανά ημέρα για την άρδευση αυτού. Η εγκατάσταση και η χρήση αυτόματων συστημάτων άρδευσης με αισθητήρες υγρασίας μειώνει τη σπατάλη νερού έως και 30% (Collins etc, 2009).

➤ Για τις Πισίνες και τα υδάτινα κέντρα:

Οι πισίνες απαιτούν αρκετές ποσότητες νερού για την πλήρωση τους καθώς και για την λειτουργία των συστημάτων καθαρισμού και φιλτραρίσματος.

Η κατανάλωση μπορεί να φτάσει σε εκατοντάδες χιλιάδες λίτρα ανά ημέρα σε μεγάλες εγκαταστάσεις, ενώ η χρήση ανακυκλωμένου νερού με την εγκατάσταση ειδικών συστημάτων καθαρισμού μειώνει σημαντικά την περιβαλλοντική επιβάρυνση (Collins etc, 2009).

➤ Για τα Γυμναστήρια και τους πολυχώρους άθλησης:

Απαιτούν νερό για ντους, τουαλέτες και καθαριότητα.

Η εγκατάσταση μπαταριών με αυτόματους αισθητήρες σε νιπτήρες και τουαλέτες, καθώς και χρήση χαμηλής ροής συσκευών προσφέρει την απαιτούμενη εξοικονόμηση νερού (Collins etc, 2009).

4.3.3. Προκλήσεις στην διαχείριση υδάτων.

Η διαχείριση των υδάτινων πόρων αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις όπως είναι οι παρακάτω (United Nations Climate Change, 2019):

➤ Η Αστική πίεση και η περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού:

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε αστικές περιοχές στις οποίες υπάρχει αυξημένη ζήτηση νερού για οικιακή και βιομηχανική χρήση.

➤ Η Κλιματική αλλαγή:

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες, επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των υδάτινων πόρων.

➤ Η Υψηλή κατανάλωση νερού για χλοοτάπητες και πισίνες:

Οι παραδοσιακές μέθοδοι άρδευσης και πλήρωσης πισίνων οδηγούν σε σπατάλη νερού και αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

➤ Τα Απόβλητα και μόλυνση:

Η χρήση χημικών για τη συντήρηση πισίνων και χλοοταπών μπορεί να μολύνει τα υπόγεια και επιφανειακά νερά.

4.3.4. Στρατηγικές Βιώσιμης διαχείρισης νερού.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω περιγραφόμενων προκλήσεων, εφαρμόζονται οι ακόλουθες στρατηγικές (Mallen etc, 2012):

➤ Η Συλλογή και χρήση βρόχινου νερού:

Χρήση δεξαμενών για άρδευση χλοοτάπητα και πλήρωση πισινών, αυτό επιφέρει την μείωση της κατανάλωσης νερού από κεντρικό δίκτυο έως και 50%.

- Η Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερού:
Χρήση ανακυκλωμένου νερού για καθαρισμό, άρδευση και λειτουργικές ανάγκες, με την εγκατάσταση συστημάτων φιλτραρίσματος και επαναχρησιμοποίησης μειώνουν την κατανάλωση και τη ρύπανση.
- Τα Αυτόματα συστήματα διαχείρισης νερού:
Εγκατάσταση αισθητήρων υγρασίας και προγράμματα άρδευσης προσαρμοσμένα στις καιρικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Εγκατάσταση αυτοματοποιημένων συστημάτων ελέγχου ντους και νιπτήρων σε γυμναστήρια.
- Η Επιλογή κατάλληλων φυτών και χλοοταπήςτων:
Χρήση ανθεκτικών στην ξηρασία ποικιλιών χλοοτάπητα, μειώνοντας την ανάγκη για άρδευση αλλά και για συντήρηση.
- Η Εκπαίδευση προσωπικού και αθλητών:
Εκπαίδευση μέσω ημερίδων για την ευαισθητοποίηση του περιορισμού της σπατάλης νερού και εφαρμογή «πράσινων» πρακτικών.

4.3.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Υδάτινων πόρων.

- Στους Ολυμπιακούς Αγώνες στο Ρίο το έτος 2016:
 - ο Έγινε η εγκατάσταση και η εφαρμογή συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού για την άρδευση των γηπέδων και την πλήρωση των πισινών.
 - ο Πραγματοποιήθηκε Μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 35% σε σύγκριση με εκτιμήσεις για παρόμοιες εγκαταστάσεις (International Olympic Committee, 2020).
- Στα Γήπεδα Ποδοσφαίρου στην Καλιφόρνια της ΗΠΑ:
 - ο Έγινε η εγκατάσταση και η χρήση αισθητήρων υγρασίας και συστημάτων άρδευσης μεγάλης ακρίβειας.
 - ο Πραγματοποιήθηκε Εξοικονόμηση νερού έως 40% και μειωμένη χρήση χημικών λιπασμάτων (International Olympic Committee, 2020).
- Στο London Aquatics Centre
 - ο Έγινε η εγκατάσταση συστημάτων για την ανακύκλωση του νερού των πισινών αλλά και επαναχρησιμοποίησης για ντους και καθαριότητας των χώρων.

- ο Πραγματοποιήθηκε Μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 50% σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα νερού (United Nations Climate Change, 2019).

4.4. Η παραγωγή και η διαχείριση αποβλήτων στον αθλητισμό.

4.4.1. Εισαγωγή.

Η παραγωγή των αποβλήτων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που συμβάλλουν στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αθλητικών εγκαταστάσεων και των αθλητικών γεγονότων.

Τα απόβλητα που παράγονται εντός των αθλητικών εγκαταστάσεων προέρχονται από τις παρακάτω διαδικασίες:

- Την κατασκευή και την συντήρηση των εγκαταστάσεων.
- Την καθημερινή λειτουργία των εγκαταστάσεων (φαγητό, αναψυκτικά, είδη καθαρισμού).
- Τις μετακινήσεις των θεατών, του προσωπικού και των αθλουμένων.
- Τις εκδηλώσεις και τους αγώνες υψηλής συμμετοχής.

Η ακατάλληλη διαχείριση αποβλήτων χωρίς των απαιτούμενο προγραμματισμό αλλά και την απαιτούμενη στρατηγική οδηγεί σε ρύπανση του εδάφους, των νερών και του αέρα. Ενώ η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών μέσα από σωστό προγραμματισμό μπορεί να μειώσει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να ενισχύσει την περιβαλλοντική υπευθυνότητα των φορέων (Collins etc, 2009).

4.4.2. Τύποι αποβλήτων στον αθλητισμό.

Οι τύπου των αποβλήτων που παράγονται κατά την λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες (Collins etc, 2009):

- Στα Στερεά απόβλητα:
 - ο Πλαστικά μπουκάλια, χαρτιά, συσκευασίες τροφίμων και διάφορων άλλων προϊόντων.
 - ο Κατασκευαστικά απόβλητα από ανακαινίσεις ή νέες εγκαταστάσεις (μπετόν, μέταλλα, πλαστικά).
- Στα Υγρά απόβλητα:
 - ο Νερά πισίνων, απορροή από γήπεδα και χλοοτάπητες, λύματα καθαρισμού.
 - ο Χρήση χημικών και απολυμαντικών αυξάνει τον κίνδυνο μόλυνσης.

➤ Στα Επικίνδυνα απόβλητα:

- ο Μπαταρίες, ηλεκτρονικός εξοπλισμός, λαμπτήρες, χημικά λιπάσματα ή καθαριστικά.
- ο Απαιτείται ειδική διαχείριση για τη μείωση περιβαλλοντικών και υγειονομικών κινδύνων.

4.4.3. Προκλήσεις στην διαχείριση αποβλήτων.

Η διαχείριση των αποβλήτων στις αθλητικές εγκαταστάσεις αντιμετωπίζει πάρα πολλές προκλήσεις. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε είναι οι εξής (United Nations Climate Change, 2019):

➤ Ο μεγάλος όγκος αποβλήτων σε μεγάλα γεγονότα:

- ο Στους ολυμπιακούς αγώνες ή στα παγκόσμια γεγονότα μέσα σε λίγες ημέρες παράγονται χιλιάδες τόνοι από απορρίμματα όπου η διαχείριση τους μέσα από συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι κρίσιμη για την μείωσή της ρύπανσης.

➤ Η ποικιλία αποβλήτων:

- ο Η παραγωγή αποβλήτων στερεών, υγρών ή επικίνδυνων απαιτεί διαφορετικές στρατηγικές για την συλλογή τους αλλά και την επεξεργασίας αυτών.

➤ Η έλλειψη ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης από τους πολίτες:

- ο Οι θεατές αλλά και οι αθλητές λόγω της μη σωστής ενημέρωσης δεν γνωρίζουν πως να διαχειριστούν τα σωστά απορρίμματα, αυξάνοντας έτσι τον όγκο αυτών με αποτέλεσμα την ρύπανση του χώρου.

➤ Οι αστικές πιέσεις και ο περιορισμός του χώρου:

- ο Σε αστικές περιοχές η συγκέντρωση και η αποθήκευση αποβλήτων είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα να απαιτείται σωστός σχεδιασμός με έξυπνες λύσεις.

4.4.4. Στρατηγικές Βιώσιμης Διαχείρισης αποβλήτων.

Για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στις αθλητικές εγκαταστάσεις εφαρμόζονται οι ακόλουθες στρατηγικές (Collins etc, 2009):

➤ Η Μείωση στην πηγή (Waste Reduction)

- ο Η αντικατάσταση των πλαστικών με βιοδιασπώμενα υλικά.
- ο Η μείωση των συσκευασιών σε τρόφιμα.

- Η Ανακύκλωση (Recycling)
 - Η εγκατάσταση συλλεκτών για την χωριστή συλλογή χαρτιού, πλαστικού, μετάλλων και χαρτιού.
 - Η συνεργασία με τους τοπικούς φορείς για ανακύκλωση.
- Η Επαναχρησιμοποίηση (Reuse)
 - Η χρήση επαναχρησιμοποιημένων ποτηριών, πιατικών και μπουκαλιών.
 - Η προώθηση προγραμμάτων ανταλλαγής εξοπλισμού και υλικών.
- Η Συστημική Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων
 - Η ειδική αποθήκευση και διάθεση ηλεκτρονικών αποβλήτων, μπαταριών και χημικών.
 - Η εφαρμογή πιστοποιημένων προτύπων (ISO 14001) για την ασφαλή διαχείριση.
- Η σωστή εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση
 - Προβολή προγραμμάτων για θεατές, αθλητές και προσωπικό για σωστή διαχείριση αποβλήτων.
 - Ενημέρωση μέσω σηματοδότησης και διανομής ενημερωτικών φυλλαδίων.

4.4.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης Αποβλήτων.

- Στους Ολυμπιακούς Αγώνες στο Λονδίνου το έτος 2012 (International Olympic Committee, 2020):
 - Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε πλήρες πρόγραμμα διαχείρισης αποβλήτων με στόχο 90% ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης.
 - Χρήση Βιοδιασπώμενων υλικών για τρόφιμα και αναψυκτικά.
- Στο Παγκόσμιο Κύπελλο στην Ρωσία το έτος 2018 (FIFA, 2022):
 - Εγκαταστάθηκαν συστήματα χωριστής συλλογής απορριμμάτων σε όλα τα γήπεδα και τις εγκαταστάσεις φιλοξενίας,
 - Πραγματοποιήθηκε Μείωση των στερεών αποβλήτων κατά τουλάχιστον 35% σε σύγκριση με προηγούμενες διοργανώσεις.
- Στο στάδιο Mercedes – Benz Arena στην Στουτγάρδη (UEFA, 2021):
 - Πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή συστημάτων ανακύκλωσης χαρτιού, πλαστικού και γυαλιού.
 - Πραγματοποιήθηκε εκπαίδευση προσωπικού και θεατών όπου οδήγησε σε μείωση αποβλήτων κατά 25% ετησίως.

4.5. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αθλητισμό.

4.5.1. Εισαγωγή.

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αποτελούν τον κύριο παράγοντα του ανθρακικού αποτυπώματος και κρίσιμο στοιχείο για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στον αθλητισμό. Η παραγωγή CO₂ συνδέεται άμεσα με:

- Με την κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.
- Τις μετακινήσεις θεατών, αθλητών και προσωπικού.
- Την χρήση υλικών κατασκευής με υψηλή ενεργειακή ένταση.
- Την παραγωγή και διαχείριση αποβλήτων

Η εκτίμηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό στρατηγικών μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, ιδιαίτερα σε μεγάλες αθλητικές εγκαταστάσεις αλλά και γεγονότα (Collins etc, 2009).

4.5.2. Πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αθλητισμό.

Οι πηγές που προκαλούν μεγάλη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά την λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες (Mallen etc, 2012) (United Nations Climate Change, 2019) (Dingle, 2020).

- Από την Ενέργεια των Εγκαταστάσεων:
 - Η ηλεκτρική ενέργεια ή και η θέρμανση που δημιουργείται από ορυκτά καύσιμα παράγουν μεγάλες και σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
 - Οι αθλητικές εγκαταστάσεις όπως τα στάδια, τα γυμναστήρια κ.α. έχουν ιδιαίτερα υψηλό ανθρακικό αποτύπωμα λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, θέρμανση και των λειτουργικών συστημάτων αυτών.
- Από την Μεταφορά και την Κινητικότητα:
 - Οι θεατές, οι αθλητές καθώς και το αθλητικό προσωπικό συνεισφέρουν στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα μέσω των ιδιωτικών αυτοκινήτων, των λεωφορείων, των τρένων και των αεροπορικών μετακινήσεων αυτών.
 - Σε μεγάλα αθλητικά γεγονότα, οι μεταφορές αντιπροσωπεύουν έως και το 70% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
 -

- Από την Κατασκευή των εγκαταστάσεων και τα υλικά που χρησιμοποιούνται:
 - Η παραγωγή των αδρανών υλικών (τσιμέντα κ.α.), των μετάλλων καθώς και των πλαστικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αθλητικών εγκαταστάσεων έχουν μεγάλο ανθρακικό αποτύπωμα λόγω της υψηλής ενέργειας που απαιτούν για την δημιουργία τους.
 - Ο κύκλος ζωής των υλικών από την κατασκευή, την λειτουργία και την κατεδάφιση αυτών συνεισφέρει σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- Από την δημιουργία Αποβλήτων:
 - Η διάθεση των αποβλήτων (όλων των ειδών) στους χώρους ταφής ή για την καύση αυτών παράγουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αλλά και όχι μόνο.

4.5.3. Εκτιμήσεις και μέτρηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αθλητισμό.

Η μέτρηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) γίνεται μέσω των συστημάτων ανάλυσης κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment – LCA) αλλά και με την χρήση εργαλείων όπως το Carbon Footprint Calculator. Το σύστημα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) αποτελεί μία από τις πιο ολοκληρωμένες και ευρέως αποδεκτές μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων, υπηρεσιών και κτιρίων σε όλα τα στάδια της ζωής τους, από την εξόρυξη των πρώτων υλών έως την τελική διάθεση ή ανακύκλωση. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 (ISO, 2006), το LCA επιτρέπει τη συστηματική καταγραφή και ποσοτικοποίηση των εισροών (ενέργεια, υλικά) και εκροών (εκπομπές, απόβλητα), συμβάλλοντας στον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων με στόχο τον βιώσιμο σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων (Klöppfer & Grahl, 2014).

Παράλληλα, η έννοια του ανθρακικού αποτυπώματος (Carbon Footprint Calculator) έχει αναδειχθεί ως βασικός δείκτης αξιολόγησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου δίνοντας έμφαση στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Εργαλεία όπως αυτό παρέχει μια πιο απλοποιημένη και πρακτική προσέγγιση για την εκτίμηση των εκπομπών διευκολύνοντας την εφαρμογή σε καθημερινές δραστηριότητες και στον κατασκευαστικό τομέα. Η χρήση τέτοιων εργαλείων, σε συνδυασμό όμως με τις μεθοδολογίες LCA, ενισχύει την κατανόηση

των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και υποστηρίζει την ανάπτυξη στρατηγικών μείωσης των εκπομπών. Επιπλέον κάποιες ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ενσωμάτωση της ανάλυσης κύκλου ζωής σε κτίρια μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος και στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης (Trovato, Nocera, & Giuffrida, 2020) (Muthu, 2021) (Dingle, 2020).

Ως παραδείγματα θα μπορούσαν να αναφερθούν τα εξής:

- Στο ολυμπιακό χωριό του Λονδίνου το έτος 2012 είχε συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) περίπου 3,4 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων περίπου το 60% προερχόντουσαν από τις κατασκευαστικές εργασίες που γινόντουσαν και το 30% από τις μεταφορές (International Olympic Committee, 2020).
- Τα τοπικά στάδια και τα κλειστά γυμναστήρια, δηλαδή οι μικρότερες εγκαταστάσεις παράγουν ετησίως 500-2000 τόνους εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) το οποίο είναι ανάλογα με το μέγεθος και την χρήση που γίνεται.

Η μέτρηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) επιτρέπει την αναγνώριση όλων αυτών των "σημείων" όπου απαιτείται η παρέμβαση για μείωση αυτών, η αντικατάσταση της συμβατικής ενέργειας με ανανεώσιμη ή και η βελτιστοποίηση των μετακινήσεων είναι άμεσες παρεμβάσεις με σημαντικές μειώσεις των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (Klöpper et al., 2014).

4.5.4. Στρατηγικές μείωσης εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αθλητισμό.

Οι στρατηγικές όμως που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ώστε να υπάρξει άμεση μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες (Mallen et al., 2012) (United Nations Climate Change, 2019) (Dingle, 2020).

- Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.):
 - Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, αιολικών πάρκων ή ακόμα και γεωθερμικών συστημάτων μπορούν να πραγματοποιήσουν μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από 20-50% ανάλογα με την κλίμακα και την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί.

- Η Ενεργειακή Απόδοση:
 - Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων εντός των αθλητικών εγκαταστάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση αυτών, η εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων ελέγχου θερμοκρασίας καθώς επίσης και η χρήση συστημάτων φωτισμού τύπου LED θα πραγματοποιήσει δραστική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) χωρίς να μειώσει την ποιότητα της αθλητικής εμπειρίας.
- Η Βελτιστοποίηση των μεταφορών:
 - Η προώθηση δημόσιων μέσων μεταφοράς (ηλεκτρικά λεωφορεία κ.α.), ποδηλάτων ή οποιαδήποτε άλλου μέσου που δεν χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα για την λειτουργία του θα προσφέρει μια μικρή μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- Η Διαχείριση υλικών και αποβλήτων:
 - Η επιλογή υλικών χαμηλής ενεργειακής έντασης ή και ανακυκλώσιμων υλικών για την λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων.
 - Η ανακύκλωση και κομποστοποίηση αποβλήτων μειώνει δραστικά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) λόγω της απομάκρυνσης τους από την ταφή και την καύση.
- Η Εκπαίδευση και η Ευαισθητοποίηση :
 - Η σωστή εκπαίδευση των αθλητικών και του προσωπικού στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και των μετακινήσεων αυτών σε συνδυασμό με καμπάνιες ενημέρωσης των θεατών, της κοινότητας και όχι μόνο για το ανθρακικό αποτύπωμα θα επιφέρει σημαντική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

4.5.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές Μείωσης εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

- Στους Ολυμπιακούς Αγώνες στο Λονδίνου το έτος 2012:
 - Σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) καθώς επίσης πραγματοποιήθηκε βελτιστοποίηση των μεταφορών, σύμφωνα με αυτές τις στρατηγικές πραγματοποιήθηκε μείωση κατά 20% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε σύγκριση που έγινε με

εκτιμήσεις άλλων παρόμοιων εγκαταστάσεων (International Olympic Committee, 2020).

- Στο Παγκόσμιο Κύπελλο στην Ρωσία το έτος 2018:
 - ο Εφαρμόστηκε νέο σύστημα μετακινήσεων – μεταφορών αλλά και η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών για την λειτουργία της εγκατάστασης, σύμφωνα με αυτές τις στρατηγικές πραγματοποιήθηκε μείωση κατά 15% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε σύγκριση που έγινε με προηγούμενες διοργανώσεις (FIFA, 2022).
- Στο στάδιο Mercedes – Benz Arena στην Στουτγάρδη:
 - ο Σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν συστήματα φωτοβολταϊκών (Α.Π.Ε.), συστήματα φωτισμού τύπου LED αλλά και έξυπνων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας (αυτοματισμούς κ.α), σύμφωνα με αυτές τις στρατηγικές πραγματοποιήθηκε ετήσια μείωση κατά 15% - 20% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (UEFA, 2021).

