



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**  
**«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»**

**Μεταπτυχιακή εργασία**  
**Αξιολόγηση Σκίασης Στεγάστρων**  
**των Σταθμών Προαστιακού Σιδηροδρόμου**

**Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας**  
**Κυριαζή Πελαγίας**



**Αθήνα, Οκτώβριος 2020**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**  
**«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αξιολόγηση Σκίασης Στεγάστρων  
των Σταθμών Προαστιακού Σιδηροδρόμου**

**Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας**

**Κυριαζή Πελαγίας**

**Επιβλέποντες**

**Σαγιά Αθηνά, Καθηγήτρια, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών**

**Τζουβαδάκης Ιωάννης, Τ. Αναπλ. Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2020**



*Αφιερωμένο στην οικογένειά μου,  
τη μαμά μου, τον μπαμπά μου, τον αδερφό μου και τη γιαγιά μου,  
που είναι πάντα δίπλα μου στηρίζοντας όλες μου τις επιλογές*

*Η αγάπη σας μου δίνει δύναμη να προσπαθώ για το καλύτερο*



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ανατέθηκε από τη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια της πραγματοποίησης του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας», με σκοπό την Ενεργειακή Αξιολόγηση των στεγάστρων των σταθμών του αστικού τμήματος του Προαστιακού Σιδηροδρόμου της γραμμής «Κιάτο-Πειραιάς», που περιλαμβάνει τους σταθμούς που βρίσκονται στη διαδρομή από τη Μαγούλα μέχρι τον Πειραιά.

Η επιστήμη του Μηχανικού Ενέργειας αφορά την αξιοποίηση των συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δίνοντας έμφαση στην παραγωγή, μεταφορά, αποθήκευση και διαχείριση ενέργειας. Αν και πρόκειται για έναν από τους πιο πρόσφατους κλάδους της Μηχανικής, ήδη αποτελεί ξεχωριστή ειδικότητα στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες του εξωτερικού. Ο κλάδος αναπτύσσεται διαρκώς, συνδυάζοντας τα επιστημονικά πεδία της φυσικής, των μαθηματικών και της χημείας και απαιτώντας παράλληλα εις βάθος κατανόηση των τομέων της οικονομίας και του περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο των οικονομικών και περιβαλλοντικών επεκτάσεων της Ενεργειακής Μηχανικής, εξετάζονται διαρκώς τρόποι μείωσης της περιβαλλοντικής ρύπανσης, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας σε τρεις βασικούς τομείς: στα κτήρια, στις μεταφορές και στη βιομηχανία. Όσον αφορά τις μεταφορές, μεγάλο μέρος των μελετών επικεντρώνεται στην αύξηση της θελκτικότητας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, ώστε να μειωθούν οι μετακινήσεις με ιδιωτικά οχήματα που αυξάνουν σημαντικά τους ρύπους.

Μέσω της εκπόνησης της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, μου δίνεται η δυνατότητα να μελετήσω έναν από τους παράγοντες που συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της θελκτικότητας του Προαστιακού Σιδηροδρόμου, την ύπαρξη ικανοποιητικών συνθηκών κατά την παραμονή των επιβατών στους σταθμούς. Έχοντας στο παρελθόν χρησιμοποιήσει εκτεταμένα το συγκεκριμένο μεταφορικό μέσο, και λόγω του ήδη υπάρχοντος ενδιαφέροντος μου για τα μέσα σταθερής τροχιάς, καθώς μεγάλο μέρος των προπτυχιακών σπουδών μου ως Τοπογράφος Μηχανικός ήταν αφιερωμένο στον τομέα της οδοποιίας, με ενδιέφερε ιδιαίτερα η ενασχόληση με το παρόν αντικείμενο. Τολμώ να ελπίζω πως τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα οδηγήσουν σε καλύτερο σχεδιασμό εγκαταστάσεων σταθμών παραμονής επιβατών, βάζοντας ένα μικρό λιθαράκι στο, τόσο σημαντικό για τον πλανήτη μας, κομμάτι της περιβαλλοντικής προστασίας.





## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας ολοκληρώσει τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που συνεισέφεραν, με οποιονδήποτε δυνατό τρόπο, στην ανάπτυξή της.

Πρώτα και κύρια, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στον επόπτη της έρευνάς μου, τον καθηγητή Τζουβαδάκη Ιωάννη, για την πολύτιμή του καθοδήγηση στην πορεία διεξαγωγής της μελέτης και της συγγραφής. Είμαι ευγνώμων για τη στήριξή του και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς επέτρεψε η μεταπτυχιακή μου διατριβή να είναι δικό μου δημιούργημα, κατευθύνοντάς με όμως παράλληλα όποτε είχα ανάγκη τη βοήθειά του.

Τις ευχαριστίες μου θα ήθελα επίσης να εκφράσω στην καθηγήτρια Σαγιά Αθηνά, που μου έκανε την τιμή να δεχτεί τη θέση της επιβλέπουσας της έρευνάς μου. Χωρίς εκείνη δε θα είχα τη δυνατότητα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θεματικό αντικείμενο και να παρουσιάσω το παρόν τεύχος.

Η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και του συνόλου του προγράμματος σπουδών, απαίτησε κάτι πολύ περισσότερο από ακαδημαϊκή στήριξη, καθώς ο συνδυασμός εργασίας και μεταπτυχιακού απομυζούσε τις δυνάμεις μου. Το βάρος που είχα να σηκώσω το αλάφραιναν οι άνθρωποι που έχω δίπλα μου, τους οποίους ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιά μου.

Το πιο μεγάλο ευχαριστώ το χρωστάω στην οικογένεια μου, για τους οποίους ό,τι και να έγραφα θα ήταν λίγο, καθώς για εμένα αποτελούν μοντέλο της ιδανικής οικογένειας. Στους γονείς μου, που μου έχουν προσφέρει απλόχερα οποιαδήποτε στήριξη έχω χρειαστεί, υλική και, κυρίως, συναισθηματική. Στον αδερφό μου, που ήταν πάντα το πρότυπό μου και η μεγαλύτερή μου αγάπη. Στη γιαγιά μου, που δεν την έχω ακούσει ποτέ να γκρινιάζει, παρά τις δύσκολες καταστάσεις που έχει βιώσει, κάτι που με γεμίζει αισιοδοξία και με κάνει να πιστεύω πως όλα είναι εφικτά, αρκεί να μην ξεχνάμε να χαμογελάμε. Σε κάθε απογοήτευση και σε κάθε δυσκολία, η οικογένειά μου είναι η παρηγοριά μου. Το ότι είμαι σήμερα σε θέση να γράφω αυτό το κείμενο το οφείλω στην ανιδιοτελή αγάπη τους και στη συνεχή ενθάρρυνσή τους.

Η ζωή με έχει ακόμη ευνοήσει με τη φιλία πολλών ιδιαίτερων ανθρώπων, κάποιους από τα μαθητικά και άλλους από τα φοιτητικά μου χρόνια. Αισθάνομαι επίσης πολύ τυχερή που έχω δίπλα μου έναν σύντροφο με κατανόηση, ο οποίος στήριξε τους στόχους μου, παρότι περιόριζαν τον κοινό μας χρόνο, ενώ παράλληλα με παρακινούσε όταν ήμουν έτοιμη να παραιτηθώ. Κατά τα δύο έτη διεξαγωγής του μεταπτυχιακού, ο χρόνος που περνούσα με αυτούς τους ανθρώπους φόρτιζε τις μπαταρίες μου, δίνοντάς μου ενέργεια να συνεχίζω.

Τέλος, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τους εργαζόμενους της ΤΡΑΙΝΟΣΕ, για την άδεια διεξαγωγής γεωδαιτικών μετρήσεων στους υπό μελέτη σταθμούς και για πληροφορίες που μου παρείχαν στα πρώτα στάδια της παρούσας εργασίας.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	III
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	V
Σύνοψη.....	VIII
Περίληψη.....	VIII
Abstract.....	XII
Summary.....	XII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	1
1.1.Μεταφορές, Οικονομία και Περιβάλλον.....	1
1.1.1.Οικονομική Διάσταση Μεταφορών.....	2
1.1.2.Περιβαλλοντική Διάσταση Μεταφορών.....	4
1.1.3.Πολιτικές αντιμετώπισης προκλήσεων τομέα Μεταφορών.....	7
1.2.Χερσαίες Μεταφορές.....	9
1.2.1.Ιστορία των Χερσαίων Μεταφορών.....	9
1.2.2.Χερσαίες Μεταφορές σήμερα.....	13
1.3.Σιδηροδρομικό Δίκτυο Ελλάδας.....	14
1.3.1.Ιστορική εξέλιξη Σιδηροδρόμων Ελλάδος.....	14
1.3.2.Σύγχρονα Σιδηροδρομικά Δίκτυα Ελλάδος.....	16
1.4.Μεταφορές σταθερής τροχιάς στην Αθήνα.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	21
2.1. Προαστιακός Σιδηρόδρομος Αθήνας.....	22
2.2.1. Συνθήκες μετακίνησης στην περιοχή μελέτης.....	24
2.2.2. Συνθήκες αναμονής στην περιοχή μελέτης.....	26
2.2. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.....	27
2.2.1. Σταθμός «Πειραιάς».....	28
2.2.2. Σταθμός «Λεύκα».....	30
2.2.3. Σταθμός «Ρέντη».....	31
2.2.4. Σταθμός «Τάυρος».....	33
2.2.5. Σταθμός «Ρουφ».....	34
2.2.6. Σταθμός «Αθήνα».....	36
2.2.7. Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι».....	38
2.2.8. Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης».....	40

2.2.9. Σταθμός «Κάτω Αχαρναί».....	42
2.2.10. Σταθμός «Άνω Λιόσια».....	43
2.2.11. Σταθμός «Ασπρόπυργος».....	46
2.2.12. Σταθμός «Μαγούλα» .....	47
2.3. Παρατηρήσεις .....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ.....</b>	<b>51</b>
3.1. Ηλιακή ακτινοβολία.....	51
3.1.1. Βασικές έννοιες.....	52
3.1.2. Μαθηματικές σχέσεις μέτρησης ακτινοβολίας.....	54
3.2. Ήλιος και Σκίαση.....	55
3.2.1. Ο ρόλος του Ήλιου στη διαμόρφωση των εποχών .....	56
3.2.1. Παράγοντες επηρεασμού της σκίασης.....	57
3.3. Τρισδιάστατα μοντέλα.....	60
3.3.1. Σταθμός «Πειραιάς» .....	62
3.3.2. Σταθμός «Λεύκα» .....	64
3.3.3. Σταθμός «Ρέντη».....	66
3.3.4. Σταθμός «Ταύρος» .....	68
3.3.5. Σταθμός «Ρουφ» .....	69
3.3.6. Σταθμός «Αθήνα» .....	71
3.3.7. Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι» .....	73
3.3.7. Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης».....	75
3.3.8. Σταθμός «Κάτω Αχαρναί».....	77
3.3.8. Σταθμός «Άνω Λιόσια».....	79
3.3.8. Σταθμός «Ασπρόπυργος».....	82
3.3.8. Σταθμός «Μαγούλα» .....	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ .....</b>	<b>87</b>
4.1. Αξιολόγηση σκίασης.....	87
4.2. Κατηγοριοποιήσεις στεγάστρων .....	90
4.3. Συμπεράσματα .....	93
4.4. Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	94
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>97</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>101</b>