4.6. Τα υλικά κατασκευής και κύκλος ζωής των αθλητικών εγκαταστάσεων.

4.6.1. Εισαγωγή

Τα υλικά κατασκευής των αθλητικών εγκαταστάσεων αποτελούν έναν ουσιαστικό παράγοντα του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, διότι από την παραγωγή αυτών, την μεταφορά, την χρήση αλλά και την τελική διάθεση τους αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση των φυσικών πόρων αλλά και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα - CO₂ (Ding, 2008).

Από την άλλη πλευρά ο κύκλος ζωής μιας αθλητικής εγκατάστασης, από την κατασκευή αυτής έως και την κατεδάφιση της, περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Το στάδιο της Κατασκευής:
 - ο Την παραγωγή και την μεταφορά των υλικών στον χώρο της εγκατάστασης αλλά και την εργοταξιακή δραστηριότητα.
- Το στάδιο της Λειτουργίας:
 - ο Η χρήση των υλικών για την συντήρηση, την ανακαίνιση, τις ενεργειακές αλλά και όλες τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις που απαιτούνται.
- Το στάδιο της Ανακύκλωσης και της Απόρριψής:

- ο Την Κατεδάφιση της εγκατάστασης, την ανακύκλωση των υλικών αλλά και την διάθεση αυτών στους χώρους ταφής.

Μια ολοκληρωμένη εκτίμηση του κύκλου ζωής επιτρέπει την βέλτιστή και την σωστότερη επιλογή υλικών για την κατασκευή των αθλητικών εγκαταστάσεων δίνοντας μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και αξιοποίηση βιώσιμων τεχνολογιών (Ding, 2008) (Mallen etc, 2012).

4.6.2. Βασικά Υλικά Κατασκευής και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Για την κατασκευή των αθλητικών εγκαταστάσεων υπάρχουν κάποια από τα βασικότερα υλικά κατασκευής και τα οποία έχουν και την ανάλογη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Τα βασικότερα υλικά κατασκευής είναι τα εξής (Ding, 2008):

- Σκυρόδεμα – Μπετόν (Concrete):
 - ο Η παραγωγή του σκυροδέματος – τσιμέντου είναι υπεύθυνη περίπου για το 8% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
 - ο Χρησιμοποιείται για τα θεμέλια και τον φέρων οργανισμό των κατασκευών, στα γήπεδα, στις κερκίδες και γενικά στις υποδομές.
 - ο Στρατηγικές μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) περιλαμβάνουν την χρήση ανακυκλωμένου τσιμέντου ή σκυροδέματος χαμηλής ενεργειακής έντασης.
- Μέταλλα (Steel, Aluminum):
 - ο Χρήση των μετάλλων στις στέγες, στους φέρων οργανισμούς και στις μεταλλικές κατασκευές.
 - ο Η παραγωγή όλων των μετάλλων είναι μια ενεργοβόρη διαδικασία η οποία επιφέρει σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
 - ο Η ανακύκλωση των μετάλλων μειώνει έως και 70% το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.
- Ξύλο και Παράγωγα αυτού (Wood):
 - ο Χρήση του ξύλου σε μεγαλύτερο ποσοστό στους εσωτερικούς χώρους όπως σε επενδύσεις, σε δάπεδα, σε καθίσματα ή και σε στέγες.
 - ο Η βιωσιμότητα του ξύλου εξαρτάται αποκλειστικά από την προέλευση του (πιστοποιημένο FSC) αλλά και από την διάρκεια ζωής αυτού.

- Το πιο μεγάλο και σημαντικό πλεονέκτημα του ξύλου είναι ότι απορροφά το CO₂ κατά την καλλιέργεια του.
- Πλαστικά και Συνθετικά υλικά αυτού (Plastic):
 - Χρήση του πλαστικού σε δάπεδα γηπέδων, καθίσματα και προστατευτικά.
 - Γενικά παράγουν σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αλλά και απόβλητα στο τέλος της ζωής τους.
 - Μια σημαντική στρατηγική είναι να γίνεται η χρήση ανακυκλωμένων και βιοδιασπώμενων υλικών.
- Γυαλί και Συνθετικά υλικά αυτού (Plastic):
 - Χρήση του γυαλιού σε όψεις ως προστατευτικά, σε κερκίδες και σε στέγες.
 - Ανθεκτικά ως υλικό αλλά ενεργοβόρη διαδικασία η οποία επιφέρει σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
 - Η ανακύκλωση του γυαλιού μειώνει την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

4.6.3. Κύκλος ζωής των εγκαταστάσεων (Life Cycle Assessment – LCA)

Η Ανάλυση κύκλου ζωής των εγκαταστάσεων περιλαμβάνει τα εξής στάδια (Ding, 2008):

- Κατασκευαστικό Στάδιο Εγκαταστάσεων:
 - Η παραγωγή, η μεταφορά και η εγκατάσταση των υλικών.
 - Οι υψηλές εκπομπές διοξειδίου άνθρακα (CO₂) αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση.
 - Σημαντικές Στρατηγικές η επιλογή τοπικών και ανακυκλώσιμων υλικών και χρήσης λιγότερο ενεργοβόρων τεχνολογιών.
- Λειτουργικό Στάδιο Εγκαταστάσεων:
 - Η Συντήρηση, οι ανακαινίσεις και η ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων.
 - Η επιλογή υλικών με χαμηλή συντήρηση ώστε να μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.
- Τελική Διάθεση / ανακύκλωση:
 - Κατεδάφιση και διάθεση αποβλήτων.
 - Ανακύκλωση σκυροδέματος – μπετόν, μετάλλων, ξύλου και πλαστικών ώστε να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και την κατανάλωση νέων πόρων.

4.6.4. Στρατηγικές Βιώσιμης επιλογής υλικών.

Οι Στρατηγικές που χρειάζονται για την βιώσιμη επιλογή υλικών κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες (Ding, 2008):

- Χρήση ανακυκλώσιμων και Βιολογικών Υλικών ώστε να επιτευχθεί.
 - Η Μείωση του Ενεργειακού Κόστους και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ως παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί η χρησιμοποίηση ανακυκλωμένου αλουμινίου για δομικά στοιχεία.
- Χρήση των τοπικών υλικών ώστε να επιτευχθεί.
 - Η Μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τις μεταφορές που απαιτούνται αλλά και υποστήριξη της τοπικής οικονομίας.
- Διάρκεια Ζωής και ανθεκτικότητα
 - Η επιλογή υλικών μακράς διάρκειας ζωής ώστε να μειωθεί η ανάγκη για συχνές ανακαινίσεις.
- Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση
 - Η δυνατότητα απομάκρυνσης και επαναχρησιμοποίησης υλικών στο τέλος ζωής της εγκατάστασης.
- Η εφαρμογή πράσινων πιστοποιήσεων
 - Η χρησιμοποίηση όλων αυτών των πιστοποιήσεων (όπως το ISO 14001, LEED, BREEAM) γίνεται για την αξιολόγηση των υλικών για την ενεργειακή απόδοση αυτών αλλά και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τους.

4.6.5. Περιπτώσεις Αθλητικών εγκαταστάσεων με Στρατηγικές χρήσης υλικών με μεγαλύτερο κύκλο ζωής.

- Στους Ολυμπιακούς Αγώνες στο Λονδίνου το έτος 2012:
 - Χρήση ανακυκλωμένων υλικών στα στάδια και στο Ολυμπιακό Χωριό.
 - Μείωση του περιβαλλοντικού Αποτυπώματος κατά 25% σε σχέση με παραδοσιακές κατασκευές (International Olympic Committee, 2020).
- Στο London Aquatics Centre
 - Χρήση ανακυκλωμένων μετάλλων και βιοδιασπώμενων πλαστικών σε εσωτερικές εγκαταστάσεις.
 - Μείωση κατανάλωσης πρώτων υλών κατά 40% (United Nations Climate Change, 2019).

- Στο στάδιο Mercedes – Benz Arena στην Στουτγάρδη:
 - ο Επιλογή βιώσιμων μετάλλων και υλικών ξύλου με πιστοποίηση FSC.
 - ο Εφαρμογή στρατηγικών επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης υλικών (UEFA, 2021).

4.7. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 2^ο κεφάλαιο της Δ.Ε. εξετάζεται σε βάθος η έννοια του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (ανθρακικό, υδατικό, ενεργειακό, οικολογικό) και οι βασικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των αθλητικών υποδομών.

Πιο αναλυτικά, καταγράφονται η ακραία ενεργειακή κατανάλωση (π.χ. για φωτισμό και HVAC), οι τεράστιες απαιτήσεις σε υδάτινους πόρους για άρδευση χλοοταπήτων και πισίνες, και η μαζική παραγωγή στερεών και υγρών αποβλήτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και στον κύκλο ζωής των δομικών υλικών (Life Cycle Assessment - LCA), όπως το σκυρόδεμα και τα μέταλλα, αναδεικνύοντας στρατηγικές μείωσης για κάθε κατηγορία.

5. Οι Παράγοντες που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις αθλητικές εγκαταστάσεις.

5.1. Εισαγωγή.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας αθλητικής εγκατάστασης δεν εξαρτάται μόνο από την λειτουργία της αλλά και από πολλαπλούς παράγοντες σχεδίασης, χωροθέτησης, λειτουργίας αλλά και διαχείρισης. Η κατασκευή και η λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων (παντός τύπου) αποτελούν δραστηριότητες με έντονη περιβαλλοντική παρέμβαση. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ορίζεται ως το μέτρο της επίδρασης που ασκούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στα φυσικά οικοσυστήματα, στην περίπτωση όμως του αθλητισμού αυτό επηρεάζεται από μια σειρά σύνθετων παραγόντων (Balaji, Senthil & Jothilakshmy, 2025).

Ο αθλητισμός, παρά τον θετικό κοινωνικό του ρόλο, αποτελεί μια βιομηχανία με σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας αθλητικής εγκατάστασης ορίζεται ως το σύνολο των άμεσων και έμμεσων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG), εκφρασμένο σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e), που προκύπτουν από τη λειτουργία της (Khanna, Daddi, Merlo & Iraldo, 2024).

Οι αθλητικοί οργανισμοί συμβάλλουν στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα μέσω της κατανάλωσης ενέργειας, της παραγωγής απορριμμάτων και των μετακινήσεων, γεγονός που καθιστά την ποσοτική αξιολόγηση αυτών των ρύπων απαραίτητη για τη δημιουργία αποτελεσματικών σχεδίων δράσης για το κλίμα (Khanna etc, 2024).

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η σημαντικότερες επιβαρύνσεις προκύπτουν όχι μόνο από τα υλικά και την ενέργεια που καταναλώνονται κατά την κατασκευή μιας αθλητικής εγκατάστασης αλλά κυρίως από την φάση λειτουργίας αυτής η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις και έντονη χρήση πόρων (ISO 14040, 2006). Η πλήρης κατανόηση αυτών των παραγόντων που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι καθοριστική και απαραίτητη για την διαμόρφωση στρατηγικών βιώσιμης ανάπτυξης, τον βιώσιμο σχεδιασμό αλλά και την διαχείριση των εγκαταστάσεων (Khanna etc, 2024).

Οι βασικοί παράγοντες περιλαμβάνουν:

- Την σωστή χωροθέτηση και τον αστικό σχεδιασμό.
- Τις μεταφορές και την προσβασιμότητα.
- Το μέγεθος, την συντήρηση και την διαχείριση.
- Την λειτουργία, την συντήρηση και την διαχείριση.
- Την αλληλεπίδραση όλων των παραπάνω παραγόντων και η ισορροπία μεταξύ θετικών και αρνητικών επιπτώσεων.

5.2. Η Χωροθέτηση και ο αστικός σχεδιασμός.

Η χωροθέτηση των αθλητικών εγκαταστάσεων αποτελεί έναν από τους πλέον κρίσιμους παράγοντες περιβαλλοντικής επίδρασης καθώς επηρεάζει άμεσα την χρήση γης, την βιοποικιλότητα και την ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τις μετακινήσεις. Με απλά λόγια η επιλογή της θέσης μιας αθλητικής εγκατάστασης επηρεάζει καθοριστικά το οικολογικό της αποτύπωμα, η επιλογή μιας τοποθεσίας εντός μιας αστικής περιοχής συμβάλλει στην μείωση της αστικής διάχυσης δηλαδή της ανεξέλεγκτης επέκτασης των πόλεων προς τις αγροτικές περιοχές της εκάστοτε περιοχής αλλά και τον περιορισμό της κατάληψης των φυσικών οικοσυστημάτων (Beatley, 2012).

Αντίθετα όμως η ανάπτυξη των εγκαταστάσεων σε παρθένες εκτάσεις οδηγεί σε απώλεια οικοτόπων και αυξημένη περιβαλλοντικής υποβάθμιση. Η κατασκευή νέων σταδίων συχνά απαιτεί την αποψίλωση μεγάλων εκτάσεων γης, μια πρακτική που ενθαρρύνει μη βιώσιμες συμπεριφορές και αλλοιώνει το φυσικό τοπίο (Babu, 2024).

Μια σύγχρονη και ταυτόχρονα βιώσιμη προσέγγιση για την χωροθέτηση νέων αθλητικών εγκαταστάσεων είναι η αξιοποίηση και ανάπλαση brownfield περιοχών, δηλαδή εγκαταλειμμένων ή υποβαθμισμένων αστικών βιομηχανικών περιοχών. Με την πρακτική αυτή όχι μόνο μειώνεται η ανάγκη για νέα δόμηση σε φυσικές και παρθένες περιοχές αλλά συμβάλλει στην αστική αναζωογόνηση ως ``καταλύτης`` (Rydin, 2010).

Η ενσωμάτωση πράσινων υποδομών μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως πράσινες στέγες, τα διαπερατά υλικά και τα αστικά πάρκα μπορεί να βελτιώσουν δραστικά το μικροκλίμα και να μειώσει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας που προκαλείται από τις τεράστιες επιφάνειες σκυροδέματος και ασφάλτου (Triantafyllidis, Ries & Kaplanidou, 2018).

Ένας ολοκληρωμένος αστικός σχεδιασμός που συνδέει τις αθλητικές εγκαταστάσεις με άλλες χρήσεις (μικτή χρήση) ενισχύει την βιωσιμότητα καθώς επιτρέπει την πολυλειτουργικότητα και την συνεχή αξιοποίηση των υποδομών, με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται δραστικά το «φαινόμενο των λευκών ελεφάντων» δηλαδή όλων αυτών των αθλητικών εγκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν για μια μεγάλη διοργάνωση (π.χ. Ολυμπιακούς Αγώνες κ.α.) και μετά το τέλος αυτής είτε χρησιμοποιούνται λίγο ή καθόλου λόγω της δαπανηρής συντήρησής τους (Preuss, 2004).

Ένα σύγχρονο παράδειγμα που θα μπορούσε να αναφερθεί είναι η κατασκευή του Ολυμπιακού Χωριού του Λονδίνου το οποίο εγκαταστάθηκε κοντά σε σταθμούς τρένων και λεωφορείων με αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από μεταφορές κατά 30% (IOC, 2020) αλλά και ότι έγινε και η αποκατάσταση των υδάτινων οδών και η φύτευση άνω των 300.000 φυτών στους υγροτόπους συνέβαλαν στην ανάκτηση της βιοποικιλότητας μιας πρότερης βιομηχανικής ζώνης (Aquino & Nawari, 2015).

5.3. Οι Μεταφορές και η προσβασιμότητα.

Η μετακίνηση και η προσβασιμότητα αποτελούν καθοριστικές παραμέτρους του βιώσιμου σχεδιασμού, καθώς οι μεταφορές αναδεικνύονται στον σημαντικότερο παράγοντα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂ στο πλαίσιο των έμμεσων εκπομπών, γνωστών ως «Πεδίο 3» (Scope 3) για τις αθλητικές διοργανώσεις. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, οι μετακινήσεις των φιλάθλων, των αθλητικών ομάδων, του προσωπικού και των προμηθευτών, μπορούν να αντιπροσωπεύουν από το 38% έως και το 70% του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος ενός αθλητικού συλλόγου ή μιας διοργάνωσης (Khanna etc, 2024).

Η έντονη εξάρτηση από το ιδιωτικό αυτοκίνητο (Ι.Χ.) παραμένει η βασική αιτία αυτής της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα αθλητικά ταξίδια και οι μετακινήσεις για συμμετοχή ή παρακολούθηση αγώνων αποτελούν περίπου το 8% των ετήσιων εκπομπών ενός μέσου, ενεργού πολίτη. Συνεπώς, μια αθλητική εγκατάσταση που είναι αποκομμένη από τον αστικό ιστό και δεν προσφέρει εναλλακτικές επιλογές πρόσβασης, ακυρώνει πρακτικά οποιαδήποτε άλλη περιβαλλοντική επένδυση (π.χ. ενεργειακή αναβάθμιση) έχει εφαρμοστεί στο κτίριό της (Khanna etc, 2024).

5.3.1. Στρατηγικές Βελτίωσης της Προσβασιμότητας και Μείωσης Ρύπων

Για την αντιμετώπιση του υπερβολικού ανθρακικού αποτυπώματος των μεταφορών, ο σύγχρονος σχεδιασμός επιβάλλει τη δημιουργία «Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας» (ΣΒΑΚ) με επίκεντρο το εκάστοτε στάδιο. Οι βασικοί άξονες πολιτικής περιλαμβάνουν (Khanna etc, 2024):

1. **Ενίσχυση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (MMM):** Η άμεση διασύνδεση των εγκαταστάσεων με δίκτυα σταθερής τροχιάς ή πυκνά δρομολόγια αστικών λεωφορείων είναι επιβεβλημένη. Μια εφαρμοσμένη και επιτυχημένη πρακτική διεθνώς είναι η δωρεάν χρήση των MMM με την επίδειξη του εισιτηρίου του αγώνα (ενσωμάτωση κόστους), παρέχοντας ισχυρό οικονομικό κίνητρο στο κοινό να αφήσει το αυτοκίνητο.
2. **Προώθηση της Μικροκινητικότητας (Active Travel):** Η δημιουργία ασφαλών, πεζοδρομημένων διαδρομών και δικτύων ποδηλατοδρόμων που συνδέουν το κέντρο της πόλης με την εγκατάσταση. Αυτό απαιτεί την κατασκευή εκτεταμένων, ασφαλών και στεγασμένων χώρων στάθμευσης ποδηλάτων (bike hubs) εντός της περιμέτρου του σταδίου.
3. **Υποδομές Ηλεκτροκίνησης:** Υποστήριξη της μετάβασης σε οχήματα μηδενικών ρύπων μέσω της εγκατάστασης σταθμών ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV charging stations) στους χώρους στάθμευσης.
4. **Διαχείριση της Στάθμευσης (Parking Management):** Σκόπιμος περιορισμός των διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης για συμβατικά οχήματα και εφαρμογή πρακτικών συνεπιβατισμού (carpooling), προσφέροντας προνομιακές και δωρεάν θέσεις στάθμευσης σε οχήματα που μεταφέρουν τρεις ή περισσότερους φιλάθλους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ολοκληρωμένης προσέγγισης αποτελούν υπερσύγχρονα στάδια, όπως αυτό της Tottenham Hotspur, τα οποία σχεδιάστηκαν εξ αρχής ώστε να επενδύσουν σε υποδομές που προωθούν κατ' αποκλειστικότητα τη χρήση δημόσιων συγκοινωνιών, ποδηλάτων και ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτή η συστημική διαχείριση των μετακινήσεων όχι μόνο μειώνει δραστικά τους αέριους ρύπους, αλλά ταυτόχρονα ανακουφίζει το τοπικό οδικό δίκτυο από την κυκλοφοριακή συμφόρηση την ημέρα διεξαγωγής των αθλητικών γεγονότων (Khanna etc, 2024).

5.4. Το μέγεθος, η χωρητικότητα και το είδος της εγκατάστασης.

Τα αθλητικά στάδια συγκαταλέγονται στα πλέον περίπλοκα δημόσια κτίρια παγκοσμίως και, λόγω των εξειδικευμένων λειτουργικών τους απαιτήσεων, λειτουργούν ως καταναλωτές εξαιρετικά υψηλής ενέργειας. Οι φυσικές διαστάσεις, η χωρητικότητα (μέγιστος αριθμός θεατών) και ο τύπος του αθλήματος που εξυπηρετούν, αποτελούν θεμελιώδεις μεταβλητές που καθορίζουν άμεσα το μέγεθος του συνολικού περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος (Aquino etc, 2015).

5.4.1. Η Επίδραση του Μεγέθους και της Χωρητικότητας

Ο όγκος και η κλίμακα μιας αθλητικής εγκατάστασης επηρεάζουν αρχικά το «ενσωματωμένο» (embodied) ανθρακικό αποτύπωμα, καθώς οι μεγαλύτερες υποδομές απαιτούν πολλαπλάσιες ποσότητες δομικών υλικών, όπως σκυρόδεμα και χάλυβα, για την κατασκευή τους. Κατά τη φάση της λειτουργίας, η χωρητικότητα των κερκίδων επηρεάζει εκθετικά την κατανάλωση πόρων. Τις ημέρες διεξαγωγής των αγώνων (match days), καταγράφονται ακραίες αιχμές (peaks) στη ζήτηση ενέργειας, καθώς τίθενται σε ταυτόχρονη, πλήρη λειτουργία τα συστήματα φωτισμού (προβολείς αγωνιστικού χώρου), τα συστήματα κλιματισμού, οι ηλεκτρονικές υποδομές και τα δίκτυα εστίασης (Aquino etc, 2015).

5.4.2. Ο Τύπος της Εγκατάστασης: Κλειστές vs Ανοιχτές Υποδομές.

Το είδος της εγκατάστασης (κλειστή αίθουσα ή υπαίθριο στάδιο) τροποποιεί ριζικά το ενεργειακό προφίλ και το είδος της περιβαλλοντικής πίεσης που ασκείται (Zavadivker, 2021):

- **Κλειστές Εγκαταστάσεις:**

Στα κλειστά στάδια, όπως τα γυμναστήρια καλαθοσφαίρισης (μπάσκετ) υψηλού επιπέδου, η κύρια πρόκληση είναι η διατήρηση της θερμικής άνεσης και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα για χιλιάδες παρευρισκόμενους. Σύμφωνα με έρευνες, σε αυτές τις υποδομές το 72% έως 78% της συνολικής θερμικής ενέργειας καταναλώνεται αποκλειστικά από τα συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και μηχανικού εξαερισμού (HVAC).

- **Ανοιχτές Εγκαταστάσεις:** Αντίθετα, στα ανοιχτά στάδια ποδοσφαίρου ή στίβου, το περιβαλλοντικό βάρος μετατοπίζεται στις τεράστιες ανάγκες τεχνητού φωτισμού

κατά τις νυχτερινές ώρες, καθώς και στη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η συντήρηση ενός φυσικού χλοοτάπητα απαιτεί χιλιάδες λίτρα νερού ημερησίως για άρδευση, ιδίως τους θερινούς μήνες, αυξάνοντας δραματικά το υδατικό αποτύπωμα (Water Footprint).

Για την άμβλυνση αυτού του υδατικού και χημικού αποτυπώματος, η σύγχρονη αθλητική μηχανική προκρίνει καινοτόμες λύσεις. Μια τέτοια λύση, η οποία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία και σε σύγχρονα γήπεδα υψηλών προδιαγραφών στην Ελλάδα (όπως στο νέο γήπεδο της AEK - OPAP Arena), είναι η τοποθέτηση υβριδικού χλοοτάπητα. Ο υβριδικός χλοοτάπητας, ο οποίος συνδυάζει το φυσικό χόρτο με ενισχυτικές συνθετικές ίνες, παρουσιάζει αυξημένη αντοχή στη φθορά και μειώνει δραστικά τις απαιτήσεις σε νερό άρδευσης και χημικά λιπάσματα, προωθώντας μια πιο βιώσιμη διαχείριση των ανοιχτών αθλητικών επιφανειών (Zavadivker, 2021).

5.5. Λειτουργία, Συντήρηση και Διαχείριση.

Η φάση της λειτουργίας και της καθημερινής συντήρησης μιας αθλητικής εγκατάστασης αποτελεί το μακροβιότερο στάδιο του κύκλου ζωής της. Κατά συνέπεια, η ορθολογική και καθημερινή διαχείριση των πόρων από τη διοίκηση και το τεχνικό προσωπικό είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητάς της. Η υιοθέτηση ενός ολοκληρωμένου Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης προϋποθέτει την εφαρμογή στρατηγικών σε τρεις βασικούς πυλώνες:

- **Ενεργειακή Διαχείριση:** Η μετάβαση σε μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα απαιτεί την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και την επιλογή παροχών ηλεκτρικής ενέργειας που εγγυώνται 100% προέλευση από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και την εγκατάσταση συστημάτων ιδιοπαραγωγής (π.χ. Φωτοβολταϊκά). Παράλληλα, είναι επιβεβλημένη η εγκατάσταση έξυπνων Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίων (BMS) και αυτοματισμών, τα οποία ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο τον φωτισμό, τη θέρμανση και τον κλιματισμό βάσει της πραγματικής χρήσης και πληρότητας των χώρων. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η άσκοπη λειτουργία των συστημάτων εκτός ωραρίου αγώνων ή προπονήσεων. (Khanna etc, 2024).
- **Διαχείριση Απορριμμάτων και Κυκλική Οικονομία:** Οι παραδοσιακές (γραμμικές) μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων αντικαθίστανται από τις αρχές της

Κυκλικής Οικονομίας. Αυτό περιλαμβάνει την αυστηρή διαλογή στην πηγή, τη δημιουργία ρευμάτων ανακύκλωσης για χαρτί, πλαστικό και μέταλλο, και την κομποστοποίηση των οργανικών αποβλήτων (όπως υπολείμματα τροφών από τα κυλικεία και οργανικά απόβλητα από το κούρεμα του χλοοτάπητα). Η ριζική κατάργηση των πλαστικών μιας χρήσης (Single-Use Plastics) και η αντικατάστασή τους από βιοδιασπώμενα ή επιστρεφόμενα υλικά, μειώνει δραματικά το κόστος διάθεσης, αποτρέπει τη ρύπανση των χώρων ταφής και ελαχιστοποιεί το περιβαλλοντικό φορτίο (Abidin, Yasin, Hakim, Aspar & Jamal, 2024).

- **Διαχείριση Υδατικών Πόρων:** Η συντήρηση μεγάλων αθλητικών κέντρων απαιτεί τεράστιους όγκους νερού, καθιστώντας αναγκαία την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης. Στρατηγικές όπως η κατασκευή υπόγειων δεξαμενών για τη συλλογή και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων (rainwater harvesting) για την άρδευση των γηπέδων, αποφορτίζουν το δίκτυο πόσιμου νερού. Σε επίπεδο κτιριακών υποδομών (π.χ. στα αποδυτήρια), η εγκατάσταση έξυπνων εξαρτημάτων χαμηλής ροής (aerators), χρονοδιακοπών στα ντους και καζανακίων διπλής ροής, μπορούν να μειώσουν την αθροιστική κατανάλωση νερού έως και 40%, συνεισφέροντας καθοριστικά στην εξοικονόμηση αυτού του υπερπολύτιμου φυσικού πόρου (Zavadivker, 2021).

5.6. Οι θετικοί και οι αρνητικοί παράγοντες όλων των παραπάνω υποπεριπτώσεων.

Συνοψίζοντας την ανάλυση των προηγούμενων υποκεφαλαίων, καθίσταται σαφές ότι η κατασκευή και λειτουργία των αθλητικών εγκαταστάσεων, καθώς και η διοργάνωση γεγονότων, συνθέτουν ένα εξαιρετικά περίπλοκο δίκτυο αλληλεπιδράσεων με το φυσικό και αστικό περιβάλλον.

Το ισοζύγιο αυτών των αλληλεπιδράσεων δεν είναι μονοδιάστατο, αλλά διακρίνεται σε σαφείς αρνητικούς και θετικούς παράγοντες:

5.6.1. Οι Αρνητικοί Παράγοντες (Περιβαλλοντικές Πιέσεις)

- **Μαζικές Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου:** Η διεξαγωγή αθλητικών γεγονότων υπερ-μεγάλης κλίμακας (mega-events) ευθύνεται για την παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ρύπων. Ενδεικτικά, διοργανώσεις όπως οι Ολυμπιακοί

Αγώνες υπολογίζεται ότι εκλύουν περίπου 3,4 εκατομμύρια τόνους CO₂, επιβαρύνοντας δραματικά το παγκόσμιο ανθρακικό αποτύπωμα κυρίως λόγω των εκτεταμένων αεροπορικών μετακινήσεων και των νέων κατασκευών (Sustainability, 2023).

- **Υπερκατανάλωση Φυσικών Πόρων:** Κατά τη διάρκεια των ημερών διεξαγωγής των αγώνων (match days), τα στάδια δέχονται ακραίες πιέσεις, λειτουργώντας ως ενεργοβόροι πυρήνες που απορροφούν τεράστιες ποσότητες πόσιμου νερού και προκαλούν απότομες αιχμές (peaks) στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, γονατίζοντας συχνά τα τοπικά δίκτυα (Sustainability, 2023).
- **Υπερπαραγωγή Στερεών Αποβλήτων:** Το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο λειτουργίας (κυρίως στον τομέα της εστίασης) οδηγεί στην παραγωγή συντριπτικών ποσοτήτων απορριμμάτων και κυρίως πλαστικών συσκευασιών μιας χρήσης, τα οποία αν δεν ανακυκλωθούν καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, ρυπαίνοντας το έδαφος (Sustainability, 2023).

5.6.1. Οι Θετικοί Παράγοντες (Ευκαιρίες Βιώσιμης Ανάπτυξης)

- **Τα Στάδια ως Πρότυπα Οικολογικής Εκπαίδευσης:** Ίσως η μεγαλύτερη δυναμική του αθλητισμού είναι η τεράστια κοινωνική του επιρροή. Μέσω της εφαρμογής ορατών «πράσινων» πρακτικών, τα στάδια λειτουργούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία, ικανά να ευαισθητοποιήσουν και να διαμορφώσουν την περιβαλλοντική συνείδηση εκατομμυρίων φιλάθλων, προωθώντας αλλαγές στην καθημερινή τους συμπεριφορά (Abidin etc, 2024) (Aquino etc, 2015).
- **Παραγωγή Πράσινης Ενέργειας για την Κοινότητα:** Με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και αιολικών συστημάτων μεγάλης κλίμακας, μια αθλητική εγκατάσταση μετατρέπεται από καταναλωτή σε παραγωγό (prosumer). Η πλεονάζουσα καθαρή ενέργεια επιστρέφει στο τοπικό δίκτυο, υποστηρίζοντας τις ενεργειακές ανάγκες της ευρύτερης κοινότητας και μειώνοντας το τοπικό ανθρακικό αποτύπωμα (Abidin etc, 2024).
- **Οικονομική Βιωσιμότητα μέσω Καινοτομίας:** Η ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών (αυτοματισμοί, συστήματα LED, γεωθερμία) μειώνει ριζικά την εξάρτηση των υποδομών από τα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα. Αυτό οδηγεί μακροπρόθεσμα σε ραγδαία πτώση του λειτουργικού κόστους συντήρησης,

εξασφαλίζοντας την επιβίωση των αθλητικών οργανισμών απέναντι στις συνεχιζόμενες ενεργειακές κρίσεις (Aquino etc, 2015).

5.7. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 3^ο κεφάλαιο της Δ.Ε παρουσιάζονται οι εξωγενείς και σχεδιαστικοί παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Εξετάζεται η κρισιμότητα της σωστής χωροθέτησης, με έμφαση στην ανάπλαση υποβαθμισμένων περιοχών (brownfields) έναντι της δόμησης σε παρθένες εκτάσεις.

Επίσης, αναλύεται εκτενώς η συνεισφορά των μεταφορών και της προσβασιμότητας, καθώς οι μετακινήσεις (Scope 3) συχνά αποτελούν το 70% του ανθρακικού αποτυπώματος.

Τέλος, γίνεται σύγκριση των αναγκών μεταξύ ανοιχτών και κλειστών εγκαταστάσεων ανάλογα με το μέγεθός τους και παρατίθενται οι ορθές πρακτικές λειτουργίας και συντήρησης.

6. Πρότυπα Πιστοποίησης, Πολιτικές και προσεγγίσεις Βιωσιμότητας.

6.1. Οι Αρχές Βιώσιμης Ανάπτυξης στον αθλητισμό.

Η ενσωμάτωση της βιώσιμης ανάπτυξης στον αθλητικό τομέα δεν αποτελεί απλώς μια σειρά από μεμονωμένες «πράσινες» πρωτοβουλίες, αλλά μια θεμελιώδη αναθεώρηση της επιχειρησιακής και θεσμικής λειτουργίας των αθλητικών οργανισμών (Mallen etc, 2011).

Η θεωρητική βάση της βιωσιμότητας στον αθλητισμό αντλείται από το μοντέλο του Triple Bottom Line (TBL), το οποίο εισηγήθηκε από τον Elkington το έτος 1997 και επιβάλλει την ισόρροπη αξιολόγηση τριών διαστάσεων:

- Την Περιβαλλοντική Διάσταση (Planet): Γίνεται η εστίαση στην ελαχιστοποίηση της οικολογικής ζημίας, την προστασία των φυσικών οικοσυστημάτων, τη μείωση της κατανάλωσης πόρων και την εξάλειψη της ρύπανσης κατά τον κύκλο ζωής των αθλητικών γεγονότων και υποδομών (McCullough etc, 2017).
- Την Κοινωνική Διάσταση (People): Πραγματοποιείται η αξιοποίηση του αθλητισμού ως οχήματος κοινωνικής αλλαγής, προαγωγής της δημόσιας υγείας, της ισότητας, της προσβασιμότητας και της καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης στο ευρύ κοινό (Trendafilova, Babiak & Heinze 2013).
- Την Οικονομική Διάσταση (Profit): Γίνεται η διασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των αθλητικών φορέων μέσω της μείωσης του λειτουργικού κόστους (π.χ. ενεργειακή απόδοση) και της ευθυγράμμισης με τα κριτήρια ESG (Environmental, Social, Governance), τα οποία απαιτούν πλέον οι σύγχρονοι χορηγοί και επενδυτές (Trendafilova, Babiak & Heinze 2013).

Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (UN., 2015) αναγνωρίζει ρητά τον αθλητισμό ως «καταλύτη» για την επίτευξη των 17 Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) όπως αυτό υπάρχει στην Ατζέντα 2030 του ΟΗΕ. Συγκεκριμένα, ο αθλητισμός συνδέεται άμεσα με:

- Τον Στόχο SDG 11 (Βιώσιμες Πόλεις και Κοινότητες): Οι αθλητικές εγκαταστάσεις αντιμετωπίζονται ως αστικοί πόλοι που ενσωματώνουν πράσινες υποδομές και βιώσιμη κινητικότητα (Lefebvre, 2020).
- Τον Στόχο SDG 12 (Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή): Εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση τροφίμων, πλαστικών και υλικών εντός των σταδίων (Preuss, 2019).

- Τον Στόχο SDG 13 (Δράση για το Κλίμα): Δέσμευση των αθλητικών φορέων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Goldblatt, 2020).

Η πρωτοβουλία "Sports for Climate Action Framework" της UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) που πραγματοποιήθηκε το έτος 2018 βασίζεται σε δύο βασικούς πυλώνες, αφενός τη δέσμευση των αθλητικών οργανισμών για την συστηματική μέτρηση, μείωση και αφαίρεση των εκπομπών του διοξειδίου άνθρακα (στόχος για μείωση 50% έως το 2030 και καθαρές μηδενικές εκπομπές - net zero - έως το 2050), και αφετέρου τη χρήση του αθλητισμού ως παγκόσμιου βήματος για την ευαισθητοποίηση δισεκατομμυρίων φιλάθλων (USGBC, 2020).

Συμπερασματικά η βιώσιμη ανάπτυξη στον αθλητισμό βασίζεται στην ισορροπία μεταξύ των περιβαλλοντικών, των κοινωνικών και των οικονομικών παραμέτρων. Οι αθλητικές εγκαταστάσεις καλούνται να μειώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, διατηρώντας παράλληλα την κοινωνική τους αξία.

6.2. Το Πρότυπο Περιβαλλοντικής Πιστοποίησης ISO 14001.

Η συστηματική περιβαλλοντική διαχείριση στις αθλητικές εγκαταστάσεις απαιτεί τη χρήση τυποποιημένων διεθνών συστημάτων. Το ISO 14001:2015 αποτελεί το κυρίαρχο πλαίσιο για την ανάπτυξη Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (EMS), βασιζόμενο στον κύκλο συνεχούς βελτίωσης PDCA (Plan – Do – Check - Act) (ISO14001, 2015).

Αναλυτική Εφαρμογή του Κύκλου PDCA

- Plan (Σχεδιάζω): Περιλαμβάνει την αναγνώριση των Περιβαλλοντικών Πτυχών (Environmental Aspects) και των αντίστοιχων Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impacts) (ISO14001, 2015).

Για παράδειγμα, η λειτουργία προβολέων με συμβατικούς λαμπτήρες ενός γηπέδου έχει ως επίπτωση την εξάντληση μη ανανεώσιμων πόρων και εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα CO₂. Παράλληλα, καθορίζονται ποσοτικοί δείκτες όπως η κιλοβατώρα (Kwh) ανά θεατή, λίτρα νερού ανά τετραγωνικό μέτρο χλοοτάπητα και κιλά (kg) αποβλήτων ανά θεατή (Mallen etc, 2010).

- Do (Εφαρμόζω): Περιλαμβάνει την υλοποίηση επιχειρησιακών ελέγχων, όπως η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών ενέργειας, η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον καθαριστικών, η θέσπιση πρωτοκόλλων διαλογής στην πηγή, καθώς και την

εκπαίδευση του προσωπικού συντήρησης και των εθελοντών (Daddi, Rizzi, & Frey, 2021).

- Check (Ελέγχω): Περιλαμβάνει τη διεξαγωγή εσωτερικών επιθεωρήσεων για την συνεχή παρακολούθηση των περιβαλλοντικών δεικτών και την αξιολόγηση της συμμόρφωσης με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία (ISO 14001, 2015).
- Act (Ενεργώ): Αφορά τη λήψη διορθωτικών ενεργειών σε περίπτωση αποκλίσεων από τους στόχους και την αναθεώρηση της περιβαλλοντικής πολιτικής από την ανώτατη διοίκηση (ISO 14001, 2015).

Το Πρότυπο ISO 20121 (Event Sustainability Management Systems)

Το ISO 20121 αναπτύχθηκε με αφορμή τους Ολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου το 2012, το οποίο ήταν ειδικά σχεδιασμένο για τον τομέα των γεγονότων (Pelham, F., 2011) (ISO 20121, 2012). Ενώ το ISO 14001 εστιάζει στη μόνιμη υποδομή και εγκατάσταση, το ISO 20121 εστιάζει στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και στον κύκλο ζωής της διοργάνωσης, καλύπτοντας τους προμηθευτές, τους χορηγούς, τις μετακινήσεις και την αποσυναρμολόγηση των προσωρινών κατασκευών (Jones, 2014).

Τα Συστήματα Πράσινης Πιστοποίησης Κτιρίων (LEED & BREEAM)

Παράλληλα με τα διοικητικά πρότυπα πιστοποίησης ISO, οι αθλητικές υποδομές αξιολογούνται ως προς το φυσικό κτίριο μέσω των παρακάτω αναφερόμενων συστημάτων πιστοποίησης όπως είναι:

- Το Σύστημα Πιστοποίησης LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Αναπτύχθηκε από το U.S. Green Building Council και αξιολογεί την τοποθεσία, την αποδοτικότητα του νερού, την ενέργεια, τα υλικά και την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (USGBC, 2020).
- Το Σύστημα Πιστοποίησης BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): Αντίστοιχο με το βρετανικό σύστημα με αυστηρά κριτήρια για την οικολογική αξία της γης και τη διαχείριση αποβλήτων κατασκευής (BRE, 2018).

6.3. Οι Οδηγίες Διεθνών Οργανισμών (FIFA – UEFA).