<b>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:</b>	<b>Αξιολόγηση Σκίασης Στεγάστρων των Σταθμών Προαστιακού Σιδηροδρόμου</b>
<b>ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:</b>	<b>Κυριαζή Πελαγία</b>
<b>ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:</b>	<b>Σαγιά Αθηνά, Καθηγήτρια, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών</b>
<b>ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:</b>	<b>Τζουβαδάκης Ιωάννης, Τ. Αναπλ. Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών</b>
<b>ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:</b>	<b>2020-2021</b>

## Σύνοψη

Επιδίωξη της παρούσας μελέτης είναι να αναδείξει πώς ο σωστός σχεδιασμός ενός αρχιτεκτονικού στοιχείου που χαρακτηρίζει την μορφολογία μιας κατασκευής, όπως, για παράδειγμα, του στεγάστρου ενός σταθμού, μπορεί να αποβεί ταυτόχρονα ένα βιοκλιματικό στοιχείο που συμβάλει στην θερμική άνεση των χρηστών της κατασκευής, καθώς και στην εξοικονόμηση ενέργειας της κατασκευής. Η σκίαση αποτελεί σημαντικό παράγοντα θερμικής άνεσης, γι' αυτό και μελετάται ως μία από τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των κτηρίων, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους, που οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας. Στην περίπτωση των σταθμών μέσων σταθερής τροχιάς, η ύπαρξη στεγάστρων που προσφέρουν ικανοποιητική προστασία από τον ήλιο, ιδιαίτερα σε μια χώρα με έντονη ηλιοφάνεια, κρίνεται καθοριστικής σημασίας, καθώς συμβάλει ουσιαστικά στην διαμόρφωση της άποψης των επιβατών για το επίπεδο εξυπηρέτησης του μέσου. Η αύξηση της θελκτικότητας των μέσων μαζικής μεταφοράς αποτελεί σημαντική επιδίωξη των συγκοινωνιολόγων τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας στα καύσιμα και προστασίας του περιβάλλοντος. Τα στέγαστρα που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι εκείνα των σταθμών του Προαστιακού Σιδηροδρόμου. Η αξιολόγησή τους αφορά την άνεση που εξασφαλίζουν στους χρήστες του συγκεκριμένου μεταφορικού μέσου. Τα δεδομένα που συλλέγονται αφορούν τα στέγαστρα σταθμών του αστικού τμήματος της γραμμής «Κιάτο-Πειραιάς».

## Περίληψη

Κατά τη διάρκεια κατασκευής ενός μεγάλου έργου απαιτείται η συνεργασία διάφορων επαγγελματικών κλάδων. Κάποιοι από αυτούς είναι απαραίτητοι για το κατασκευαστικό μέρος, ενώ η συνεισφορά άλλων έγκειται σε προτάσεις που αφορούν τα διακοσμητικά στοιχεία, ή σε συμβουλευτική καθοδήγηση για καλύτερο εναρμονισμό του έργου με εξωτερικούς παράγοντες που είτε το επηρεάζουν, είτε επηρεάζονται από αυτό. Ανάλογα με το είδος του έργου που κατασκευάζεται, ο Ενεργειακός Μηχανικός εντάσσεται άλλοτε στην πρώτη και άλλοτε στη δεύτερη κατηγορία, με αποτέλεσμα η συνεισφορά του συχνά να κρίνεται λανθασμένα ως μη απαραίτητη και να παραλείπεται. Οι συνέπειες μιας τέτοιας παράλειψης μπορεί να αποβούν σημαντικές τόσο για το ίδιο το έργο, όσο και για τον πλανήτη. Για το έργο, διότι ο μη αποδοτικός ενεργειακός σχεδιασμός του οδηγεί σε προβλήματα οικονομικής φύσεως, και για τον πλανήτη, λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται ως συνέπεια του λανθασμένου σχεδιασμού.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να επισημάνει τη συμβολή ενός αρχιτεκτονικού

στοιχείου, που χαρακτηρίζει τη μορφολογία μιας κατασκευής, στην εξοικονόμηση ενέργειας, με οφέλη τόσο για το έργο που κατασκευάζεται, όσο και για το περιβάλλον. Το αρχιτεκτονικό στοιχείο που εξετάζεται στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα στέγαστρα που τοποθετούνται στους σταθμούς μέσω σταθερής τροχιάς, και ιδιαίτερα σε εκείνους του Προαστιακού Σιδηροδρόμου, για το αστικό τμήμα της γραμμής «Κιάτο – Πειραιάς», που περιλαμβάνει τους σταθμούς της διαδρομής από Μαρούσι μέχρι Πειραιά.

Κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή των σταθμών μέσω σταθερής τροχιάς, η υιοθέτηση συστημάτων καλύτερης σκίασης δεν ωφελεί ενεργειακά με άμεσο τρόπο την ίδια την κατασκευή σε μεγάλο βαθμό, με την έννοια πως η μείωση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας συστημάτων κλιματισμού που επιφέρει είναι πολύ μικρή. Αυτό συμβαίνει επειδή οι σταθμοί είναι στην πλειοψηφία τους ανοιχτοί χώροι, επομένως δεν περιλαμβάνουν συστήματα κλιματισμού σε αντίστοιχη κλίμακα με τα κτήρια, για τον σχεδιασμό των οποίων λαμβάνεται σοβαρά υπόψη ο παράγοντας της σκίασης, ως παράμετρος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσής τους. Ωστόσο, η σκίαση παραμένει καθοριστικός παράγοντας για τη θερμική άνεση των χώρων αναμονής, συμβάλλοντας σημαντικά στη διαμόρφωση της άψωσης των επιβατών για το μεταφορικό μέσο που διέρχεται από τους αντίστοιχους σταθμούς. Λόγω αυτού, η αύξηση των εσόδων της επιχειρήσης επέρχεται με έμμεσο τρόπο, μέσω της αύξησης του πλήθους των χρηστών του μέσου, που προκαλείται από την άνοδο του επιπέδου εξυπηρέτησης, με την τοποθέτηση συστημάτων ικανοποιητικής προστασίας των χρηστών από τον ήλιο.

Φυσικά, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να παραλειφθεί η αναφορά της συμβολής της συγκεκριμένης μεθόδου στην προστασία του περιβάλλοντος. Ο τομέας των μεταφορών συνεισφέρει σημαντικά στις παγκόσμιες εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα και αποτελεί την κύρια αιτία ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις πόλεις. Οι συγκοινωνιολόγοι και οι περιβαλλοντολόγοι συμφωνούν πως η αύξηση της θελκτικότητας των μέσων μαζικής μεταφοράς τοποθετείται ψηλά στη λίστα των μεθόδων καταπολέμησης του προβλήματος, αποτελώντας μία από τις κύριες επιδιώξεις τους. Η μετακίνηση, λοιπόν, περισσότερων επιβατών με μέσα σταθερής τροχιάς, είναι καθοριστική για το περιβάλλον, και μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση της κατασκευής των συγκεκριμένων μέσων.

Η εργασία διαιρείται σε τέσσερα κεφάλαια, καθένα από τα οποία διαδραματίζει ξεχωριστό ρόλο στον στόχο της συγκεκριμένης μελέτης, στην ανάδειξη δηλαδή της σημασίας ύπαρξης ικανοποιητικής σκίασης στους σταθμούς μέσω σταθερής τροχιάς, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, και στην έρευνα για το ποια μορφή και ποια χαρακτηριστικά στεγαστρών πρέπει να χρησιμοποιούνται, ώστε να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Το πρώτο κεφάλαιο ασχολείται με την παροχή του απαραίτητου θεωρητικού υποβάθρου και γνώσεων στον αναγνώστη, ώστε να μπορέσει να αντιληφθεί τη σημασία της επίτευξης του προαναφερόμενου στόχου, την ωφέλεια, δηλαδή, που επέρχεται από την εξοικονόμηση ενέργειας, με οποιονδήποτε τρόπο μπορεί αυτή να επιτευχθεί. Στην παρούσα Διπλωματική μελετάται ένας τρόπος μείωσης της ενέργειας που χρησιμοποιεί ο τομέας των Μεταφορών, παρέχοντας επομένως αρχικά πληροφορίες για τη σημασία του κλάδου για τον άνθρωπο. Ο μεγάλος βαθμός συσχέτισης μεταφορών και κοινωνίας γίνεται αισθητός μέσω της ιστορικής αναδρομής των μεταφορών στον χρόνο, που ακολουθεί. Έπειτα, αναλύεται η συμβολή των μεταφορών σταθερής τροχιάς στον σύγχρονο τρόπο ζωής, με παράλληλη παρουσίαση των εγκατεστημένων δικτύων του ελληνικού χώρου. Καθώς τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα από τις μεταφορές εντοπίζονται στις μεγάλες πόλεις, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα αστικά σιδηροδρομικά μέσα, που καλούνται να αντιμετωπίσουν την παρούσα κατάσταση. Τεκμηριώνεται, έτσι, η συμβολή των μέσων μαζικής μεταφοράς σταθερής τροχιάς στο ζήτημα της περιβαλλοντικής μόλυνσης.

Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται πειραματικά με το πρακτικό μέρος της μελέτης, στο οποίο εξετάζονται τα υπάρχοντα στέγαστρα σταθμών του Προαστιακού Σιδηροδρόμου της Αθήνας ως προς την επάρκειά τους για παροχή ηλιοπροστασίας σε αναμένοντες επιβάτες και ειδικότερα για το αστικό τμήμα της γραμμής «Κιάτο – Πειραιάς». Καθώς το υπό μελέτη τμήμα περιλαμβάνει 13 σταθμούς, εκ των οποίων ο ένας είναι υπόγειος, εξετάζονται τελικά τα εγκατεστημένα υπαίθρια στέγαστρα των 12 σταθμών. Κάθε σταθμός έχει διαφορετικό προσανατολισμό ακολουθώντας τη χάραξη της γραμμής. Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες κάθε σταθμού, τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται και τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στεγαστρών που περιέχει, όπως η θέση τους και ο προσανατολισμός τους. Ακόμη, περιγράφεται η διαδικασία που απαιτείται για τη συλλογή των παραπάνω δεδομένων και τη σχεδιαστική απόδοσή των αντικειμένων ενδιαφέροντος.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση σε διαδραστικά δεδομένα, καθώς μελετάται η κλίση των ακτινών του ηλίου και η ένταση της ακτινοβολίας του σε διάφορες χρονικές στιγμές, χαρακτηριστικά δηλαδή που διαμορφώνονται από την κίνηση της Γης γύρω από αυτόν. Για την εξέταση των διαδραστικών στοιχείων είναι απαραίτητη η σχεδιαστική απόδοση των σταθμών, σε λογισμικό σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων. Με χρήση των τρισδιάστατων μοντέλων αναλύονται τα όρια της προβολής της σκίασης των στεγαστρών επί των αποβάθρων στην περιοχή αναμονής επιβατών για τις διάφορες χαρακτηριστικές ώρες και εποχές του έτους, λόγω της κίνησης

της Γης περί τον Ήλιο.