Οι διεθνείς συνομοσπονδίες έχουν μεταμορφωθεί από οργανισμούς οι οποίοι έδιναν απλές συστάσεις σε οργανισμούς οι οποίοι επιβάλλουν δεσμευτικούς κανονισμούς για την αδειοδότηση των συλλόγων και των σταδίων στα οποία διοργανώνονται αθλητικές διοργανώσεις (Paramio-Salto, Campos & Buraimo, 2018).

Ο Διεθνής Οργανισμός UEFA: Sustainable Infrastructure Guidelines

Η UEFA δημοσίευσε έναν συνθετικό οδηγό στο πλαίσιο της στρατηγικής της "Respect the Future - Football Sustainability Strategy 2030", που δομεί τις κατευθυντήριες γραμμές για τα στάδια σε 11 τομείς (UEFA, 2021) (UEFA, 2022)

- Βιώσιμη Αρχιτεκτονική & Κατασκευή Σταδίων: Ενθάρρυνση της ανακαίνισης υφιστάμενων σταδίων αντί της κατεδάφισης, για τη διατήρηση του ενσωματωμένου άνθρακα.
- Ενεργειακή Αποδοτικότητα & ΑΠΕ: Απαίτηση για σταδιακή μετάβαση σε 100% ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και κατάργηση των καυστήρων πετρελαίου/αερίου.
- Κυκλική Οικονομία: Η πλήρης κατάργηση των πλαστικών μιας χρήσης (SUPs), εφαρμογή συστημάτων επιστρεφόμενων ποτηριών και διαχείριση των οργανικών αποβλήτων τροφίμων μέσω κομποστοποίησης ή αναερόβιας χώνευσης
- Βιώσιμη Κινητικότητα: Καθώς οι μετακινήσεις των φιλάθλων αντιπροσωπεύουν το 60-80% του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα ενός αγώνα, η UEFA απαιτεί από τα στάδια να διαθέτουν «Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας», ενισχύοντας τη σύνδεση με μέσα σταθερής τροχιάς, ποδηλατοδρόμους και σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (Triantafyllidis etc, 2018).

Ο Διεθνής Οργανισμός FIFA: Απαιτήσεις Διοργανώσεων & Κριτική

Η FIFA έχει καταστήσει την περιβαλλοντική πιστοποίηση υποχρεωτικό κριτήριο στη διαδικασία υποβολής υποψηφιοτήτων για το Παγκόσμιο Κύπελλο. Για παράδειγμα, στο FIFA World Cup Qatar 2022 απαιτήθηκε η πιστοποίηση GSAS (Global Sustainability Assessment System) με ελάχιστη βαθμολογία 4 αστέρων. (FIFA, 2021) (FIFA, 2022).

Παρά τους ισχυρισμούς της FIFA για το πρώτο «ουδέτερο από πλευράς άνθρακα» Παγκόσμιο Κύπελλο, ανεξάρτητες ακαδημαϊκές μελέτες αμφισβήτησαν έντονα τους

υπολογισμούς. Αποδείχθηκε ότι οι εκπομπές άνθρακα από την κατασκευή νέων σταδίων υποεκτιμήθηκαν συστηματικά (με τον καταμερισμό του αποτυπώματος στη διάρκεια ζωής των σταδίων για δεκαετίες, ενώ η μελλοντική τους χρήση είναι αμφίβολη), υπογραμμίζοντας την ανάγκη για αυστηρότερη ανεξάρτητη επαλήθευση (Müller etc, 2023).

6.4. Εφαρμογές Πράσινων Τεχνολογιών στον αθλητικό τομέα.

Ο τεχνολογικός εκσυγχρονισμός των αθλητικών εγκαταστάσεων στην σύγχρονη εποχή στοχεύει στην αποσύνδεση της αθλητικής δραστηριότητας από την υπερκατανάλωση φυσικών πόρων (Τριάντη, Αλμπανόπουλος & Γεωργίου, 2021).

Τα Ενεργειακά Συστήματα & ΑΠΕ

- Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (PVs): Ενσωμάτωση BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) στις στέγες και τις προσόψεις των σταδίων. Παρέχουν τοπική παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ η περίσσεια διοχετεύεται στο δίκτυο (Hennessy, McCullough & Wall, 2019).
- Με συνδυασμό των Φωτοβολταϊκού Συστήματος τοποθετούνται Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας Μπαταριών (BESS): Χρήση μπαταριών δεύτερης ζωής για την εξάλειψη των αιχμών ζήτησης κατά τη διάρκεια αγώνων, όταν η κατανάλωση αυξάνεται ραγδαία λόγω φωτισμού και τηλεοπτικών μεταδόσεων (Uddin, Jackson, & Widanage, 2021).
- Τα Γεωθερμικά Συστήματα Κατακόρυφου Εναλλάκτη: Εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας του υπεδάφους για τη θέρμανση/ψύξη των εσωτερικών χώρων, των αποδυτηρίων, καθώς και για τη θέρμανση του υπεδάφους του χλοοτάπητα κατά τους χειμερινούς μήνες (Self, Reddy & Rosen, 2013).

Διαχείριση Υδάτινων Πόρων & Έξυπνη Άρδευση

- Η Συλλογή & η Κατεργασία Ομβριων Υδάτων: Μεγάλες επιφάνειες όπως οι στέγες των σταδίων λειτουργούν ως συλλέκτες βρόχινου νερού. Το νερό αποθηκεύεται σε υπόγειες δεξαμενές, υφίσταται φιλτράρισμα και καλύπτει έως και το 100% των αναγκών άρδευσης του χλοοτάπητα, για τον γενικό καθαρισμό όλων των χώρων καθώς και για την λειτουργία των χώρων υγιεινής (Campisano, Butler, Ward, Burns, Friedler, DeBusk & Han, 2017).

- Εγκατάσταση Έξυπνων Συστημάτων Άρδευσης: Η χρήση αισθητήρων στο υπόστρωμα του χλοοτάπητα μετρούν σε πραγματικό χρόνο την υγρασία, τη θερμοκρασία και την αγωγιμότητα του εδάφους, επιτρέποντας την αυτόματη άρδευση με ακρίβεια αποτρέποντας τη σπατάλη νερού (ILFI, 2021).

Τα Έξυπνα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (BMS)

Τα συστήματα BMS συνδέουν και ελέγχουν κεντρικά τον φωτισμό LED (αντικατάσταση των παραδοσιακών προβολέων μεταλλικών αλογονιδίων με LED, μειώνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 50-60%) και τα συστήματα HVAC (Θέρμανση, Εξαερισμός, Κλιματισμός), προσαρμόζοντας την παροχή νωπού αέρα βάσει αισθητήρων διοξειδίου του άνθρακα CO₂ ανάλογα με την πληρότητα των αιθουσών (Katsaprakakis, 2016).

Οι Υβριδικοί και Οικολογικοί Συνθετικοί Χλοοτάπητες

- Ο Υβριδικός Χλοοτάπητας είναι ο συνδυασμός 95% φυσικού χόρτου με 5% συνθετικές ίνες ο οποίος προσφέρει ανθεκτικότητα, μειώνει την ανάγκη συχνής επαναφύτευσης και περιορίζει τη χρήση χημικών λιπασμάτων (Serensits, 2011).
- Τα Περιβαλλοντικά Προβλήματα του Συνθετικού Χλοοτάπητα: Οι παραδοσιακοί συνθετικοί χλοοτάπητες χρησιμοποιούν κόκκους ελαστικού (SBR) από ανακυκλωμένα ελαστικά αυτοκινήτων, οι οποίοι αποτελούν σημαντική πηγή μικροπλαστικών και βαρέων μετάλλων που διαρρέουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Η τεχνολογική εξέλιξη επιβάλλει τη χρήση οργανικών υλικών πλήρωσης, όπως ο φελλός, τα κουκούτσια ελιάς ή οι βιοδιασπώμενες πολυμερείς ίνες (Fleming, 2020).

6.5. Εφαρμογή Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA) σε Αθλητικές Εγκαταστάσεις

Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA) είναι η πλέον επιστημονικά τεκμηριωμένη μεθοδολογία μέσω των πρότυπων πιστοποίησης ISO 14040 & ISO 14044 για την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ISO 14040, 2006) (ISO 14001, 2015).

Αναλυτικά Στάδια της LCA στις Αθλητικές Εγκαταστάσεις:

1. Ο Προσδιορισμός Σκοπού και Πεδίου: Καθορίζεται η Λειτουργική Μονάδα, όπως «η λειτουργία του σταδίου ανά θεατή και ανά έτος» ή «ανά αγωνιστική περίοδο» (ISO 14040, 2006) (ISO 14001, 2015).
Επίσης, ορίζονται τα Όρια του Συστήματος τα οποία μπορούν να είναι *cradle-to-gate* (από την εξόρυξη έως την κατασκευή), *cradle-to-grave* (περιλαμβάνοντας τη λειτουργία και την κατεδάφιση) ή *cradle-to-cradle* (ενσωματώνοντας την πλήρη ανακύκλωση) (Anastas & Zimmerman, 2003).
2. Η Ανάλυση Απογραφής Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory - LCI): Πραγματοποιείται ποσοτική καταγραφή όλων των εισροών (τόνοι σκυροδέματος, χάλυβα, kWh ηλεκτρικής ενέργειας, m³ φυσικού αερίου και νερού) και των εκροών (εκπομπές αερίων θερμοκηπίου CO₂, CH₄, N₂O, στερεά απόβλητα και αστικά λύματα) (ISO 14040, 2006) (ISO 14001, 2015).
3. Η Αξιολόγηση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA): Η μετατροπή των δεδομένων LCI σε περιβαλλοντικές κατηγορίες επιπτώσεων μέσω ειδικών λογισμικών (ISO 14040, 2006) (ISO 14001, 2015).
 - Global Warming Potential (GWP): Μετρούμενο σε kg CO₂.
 - Acidification Potential (AP): Μετρούμενο σε kg SO₂ (οξίνιση εδαφών/υδάτων).
 - Eutrophication Potential (EP): Μετρούμενο σε kg PO₄ (ευτροφισμός από λιπάσματα χλοοτάπητα).
 - Abiotic Depletion Potential (ADP): Εξάντληση ορυκτών πόρων και ορυκτών καυσίμων.
4. Ερμηνεία & Περιβαλλοντικά: Οι μελέτες LCA σε στάδια αναδεικνύουν δύο κύρια σημεία υψηλής επιβάρυνσης (Triantafyllidis etc, 2018) (Collins etc, 2009):
 - Το κύριο σημείο του Ενσωματωμένου Άνθρακα: Το σκυρόδεμα και ο δομικός χάλυβας που περιλαμβάνονται στο αρχικό στάδιο της κατασκευής ευθύνονται για το μεγαλύτερο ποσοστό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος πριν καν λειτουργήσει το στάδιο (Jones & Hammond, 2019).
 - Και το κύριο σημείο των Μετακινήσεων των Θεατών: Κατά τη φάση λειτουργίας, οι εκπομπές από τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούν οι

θεατές ξεπερνούν κατά πολύ την άμεση κατανάλωση ενέργειας του ίδιου του σταδίου (Triantafyllidis etc, 2018).

6.6. Παραδείγματα Βιώσιμων Αθλητικών Εγκαταστάσεων

Climate Pledge Arena (Σιάτλ, ΗΠΑ)

Το στάδιο αυτό αποτελεί την πρώτη αθλητική εγκατάσταση στον κόσμο που έλαβε την πιστοποίηση Zero Carbon Certification από το International Living Future Institute (ILFI, 2021).

- Κατάργηση των Ορυκτών Καυσίμων: Η εγκατάσταση είναι πλήρως ηλεκτροδοτούμενη, χωρίς σύνδεση με δίκτυο φυσικού αερίου.
- 100% Ανανεώσιμη Ενέργεια: Η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται αποκλειστικά από ηλιακά πάνελ στο στάδιο και από τοπικά αιολικά/ηλιακά πάρκα μέσω συμβολαίων αγοράς ενέργειας (PPAs).
- Πρωτοβουλία "Rain to Rink": Η στέγη του σταδίου συλλέγει το νερό της βροχής σε υπόγεια δεξαμενή 57.000 λίτρων, το οποίο μετά από επεξεργασία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του πάγου για τους αγώνες χόκεϊ (Climate Pledge Arena, 2022).
- Επιχειρησιακό Zero Waste: Πάνω από το 90% των αποβλήτων εκτρέπεται από τις χωματερές μέσω 100% κομποστοποιήσιμων σκευών και πλήρους κατάργησης των πλαστικών μπουκαλιών μιας χρήσης (Climate Pledge Arena, 2022).

Johan Cruyff ArenA (Άμστερνταμ, Ολλανδία)

Η Johan Cruyff ArenA λειτουργεί ως πρότυπο κυκλικής οικονομίας και έξυπνης ενέργειας (ArenA., Johan Cruyff, 2020).

- Σύστημα Αποθήκευσης Ενέργειας 3 Megawatt: Ενσωματώνει το μεγαλύτερο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε ευρωπαϊκό στάδιο, χρησιμοποιώντας 148 μεταχειρισμένες και νέες μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων (Nissan LEAF) (Johan Cruyff ArenA, 2020).
- Λειτουργία Smart Grid: Το σύστημα φορτίζεται από τα 4.200 φωτοβολταϊκά πάνελ της στέγης και παρέχει εφεδρική ισχύ κατά τη διάρκεια των αγώνων. Παράλληλα, προσφέρει υπηρεσίες σταθεροποίησης συχνότητας στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο (V2G τεχνολογία) (Uddin etc, 2021).

- Φυσική Ψύξη (District Cooling): Το σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιεί κρύο νερό που αντλείται από τη γειτονική λίμνη Ouderkerkerplas, μειώνοντας δραστικά την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (Johan Cruyff ArenA, 2020).

6.7. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 4^ο κεφάλαιο της Δ.Ε αναπτύσσονται οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης στον αθλητισμό (Triple Bottom Line, Στόχοι ΟΗΕ) και τα διεθνή πρότυπα πιστοποίησης, όπως το ISO 14001 για την περιβαλλοντική διαχείριση, το ISO 20121 για τα γεγονότα και συστήματα όπως τα LEED και BREEAM.

Παρουσιάζονται οι αυστηρές οδηγίες διεθνών οργανισμών όπως η UEFA και η FIFA, ενώ καταγράφονται σύγχρονες πράσινες τεχνολογίες, όπως τα φωτοβολταϊκά, ο υβριδικός χλοοτάπητας και τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS).

Το κεφάλαιο κλείνει με εμβληματικά διεθνή παραδείγματα βιώσιμων σταδίων (Climate Pledge Arena, Johan Cruyff ArenA).

7. Μελέτη Περίπτωσης – Αθλητικό Κέντρο Καλλιπάτεια.

7.1. Περιγραφή του Αθλητικού Κέντρου ‘‘Καλλιπάτεια’’.

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις αποτελούν εξαιρετικά ενεργοβόρες υποδομές, καταναλώνοντας σημαντικούς φυσικούς πόρους για τη λειτουργία και τη συντήρησή τους (Triantafyllidis etc, 2018).

Το Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτεια" (περιοχή Καρακόνερο της πόλεως Ρόδου) αποτελεί τη μεγαλύτερη ανοιχτή αθλητική υποδομή του Δήμου Ρόδου αλλά και τα βασικά αθλητικά συγκροτήματα του νησιού το οποίο. Το Αθλητικό Κέντρο είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε για να εξυπηρετεί τον μαζικό αθλητισμό και τη φιλοξενία επίσημων αγώνων, το συγκρότημα εκτείνεται σε μια ευρεία επίπεδη έκταση.

Οι εγκαταστάσεις του περιλαμβάνουν το κεντρικό στάδιο στίβου με ελαστικό τάπητα, γήπεδα αντισφαίρισης με σκληρή επιφάνεια, ανοιχτά γήπεδα καλαθοσφαίρισης και πετοσφαίρισης, καθώς και βοηθητικές κτιριακές υποδομές (αποδυτήρια, χώροι υγιεινής, αίθουσες ενδυνάμωσης, γραφεία).

Το αθλητικό κέντρο χρησιμοποιείται για αγώνες στίβου, σχολικές διοργανώσεις και διάφορες αθλητικές εκδηλώσεις των αθλητικών συλλόγου του νησιού. Συνοπτικά αποτελείται από τις εξής εγκαταστάσεις:

- Μια σκεπαστή εξέδρα περίπου 2000 θέσεων.
- Ένα γήπεδο στίβου 400μ. με 8 διαδρομές και πλήρη εξοπλισμό.
- Ένα γήπεδο ποδοσφαίρου με φυσικό χλοοτάπητα (εμβαδού περίπου 7000τ.μ.)
- Μια κλειστή αίθουσα στίβου και πυγμαχίας.
- Μια αίθουσα judo και προπονητήριο τοξοβολίας.
- Γήπεδα beach volley, μπάσκετ και ποδοσφαίρου 5*5
- Βοηθητικές Εγκαταστάσεις.
- Χώρους Στάθμευσης.

Η καθημερινή, εντατική χρήση του κέντρου από συλλόγους και πολίτες καθιστά τη λειτουργία του απαιτητική σε πόρους, δημιουργώντας ένα σημαντικό ανθρακικό αποτύπωμα. (Δήμος Ρόδου, site)

7.2. Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Αθλητικού Κέντρου “Καλλιπάτειρα” (Θέση & Τοπικό Περιβάλλον).

Η χωροθέτηση και το τοπικό κλίμα δεν αποτελούν απλώς το φόντο της εγκατάστασης, αλλά καθορίζουν άμεσα τις φθορές, τις ενεργειακές ανάγκες και τη λειτουργική της συμπεριφορά. Η κατανόηση αυτής της αλληλεπίδρασης είναι το πρώτο βήμα για έναν ορθό περιβαλλοντικό σχεδιασμό (Dingle & Stewart, 2018).

- **Θέση και Παράκτια Γεωγραφία:** Το αθλητικό κέντρο βρίσκεται ακριβώς πάνω στο ανατολικό παράκτιο μέτωπο της πόλης της Ρόδου. Η άμεση αυτή γειτνίαση με τη θάλασσα συνεπάγεται τη συνεχή έκθεση των εγκαταστάσεων στην αλατονέφωση και στους ισχυρούς θαλάσσιους ανέμους (Campanella, 2008).

Αυτό το εξαιρετικά διαβρωτικό περιβάλλον επιταχύνει δραματικά τη φθορά των μεταλλικών στοιχείων (ιστοί ηλεκτροφωτισμού, περιφράξεις γηπέδων, εξωτερικές μονάδες κλιματισμού). Η ανάγκη για συχνότερη συντήρηση και αντικατάσταση αυτών των υλικών αυξάνει κατακόρυφα τις έμμεσες εκπομπές λόγω του ενσωματωμένου άνθρακα που απαιτείται για την κατασκευή και μεταφορά των νέων εξαρτημάτων.

- **Καιρικές Συνθήκες και Χρήση:** Η Ρόδος υπάγεται στην Κλιματική Ζώνη Α (βάσει KENAK), χαρακτηριζόμενη από τυπικό μεσογειακό κλίμα. Με περισσότερες από 300 ημέρες ηλιοφάνειας ετησίως και παρατεταμένα, ξηρά και θερμά καλοκαίρια, η χρήση των ανοιχτών γηπέδων κατά τη διάρκεια της ημέρας καθίσταται συχνά αδύνατη λόγω καύσωνα. Ως αποτέλεσμα, ο κύριος όγκος των προπονήσεων και των αγώνων μετατοπίζεται υποχρεωτικά στις απογευματινές και βραδινές ώρες, γεγονός που αυξάνει ραγδαία την εξάρτηση από τον τεχνητό φωτισμό άρα και την υπερκατανάλωση ενέργειας για την χρήση της αθλητικής εγκατάστασης.
- **Πίεση στους Υδατικούς Πόρους:** Οι ελάχιστες βροχοπτώσεις από τον Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε συνδυασμό με την κορύφωση της τουριστικής περιόδου, δημιουργούν στο νησί ένα καθεστώς έντονης λειψυδρίας. Οι τεράστιες ανάγκες του κέντρου σε πόσιμο νερό (για τον καθαρισμό των εκτεταμένων επιφανειών και τα ντους εκατοντάδων αθλητών καθημερινά) ασκούν περαιτέρω πίεση στο ήδη επιβαρυνόμενο δίκτυο ύδρευσης.