Έχοντας πλέον συλλέξει και επεξεργαστεί όλα τα απαιτούμενα δεδομένα, επόμενο βήμα είναι η αξιολόγηση της σκίασης ανά σταθμό, όπως επίσης και η εξαγωγή συμπερασμάτων για το σύνολο του υπό εξέταση δικτύου. Η αποτελεσματικότητα της σκίασης αφορά το αντικείμενο του τέταρτου και τελευταίου κεφαλαίου. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο χρησιμοποιείται, ακόμη, για την παρουσίαση προτάσεων που αφορούν πιθανές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στις υπάρχουσες κατασκευές. Διατυπώνονται, τέλος, γενικά συμπεράσματα, χρήσιμα για κατασκευές ανάλογων μελλοντικών έργων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Προαστιακός Σιδηρόδρομος, Συστήματα Ηλιοπροστασίας, Σκίαση, Στέγαστρα, Θερμική Άνεση





**POST-GRADUATE THESIS:** **Evaluation of shading from the canopies of the Suburban Railway stations**

**STUDENT:** **Kyriazi Pelagia**

**SUPERVISOR:** **Sagia Athina, Professor,  
School of Mechanical Engineering**

**CO- SUPERVISOR:** **Tzouvadakis Ioannis, Ex. Associate Professor,  
School of Civil Engineering**

**ACADEMIC YEAR:** **2020-2021**

## **Abstract**

The aim of the present study is to show how the correct design of an architectural element that characterizes the morphology of a structure, such as the shelter of a station, can simultaneously be a bioclimatic element that contributes to the thermal comfort of construction users, as well as in construction energy savings. Shading is an important factor of thermal comfort, so it is studied as one of the parameters taken into account in the design of buildings, in order to improve their energy efficiency, which leads to energy savings. In the case of public transport stations, the existence of shelters that offer adequate sun protection, especially in a country with intense sunshine, like Greece, is crucial, as it contributes substantially to shaping the passengers' view of the transport's level of service. Increasing the attractiveness of public transport has been recently considered an important goal of transport specialists, both in Greece and abroad, for reasons of energy savings in fuel and environmental protection. The shelters examined in this dissertation are those of the Suburban Railway stations. Their evaluation concerns the comfort they provide to the users of the specific means of transport. The data collected concern the station shelters of the urban section of the "Kiato-Piraeus" line.

## **Summary**

During a large project's construction, the cooperation of various professional branches is required. Some of them are necessary for the construction part, while the contribution of others lies in suggestions regarding the decorative elements, or in consulting guidance for better harmonization of the project with external factors that affect it, or are influenced by it. Depending on the type of project being constructed, the Energy Engineer is sometimes included in the first and sometimes in the second category, with the result of his contribution often being misjudged as unnecessary and, as a result, being omitted. The consequences of such an omission can be significant for both the project itself and the planet. For the project, because its inefficient energy planning leads to economic nature problems, and for the planet, due to the environmental problems caused as a result of incorrect planning.

The purpose of this dissertation is to highlight the contribution of an architectural element, which characterizes the morphology of a structure, to energy savings, with benefits for both the project under construction and the environment. The architectural element that is being in our case examined is the shelters placed in public transport stations, and especially those of the Suburban Railway of the "Kiato – Piraeus" urban line.

During the design and construction of rail transport stations, the adoption of better shading systems does not directly benefit to a great extent the construction itself, meaning that the cost reduction of installation and operation of air conditioning systems is very slight. This happens because the stations are mostly open spaces, so they do not include air conditioning systems on a scale similar to buildings, for the design of which the shading

factor is taken into account as an important parameter to improve their energy efficiency.

Shading, however, remains a key factor in the thermal comfort of the waiting areas, contributing significantly to shaping the passengers' view of the means of transport passing through the respective stations. Due to this, the increase of the company's income occurs indirectly, through the increase of the number of users of the transport, caused by the increase of the level of service, with the installation of satisfactory solar protection.

It's necessary not to omit the reference of this method's contribution to the environmental protection. The transport sector contributes significantly to the global emissions of carbon dioxide, also being the leading cause of air pollution in cities. Transport specialists and environmentalists agree that increasing the attractiveness of public transport is high on the list of methods to combat the problem, being one of their main goals. An increase in the numbers of passengers using railway transportation is therefore crucial for the environment. This goal can be achieved by improving the construction of their vehicles and waiting areas.

The dissertation is divided into four chapters, each of which plays a special role to the aim of the study, in highlighting the importance of adequate shading in railway transport's stations, for energy saving purposes, and in researching what form and what characteristics of shelters must be used to achieve the best possible results.

The first chapter deals with the provision of the necessary theoretical background and knowledge to the reader, so that he can understand the importance of achieving the aforementioned goal, that is, the benefit that comes from saving energy, in any way it can be achieved. In this Diploma Thesis, a way of reducing the energy used by the transport sector is studied, therefore, information is initially provided on the importance of the industry. The great degree of correlation between transport and society is being perceived through the historical retrospection of transport, that follows. The contribution of railway transport to the modern way of life is then being analyzed, with a parallel presentation of the installed networks situated in the Greek area. As the biggest environmental problems arising from the transport sector are located in the big cities, special emphasis is placed on urban rail transport, which is called upon to deal with the current situation. Thus, their contribution to the environmental pollution issue is documented.

The second chapter deals with the practical part of the study, in which the existing shelters of the Athens Suburban Railway stations are examined in terms of their adequacy to provide sun protection to waiting passengers, especially for the urban section of the line "Kiato - Piraeus". As the section under study includes 13 stations, one of which is underground, the installed outdoor shelters of the 12 stations are finally examined. Each station has a different orientation, following the installed rails. The special geometric characteristics of the shelters of each station, their position and orientation, are examined and analyzed here. Furthermore, the process required for the collection of the above objects of interest and for their design is described.

The third chapter places more emphasis on interactive data, as it studies the inclination of the sun's rays and the intensity of its radiation at various times, characteristics that are formed by the movement of the Earth around it. The design performance of the stations in 3D model design software is necessary for the interactive elements' examination. Using the three-dimensional models, the limits of the shading projection of the canopies on the docks in the passenger waiting area are analyzed for the various characteristic hours and seasons of the year, due to the movement of the Earth around the Sun.

Having now collected and processed all the required data, the next step is to evaluate the shading per station, as well as to draw conclusions for the whole research network. The effectiveness of shading concerns the subject of the fourth and last chapter. This chapter is also used to present proposals for possible improvements that could be made to existing structures. Finally, general conclusions are formulated, useful for the construction of similar future projects.

**Key words:** Suburban Railway, Shelters, Sun-protection Systems, Shading, Thermal Comfort



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Ως εξοικονόμηση ενέργειας περιγράφεται οποιαδήποτε προσπάθεια με την οποία επιτυγχάνεται περιορισμός της σπατάλης των ενεργειακών αποθεμάτων [1]. Ο περιορισμός σπατάλης μπορεί να επέλθει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, άλλους λιγότερο και άλλους περισσότερο άμεσους. Στην περίπτωση των στεγάστρων που τοποθετούνται σε μέσα σταθερής τροχιάς, μη ικανοποιητική παροχή σκίασης από τα στέγαστρα, ιδιαίτερα το θέρος, οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας κάτω από αυτά και διαταραχή της θερμικής άνεσης στους χώρους αναμονής. Η αξιοπιστία του μέσου μεταφοράς και η άνεση κατά τη διάρκεια μετακίνησης, αλλά και αναμονής αυτού, είναι παράγοντες που κάνουν το μέσο μεταφοράς ελκυστικός τους χρήστες. Η μετακίνηση περισσότερων χρηστών με μέσα μαζικής μεταφοράς αντί της χρήσης ιδιωτικού αυτοκινήτου έχει ως συνέπεια τη μείωση της ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές, κλάδος συνδεδεμένος άρρηκτα με κοινωνικοοικονομικά οφέλη αλλά και με περιβαλλοντικές ανησυχίες.

Το κεφάλαιο αυτό παρέχει πληροφορίες για τις μεταφορές και τη σημασία τους για την κοινωνία και τον άνθρωπο, η οποία γίνεται εμφανής από τον βαθμό στον οποίο επηρεάζονται οι τομείς της οικονομίας και του περιβάλλοντος. Πραγματοποιείται ιστορική αναδρομή, μέσω της οποίας αποτυπώνεται η συσχέτιση της εξέλιξης των μεταφορικών μέσων στον χρόνο, με την ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους. Στη συνέχεια, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο Σιδηροδρομικό Δίκτυο, με ανάλυση που εστιάζει στον ρόλο των μεταφορών σταθερής τροχιάς στο σύγχρονο τρόπο ζωής, και ιδιαίτερα στη σύγχρονη πόλη. Δίνεται έμφαση στον περιβαλλοντικό χαρακτήρα τους και στη συμβολή τους στην αντιμετώπιση του προβλήματος της περιβαλλοντικής μόλυνσης που προκαλείται από τον κλάδο των μεταφορών. Οι διαστάσεις και οι επεκτάσεις του προβλήματος επεξηγούνται σχολαστικά, ώστε να κατανοηθούν σε βάθος τα οφέλη από την εδραίωση των μέσων μαζικής μεταφοράς ως πρώτη επιλογή για μετακίνηση στη συνείδηση των πολιτών.

### 1.1. Μεταφορές, Οικονομία και Περιβάλλον

Ο κλάδος των μεταφορών υπεισέρχεται σε κάθε δραστηριότητα της σύγχρονης ζωής, γι' αυτό και η μελέτη του αποτελεί πεδίο ενδιαφέροντος πολλών διαφορετικών επιστημονικών ειδικοτήτων. Το όραμα των συνεργαζόμενων επιστημόνων είναι η δημιουργία ενός δικτύου μεταφορών που να είναι ταυτόχρονα αποδοτικό, φιλικό προς την κοινωνία και το περιβάλλον και, φυσικά, ασφαλές. Οι μελέτες για την επίτευξη αυτού του στόχου πραγματοποιούνται σε Διεθνές, Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο επίπεδο, και αποτελούν έναν συνεχώς εξελισσόμενο τομέα, καθώς με την τεχνολογική ανάπτυξη δημιουργούνται διαρκώς νέες ευκαιρίες βελτίωσης των υπάρχοντων συστημάτων μεταφοράς.