7.3. Στοιχεία Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού & Ενεργειακό Αποτύπωμα

Η υφιστάμενη κατάσταση του Αθλητικού Κέντρου "Καλλιπάτειρα" παρουσιάζει δομικές ελλείψεις στον βιοκλιματικό και ενεργειακό σχεδιασμό, οι οποίες, σε συνδυασμό με τα γεωγραφικά δεδομένα, μεταφράζονται σε εξαιρετικά υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Το Ενεργειακό Μείγμα της Ρόδου (Ο Πολλαπλασιαστής Εκπομπών)

Το πλέον κρίσιμο στοιχείο για τη διερεύνηση του αποτυπώματος της εγκατάστασης είναι το ενεργειακό προφίλ του ίδιου του νησιού. Η Ρόδος ανήκει στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ). Το ηλεκτρικό της δίκτυο στηρίζεται ιστορικά και κατά κύριο λόγο στους τοπικούς Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (όπως της Σορωνής και της Νότιας Ρόδου στην περιοχή Καλάθου), οι οποίοι λειτουργούν με καύση υγρών ορυκτών καυσίμων (μαζούτ και ντίζελ) (Kaldellis, El-Khozondar, El-Batroukh, & Zafirakis, 2010).

Καταγραφή Άμεσων Ενεργειακών Καταναλώσεων

- **Τεχνητός Φωτισμός:** Οι προβολείς των γηπέδων του Αθλητικού Κέντρου, είναι παλαιότερης τεχνολογίας (αλογονιδίων μετάλλων ή αλογόνου) και είναι εξαιρετικά ενεργοβόροι. Λόγω της αναγκαστικής νυχτερινής χρήσης του κέντρου, η πολύωρη λειτουργία τους αποτελεί τη νούμερο ένα πηγή παραγωγής CO₂.
- **Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης:** Η εξυπηρέτηση των αναγκών υγιεινής στα αποδυτήρια βασίζεται μόνο σε ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες. Η χρήση ρεύματος από το δίκτυο για τη θέρμανση νερού είναι εξαιρετικά αναποτελεσματική περιβαλλοντικά, ιδιαίτερα σε μια περιοχή με τόσο έντονο ηλιακό δυναμικό.
- **Κλιματισμός (HVAC):** Η ψύξη των διοικητικών γραφείων και των κλειστών χώρων προθέρμανσης και ενδυνάμωσης γίνεται με πεπαλαιωμένες κλιματιστικές μονάδες χαμηλής ενεργειακής κλάσης, αυξάνοντας το ηλεκτρικό φορτίο τους θερινούς μήνες (Kaldellis etc, 2010).

Το Μικροκλίμα και το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Το κέντρο καταλαμβάνεται από τεράστιες επιφάνειες τεχνητών υλικών: μαύρη ασφαλτος, κόκκινο ταρτάν στον στίβο και σκουρόχρωμα ακρυλικά δάπεδα στα γήπεδα τένις και

μπάσκει. Αυτά τα υλικά έχουν πολύ χαμηλό συντελεστή ανακλαστικότητας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφούν τεράστια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, τα οποία εκπέμπουν ως θερμότητα τις απογευματινές και βραδινές ώρες. Αυτό δημιουργεί ένα έντονο φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας, αυξάνοντας την τοπική θερμοκρασία περιβάλλοντος, επιδεινώνοντας τη θερμική δυσφορία των αθλητών και αυξάνοντας τις ανάγκες για μηχανικό δροσισμό (Santamouris, 2014).

7.4. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 7^ο κεφάλαιο της Δ.Ε αναλύεται διεξοδικά η υφιστάμενη κατάσταση του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στον Δήμο της Ρόδου. Τονίζεται η γεωγραφική τρωτότητα λόγω της αλατονέφωσης που προκαλεί διάβρωση, το ξηρό και θερμό κλίμα που επιβάλλει τη νυχτερινή λειτουργία των γηπέδων (άρα αυξημένη χρήση ρεύματος), και η έντονη λειψυδρία του νησιού.

Ως καθοριστικός παράγοντας αναδεικνύεται το μη διασυνδεδεμένο ενεργειακό δίκτυο της Ρόδου που βασίζεται σε ρυπογόνους σταθμούς, πολλαπλασιάζοντας το αποτύπωμα του Κέντρου (συντελεστής εκπομπών 0,68 kg CO₂/kWh), καθώς και το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας λόγω εκτεταμένων σκούρων επιφανειών.

8. Προτάσεις Παρεμβάσεων για Μείωση Εκπομπών CO₂.

Η μετάβαση των αθλητικών εγκαταστάσεων προς την κλιματική ουδετερότητα αποτελεί πλέον επιτακτική ανάγκη, ευθυγραμμισμένη με τους ευρύτερους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Για τη ριζική μετατροπή του Αθλητικού Κέντρου «Καλλιπάτειρα» στη Ρόδο σε μια σύγχρονη εγκατάσταση μηδενικών ή πολύ χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Zero/Low Carbon Sports Facility), δεν επαρκούν αποσπασματικές λύσεις, αλλά απαιτείται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας ολιστικής στρατηγικής. Η στρατηγική αυτή εδράζεται στο ακόλουθο τρίπτυχο: Παραγωγή Καθαρής Ενέργειας, Ενεργειακή Αποδοτικότητα και Προσαρμογή Υποδομών.

Μέσα από την ενδελεχή ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του κέντρου, προκύπτει ότι το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα οφείλεται κυρίως στην υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και παρασκευή ζεστού νερού, καθώς και στη μη βέλτιστη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στις υποενότητες που ακολουθούν, αναλύονται εκτενώς οι προτεινόμενες παρεμβάσεις που στοχεύουν στην άρση αυτών των παθογενειών, αξιοποιώντας τα ιδιαίτερα κλιματικά και χωρικά χαρακτηριστικά της Ρόδου.

8.1. Ενσωμάτωση ΑΠΕ (Φωτοβολταϊκά και NET – Billing)

Η μετάβαση στην παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για την απανθρακοποίηση της εγκατάστασης. Ωστόσο, το μεγαλύτερο εμπόδιο στα εκτεταμένα υπαίθρια αθλητικά κέντρα, όπως το «Καλλιπάτειρα», είναι η απουσία μεγάλων διαθέσιμων οροφών κτιρίων που θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν παραδοσιακές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων. Συνεπώς, απαιτούνται καινοτόμες λύσεις που να βασίζονται σε έναν πολυλειτουργικό σχεδιασμό του διαθέσιμου χώρου.

- **Τοποθέτηση Ηλιακών Στεγάστρων (Solar Panels):** Για την αντιμετώπιση του χωρικού περιορισμού, προτείνεται η μελέτη και κατασκευή μεταλλικών στεγάστρων στον εκτεταμένο υπαίθριο χώρο στάθμευσης του κέντρου, καθώς και σε στρατηγικά σημεία πάνω από τις κερκίδες του κεντρικού στίβου, οι κατασκευές αυτές θα φέρουν στην οροφή τους σύγχρονα Φωτοβολταϊκά πάνελ υψηλής απόδοσης (όπως αυτό φαίνεται στο τοπογραφικό διάγραμμα του Α.Κ. που επισυνάπτεται στην Δ.Ε.). Η προσέγγιση αυτή προσφέρει ένα πολλαπλό

ανταποδοτικό όφελος, αφενός επιτυγχάνεται η επιθυμητή παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς τη δέσμευση ζωτικού ελεύθερου χώρου που απαιτείται για τις αθλητικές δραστηριότητες και αφετέρου αναβαθμίζεται το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, η σκίαση που προσφέρουν τα στέγαστρα προστατεύει τα οχήματα των χρηστών, τους αθλητές και τους θεατές από την έντονη ηλιοφάνεια που χαρακτηρίζει το νησί της Ρόδου κατά τους θερινούς μήνες, αλλά και από τα έντονα καιρικά φαινόμενα.

- **Το Μοντέλο του Ενεργειακού Συμψηφισμού (Net-Billing):** Το ενεργειακό προφίλ ενός αθλητικού κέντρου παρουσιάζει μια χαρακτηριστική ασυγχρονία μεταξύ της καμπύλης παραγωγής ενέργειας από Φ/Β και της καμπύλης ζήτησης φορτίων. Ειδικότερα, το σύστημα παράγει τη μέγιστη δυνατή ενέργεια κατά τις μεσημβρινές ώρες, διάστημα κατά το οποίο η λειτουργία και άρα η ενεργειακή κατανάλωση του κέντρου είναι σχετικά περιορισμένη. Αντιθέτως, η αιχμή της κατανάλωσης εντοπίζεται κατά τις βραδινές ώρες, κυρίως λόγω των αυξημένων απαιτήσεων για τον φωτισμό των γηπέδων και του στίβου για προπονήσεις και αγώνες. Για την αντιμετώπιση αυτού του ετεροχρονισμού, κρίνεται ιδανική η υπαγωγή του συστήματος στο σχήμα του Net-Billing (ταυτοχρονισμένος συμψηφισμός με πώληση της περίσσειας ενέργειας). Βάσει αυτού του μοντέλου, η ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και δεν καταναλώνεται επιτόπου, θα εγχέεται στο τοπικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της Ρόδου. Η έγχυση αυτή θα αποφέρει συγκεκριμένα οικονομικά έσοδα στον Δήμο (ως διαχειριστή της εγκατάστασης), τα οποία στη συνέχεια θα συμψηφίζονται λογιστικά με το υψηλό κόστος του ρεύματος που απορροφάται το βράδυ από το δίκτυο για τον φωτισμό. Ουσιαστικά, μέσα από αυτό το θεσμικό και τεχνικό πλαίσιο, το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ λειτουργεί ως μια τεράστια, «εικονική μπαταρία» για το Α.Κ. «Καλλιπάτειρα», απαλλάσσοντας το έργο από το υπέρογκο κόστος αρχικής εγκατάστασης και συντήρησης φυσικών συσσωρευτών (μπαταριών λιθίου), καθιστώντας την επένδυση εξαιρετικά βιώσιμη και με σύντομο χρόνο απόσβεσης.

8.2. Ηλιοθερμικά Συστήματα (ZNX)

Η παρασκευή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) για τις ανάγκες των αποδυτηρίων αποτελεί έναν από τους πλέον ενεργοβόρους τομείς σε μια αθλητική εγκατάσταση. Η τρέχουσα πρακτική της χρήσης συμβατικών ηλεκτρικών θερμοσιφώνων επιβαρύνει δυσανάλογα τόσο τον προϋπολογισμό λειτουργίας όσο και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Για την οριστική επίλυση αυτού του ζητήματος, προτείνεται η εγκατάσταση ενός Κεντρικού Ηλιοθερμικού Συστήματος Βεβιασμένης Κυκλοφορίας. Το σύστημα αυτό θα τοποθετηθεί στις οροφές των υφιστάμενων κτιρίων των αποδυτηρίων.

Σε αντίθεση με τα απλά θερμοσιφωνικά συστήματα, τα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας προσφέρουν πολύ υψηλότερη απόδοση, μεγαλύτερη χωρητικότητα ταμιευτήρων (boilers) και δυνατότητα κεντρικού, αυτοματοποιημένου ελέγχου των θερμοκρασιών. Οι συλλέκτες υψηλής επιλεκτικότητας θα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και μέσω ενός κλειστού κυκλώματος με κυκλοφορητές, θα μεταφέρουν τη θερμότητα στις κεντρικές δεξαμενές αποθήκευσης νερού.

Η επιλογή αυτή είναι απολύτως εναρμονισμένη με τα γεωγραφικά δεδομένα της περιοχής μελέτης. Η Ρόδος διαθέτει ένα από τα υψηλότερα δυναμικά ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη (άνω των 300 ημερών ηλιοφάνειας ετησίως). Υπό αυτές τις συνθήκες, ο σωστός διαστασιολογικός σχεδιασμός ενός τέτοιου κεντρικού ηλιοθερμικού συστήματος δύναται να καλύψει το 85% έως 95% των συνολικών ετήσιων αναγκών του κέντρου σε ζεστό νερό για τα ντους των αθλητών.

Η παρέμβαση αυτή αναμένεται να οδηγήσει στην πλήρη κατάργηση των παραδοσιακών ενεργοβόρων μέσων θέρμανσης νερού (εκτός από ελάχιστες ημέρες βαριάς νέφωσης τον χειμώνα όπου θα λειτουργεί εφεδρικό σύστημα), ελαχιστοποιώντας άμεσα το ανθρακικό αποτύπωμα των αποδυτηρίων.

8.3. Ενεργειακή Αναβάθμιση και Έξυπνος Φωτισμός

Ο φωτισμός των αγωνιστικών χώρων είναι αδιαμφισβήτητα ο κρισιμότερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα υπαίθριο αθλητικό κέντρο που λειτουργεί εντατικά κατά τις βραδινές ώρες. Η χρήση συμβατικών προβολέων (π.χ. αλογονιδίων μετάλλου) χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά χαμηλή ενεργειακή απόδοση, υψηλό κόστος συντήρησης, μεγάλη έκλυση θερμότητας και αδυναμία ευέλικτου ελέγχου της φωτεινότητας.

Η προτεινόμενη παρέμβαση αφορά την καθολική αντικατάσταση του παλαιού και ενεργοβόρου εξοπλισμού φωτισμού με νέους, προηγμένους προβολείς τεχνολογίας LED. Οι λαμπτήρες LED, εκτός από τη δραστική μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, προσφέρουν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, καλύτερο δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI) και εξάλειψη του φαινομένου της φωτορύπανσης, εφόσον τα οπτικά τους συστήματα κατευθύνουν τη δέσμη αυστηρά εντός του αγωνιστικού χώρου.

Πέραν της απλής αντικατάστασης, το κρίσιμότερο στοιχείο της πρότασης είναι η διασύνδεση των νέων φωτιστικών σωμάτων με ένα Κεντρικό Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης Φωτισμού (π.χ. μέσω πρωτοκόλλου DALI). Τα παλαιά συστήματα λειτουργούσαν με τη λογική "όλα ή τίποτα" (On/Off). Το προτεινόμενο «έξυπνο» σύστημα θα επιτρέπει το δυναμικό "dimming" (ρύθμιση έντασης) των προβολέων, προσαρμόζοντας τα επίπεδα φωτισμού στις πραγματικές απαιτήσεις της εκάστοτε δραστηριότητας, βάσει των αυστηρών ευρωπαϊκών προτύπων για τον αθλητικό φωτισμό (π.χ. EN 12193).

Για παράδειγμα, η ένταση του φωτισμού θα ρυθμίζεται αυτόματα στο 30% ή 40% της μέγιστης ικανότητάς του κατά τη διάρκεια μιας απλής καθημερινής προπόνησης ακαδημιών, εξασφαλίζοντας επαρκή ορατότητα και ασφάλεια χωρίς σπατάλη πόρων. Η ένταση θα αυξάνεται στο 100% αυστηρά και μόνο κατά τη διεξαγωγή επίσημων αγώνων, όπου απαιτούνται υψηλά επίπεδα lux για τους αθλητές, τους κριτές και την ενδεχόμενη τηλεοπτική μετάδοση. Η συνδυαστική αυτή παρέμβαση –LED και Smart Management– εκτιμάται πως θα επιφέρει ραγδαία μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό, η οποία με συντηρητικούς υπολογισμούς θα ξεπεράσει το 60%, βελτιώνοντας παράλληλα την οπτική άνεση των χρηστών.

8.4. Βελτίωση Μικροκλίματος και Διαχείριση Νερού

Η περιβαλλοντική αναβάθμιση του αθλητικού κέντρου δεν περιορίζεται μόνο στην ενέργεια, αλλά επεκτείνεται στην προσαρμογή των υποδομών στις συνθήκες της κλιματικής αλλαγής, με έμφαση στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος και την ορθολογική διαχείριση των πολύτιμων υδάτινων πόρων.

- **Ψυχρά Υλικά:** Οι εκτεταμένες ασφαλτοστρωμένες, τσιμεντένιες και συνθετικές επιφάνειες (όπως το ταρτάν και τα δάπεδα των γηπέδων μπάσκετ και τένις) απορροφούν τεράστια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας την ημέρα και τα εκπέμπουν ως θερμότητα, εντείνοντας το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Αυτό

δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες θερμικής δυσφορίας για τους αθλούμενους, ιδίως τους θερμούς μήνες στη Ρόδο.

Ως παρέμβαση προτείνεται, κατά τις επόμενες προγραμματισμένες συντηρήσεις και ανακατασκευές των αθλητικών δαπέδων και των εξωτερικών διαδρόμων, η αντικατάσταση των συμβατικών επιστρώσεων με «Ψυχρά Υλικά». Τα υλικά αυτά είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να διαθέτουν υψηλό Δείκτη Ηλιακής Ανακλαστικότητας και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στην ατμόσφαιρα αντί να το απορροφούν.

Η εφαρμογή τους θα διατηρήσει τις επιφανειακές θερμοκρασίες των γηπέδων σημαντικά χαμηλότερες, βελτιώνοντας καθοριστικά το μικροκλίμα του κέντρου, την αθλητική απόδοση και τον βιοκλιματικό δείκτη θερμικής άνεσης των επισκεπτών.

- **Συλλογή και Αξιοποίηση Όμβριων Υδάτων:** Η Ρόδος, όπως τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, αντιμετωπίζει έντονες πιέσεις στα δίκτυα ύδρευσης, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο όπου η τουριστική κίνηση κορυφώνεται. Η χρήση πόσιμου νερού του δικτύου για δευτερεύουσες ανάγκες μιας μεγάλης αθλητικής εγκατάστασης (όπως το τακτικό πλύσιμο του ταρτάν του στίβου, η άρδευση περιμετρικού πρασίνου ή ο καθαρισμός εξωτερικών χώρων) κρίνεται περιβαλλοντικά μη βιώσιμη. Προτείνεται η εκπόνηση υδραυλικής μελέτης και η κατασκευή μιας εκτεταμένης υπόγειας δεξαμενής ανάσχεσης και συλλογής όμβριων υδάτων. Το σύστημα αυτό θα συλλέγει τα νερά της βροχής από τις απορροές των κτιρίων, των στεγάστρων και των καθαρών υπαίθριων επιφανειών κατά τους χειμερινούς μήνες. Μέσω ενός δικτύου φίλτρων, το νερό θα αποθηκεύεται και θα αξιοποιείται ετεροχρονισμένα τους άνυδρους θερινούς μήνες για τις εργασίες καθαρισμού και άρδευσης του κέντρου. Πέραν της προφανούς εξοικονόμησης του ίδιου του υδάτινου πόρου, η παρέμβαση αυτή έχει και κρυφό ενεργειακό όφελος, μειώνει έμμεσα το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα του νησιού, καθώς αποφορτίζει το πιεσμένο δίκτυο ύδρευσης και εξοικονομεί την τεράστια ηλεκτρική ενέργεια που θα καταναλωνόταν από τη Δ.Ε.Υ.Α.Ρ για την άντληση, τη μεταφορά, ή ακόμα και την αφαλάτωση αυτής της ποσότητας νερού.

8.5. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 8ο κεφάλαιο της παρούσας Δ.Ε. σκιαγραφήθηκε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο στρατηγικών παρεμβάσεων, προσαρμοσμένο στις ανάγκες και τις δυνατότητες του Α.Κ. «Καλλιπάτειρα», με απώτερο σκοπό τη ριζική συρρίκνωση των εκπομπών CO₂ και τη μετατροπή του σε πρότυπο βιωσιμότητας.

Συνοψίζοντας, η μετάβαση αυτή δομείται σε τέσσερις κεντρικούς άξονες δράσης:

1. Παραγωγή Καθαρής Ενέργειας με Πολυλειτουργικό Σχεδιασμό:

Η εγκατάσταση ηλιακών στεγάστρων με ενσωματωμένα Φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία θα λειτουργούν υπό καθεστώς ταυτοχρονισμένου συμψηφισμού (Net-Billing). Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει την ενεργειακή αυτονομία του κέντρου, αξιοποιώντας παραγωγικά το δίκτυο διανομής και αναβαθμίζοντας την προστασία και τη χωρική αισθητική των χώρων στάθμευσης και των κερκίδων, χωρίς απώλεια αθλητικού χώρου.

2. Απανθρακοποίηση Παραγωγής ZNX: Η τοποθέτηση ενός υπερσύγχρονου κεντρικού ηλιοθερμικού συστήματος βεβαισμένης κυκλοφορίας στις εγκαταστάσεις των αποδυτηρίων, ικανού να εκμεταλλευτεί το πλούσιο ηλιακό δυναμικό της Ρόδου, εξαλείφοντας σχεδόν ολοκληρωτικά τη χρήση ενεργοβόρων ηλεκτρικών αντιστάσεων για την παραγωγή ζεστού νερού.