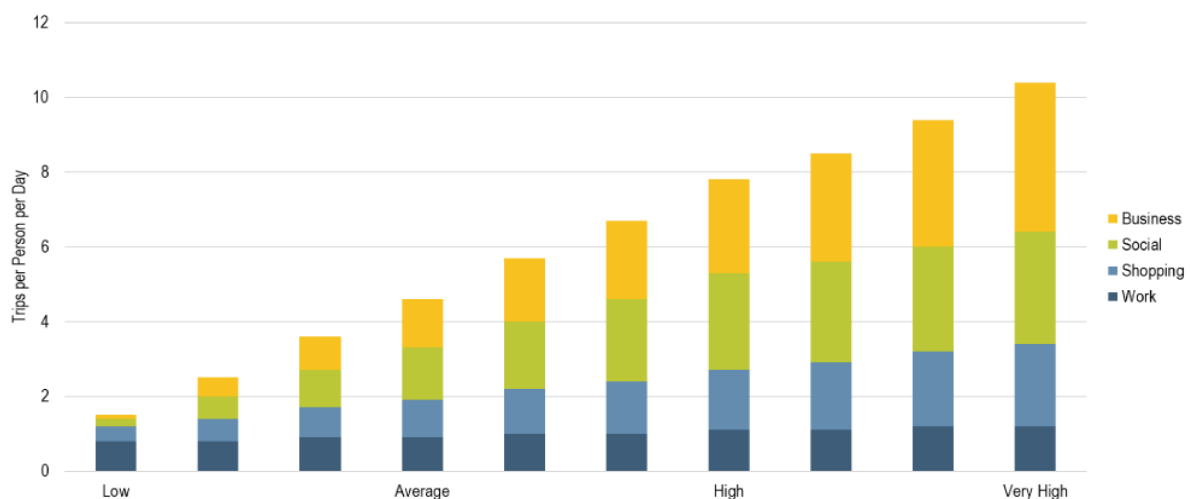
Ανάμεσα στους μελετητές των διάφορων διαστάσεων του συγκεκριμένου ζητήματος συμπεριλαμβάνονται εκπρόσωποι της Περιβαλλοντολογικής και της Οικονομικής επιστήμης, καθώς η ανάπτυξη των συστημάτων μεταφορών επηρεάζεται αναπόφευκτα από τις συνθήκες του

περιβάλλοντος στο οποίο λαμβάνει χώρα. Η συσχέτιση του κλάδου των Μεταφορών με τους προαναφερόμενους κλάδους είναι πολύ πιο ισχυρή απ' ό τι φαίνεται εκ πρώτης όψεως. Το παρόν κεφάλαιο της διπλωματικής εστιάζει στην εξέταση και το βάθος αυτής της συσχέτισης, επεξηγώντας τις αιτίες για τις οποίες οι Μεταφορές γίνονται όλο και πιο έντονο θέμα ανάλυσης στους κύκλους της Οικονομίας και του Περιβάλλοντος.

### 1.1.1. Οικονομική Διάσταση Μεταφορών

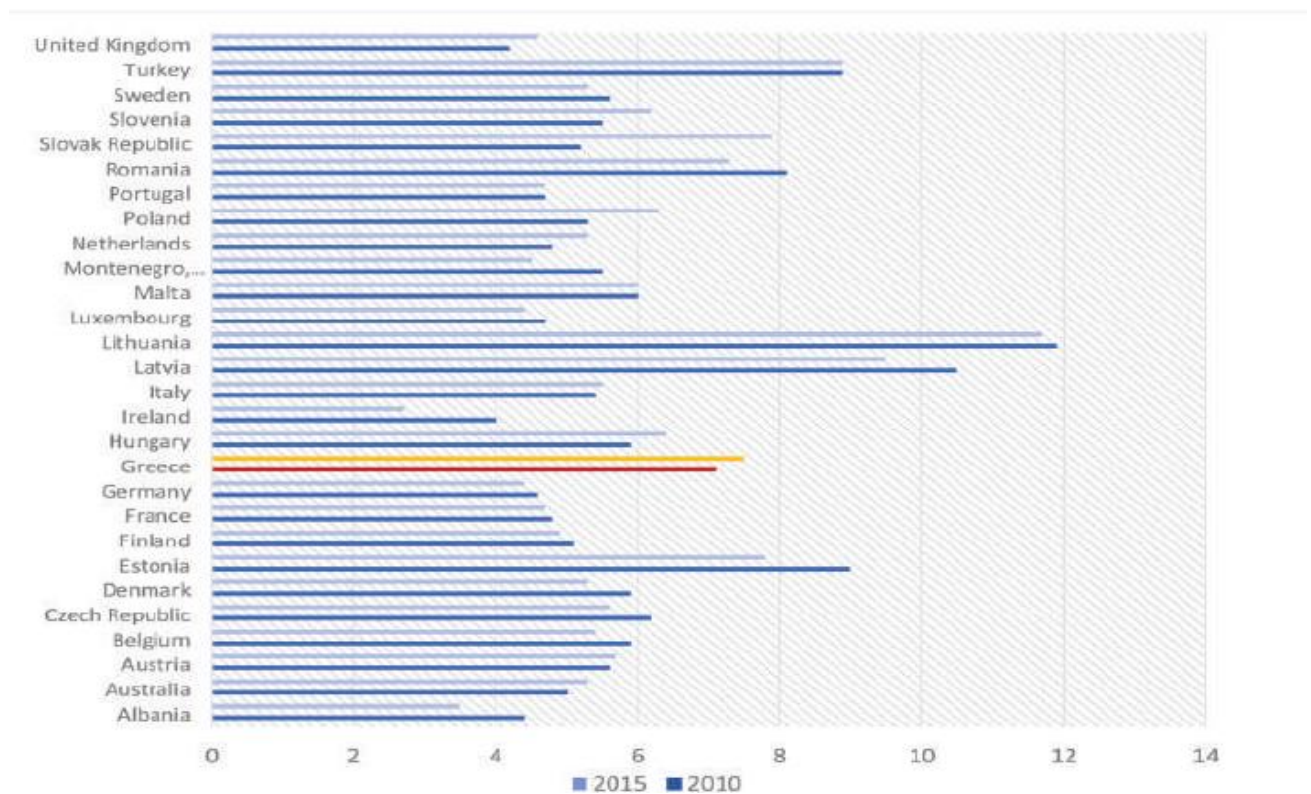
Ο τομέας των μεταφορών είναι σημαντική συνιστώσα της παγκόσμιας οικονομίας και συνηθισμένο εργαλείο ανάπτυξης, καθώς οι οικονομικές ευκαιρίες είναι μέγεθος ανάλογο της κινητικότητας του πληθυσμού. Η ποσότητα και η ποιότητα των υποδομών μεταφοράς έχουν άμεση σύνδεση με το επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης. Τα αποτελεσματικά μεταφορικά συστήματα παρέχουν οικονομικές και κοινωνικές ευκαιρίες και πλεονεκτήματα, όπως προσβασιμότητα σε αγορές, σε εργασία, ακόμη και σε άλλες επενδύσεις, μειώνοντας τα κόστη σε πολλούς τομείς που καθορίζουν την οικονομία. Αντιθέτως, πτώση της ποιότητας του δικτύου μεταφοράς οδηγεί σε χαμένες ευκαιρίες και χαμηλή ποιότητα ζωής.

Η ελαστικότητα ζήτησης διαμορφώνεται πρωτίστως ανάλογα με το είδος της μετακίνησης. Καθοριστικό παράγοντα, ωστόσο, αποτελεί και το εισόδημα, καθώς έχει αποδειχτεί πως υψηλότερο εισόδημα αντιστοιχεί σε περισσότερα έξοδα για μεταφορές. Όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί, στο οποίο αποτυπώνονται οι καθημερινές μετακινήσεις ανά άτομο, οι μετακινήσεις για δουλειά παραμένουν σταθερές ανεξαρτήτως εισοδήματος. Οι μετακινήσεις για αγορές, παρότι επηρεάζονται από το εισόδημα, είναι υποχρεωτικές ακόμη και για τα πιο χαμηλόμισθα μέλη της κοινωνίας. Αντίθετα, οι μετακινήσεις για λιγότερο αναγκαίους παράγοντες, όπως οι κοινωνικές υποχρεώσεις, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ελαστικότητα, και αυξάνονται σημαντικά με την αύξηση του εισοδήματος.



Εικόνα 1.1: Ζήτηση Μετακινήσεων ως συνάρτηση του εισοδήματος [1]

Σε μακροοικονομικό επίπεδο, η κινητικότητα, η οποία εξαρτάται από το δίκτυο μεταφορών, είναι συνδεδεμένη με την παραγωγικότητα και το εισόδημα της εθνικής οικονομίας. Αυτό γίνεται εμφανές μέσω των δεικτών του ΑΕΠ, καθώς, σε αναπτυγμένες χώρες, οι μεταφορές μπορεί να φτάσουν να αποτελούν ακόμη και το 10% του ΑΕΠ. Συγκεκριμένα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο τομέας Μεταφορών και Αποθήκευσης καταλαμβάνει το 5% της απασχόλησης του εργατικού δυναμικού, ποσοστό δηλαδή που αντιστοιχεί σε περίπου 11 εκατομμύρια εργαζομένους. Η συμβολή του κλάδου στο ονομαστικό ΑΕΠ της Ευρώπης ανέρχεται επίσης στο 5% [2]. Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η Συνολική Προστιθέμενη Αξία των Μεταφορών ως ποσοστό του ΑΕΠ, όπως καταγράφηκε το 2010 και το 2015, σε χώρες της Ευρωζώνης. Παρατηρείται πως το ποσοστό αυτό κυμαίνεται περίπου στο 6% για τις περισσότερες χώρες, φτάνοντας, ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, έως και το 12%. Για την Ελλάδα, παρατηρείται μικρή άνοδος του ποσοστού μέσα στη συγκεκριμένη πενταετία, όπως φαίνεται στο διάγραμμα της εικόνας 1.2, με την τελική τιμή να διαμορφώνεται περίπου στο 7.5% το 2015. Το γεγονός αυτό εκτιμάται πως οφείλεται στις μεγάλες επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε υποδομές μεταφορών κατά την πρώτη δεκαετία της νέας χιλιετίας.



Εικόνα 1.2: Συνολική Προστιθέμενη Αξία Μεταφορών ως ποσοστό του ΑΕΠ, 2010 vs 2015 [2]

Σε μικροοικονομικό επίπεδο, οι μεταφορές είναι συνδεδεμένες με τον παραγωγό, τον καταναλωτή και τα κόστη διανομής, με την έννοια πως οι τρεις αυτοί παράγοντες, που είναι καθοριστικοί για την οικονομία, απαιτούν την ύπαρξη απαραίτητων υποδομών για την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων μεταφοράς. Οι κατάλληλες υποδομές συνδέουν τους προμηθευτές με τους καταναλωτές και επιτρέπουν την πραγματοποίηση συναλλαγών και την ανεμπόδιστη κινητικότητα της αγοράς. Ωστόσο, μια συνηθισμένη πλάνη στις αγορές είναι η αξιολόγηση του

μεταφορικού δικτύου μόνο με βάση το κόστος για τη μεταφορά προϊόντων, το οποίο αποτελεί πολύ μικρό ποσοστό της αξίας του προϊόντος. Στην πραγματικότητα, οι μεταφορές είναι οικονομικός παράγοντας της παραγωγής των αγαθών και των υπηρεσιών, με την έννοια πως είναι παράγοντας θεμελιώδης για τη γένεσή τους, καθώς, ανεξαρτήτως του κόστους μεταφοράς, η ίδια η δημιουργία τους δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αν δεν υπήρχε το μεταφορικό υπόβαθρο. Επιπλέον, η συνεισφορά των μεταφορών στην οικονομική ανάπτυξη εντοπίζεται και στον τομέα της δημιουργίας θέσεων εργασίας, καθώς πολλές δουλειές εξαρτώνται είτε άμεσα είτε έμμεσα από το μεταφορικό δίκτυο. Ως άμεση χαρακτηρίζεται η εξάρτηση σε εργασίες που σχετίζονται απευθείας με τη μεταφορά, όπως διανομείς φορτίων, φορτωτές κ.α. και ως έμμεσες σε εργασίες που απαιτούν μεταφορές για την πραγματοποίησή τους, όπως επαγγέλματα ασφάλισης, χρηματοδότησης, ταξιδιωτικά γραφεία κ.α.

### 1.1.2. Περιβαλλοντική Διάσταση Μεταφορών

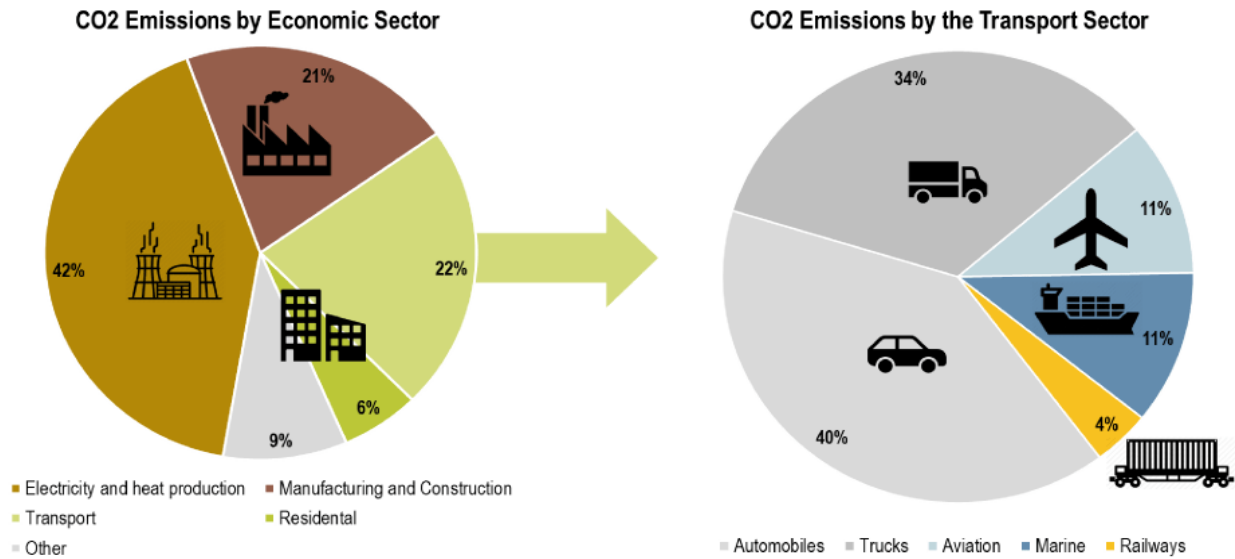
Ο τομέας των μεταφορών, λοιπόν, συνδέεται με ουσιώδη κοινωνικοοικονομικά οφέλη. Ωστόσο, τα οφέλη αυτά συνοδεύονται από πολλούς κινδύνους για το περιβάλλον, καθώς τα μεταφορικά συστήματα, από τις υποδομές μέχρι και τη λειτουργία των οχημάτων, αφήνουν το αποτύπωμά τους στο περιβάλλον και την αρνητική συνεισφορά τους στην κλιματική αλλαγή. Κατά συνέπεια, όσο αυξάνει ο θετικός κύκλος της συσχέτισης μεταφορών και ανάπτυξης, τόσο αυξάνει και ο αρνητικός κύκλος της συσχέτισης μεταφορών και περιβαλλοντικών κινδύνων. Ταυτόχρονα, εγείρονται ανησυχίες που σχετίζονται με την ικανότητα της παγκόσμιας οικονομίας να αντιμετωπίσει τη διαρκή αύξηση της κατανάλωσης περιβαλλοντικών πόρων και της δημιουργίας αποβλήτων.

Η συμβολή του τομέα των μεταφορών στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μεγάλη και συνεχώς αυξανόμενη. Ορισμένες από τις επιπτώσεις, όπως οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και η ακουστική όχληση που προέρχεται από τα οχήματα, έχουν άμεσα αντιληπτά αποτελέσματα. Άλλες είναι λιγότερο γνώριμες στον κόσμο και, κατά συνέπεια, συχνά η αναφορά σε αυτές παραλείπεται. Τέτοια περίπτωση είναι τα σωματίδια που απελευθερώνονται με την ατελή καύση που γίνεται στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται από τα αυτοκίνητα. Τα σωματίδια είναι υπεύθυνα για πολλά καρδιοαναπνευστικά προβλήματα του πληθυσμού. Τέλος, υπάρχουν και οι λιγότερο άμεσες, αλλά πολύ επιβλαβείς για τον πλανήτη, επιπτώσεις, όπως η κλιματική αλλαγή.

Η κλιματική αλλαγή είναι η μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος ως αποτέλεσμα τις συσσώρευσης διάφορων επιβλαβών στοιχείων, παραγόμενων από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες συνδυαστικά, που έχουν οδηγήσει σε τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας. Οι φυσικοί παράγοντες σχετίζονται με μετακινήσεις των ηπείρων, ηφαιστειακές εκρήξεις και μεταβολές στην κίνηση του ήλιου και της γης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα, ωστόσο, προκαλείται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, οι οποίες προσθέτουν τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στα αέρια της ατμόσφαιρας, προκαλώντας την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ένα από



τα κυριότερα αέρια που συμμετέχουν στην αύξηση της θερμοκρασίας είναι το Διοξείδιο του Άνθρακα. Με βάση στοιχεία του 2014, ο τομέας των μεταφορών οφείλεται για το 22% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τις οδικές μεταφορές να αποτελούν τον κύριο υπεύθυνο, σε ποσοστό που ανέρχεται στο 20% των παγκόσμιων εκπομπών [1.3].



Εικόνα 1.3: Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα προερχόμενες από τον τομέα των Μεταφορών [3]

Το ποσοστό αυτό είναι ακόμη πιο αυξημένο σε αναπτυγμένες οικονομίες, όπως στις ΗΠΑ, όπου με βάση στοιχεία του 2018, ο τομέας των Μεταφορών συντελεί κατά 28% στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με το 82% αυτών να οφείλονται σε οδικές μεταφορές (ποσοστό που αντιστοιχεί στο 23% των παγκόσμιων εκπομπών) [4].

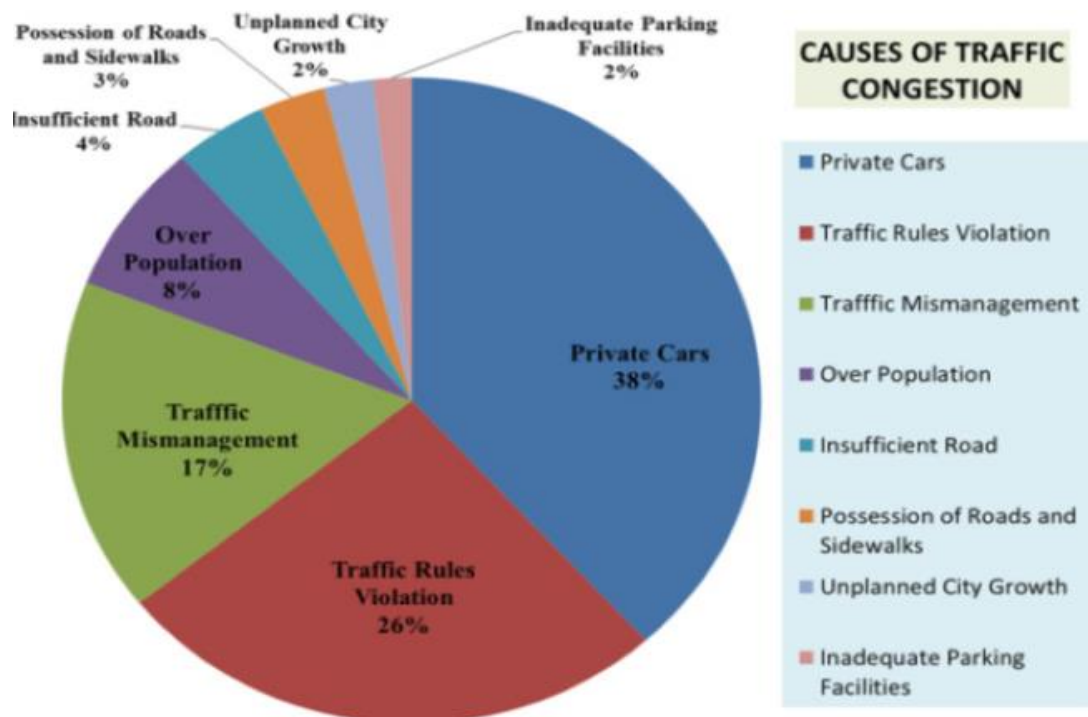
Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής προβλέπονται καταστροφικές για τον πλανήτη, καθώς επηρεάζουν όχι μόνο τους ανθρώπους, αλλά και τη χλωρίδα και την πανίδα. Γρήγορες και απότομες κλιματικές αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν μαζικό αφανισμό των ειδών, τόσο του ζωικού όσο και του φυτικού βασιλείου, που δε θα προλάβουν να προσαρμοστούν εγκαίρως στα νέα δεδομένα. Επιπροσθέτως, για τον ίδιο τον πλανήτη, οι αλλαγές που επιφέρει η υπερθέρμανση προκαλούν λιώσιμο των πάγων στην Ανταρκτική, με συνέπεια την άνοδο της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας. Όλα τα παραπάνω, φυσικά, επηρεάζουν άμεσα και το ανθρώπινο είδος, του οποίου η επιβίωση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επιβίωση του πλανήτη.

Οι επιστήμονες συμφωνούν πως ο μόνος τρόπος επιβράδυνσης της κλιματικής αλλαγής είναι ο περιορισμός του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Καθώς, όπως ήδη αναφέρθηκε, περίπου το ένα τέταρτο των παγκοσμίων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στον τομέα των μεταφορών, η λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών αυτών κρίνεται καθοριστική για το μέλλον του πλανήτη.

Σε τοπικό επίπεδο, τα περιβαλλοντικά ζητήματα εντοπίζονται πιο αισθητά στα αστικά κέντρα και ιδίως σε κεντρικές επιχειρηματικές περιοχές. Οι μεταφορικές υποδομές σχεδιάζονται έτσι ώστε να

εξυπηρετούν την κάλυψη αναγκών των πόλεων και των κατοίκων τους. Σε πόλεις, ωστόσο, που εμπίπτουν στην παραπάνω κατηγορία, οι υποδομές σχεδιάζονται με τρόπο που να εξυπηρετεί και έναν σημαντικό αριθμό άλλων διερχόμενων, όπως οι εργαζόμενοι των περιοχών. Έτσι, μεγάλο μέρος της χερσαίας επιφάνειάς τους καταλαμβάνεται από δρόμους, με αποτέλεσμα η τοπική κοινότητα να επηρεάζεται από τα επίπεδα θορύβου και εκπομπών ρύπων πολύ περισσότερο από τη συμβολή της στα επίπεδα κυκλοφορίας.