3. Μέγιστη Ενεργειακή Αποδοτικότητα: Η καθολική ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος ηλεκτροφωτισμού του αθλητικού κέντρου. Η μετάβαση σε προβολείς τεχνολογίας LED υψηλής απόδοσης, άρρηκτα συνδεδεμένους με συστήματα έξυπνης διαχείρισης (Smart Management) και δυναμικής προσαρμογής της φωτεινότητας βάσει των πραγματικών αναγκών της εκάστοτε χρήσης (αγώνας vs προπόνηση), μεγιστοποιώντας την εξοικονόμηση.

4. Κλιματική Προσαρμογή και Κυκλική Οικονομία πόρων: Η δραστική βελτίωση του τοπικού μικροκλίματος με τη σταδιακή εφαρμογή «ψυχρών υλικών» (cool materials) υψηλής ανακλαστικότητας στους αγωνιστικούς χώρους για την καταπολέμηση της αστικής θερμικής νησίδας. Παράλληλα, η θωράκιση των υδάτινων πόρων της εγκατάστασης μέσω της κατασκευής συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων (χειμώνας) για την κάλυψη των αναγκών καθαρισμού και άρδευσης (καλοκαίρι), μειώνοντας την εξάρτηση από το δίκτυο πόσιμου νερού.

Οι προαναφερθείσες παρεμβάσεις λειτουργούν συνεργατικά και αλληλοσυμπληρωματικά. Η υλοποίησή τους δεν θα προσδώσει απλώς ένα θετικό οικολογικό πρόσημο στο Α.Κ. «Καλλιπάτειρα», αλλά θα διασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη οικονομική του βιωσιμότητα (μέσω της ραγδαίας μείωσης των λειτουργικών εξόδων) και θα δημιουργήσει ένα ποιοτικότερο, θερμικά και οπτικά, περιβάλλον για τους αθλητές και τους πολίτες της Ρόδου.

9. Οικονομοτεχνική Μελέτη και Περιβαλλοντική Ανάλυση.

Η ρεαλιστική αποτίμηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων (με έμφαση στα Φωτοβολταϊκά) απαιτεί τη μετατροπή του περιβαλλοντικού οφέλους σε οικονομικούς και ποσοτικούς δείκτες (D'Agostino & Parker, 2018).

9.1 Υπολογισμός Οικονομικών Δεικτών

Ο Δήμος Ρόδου για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του χρησιμοποιείται ο Απλός Χρόνος Απόσβεσης (Simple Payback Period - SPP). Ο δείκτης αυτός φανερώνει σε πόσα χρόνια τα εξοικονομούμενα χρήματα από τους λογαριασμούς θα καλύψουν το αρχικό κεφάλαιο:

$$SPP = CAPEX / (E - OPEX)$$

Όπου:

- **CAPEX (Capital Expenditure):** Το αρχικό κόστος αγοράς, αδειοδότησης και εγκατάστασης του συστήματος (συμπεριλαμβανομένων των μεταλλικών στεγάστρων).
- **E (Energy Savings):** Το μικτό ετήσιο οικονομικό όφελος από το συμψηφιζόμενο ρεύμα.
- **OPEX (Operational Expenditure):** Το ετήσιο κόστος συντήρησης και ασφάλισης (συνήθως ~1,5% του CAPEX).

9.2 Υπολογισμός Αποφευγόμενων Εκπομπών CO₂

Η μετατροπή της εξοικονομούμενης (ή ιδιοπαραγόμενης) ενέργειας σε αποφευγόμενους ρύπους υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$CO_2 \text{ (tn)} = (E * EF) / 1000$$

Όπου:

- **E:** Η ετήσια ενέργεια σε κιλοβατώρες (kWh).
- **EF (Emission Factor):** Ο συντελεστής εκπομπών του δικτύου. Όπως αναλύθηκε, το τοπικό δίκτυο της Ρόδου βασίζεται σε υγρά καύσιμα. Βάσει των ετήσιων εκθέσεων (ΔΑΠΕΕΠ/ΔΕΔΔΗΕ), ένας ρεαλιστικός συντελεστής για τη Ρόδο είναι εξαιρετικά υψηλός, υπολογιζόμενος στο **0,68kg CO₂/Kwh** (σε αντίθεση με το 0,40 kg CO₂/Kwh της ηπειρωτικής Ελλάδας).

9.3 Πίνακας Μελέτης Περίπτωσης Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Συστήματος 100kWp σε στέγαστρα.

Ακολουθεί η εφαρμογή των παραπάνω περιγραφόμενων τύπων σε ένα ρεαλιστικό σενάριο εγκατάστασης ηλιακών στεγάστρων ισχύος 100 kWp στον χώρο του αθλητικού κέντρου (χώρος στάθμευσης και στέγαστρο κερκίδας):

Παράμετρος	Υπολογισμός / Τιμή	Αποτέλεσμα
Συνολικό Κόστος Επένδυσης	$100\text{kWp} * 1.300\text{€/kWp}$	130.000,00€
Ετήσια Παραγωγή (Σύμφωνα με την Ηλιοφάνεια του Νησιού Της Ρόδου)	$100\text{kWp} * 1.650\text{kWp/έτος}$	165.000,00kWp / έτος
Μικτό Ετήσιο Όφελος	$165.000 \text{ kWh} * 0,18 \text{ €/kWh}$	29.700,00€
Ετήσιο Κόστος Συντήρησης	$130.000,00\text{€} * 1,5\%$	1.950,00€
Καθαρό Ετήσιο Όφελος	$29.700,00\text{€} - 1.950,00\text{€}$	27.750,00€
Απλός Χρόνος Απόσβεσης	$130.000,00\text{€} / 27.750,00\text{€}$	4,68 έτη
Ετήσια Μείωση Εκπομπών	$(165.000,00\text{kWh} * 0,68 \text{ kg/kWh}) / 1000$	112,20 τόνοι
Συνολική Μείωση (σε 25 έτη ζωής)	$112,20 \text{ tn} * 25 \text{ έτη}$	2.805 τόνοι

Γενικό Συμπέρασμα Ανάλυσης: Μια απόσβεση σε λιγότερο από 5 έτη θεωρείται εξαιρετικά αποδοτική για ένα δημόσιο έργο. Για τα εναπομείναντα 20 χρόνια ζωής του συστήματος, ο Δήμος Ρόδου θα εξοικονομεί περίπου 27.000€ ετησίως, ενώ παράλληλα η ατμόσφαιρα του νησιού θα γλιτώνει από χιλιάδες τόνους CO_2 , καθιστώντας το Αθλητικό Κέντρο "Καλλιπάτειρα" πρότυπο βιώσιμης αθλητικής εγκατάστασης.

Με την εξοικονόμηση χρημάτων λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας θα μπορέσει ο Δήμος Ρόδου με έναν σαφή προγραμματισμό να γίνουν και οι άλλες ενέργειες σύμφωνα με τις Προτάσεις Παρεμβάσεων για την Μείωση Εκπομπών CO_2 .

9.4. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 9^ο κεφάλαιο παρατίθεται η οικονομοτεχνική μελέτη (με την εφαρμογή μαθηματικών τύπων) που αποδεικνύει την αποδοτικότητα της προτεινόμενης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών.

Υπολογίζεται ότι το σύστημα 100kWp έχει αρχικό κόστος (περίπου) 130.000,00€, θα παράγει καθαρό ετήσιο όφελος 27.750,00€, προσφέροντας απόσβεση σε μόλις 4,68 έτη. Ταυτόχρονα, αποδεικνύεται η τεράστια περιβαλλοντική ανακούφιση, καθώς αποτρέπεται η έκλυση 112,20 τόνων CO_2 στο περιβάλλον ετησίως (ή 2.805 τόνων στην 25ετία).

10. Τελικά Συμπεράσματα – Προτάσεις

10.1. Θεωρητικά Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε τον αθλητισμό ως ένα πολυδιάστατο κοινωνικό και οικονομικό φαινόμενο, το οποίο ωστόσο συνοδεύεται από ένα δυσανάλογα υψηλό περιβαλλοντικό κόστος. Ιστορικά, η ανάπτυξη των αθλητικών εγκαταστάσεων και η διοργάνωση μεγάλων αθλητικών γεγονότων βασίστηκαν στο δόγμα της λειτουργικότητας και του θεάματος, παραβλέποντας την οικολογική διάσταση.

Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, κατέστη σαφές ότι η σύγχρονη βιομηχανία του αθλητισμού καταναλώνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας (για φωτισμό και κλιματισμό), υδάτινων πόρων (άρδευση γηπέδων, πισίνες) και φυσικών υλικών, ενώ παράγει τεράστιους όγκους στερεών και υγρών αποβλήτων. Συνεπώς, η έννοια του «περιβαλλοντικού αποτυπώματος» δεν αποτελεί απλώς έναν θεωρητικό δείκτη, αλλά το βασικότερο κριτήριο αξιολόγησης της βιωσιμότητας των αθλητικών υποδομών στη σύγχρονη εποχή.

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα του θεωρητικού μέρους είναι ότι η περιβαλλοντική αναβάθμιση του αθλητισμού απαιτεί συστημική προσέγγιση. Δεν αρκούν οι αποσπασματικές ενέργειες. Απαιτείται η καθολική υιοθέτηση συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως το πρότυπο ISO 14001 ή το πρότυπο ISO 14040, και η εναρμόνιση με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Πλέον, διεθνείς οργανισμοί όπως η UEFA και η FIFA έχουν μετατρέψει τις οικολογικές προτάσεις σε αυστηρούς, δεσμευτικούς κανονισμούς αδειοδότησης, καθιστώντας τη «πράσινη» μετάβαση των σταδίων υποχρεωτική για τη φιλοξενία διοργανώσεων.

10.2 Συμπεράσματα από το Πεδίο Μελέτης (Α.Κ. «Καλλιπάτειρα»)

Η μετάβαση από τη θεωρία στην πράξη, μέσω της μελέτης περίπτωσης στο Αθλητικό Κέντρο «Καλλιπάτειρα» του Δήμου Ρόδου, επαλήθευσε και ποσοτικοποίησε τις θεωρητικές παραδοχές. Η χωροθέτηση και το μικροκλίμα αναδείχθηκαν σε καθοριστικούς παράγοντες της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κέντρου. Ειδικότερα, συμπεραίνεται ότι:

- **Γεωγραφική Τρωτότητα:** Η παράκτια θέση (Καρακόνερο) προκαλεί οξεία διάβρωση από την αλατονέφωση, μειώνοντας τον κύκλο ζωής των υλικών (ιστοί φωτισμού, μεταλλικές κατασκευές κ.α.) και αυξάνοντας τις έμμεσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ λόγω της ανάγκης συχνής αντικατάστασής τους.

- **Επίδραση του Τοπικού Δικτύου:** Η βιωσιμότητα μιας υποδομής εξαρτάται άμεσα από την περιοχή λειτουργίας της. Επειδή η Ρόδος τροφοδοτείται από αυτόνομους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (καύση πετρελαίου/μαζούτ), η εξάρτηση του κέντρου από τον συμβατικό τεχνητό φωτισμό κατά τις νυχτερινές ώρες έχει καταστροφικό ανθρακικό αποτύπωμα, με τον συντελεστή εκπομπών να αγγίζει τα 0,68 kg CO₂/kWh.
- **Πιέσεις στους Πόρους:** Η απουσία βιοκλιματικού σχεδιασμού οδήγησε στην εκτεταμένη χρήση σκούρων, σκληρών υλικών (άσφαλτος, ακρυλικά δάπεδα), δημιουργώντας αστική θερμική νησίδα. Παράλληλα, οι αναχρονιστικές πρακτικές διαχείρισης νερού εντείνουν το ήδη υπάρχον πρόβλημα λειψυδρίας του νησιού.

10.3 Συμπεράσματα Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης

Παρά τις σημαντικές προκλήσεις, η έρευνα κατέδειξε ότι η τεχνολογία για τη ριζική αναστροφή της υφιστάμενης κατάστασης είναι διαθέσιμη και, κυρίως, οικονομικά συμφέρουσα.

Η αντικατάσταση των συμβατικών προβολέων με τεχνολογία LED, η εφαρμογή "ψυχρών υλικών", η εγκατάσταση ηλιοθερμικών για τα αποδυτήρια και η συλλογή όμβριων υδάτων αποτελούν παρεμβάσεις άμεσης απόδοσης. Ο ακρογωνιαίος λίθος όμως της προτεινόμενης αναβάθμισης είναι η ιδιοπαραγωγή ενέργειας.

Η οικονομοτεχνική ανάλυση που διεξήχθη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στεγάστρων ισχύος 100 kWp αποδεικνύει αδιαμφισβήτητα τη βιωσιμότητα του εγχειρήματος. Για ένα έργο αρχικού προϋπολογισμού (CAPEX) 130.000,00€, προκύπτει ετήσιο καθαρό οικονομικό όφελος της τάξης των 27.750,00€, οδηγώντας σε έναν Απλό Χρόνο Απόσβεσης (SPP) μόλις 4,68 ετών.

Σε καθαρά περιβαλλοντικούς όρους, μόνο αυτή η παρέμβαση μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 112,2 τόνους CO₂ ετησίως.

Στον κύκλο ζωής του έργου (25 έτη), η αποφυγή έκλυσης 2.805 τόνων CO₂ αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική ανάσα για το τοπικό οικοσύστημα της Ρόδου.

10.3.1. Τελικό Συμπέρασμα Οικονομοτεχνικής Μελέτης.

Η μετάβαση των αθλητικών εγκαταστάσεων σε υποδομές χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα δεν αποτελεί πλέον πολυτέλεια, αλλά λειτουργική αναγκαιότητα. Ο περιβαλλοντικός

σχεδιασμός είναι μια άκρως ανταποδοτική στρατηγική επένδυση, η οποία εναρμονίζει τις υποδομές της Τοπικής Αυτοδιοίκησης με τους εθνικούς και ευρωπαϊκούς κλιματικούς στόχους, προστατεύοντας παράλληλα τα δημόσια οικονομικά από το διαρκώς αυξανόμενο ενεργειακό κόστος.

10.4. Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο 10^ο κεφάλαιο συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα, επιβεβαιώνοντας πως η περιβαλλοντική αναβάθμιση των σταδίων δεν είναι πλέον πολυτέλεια, αλλά λειτουργική και οικονομική αναγκαιότητα για την Τοπική Αυτοδιοίκηση.

Τέλος, κατατίθενται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, όπως η μελέτη LCA για αθλητικά δάπεδα (π.χ. υβριδικός χλοοτάπητας) και η αξιολόγηση των έμμεσων εκπομπών (Scope 3) από τις μετακινήσεις φιλάθλων και αθλητών.

11. Αξιολόγηση Δ.Ε. – Προτάσεις – Θεωρητικές & Πρακτικές Εφαρμογές

11.1. Αναπάντητα Ερωτήματα & Αδυναμίες Δ.Ε.

Κάθε επιστημονική έρευνα υπόκειται σε μεθοδολογικούς περιορισμούς και η παρούσα διπλωματική εργασία δεν αποτελεί εξαίρεση σε αυτό το δεδομένο. Μια από τις βασικές αδυναμίες εντοπίζεται στην έλλειψη πρωτογενών, μετρήσιμων δεδομένων αναφορικά με την ακριβή ογκομετρική κατανάλωση ύδατος στο Α.Κ. «Καλλιπάτειρα». Η προσέγγιση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και η πρόταση για δεξαμενές όμβριων υδάτων βασίστηκε σε ποιοτική αξιολόγηση των αναγκών και όχι σε ανάλυση ιστορικών δεδομένων από τους λογαριασμούς της τοπικής επιχείρησης ύδρευσης (Δ.Ε.Υ.Α.Ρ.). Επιπρόσθετα ένα σημαντικό αναπάντητο ερώτημα παραμένει ο ακριβής υπολογισμός των έμμεσων εκπομπών (Score 3) που προκύπτουν από τις καθημερινές μετακινήσεις των εκατοντάδων αθλητών και πολιτών προς και από την εγκατάσταση. Παρότι η βιβλιογραφία τονίζει ότι οι μεταφορές αποτελούν τον κύριο λόγο ρύπανσης του περιβάλλοντος, η έλλειψη τοπικών ερωτηματολογίων μετακίνησης δεν επέτρεψε την ποσοτικοποίηση αυτού του αποτυπώματος για το συγκεκριμένο κέντρο. Τέλος, η οικονομοτεχνική ανάλυση για την εγκατάσταση του συστήματος των φωτοβολταϊκών, αν και βασισμένη σε ρεαλιστικούς δείκτες και στο ηλιακό δυναμικό της Ρόδου, δεν συμπεριέλαβε στο ισοζύγιο για τον «ενσωματωμένο άνθρακα» των μεταλλικών στεγάστρων και των ίδιων των πάνελ, εξετάζοντας κυρίως τη φάση λειτουργίας.

11.2. Προτάσεις για περαιτέρω μελλοντική έρευνα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανοίγει τον δρόμο για μια ευρύτερη ακαδημαϊκή συζήτηση γύρω από τον βιώσιμο αθλητισμό στην Ελλάδα. Καθώς το πεδίο της αθλητικής οικολογίας εξελίσσεται διαρκώς και σύμφωνα με τις παραπάνω αδυναμίες, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

1. **Εκτενής Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA) Αθλητικών Δαπέδων:** Προτείνεται η διεξαγωγή ερευνών που θα εφαρμόσουν αυστηρά τη μεθοδολογία LCA (από την παραγωγή (εξόρυξη) έως την τελική διάθεση (απόρριψη)) για τη σύγκριση φυσικού, συνθετικού και υβριδικού χλοοτάπητα στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες. Η

- μελέτη αυτή θα πρέπει να εστιάσει τόσο στην κατανάλωση νερού όσο και στη διαρροή μικροπλαστικών στο υπέδαφος από τα συνθετικά υλικά.
2. **Συγκριτική Μελέτη Διασυνδεδεμένων και Μη Διασυνδεδεμένων Δικτύων:** Μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να εξετάσει συγκριτικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας αθλητικής εγκατάστασης της νησιωτικής Ελλάδας (π.χ. Ρόδος ή Κρήτη) σε σχέση με μια απολύτως αντίστοιχη εγκατάσταση στην ηπειρωτική Ελλάδα (π.χ. Αθήνα). Στόχος θα είναι η ανάδειξη της επιρροής του εκάστοτε εθνικού / τοπικού ενεργειακού μείγματος στον τελικό σχεδιασμό.
 3. **Αξιολόγηση των Έμμεσων Εκπομπών (Scope 3) από τις Μεταφορές:** Μια πολύτιμη επόμενη έρευνα (μέσω ερωτηματολογίων) θα ήταν η ποσοτική μέτρηση του ανθρακικού αποτυπώματος που προκαλείται αποκλειστικά από τις μετακινήσεις των θεατών και των αθλητών προς τα περιφερειακά αθλητικά κέντρα, και η αξιολόγηση «Σχεδίων Αστικής Κινητικότητας» για τον αθλητισμό.
 4. **Η Κοινωνική Διάσταση των «Πράσινων» Σταδίων:** Πέρα από τους τεχνικούς δείκτες, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διερεύνηση του κατά πόσο μια βιώσιμη αθλητική εγκατάσταση (με εμφανή σημάδια ανακύκλωσης, Φ/Β, απουσία πλαστικών) επιδρά στην περιβαλλοντική συνείδηση και την καθημερινή συμπεριφορά των φιλάθλων - χρηστών της, λειτουργώντας ως εργαλείο μαζικής οικολογικής εκπαίδευσης.
 5. **Ενσωμάτωση Τεχνολογιών Αποθήκευσης (V2G):** Με την άνοδο της ηλεκτροκίνησης, προτείνεται η τεχνοοικονομική μελέτη για τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων των θεατών στους χώρους στάθμευσης των σταδίων ως «προσωρινών μπαταριών» για την εξομάλυνση των αιχμών ζήτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια των αγώνων.