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα ατυχήματα και η οπτική και ακουστική όχληση είναι φαινόμενα που συναντώνται καθημερινά στις μεγάλες πόλεις, ιδιαίτερα σε ώρες αιχμής. Η κατάσταση αυτή έχει δημιουργηθεί κυρίως εξαιτίας της εξάρτησης του πληθυσμού από το ιδιωτικό αυτοκίνητο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πόλη Ντάκα, πρωτεύουσα του Μπαγκλαντές, μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις στον κόσμο, με συνεχές πρόβλημα κυκλοφοριακής συμφόρησης. Σε σχετική έρευνα που αφορούσε τις αιτίες του προβλήματος, προέκυψε το διάγραμμα της εικόνας 1.4. Όπως φαίνεται σε αυτό, η εκτεταμένη χρήση οχημάτων Ιδιωτικής Χρήσης ευθύνεται κατά 38% για την άσχημες κυκλοφοριακές συνθήκες. Αξίζει να σημειωθεί πως στη συγκεκριμένη πόλη, η μοναδική επιλογή δημόσιας μετακίνησης είναι τα λεωφορεία, κάτι που αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την κατάσταση που επικρατεί.



Εικόνα 1.4: Αιτίες κυκλοφοριακής συμφόρησης, η περίπτωση της πόλης Ντάκα [4]

Όπως γίνεται σαφές, η βασικότερη αιτία του προβλήματος κυκλοφοριακής συμφόρησης στις αστικές περιοχές εντοπίζεται στην έλλειψη ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης υποδομών οδικών μεταφορών. Η πρόκληση είναι η επέκταση και η βελτίωση της προσφοράς μεταφορών, ώστε να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις αντί της χρήσης ιδιωτικών αυτοκινήτων.

### 1.1.3. Πολιτικές αντιμετώπισης προκλήσεων τομέα Μεταφορών

Όπως γίνεται σαφές από τα παραπάνω, ο τομέας των Μεταφορών επηρεάζει άμεσα τις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, και επηρεάζεται από αυτές. Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία τη συνεργασία διαφορετικών ειδικοτήτων ώστε να αποφασιστούν οι τακτικές που πρέπει να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση των προκλήσεων. Η πολιτική που ακολουθείται σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το τι τίθεται ως προτεραιότητα για την κοινωνία, η Οικονομία ή το Περιβάλλον. Στην ουσία, σκοπός είναι η εύρεση της χρυσής τομής, η οποία αντιστοιχεί στην εφαρμογή της πρακτικής εκείνης που, εκμεταλλευόμενη την πιο πρόσφατη και πιο αποτελεσματική τεχνολογία, οδηγεί στο βέλτιστο συνδυασμό Οικονομικής και Περιβαλλοντικής Ωφέλειας. Πρέπει λοιπόν να δίνεται έμφαση στην αειφόρο ανάπτυξη, ως προτεραιότητα για τη μελλοντική κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και περιβαλλοντική προστασία.

Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κλάδου των μεταφορών είναι η δομή του δικτύου μεταφορών, οι τρόποι που χρησιμοποιούνται και τα επίπεδα κυκλοφορίας. Συμπληρωματικά, πρέπει επίσης να εξετάζονται οι οικονομικές και βιομηχανικές διαδικασίες που υποστηρίζουν το σύστημα μεταφορών, όπως η εξόρυξη και η παραγωγή καυσίμων, η διάθεση οχημάτων και ανταλλακτικών και οι υποδομές. Οι κύκλοι ζωής των υλικών πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη, καθώς, μετά το τέλος της ζωής τους, καταλήγουν ως απόβλητα, με αποτέλεσμα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταφορών να είναι τελικά πολύ μεγαλύτερο απ' όσο αρχικά υπολογίζεται. Η περιορισμένη επισκόπηση της κατάστασης οδηγεί σε εσφαλμένες στρατηγικές επίλυσης του προβλήματος. Οι στρατηγικές επίλυσης που υιοθετούνται οφείλουν να είναι πολυδιάστατες και να λαμβάνουν υπόψη τους τη χωρική κατανομή των εκπομπών.

Για την αντιμετώπιση της αρνητικής πλευράς των μεταφορών, οι επιστήμονες προσανατολίζονται σε τρεις βασικές κατευθύνσεις [5]: Τον περιορισμό των μετακινήσεων, την εξοικονόμηση καυσίμου, μέσω της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων και της ηλεκτροκίνησης, και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των υφιστάμενων συστημάτων μεταφοράς.

Με βάση τη μέχρι τώρα έρευνα, ο περιορισμός των μετακινήσεων έχει αποδειχτεί δύσκολος. Συγκεκριμένα, παρά τη δημιουργία μέσων απομακρυσμένης επικοινωνίας, όπως ή τηλεκπαίδευση, οι τηλεδιασκέψεις, η τηλεργασία και οι αγορές μέσω διαδικτύου, οι οποίες περιόρισαν τις μετακινήσεις, εκ του αποτελέσματος φάνηκε πως οι συνολικές μετακινήσεις τα τελευταία χρόνια αυξήθηκαν, και κατά συνέπεια αυξήθηκε και η ενέργεια που οφείλεται στις μετακινήσεις. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, αυτό οφείλεται τόσο στην αύξηση του πληθυσμού, όσο και στην άνοδο του βιοτικού επιπέδου, καθώς επίσης και σε φαινόμενα όπως οι επεκτάσεις πόλεων και η αστυφιλία.

Στον τομέα της ανάπτυξης εναλλακτικών καυσίμων πραγματοποιείται σημαντική πρόοδος. Παράδειγμα αποτελεί το Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο (CNG), το οποίο εξάγεται με γεωτρήσεις και είναι συμβατό με υφιστάμενους εναλλακτικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, παράγοντας μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας. Η αύξηση του αριθμού πρατηρίων ανεφοδιασμού στις αναπτυγμένες χώρες είναι ταχεία τα τελευταία χρόνια. Όσον αφορά

την ηλεκτροκίνηση, εφαρμόζεται ήδη στην πλειοψηφία των συγκοινωνιακών συστημάτων μεταφοράς, και γίνεται επί του παρόντος προσπάθεια επέκτασης του συστήματος και στη χρήση οχημάτων Ιδιωτικής Χρήσης.

Τέλος, η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των υφιστάμενων συστημάτων αναφέρεται σε ένα σύνολο διαδικασιών, όπως η ανάπτυξη και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, η διαμόρφωση φιλικής προς το περιβάλλον νοοτροπίας των πολιτών αλλά και η ενδυνάμωση του ρόλου των μέσων μαζικής μεταφοράς και η προώθηση των συνδυασμένων μαζικών μεταφορών.

Μεγάλο μέρος της προσπάθειας των συγκοινωνιολόγων περιστρέφεται τελικά γύρω από την ενίσχυση του ρόλου των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει πως η χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (MMM) αντί των οχημάτων Ιδιωτικής Χρήσης (ΙΧ) στις αστικές μετακινήσεις παρεμβαίνει με ουσιαστικό τρόπο στην εικόνα της πόλης, ωθώντας προς τον στόχο της αειφόρου κινητικότητας μέσω της επίλυσης των κυκλοφοριακών συμφορήσεων. Καθώς οι συγκεκριμένες μετακινήσεις είναι καθημερινές, η συμμετοχή τους στις συνολικές χερσαίες μεταφορές δεν περνάει απαρατήρητη. Μειώνοντας, λοιπόν, τις μεμονωμένες μετακινήσεις και προάγοντας στη θέση τους τις μαζικές μεταφορές, δεν επιτυγχάνεται μόνο η μείωση τοπικών ρύπων και όχλησης, αλλά και η συνολική μείωση των παγκόσμιων οδικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Στην πορεία για την επίτευξη αυτού του σκοπού, ισχυρός σύμμαχος μπορεί να αποβεί η ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης του κοινού. Δυστυχώς, μέχρι στιγμής, η παρατήρηση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τις επιλογές κινητικότητας του παγκόσμιου πληθυσμού. Η άνεση που προσφέρει η χρήση ιδιωτικού μέσου μεταφοράς οδηγεί στην προτίμησή του σε σχέση με εναλλακτικές μεθόδους, ειδικότερα πάνω από ένα ορισμένο όριο των επιπέδων εισοδήματος, όπως άλλωστε υπεδείχθη και στην Οικονομική Ανάλυση νωρίτερα (εικόνα 1.1). Στόχος των συγκοινωνιολόγων λοιπόν, γίνεται η επίτευξη κατά το δυνατόν μεγαλύτερης άνεσης στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, ως κίνητρο για την άνοδο τους στην λίστα των προτιμώμενων μέσων μεταφοράς των μετακινούμενων.

Είναι εύκολα κατανοητό πως κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με την επέκταση των υποδομών της δημόσιας συγκοινωνίας και τη βελτίωση των υπάρχουσών συστημάτων. Ο συγκεκριμένος στόχος, αν και σήμερα είναι πιο επιτακτικός από ποτέ, χαρακτηρίζει ολόκληρη την πορεία των μεταφορών, από τη γένεσή τους. Στο επόμενο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή των χερσαίων μεταφορών, μέσω της οποίας αποτυπώνονται τα βήματα που έχουν προς την κατεύθυνση της βελτίωσης των υποδομών με την πάροδο του χρόνου, καταλήγοντας στα τεχνολογικά άλματα των τελευταίων δεκαετιών.

## 1.2. Χερσαίες Μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών διαδραματίζει διαχρονικό ρόλο ως μοχλός άρσης των ανισοτήτων

μεταξύ των περιφερειών και ενδυνάμωσης των πλεονεκτημάτων τους, αλλάζοντας τα δεδομένα της οικονομίας κάθε περιοχής και της καθημερινής ζωής του πληθυσμού της. Για το λόγο αυτό, οι εξελίξεις του τομέα συμβαδίζουν με την εξέλιξη του ανθρώπινου είδους, προχωρώντας με αργά βήματα στο παρελθόν, αλλά με ραγδαία ανάπτυξη καθώς πλησιάζουμε στη σύγχρονη εποχή.

### 1.2.1. Ιστορία των Χερσαίων Μεταφορών

Η σημασία των μεταφορών έγινε αντιληπτή ήδη από την προϊστορία, όταν οι πρώτοι άνθρωποι χρειαζόταν να μετακινηθούν για αναζήτηση τροφής ή για να προστατευθούν από φυσικούς κινδύνους. Με την εξέλιξη των ανθρώπων αναπτύχθηκαν οικισμοί και στη συνέχεια πόλεις, μεταξύ των οποίων υπήρχε ανάγκη μετακινήσεων, κυρίως για λόγους εμπορίου. Κατά την αρχαιότητα οι χερσαίες μετακινήσεις πραγματοποιούνταν με πεζοπορία ή με τη βοήθεια ζώων. Καθώς όμως οι ανάγκες για μεταφορά φορτίων και για ταχύτερες μεταφορές αυξάνονταν, βασικό συγκοινωνιακό μέσο έγινε η άμαξα. Η χρήση της άμαξας οδήγησε σε ανάγκη ύπαρξης αμαξήλατων δρόμων, ώστε να μπορούν οι άμαξες να μετακινούνται με ασφάλεια. Στις ορεινές και βραχώδεις περιοχές ξεκίνησαν να λαξεύουν επάνω στα βράχια αυλάκια, με σταθερό μετατρόχιο 1.40 μέτρα, τις λεγόμενες αρματοροχίες ή αμαξοτροχίες, στα οποία κινούνταν οι τροχοί της άμαξας χωρίς να λοξοδρομούν. Το σύστημα αυτό, το οποίο χρονολογείται περί τον 7<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα στην Αρχαία Ελλάδα αποτελεί, στην ουσία, τον πρώτο τύπο σιδηροδρόμου που κατασκευάστηκε [6].

Η μορφή των αμαξών αρχικά παρέπεμπε στα σημερινά κάρα δύο τροχών, και ο οδηγός έπρεπε να στέκεται όρθιος. Από τη Ρώμη ξεκίνησε η κατασκευή τετράτροχων αμαξών, για μετακίνηση περισσότερων ατόμων, που μπορούσαν πλέον να ταξιδεύουν καθιστοί, ενώ έγιναν και προσπάθειες να συρθούν άμαξες από περισσότερα του ενός ζώα. Για πολλούς αιώνες, η τεχνολογία των μεταφορών παρέμεινε σχετικά στάσιμη. Οι πρώτες σημαντικές καινοτομίες στις άμαξες άρχισαν να παρατηρούνται κατά τον Μεσαίωνα, με το σκέπασμα τους με διάφορα υλικά για προστασία από τη βροχή και με αλλαγές στον τρόπο ζεύξης των ζώων και βελτιώσεις στην ανάρτηση. Στη συνέχεια, τα καθίσματα έγιναν πιο άνετα, προστέθηκαν πόρτες και παράθυρα, ενώ άρχισαν να κυκλοφορούν και άμαξες πολυτελείας, με πλούσια διακόσμηση. Φαίνεται πως τότε ουσιαστικά άρχισε να δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στην άνεση των επιβατών, κάτι που υποδεικνύει παράλληλα πως η ανάγκη για μεταφορές αυξήθηκε κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η πρόοδος εξακολούθησε κατά την περίοδο της Αναγέννησης, οπότε κατασκευάστηκαν διαφορετικοί τύποι και ρυθμοί, παραπέμποντας στη σημερινή αυτοκινητοβιομηχανία [7].

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα το πρόβλημα των μεταφορών είχε σε μεγάλο βαθμό λυθεί για τον οικονομικά εύρωστο πληθυσμό, αλλά οι χαμηλές κοινωνικές τάξεις εξακολουθούσαν να μην έχουν πρόσβαση σε μεταφορικά μέσα, ιδίως για μετακινήσεις εντός την πόλης. Αυτό άλλαξε με την παρουσίαση του παμφορείου, ή omnibus όπως ήταν η ονομασία του, το 1828 στο Παρίσι. Το παμφορείο ήταν ένα είδος λεωφορείου σε μορφή άμαξας. Το έσερναν άλογα, μπορούσε να μεταφέρει μέχρι 15 άτομα επί πληρωμής και διερχόταν κάθε 15 λεπτά. Η κυκλοφορία του διαδόθηκε γρήγορα, καθώς προσέφερε τη δυνατότητα στους πολίτες να εργάζονται και να έχουν κοινωνική ζωή εκτός της γειτονίας τους. Έτσι, μέχρι το 1845 στη Γαλλία υπήρχαν 13 διαφορετικές εταιρίες που πραγματοποιούσαν η καθεμία από 23 δρομολόγια, ενώ παράλληλα, η ιδέα

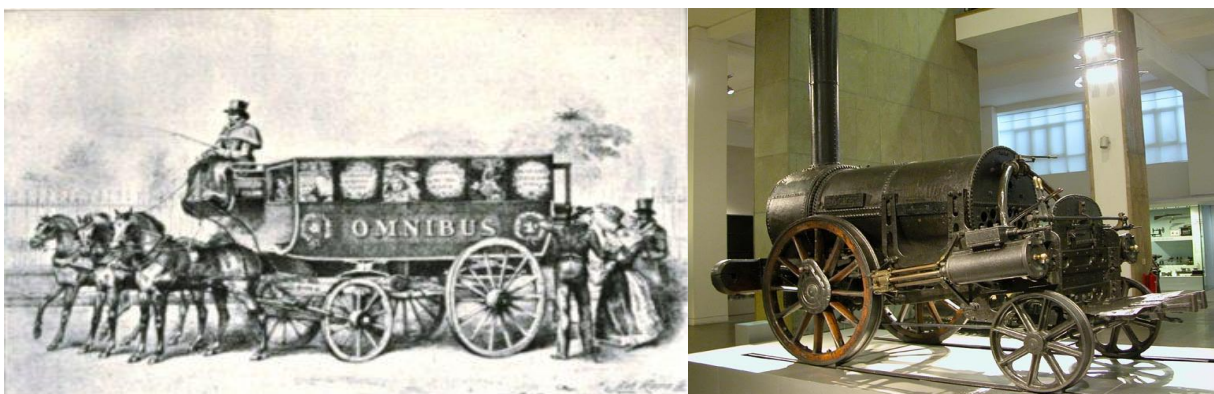
υιοθετήθηκε και από άλλες χώρες, όπως η Γερμανία, η Αγγλία και οι ΗΠΑ [8]. Το παμφορείο αποτέλεσε στην ουσία το πρώτο Μέσο Μαζικής Μεταφοράς για το ευρύ κοινό, με κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους της πόλης, αλλά και δρομολόγια από πόλη σε πόλη.



*Εικόνα 1.5: Εξέλιξη αμαξών*

*Αρχαία Ελλάδα (αριστερά) [5], Αρχαία Ρώμη (κέντρο) [6], Σύγχρονη εποχή (δεξιά) [7]*

Την ίδια περίπου περίοδο πραγματοποιήθηκε και η παρθενική εμφάνιση της ατμομηχανής, η οποία αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην ιστορία των μεταφορών, χρησιμοποιώντας την ενέργεια ορυκτών καυσίμων αντί της μυϊκής δύναμης των ζώων. Στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα κατασκευάστηκε στην Αμερική η πρώτη ατμομηχανή ως μέσο προώθησης σιδηροδρομικών σταθμών, η οποία ωστόσο αντιμετωπίστηκε με δυσπιστία και δεν προτιμήθηκε έναντι των αμαξών. Το 1804 πραγματοποιήθηκε στη Μεγάλη Βρετανία το πρώτο σιδηροδρομικό δρομολόγιο με ατμομηχανή ως μέσο έλξης. Λόγω απουσίας χρηματοδοτών, ωστόσο, ο πρώτος σιδηρόδρομος παρέμεινε αναξιοποίητος. Το 1825 προσαρμόστηκε για πρώτη φορά ατμάμαξα σε σιδηρόδρομο μεταφοράς επιβατών. Η μηχανή αυτή μπορούσε να σύρει 39 βαγόνια και να αναπτύξει ταχύτητες 20-25 km/h, ταχύτητα που διπλασιάστηκε μέσα στην επόμενη τετραετία, καθώς το 1829 κατασκευάστηκε ατμομηχανή που έφτανε την ταχύτητα των 46 km/h. Έκτοτε, η ανάπτυξη του συγκεκριμένου μέσου ήταν ραγδαία, καθώς η ταχύτητα κίνησης και το πλήθος και το βάρος φορτίου που μπορούσε να εξυπηρετήσει ήταν πρωτοφανή για την εποχή [9].



*Εικόνα 1.6: Παμφορείο (Αριστερά) [8], Ατμομηχανή (δεξιά) [9]*

Οι παραπάνω καινοτομίες συνέβαλαν στην ανάπτυξη ενός μέσου που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα - αν και η μορφή του είναι πολύ διαφορετική από την αρχική - του τραμ. Η πρώτη γραμμή τραμ εγκαινιάστηκε το 1832 στο Χάρλεμ της Νέας Υόρκης, και γινόταν χρήση αλόγων για την κίνηση του μέσου. Το 1853 το ιππήλατο τραμ έφτασε και στην Ευρώπη, ξεκινώντας από τη Γαλλία, και μέχρι το 1880 είχε διαδοθεί σε όλες τις μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις, ενώ στην Αθήνα έκανε την πρώτη του εμφάνιση το 1882. Χάρη στην παράλληλη εξέλιξη της ατμομηχανής, πολύ σύντομα η χρήση αλόγων άρχισε να δίνει τη θέση της σε μηχανικές μεθόδους κίνησης, οπότε δημιουργήθηκε το πρώτο ατμήλατο τραμ, το 1874. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρονική συγκυρία, καθώς μόλις ένα έτος νωρίτερα, το 1873, είχαν πραγματοποιηθεί και τα εγκαίνια του πρώτου τραμ καλωδιακής ρυμούλκησης, το οποίο συρόταν κατά μήκος μιας σταθερής τροχιάς από ένα κινούμενο συρματόσχοινο, με παροχή δύναμης από πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.



*Εικόνα 1.7: Ιππήλατο Τραμ [10]*

Σύντομα κυκλοφόρησαν και τα πρώτα ηλεκτροκίνητα τραμ, τα οποία αρχικά λειτουργούσαν με χρήση συσσωρευτών [10][11]. Η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια και για τα τρόλεϊ. Το πρώτο τρόλεϊ κυκλοφόρησε το 1882 στο Βερολίνο. Ήταν μία τετράτροχη άμαξα, στην οποία είχαν τοποθετηθεί δύο ηλεκτρικοί κινητήρες, που τραβούσαν ρεύμα από τα εναέρια καλώδια ηλεκτρικής ενέργειας και τη μετέδιδαν με αλυσίδα κίνησης στους πίσω τροχούς [12]. Η ιδέα της χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος για την κίνηση μεταφορικών μέσων, ωστόσο, είχε ξεκινήσει κάποια χρόνια νωρίτερα, όταν, το 1828, στην Ουγγαρία, η εφεύρεση ενός πρώιμου ηλεκτροκινητήρα κατέστησε εφικτή την κατασκευή του πρώτου μικρού ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Αν και το πρώτο αυτοκίνητο, δηλαδή το πρώτο πλήρως αυτοκινούμενο μηχανοκίνητο όχημα, κατασκευάστηκε πολλά χρόνια νωρίτερα (μόλις το 1769), η αυτοκίνηση άργησε να αναγνωριστεί, καθώς θεωρήθηκε πως ένα όχημα χωρίς άλογα ήταν ουτοπικό. Οι αρχικές προσπάθειες αυτοκίνησης περιλάμβαναν κυρίως τρίκυκλα οχήματα, που κινούνταν με τη δύναμη του ατμού και αντιμετωπίζονταν όχι μόνο με δυσπιστία, αλλά και με εχθρότητα από ενοικιαστές αλόγων,

αμαξηλάτες και άλλους. Το ηλεκτροκίνητο όχημα που κατασκευάστηκε το 1828, ήταν τετράτροχο και αντιμετωπίστηκε με την ίδια προκατάληψη [13]. Στα επόμενα βήματα της ηλεκτροκίνησης δοκιμάστηκε τόσο η χρήση μη-επαναφορτιζόμενων μπαταριών, όσο και η χρήση ηλεκτροδοτούμενης γραμμής, πάνω στην οποία κινούνταν το όχημα.