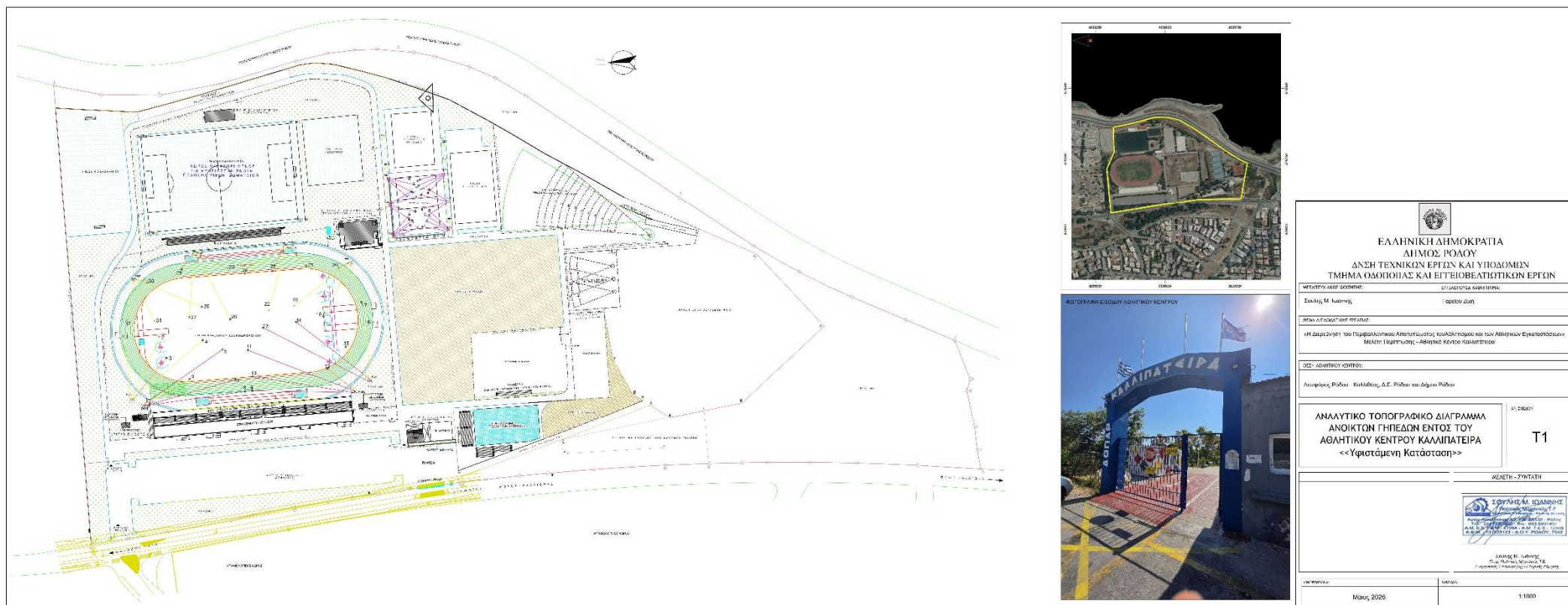
11.3. Πιθανές Θεωρητικές και Πρακτικές Εφαρμογές των Αποτελεσμάτων της Δ.Ε.

Σε θεωρητικό επίπεδο τα ευρήματα της διπλωματικής εργασίας εμπλουτίζουν την περιορισμένη ελληνόγλωσση βιβλιογραφία αναφορικά με τη βιωσιμότητα των αθλητικών εγκαταστάσεων. Προσφέρουν ένα ενοποιημένο μοντέλο προσέγγισης το οποίο αποδεικνύει ότι οι διεθνείς οδηγίες (όπως της UEFA και της FIFA αλλά και το πρότυπο ISO 14001)

μπορούν να προσαρμοστούν και να ερμηνευτούν υπό το πρίσμα τοπικών ιδιαιτεροτήτων, όπως η νησιωτικότητα, η αλατονέφωση και η λειτουργία σε αυτόνομα θερμικά δίκτυα.

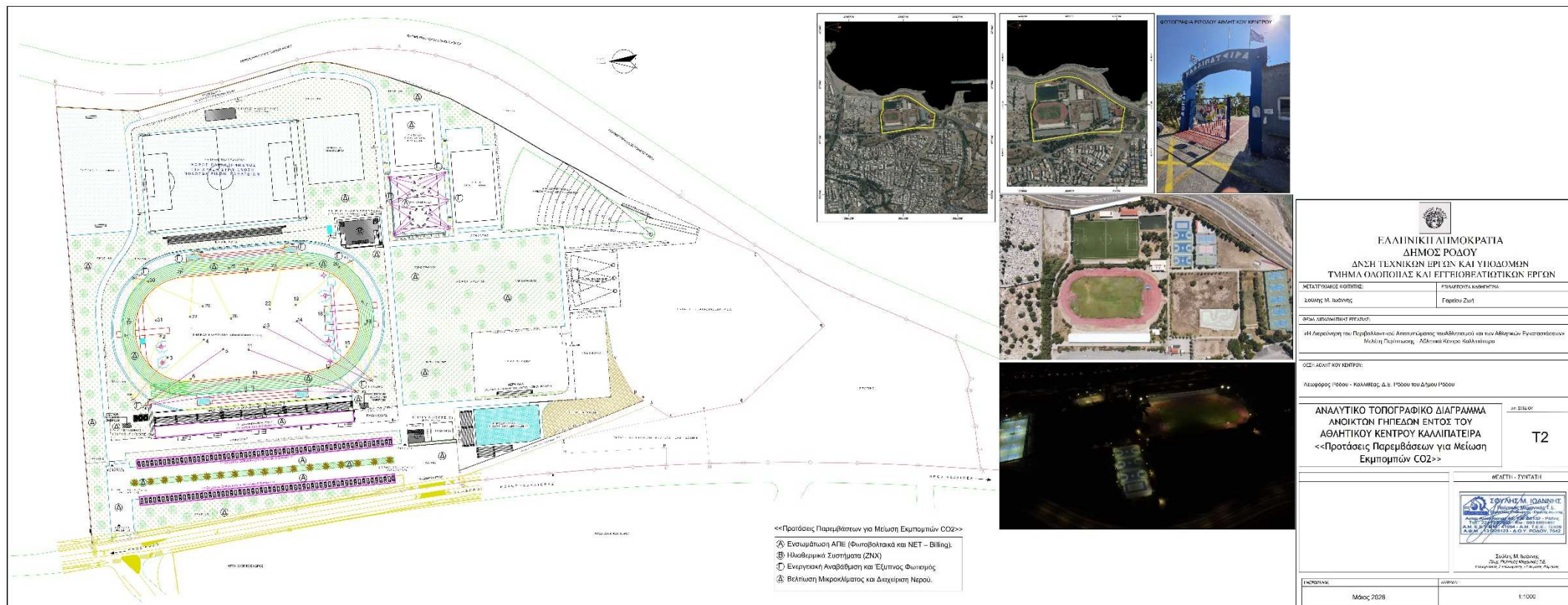
Σε πρακτικό επίπεδο η μελέτη που πραγματοποιήθηκε για το Αθλητικό Κέντρο διαθέτει άμεση εφαρμοσμένη αξία. Το προτεινόμενο στρατηγικό σχέδιο (Net-Billing Φ/Β σε στέγαστρα, ηλιοθερμικά συστήματα & έξυπνος φωτισμός από LED) και η κοστολόγησή του μπορούν να λειτουργήσουν ως ένα έτοιμο, προκαταρκτικό «Master Plan» για την Τοπική Αυτοδιοίκηση (Δήμος Ρόδου). Η μελέτη αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί ως τεκμηρίωση για την υποβολή προτάσεων χρηματοδότησης σε ευρωπαϊκά ή εθνικά προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης δημοσίων κτιρίων (π.χ. προγράμματα ΕΣΠΑ, Ταμείο Ανάκαμψης ή οποιαδήποτε άλλο πρόγραμμα). Επιπλέον, το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε για το Α.Κ. «Καλλιπάτειρα» είναι κατασκευασμένο σε μια κλίμακα με αποτέλεσμα να μπορεί να εφαρμοστεί ως πρακτικός οδηγός αναβάθμισης για αντίστοιχα υπαίθρια αθλητικά κέντρα σε όλα τα μη διασυνδεδεμένα νησιά του Αιγαίου, προάγοντας την ενεργειακή τους αυτονομία.

Τοπογραφικό Διάγραμμα Υφιστάμενης Κατάστασης Αθλητικού Κέντρου.



 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΔΗΜΟΣ ΡΟΔΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΕΦΕΛΑΓΩΓΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	
ΜΕΤΡΗΣΤΗΣ ΔΕΔΕ ΣΦΗΝΤΗΣ	ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΚΑΘΗΜΕΡΙΩΣ
Σούλης Μ. Ιωάννης	Γεώργιος Δωή
ΔΙΑΚΑΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣΕΩΣ «Η διαμόρφωση του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος του Αθλητικού Κέντρου με την Αθροιστική Εγκατάσταση των Αθλητικών Εγκαταστάσεων» Μόλυβο (Κρήνη) - Αθλητικό Κέντρο Καλλιπατεΐρας	
ΟΔΕ - Αθλητικό Κέντρο Λεωφόρος Ρόδου - Καλλιπατεΐρα, Δ.Ε. Ρόδου και Λέρινα Ρόδου	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ Τ1	
ΜΕΛΕΤΗ - ΣΥΝΤΑΞΗ  Σούλης Μ. Ιωάννης Μηχανικός Γεωγραφικών Εργασιών Α.Μ.Α.Α. 123456789 Α.Ο.Υ. ΡΟΔΟΥ 2026	
ΛΕΓΟΜΕΝΟ:	ΜΕΤΑΣΚΑΛΟΓΙΑ
Μάιος 2026	1:1000

Τοπογραφικό Διάγραμμα με Προτεινόμενες Παρεμβάσεις Αθλητικού Κέντρου.



Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Δ.Ε.:

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Αμουργής, Σ., Γιαννάς, Σ., Ευαγγελινός, Ε., Καλογεράς, Ν., Καλογήρου, Ν., & Helmle, P. (2001). Περιβαλλοντικός σχεδιασμός πόλεων και ανοικτών χώρων (Τόμος Α). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Δήμος Ρόδου. (χ.χ.). Αθλητισμός. Ανακτήθηκε από <https://www.rhodes.gr/athlitismos/#1740400936402-f6466a1e-382a>.

Τριάντη, Μ., Αλμπανόπουλος, Κ., & Γεωργίου, Α. (2021). Ενεργειακή αναβάθμιση αθλητικών υποδομών και έξυπνα συστήματα διαχείρισης. Εκδόσεις Ακαδημαϊκών Γραμμάτων.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Abidin, A. N. S. Z., Yasin, M. R. M., Hakim, S., Aspar, M. A. S. M., & Jamal, N. Z. (2024). Green technology in sports: The role of waste management in sustainable stadiums. Στο Z. Mohamed κ.ά. (Επιμ.), Proceedings of the 2nd International Conference on Innovation and Technology in Sports.

Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Peer reviewed: Design through the 12 principles of green engineering.

Aquino, I., & Nawari, N. (2015). Sustainable design strategies for sport stadia.

Baade, R. A., & Matheson, V. A. (2004). The quest for the Cup: Assessing the economic impact of the World Cup.

Babu, D. κ.ά. (2024). Harnessing solar energy: A green technology approach in sports facility management.

Balaji, M. V., Senthil, M., & Jothilakshmy, N. (2025). Green stadium: A comprehensive approach to sustainable design strategies for outdoor sports.

Beatley, T. (2012). Green cities of Europe. Island Press.

BRE. (2018). BREEAM UK New Construction Technical Manual. Building Research Establishment.

Brittain, I. (2016). The Paralympic Games explained.

Campanella, T. J. (2008). Urban resilience and the recovery of New Orleans. Journal of the American Planning Association.

- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., ... & Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, practice, and policy.
- Chen, Q., & Liu, T. (2020). The effectiveness of community sports provision on social inclusion and public health in rural China.
- Climate Pledge Arena. (2022). Sustainability Report 2021-2022. Oak View Group.
- Coakley, J. (2017). Sports in society: Issues and controversies.
- Collins, A., Jones, C., & Munday, M. (2009). Assessing the environmental impacts of mega sporting events.
- Daddi, T., Rizzi, F., & Frey, M. (2021). Ecological footprinting and environmental management systems in professional football clubs.
- D'Agostino, D., & Parker, D. (2018). A framework for the cost-optimal design of nearly zero energy buildings (NZEBs) in representative climates across Europe.
- Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*.
- Dingle, G. (2020). Sport and environmental sustainability: Research and strategic management.
- Dingle, G. W., & Stewart, B. (2018). Playing the climate game: Climate change impacts, resilience and adaptation in the climate-vulnerable sport sector.
- FIFA. (2022). FIFA sustainability strategy.
- Fleming, P. R. (2020). Environmental impacts of synthetic turf fields: A review of microplastics and chemical leaching.
- Giulianotti, R. (2015). Sport: A critical sociology.
- Gkeka-Serpetsidaki, P., & Tsoutsos, T. (2022). A methodological framework for optimal sizing of solar parking canopies in public facilities.
- Goldblatt, D. (2020). Playing against the clock: Global sport, the climate emergency and what needs to change.
- Hennessy, J., McCullough, B. P., & Wall, A. (2019). Solar energy adoption in sport stadia: Operational efficiency and financial viability.
- Houlihan, B., & Green, M. (2008). Comparative elite sport development.
- ILFI. (2021). Zero Carbon Certification Standard. International Living Future Institute.

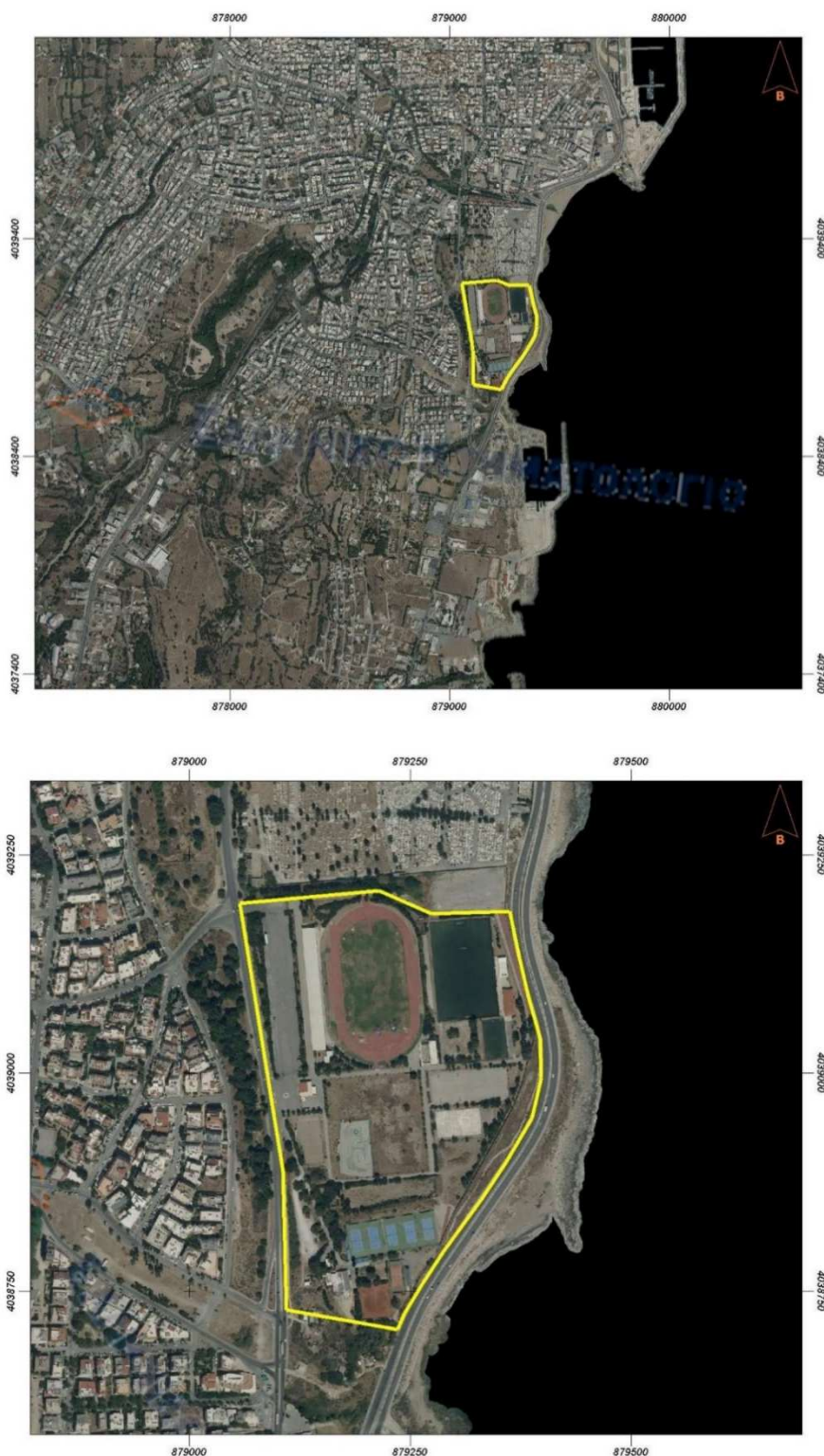
- International Olympic Committee. (2020). Olympic Agenda - Sustainability strategy.
- ISO. (2006). ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework.
- ISO. (2015). ISO 14001: Environmental management systems.
- ISO. (2012). ISO 20121 - Event sustainability management systems - Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.
- Johan Cruyff ArenA. (2020). Innovation & Sustainability Report 2019-2020. Amsterdam Arena N.V..
- Jones, C. (2014). Sustainable events: A strategic approach using ISO 20121.
- Jones, C., & Hammond, G. (2019). Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 3.0. Circular Ecology.
- Kaldellis, J. K., El-Khozondar, M. B., El-Batroukh, M. W., & Zafirakis, D. (2010). Techno-economic viability of PV-based stand-alone rural electrification.
- Katsaprakakis, D. A. (2016). Energy upgrading possibilities for sports centers, based on RES exploitation.
- Khanna, M., Daddi, T., Merlo, F., & Iraldo, F. (2024). An assessment on the carbon footprint of a football club—An action research from theory to practice.
- Klöpffer, W., & Grahl, B. (2014). Life cycle assessment (LCA): A guide to best practice.
- Lefebvre, F. (2020). Sport infrastructure and urban sustainability: Aligning stadium development with SDG 11.
- Mallen, C., & Chard, C. (2011). A framework for debriefing the environmental sustainability implications of sport events.
- Mallen, C., & Chard, C. (2012). "What could be" in Canadian sport facility sustainability: A review. *Sport Management Review*.
- McCullough, B. P., & Kellison, T. B. (Επιμ.). (2017). *Routledge handbook of sport and the environment*. Routledge.
- McCullough, B. P., Orr, M., & Kellison, T. (2020). *Sport ecology*. Sport Management.
- Müller, M., Wolfe, S. D., Gaffney, C., & Gogishvili, D. (2023). An evaluation of the sustainability of the Olympic Games 1992–2020.

- Muthu, S. S. (Επιμ.). (2021). LCA based carbon footprint assessment.
- Paramio-Salto, A., Campos, C., & Buraimo, B. (2018). Environmental regulation in European football stadia: A comparative analysis.
- Preuss, H. (2004). The economics of staging the Olympics: A comparison of the Games. Edward Elgar Publishing.
- Rydin, Y. (2010). Governing for sustainable urban development.
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments.
- Self, S. J., Reddy, B. V., & Rosen, M. A. (2013). Geothermal heat pump systems: Status review and trend analysis.
- Serensits, T. J., McNitt, A. S., & Petrunak, D. M. (2011). Player-to-surface interactions on hybrid turf systems.
- Spaaij, R. (2009). The social impact of sport. Sport in Society.
- Sustainability. (2023). Environmental impact of major sporting events.
- Trendafilova, S., Babiak, K., & Heinze, K. (2013). Corporate social responsibility and environmental sustainability in the professional sports industry.
- Triantafyllidis, S., Ries, R. J., & Kaplanidou, K. (2018). Carbon footprint of spectators' transportation in collegiate events: Comparing small and large programs.
- Trovato, M. R., Nocera, F., & Giuffrida, S. (2020). Life-cycle assessment and monetary measurements for the carbon footprint reduction of public buildings.
- Uddin, K., Jackson, T., & Widanage, W. D. (2021). Second-life electric vehicle batteries for stationary energy storage systems in large venues.
- UEFA. (2021). Football sustainability strategy 2030.
- UEFA. (2022). UEFA Sustainable Infrastructure Guidelines. Union of European Football Associations.
- United Nations Climate Change. (2019). Sports for climate action framework.
- USGBC. (2020). LEED v4.1 Building Design and Construction Reference Guide. U.S. Green Building Council.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth.
- Wicker, P. (2019). The carbon footprint of active sport participants.

World Health Organization. (2020). Guidelines on physical activity and sedentary behaviour.

- Zavadivker, G. (2021). Sustainable development in sports facilities.

Παράρτημα Α: «Φωτογραφίες Α.Κ.»

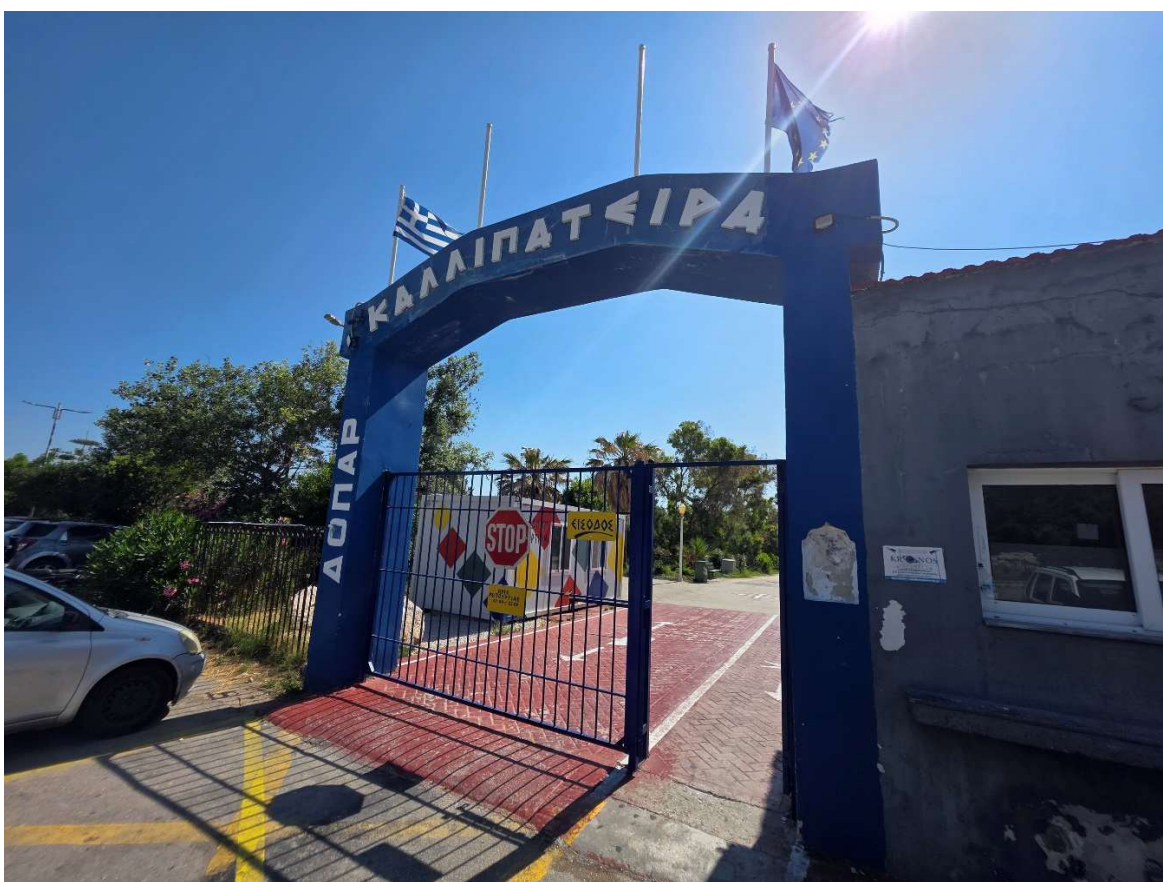


Φωτογραφία 1 & 2: Αποσπάσματα Αεροφωτογραφίας Αθλητικού Κέντρου Καλλιπάτειρα

(Κλίμακα 1:1000 & 1:2500) - (Πηγή: Site Κτημαλογίου Α.Ε.)



Φωτογραφία 3: Γενική Διάταξη Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 4: Κεντρική Είσοδος Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή)



Φωτογραφία 5: Χάρτης Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή)



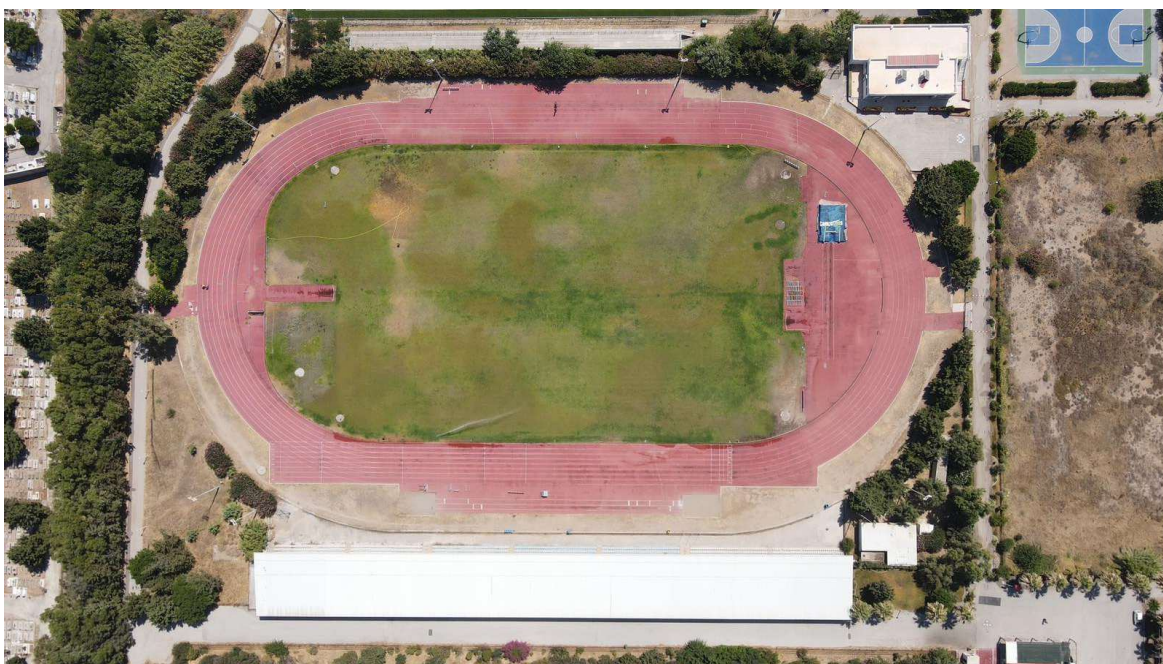
Φωτογραφία 6: Κυλικείο Α.Κ. & Χώρος Υποδοχής - Reception (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή)



Φωτογραφία 7: Χώρος Εισόδου Α.Κ. & Υποδοχής - Reception (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή)



Φωτογραφία 8: Γήπεδα Μπάσκετ και Τένις Α.Κ. (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 9: Γήπεδο Στίβου Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 10: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 11: Γήπεδα Ποδοσφαίρου Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



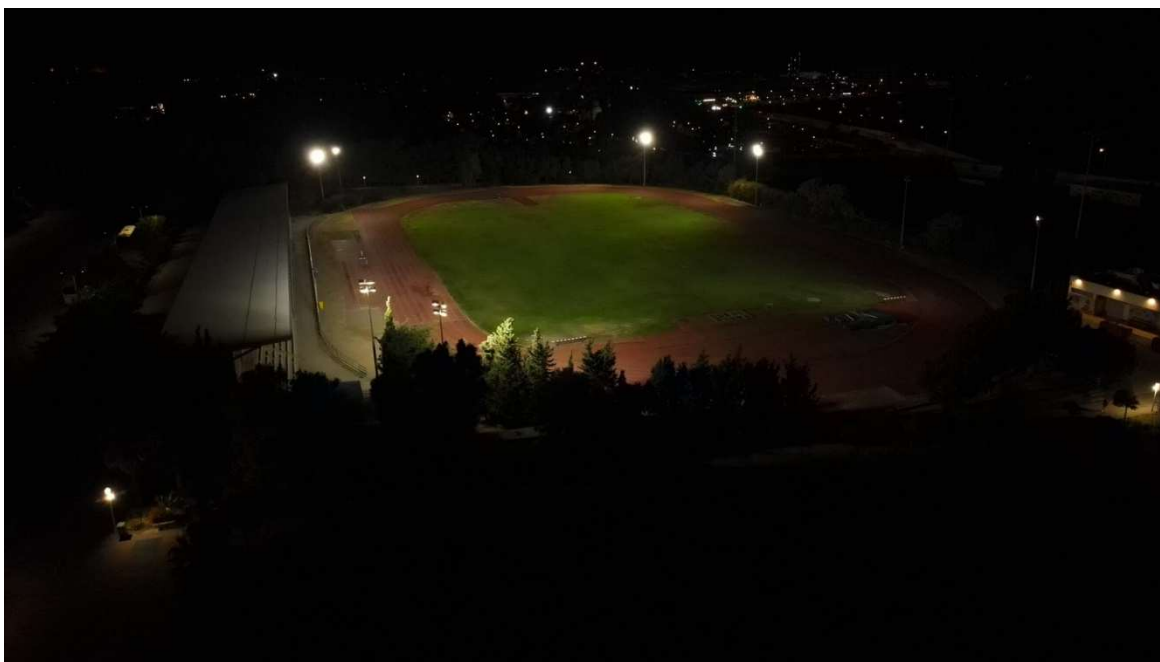
Φωτογραφία 12: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή-Λήψη Drone)



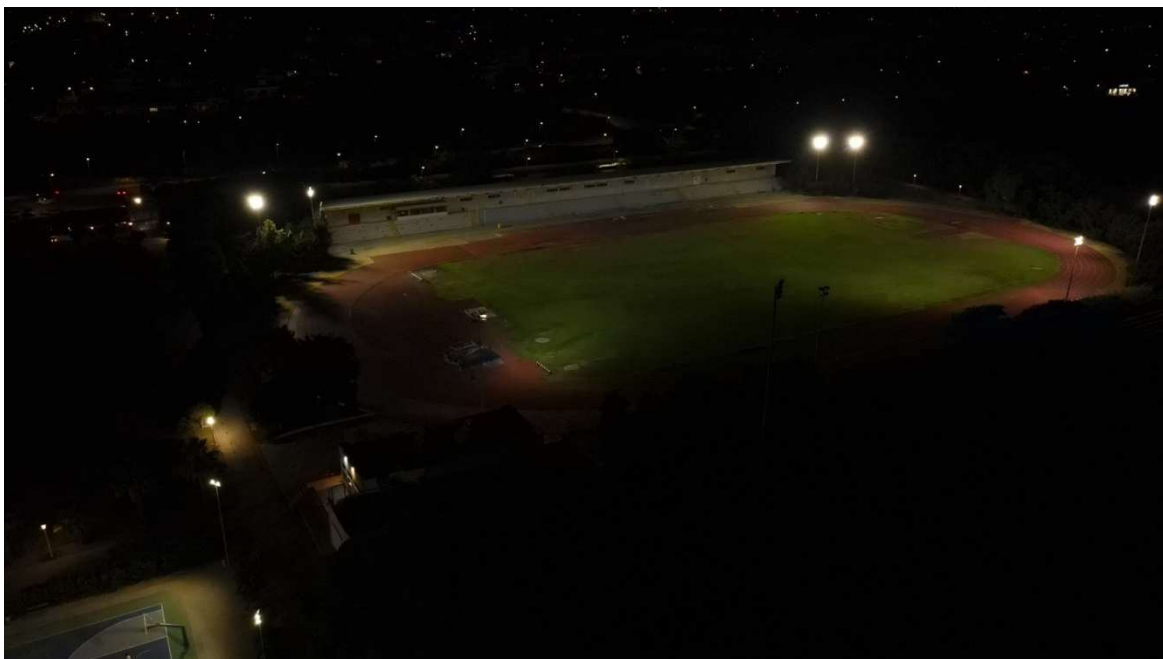
Φωτογραφία 13: Γενικές Εγκαταστάσεις Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή-Λήψη Drone)



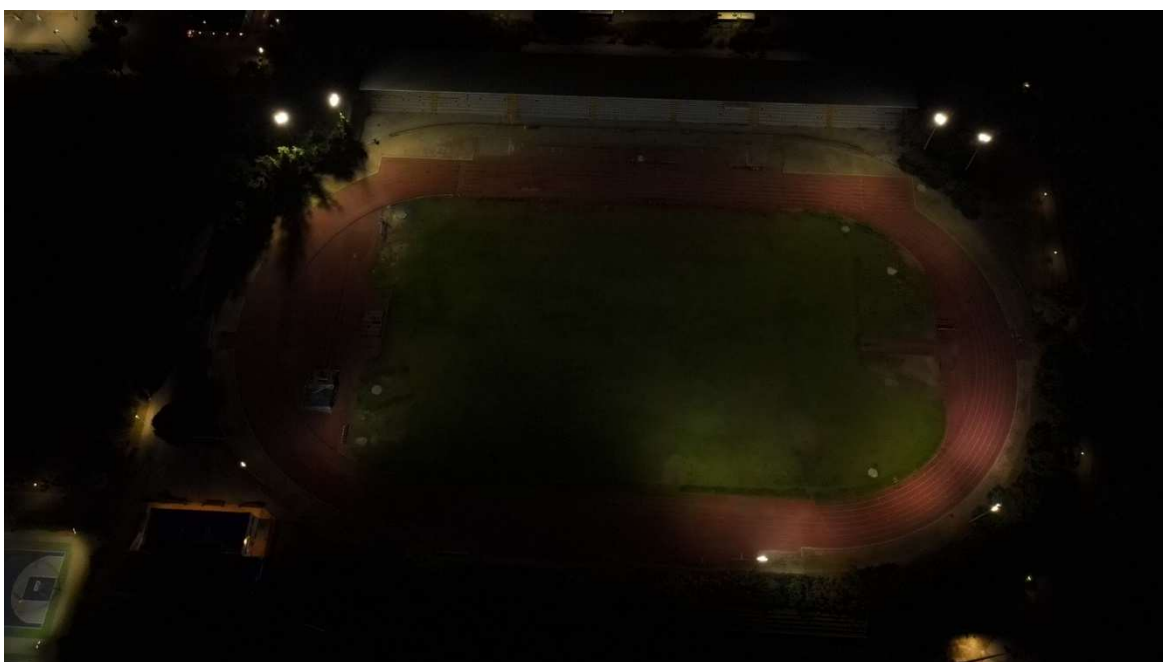
Φωτογραφία 14: Χώρος Εισόδου και Reception Αθλητικού Κέντρου (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



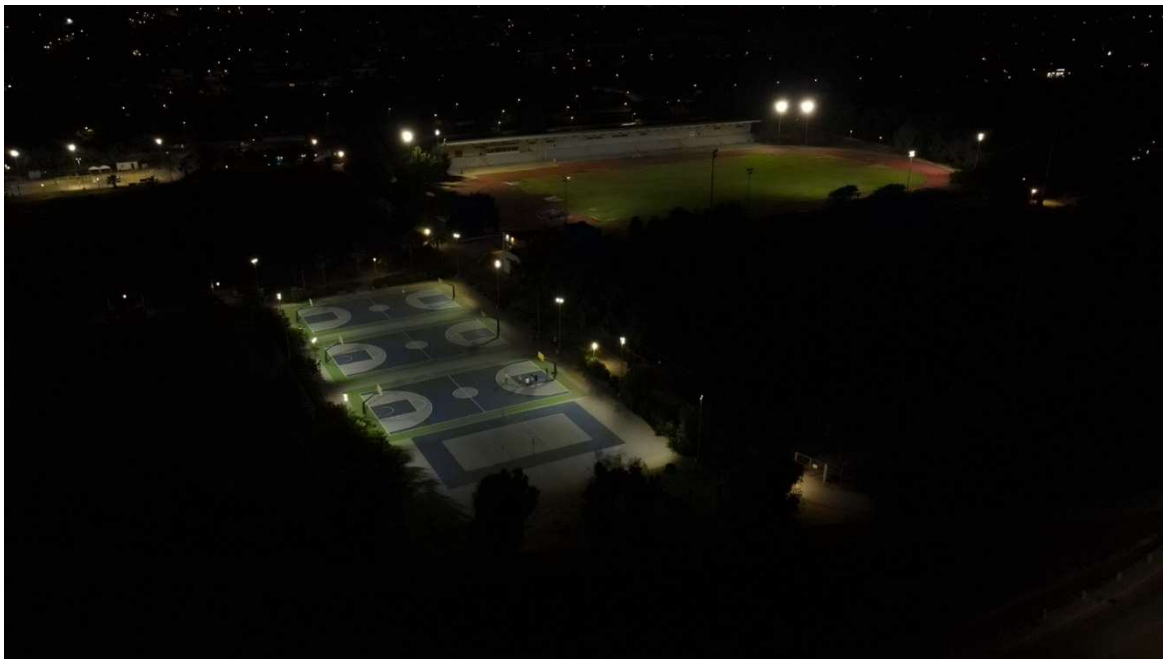
**Φωτογραφία 15: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου -
Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)**



**Φωτογραφία 16: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου -
Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)**



**Φωτογραφία 17: Γήπεδο Στίβου & Επιφάνεια Στεγασμένων Κερκίδων Αθλητικού Κέντρου -
Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)**



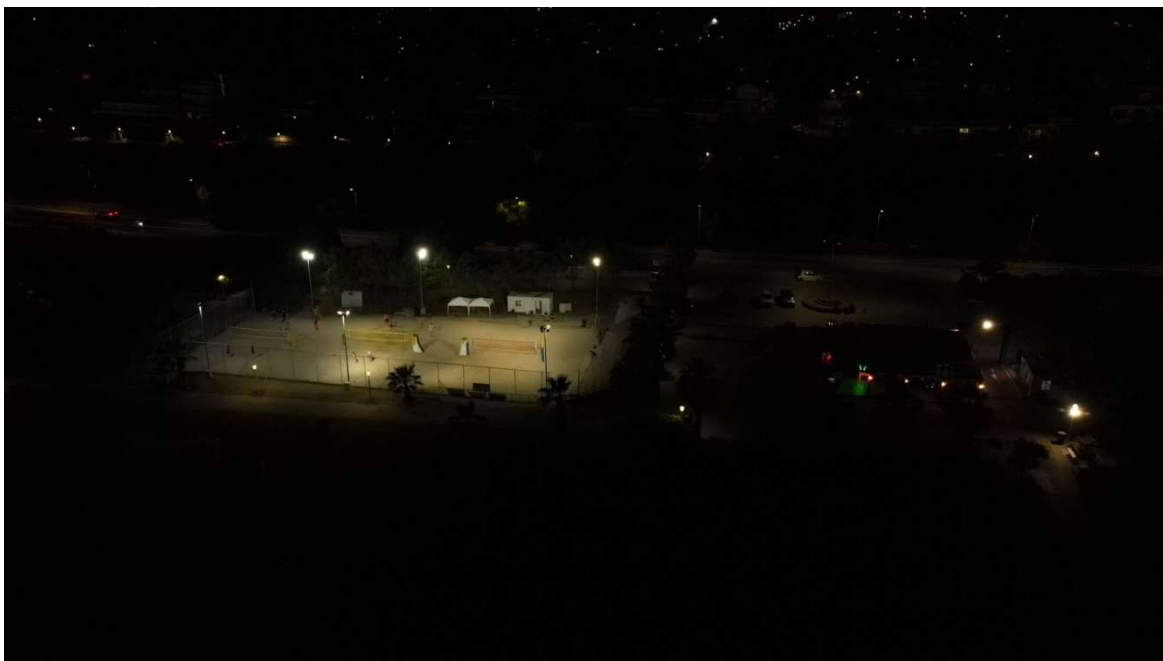
Φωτογραφία 18: Γήπεδα Μπάσκετ Αθλητικού Κέντρου -Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 19: Γήπεδα Μπάσκετ Αθλητικού Κέντρου -Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 20: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου -Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)



Φωτογραφία 21: Γήπεδα Beach Volley Αθλητικού Κέντρου -Νυχτερινή Λήψη (Από προσωπικό αρχείο του ερευνητή- Λήψη Drone)

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.