Το παράδοξο είναι πως παρότι τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τα πρώτα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης αναπτύχθηκαν την ίδια χρονική περίοδο, και μάλιστα η ηλεκτροκίνηση ήταν η επικρατέστερη μέθοδος ως τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, στη συνέχεια σχεδόν εγκαταλείφθηκε, μέχρι και πρόσφατα. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη εξέλιξη που γνώρισαν εκείνη την εποχή οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ), οι οποίες, ουσιαστικά, εκτόπισαν όχι μόνο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αλλά και τις ατμομηχανές. Οι πιο γρήγοροι χρόνοι ανεφοδιασμού και το χαμηλότερο κόστος παραγωγής τους ήταν τα στοιχεία που έκαναν τις ΜΕΚ τόσο δημοφιλείς. Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης εφευρέθηκε το 1860, παρότι οι αρχές λειτουργίας της ήταν γνωστές από τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Το πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε ως βάση στην αυτοκινητοβιομηχανία κατασκευάστηκε το 1876 από τον Ν. Otto και χρησιμοποιούσε μείγμα φωταερίου και ατμοσφαιρικού αέρα, ενώ από το 1880 άρχισε να χρησιμοποιείται ως καύσιμο η βενζίνη. Ως εφευρέτης του σύγχρονου αυτοκινήτου αναγνωρίστηκε ένας Γερμανός μηχανικός, ο *Karl Friedrich Benz*, ο οποίος σχεδίασε και κατασκεύασε το πρώτο όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, το 1878 [14].

Η διάδοση των αυτοκινήτων τις επόμενες δεκαετίες επηρέασε σημαντικά την κατάσταση στον τομέα των μεταφορών. Η ραγδαία ανάπτυξη τους περιόρισε κατά πολύ τη χρήση του σιδηροδρόμου, σε βαθμό που αμφισβητήθηκε η σκοπιμότητα διατήρησής του. Τελικά, όμως, ο σιδηρόδρομος κρίθηκε αναντικατάστατος για μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις και για μεταφορές εμπορευμάτων. Καθώς το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των σιδηροδρόμων με ατμάμαξες ήταν πολύ υψηλό, γρήγορα ξεκίνησε η σταδιακή αντικατάστασή τους με μηχανές έλξης ντίζελ και με ηλεκτροκίνηση. Αξίζει στο σημείο αυτό να αναφερθεί πως το μετρό του Λονδίνου, το οποίο είναι το παλαιότερο στην ιστορία των αστικών σιδηροδρόμων, καθώς η λειτουργία του ξεκίνησε το 1863, είναι επίσης το πρώτο ηλεκτροκίνητο μετρό παγκοσμίως, καθώς ο εξηλεκτρισμός του είχε ήδη ολοκληρωθεί το 1890 [15].

Όπως γίνεται κατανοητό, ο 19<sup>ος</sup> αιώνας ήταν καθοριστικός για τη διαμόρφωση της σημερινής μορφής των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, καθώς όλα τα σύγχρονα χερσαία μέσα δεν είναι παρά εξέλιξη των μεγάλων εφευρέσεων που δημιουργήθηκαν εκείνη την περίοδο. Κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αναπτύχθηκαν κυρίως οι εναέριες μεταφορές, ενώ, όσον αφορά τις χερσαίες, δόθηκε έμφαση στη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων συστημάτων, ως προς την απόδοσή τους, την άνεση που παρέχουν στο επιβατικό κοινό, αλλά και την εμφάνισή τους.

### 1.2.2. Χερσαίες Μεταφορές σήμερα

Στη σύγχρονη εποχή, οι ανάγκες για μεταφορές είναι αυξημένες σε σχέση με παλαιότερα, καθώς η ευημερία μιας πόλης εξαρτάται πλέον απόλυτα από τον τρόπο με τον οποίον πραγματοποιούνται οι μετακινήσεις από και προς αυτήν. Για τον λόγο αυτόν, τα μέσα μεταφοράς πρέπει να είναι



γρήγορα, ασφαλή και να προσφέρουν ολοκληρωμένο σύστημα μετακινήσεων.

Μεγάλο μέρος των χερσαίων μετακινήσεων στις μέρες μας πραγματοποιείται με χρήση Ιδιωτικών Αυτοκινήτων (ΙΧ), τα οποία συχνά προτιμώνται σε σχέση με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, λόγω της άνεσης και της ταχύτητας που προσφέρουν. Παράλληλα, η ανάγκη για μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορών που αναλύθηκε νωρίτερα, έχει οδηγήσει, στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, στην ανάπτυξη οργανωμένου δικτύου εναλλακτικής μετακίνησης, φιλικού προς τον χρήστη, που συνίσταται από συνδυασμό οχημάτων σταθερής τροχιάς και οχημάτων κινούμενων επί του οδικού δικτύου. Καθώς, όπως εξηγήθηκε νωρίτερα, το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα των χερσαίων μετακινήσεων εντοπίζεται στις μεγάλες πόλεις, εκεί έχουν αναπτυχθεί και οι περισσότερες εναλλακτικές λύσεις κίνησης.

Τα μέσα ενός συστήματος αστικών συγκοινωνιών δύνανται να λειτουργούν συμπληρωματικά ή ανταγωνιστικά. Η συμπληρωματικότητα των μέσων μεταφοράς ως προς την παρεχόμενη εξυπηρέτηση αποτελεί αναγκαίο χαρακτηριστικό ενός ορθολογικού μεταφορικού συστήματος. Με τον όρο συμπληρωματικότητα νοείται η δυνατότητα δημιουργίας ενός δικτύου σε μορφή οργανωμένου συστήματος, μέσω του οποίου καλύπτεται η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα του επιβατικού κοινού, με χρήση διαφορετικών μέσων μαζικής μεταφοράς που συντελούν το σύστημα.

Η επίτευξη της συμπληρωματικότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της διαφοροποίησης των ρόλων και των διαδρομών των διάφορων μέσων. Αρχικά, είναι αναγκαία η ύπαρξη μέσων σταθερής τροχιάς, με σταθμούς που να εξυπηρετούν τα πιο πολυσύχναστα σημεία κατά μήκος της πόλης, σε ολόκληρη την έκτασή της. Από τους σταθμούς αυτούς πρέπει να διέρχονται οχήματα κινούμενα επί του οδικού δικτύου, που να εξυπηρετούν τα λιγότερο κεντροβαρή σημεία. Τέλος, εξίσου μεγάλης σημασίας είναι τα μεταφορικά μέσα που ενώνουν την πόλη με τα προάστια της. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ομαδική δράση των συγκοινωνιών, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η σύνδεση όσο το δυνατόν περισσότερων προελεύσεων και προορισμών, με τον αμεσότερο και ταχύτερο τρόπο και με τη λιγότερη καταπόνηση του επιβάτη.

Τα μέσα σταθερής τροχιάς αποτελούν τον πυλώνα του προαναφερόμενου δικτύου. Στόχος των συγκοινωνιολόγων είναι η εδραίωσή τους στη συνείδηση των πολιτών ως η πρώτη επιλογή για μετακίνηση. Για το σκοπό αυτό εξετάζονται διαρκώς ποικίλοι δείκτες αξιολόγησης, ποιοτικοί και λειτουργικοί, που συμπεριλαμβάνουν τις συνθήκες ασφάλειας, μεταφοράς και χώρων αναμονής για κάθε μέσο, τη διάρκεια μετακίνησης και αναμονής, την ευκολία πρόσβασης και άλλους παράγοντες επιλογής μεταφορικού μέσου, αλλά και παράγοντες όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παροχή των υπηρεσιών. Από δεδομένα που συλλέγονται εξάγονται συμπεράσματα σε σχέση με τον βαθμό ικανοποίησης των επιβατών και την αποδοτικότητα του χρονοπρογραμματισμού. Οι αναφορές των αποτελεσμάτων δεν αναρτώνται στο κοινό, αλλά οι πίνακες και τα διαγράμματα που προκύπτουν από αυτές χρησιμοποιούνται από οργανισμούς συγκοινωνιών για τον εντοπισμό των προβλημάτων λειτουργίας και για τη βελτίωση του συγκοινωνιακού έργου [16].

### 1.3. Σιδηροδρομικό Δίκτυο Ελλάδας

#### 1.3.1. Ιστορική εξέλιξη Σιδηροδρόμων Ελλάδος

Η έναρξη της εποχής των σιδηροδρόμων ως μέσο μεταφοράς επιβατών συνέπεσε χρονικά με την ανεξαρτητοποίηση του ελληνικού κράτους, το 1830. Η πρώτη πρόταση στην ελληνική κυβέρνηση για κατασκευή σιδηροδρόμου κατατέθηκε το 1835, μόλις ένα χρόνο μετά την ανακήρυξη της Αθήνας ως πρωτεύουσα του ελληνικού κράτους. Η σύμβαση έργου, ωστόσο, καθυστέρησε 22 χρόνια να υπογραφεί, κάτι που τελικά έγινε το 1857. Το έργο, το οποίο ολοκληρώθηκε το 1869, κάλυπτε 8,5 χιλιόμετρα της διαδρομής Αθήνα – Πειραιάς και αρχικά αποτελούνταν από δύο σταθμούς, το σταθμό του Θησείου και τον σταθμό του Πειραιά [17]. Το 1904 η γραμμή έγινε ηλεκτροκίνητη, ενώ στα χρόνια που είχαν μεσολαβήσει είχαν αρχικά προστεθεί ενδιάμεσοι σταθμοί και έπειτα είχε πραγματοποιηθεί επέκταση της γραμμής ως την Ομόνοια.

Το 1882, συστάθηκε η εταιρία «Σιδηρόδρομοι Αττικής» (ΣΑ), με σκοπό τη σύνδεση της Αθήνας με το Λαύριο, αρχικά για εμπορικούς σκοπούς. Η γραμμή εγκαινιάστηκε το 1885 και λειτουργούσε με ατμομηχανή. Η αφετηρία της ήταν αρχικά στην πλατεία Αττικής και στη συνέχεια επεκτάθηκε ως την πλατεία Λαυρίου. Και οι δύο πλατείες πήραν τα ονόματά τους λόγω του σκοπού που εξυπηρετούσαν, η πρώτη επειδή αποτελούσε την αφετηρία των σιδηροδρόμων Αττικής και η δεύτερη επειδή αποτελούσε την αφετηρία των τρένων για Λαύριο [18]. Η σύνδεση της Αθήνας με το Λαύριο πραγματοποιούνταν μέσω του σταθμού της Κηφισιάς, από όπου ξεκινούσαν τρένα εμπορικής γραμμής που έφταναν ως το λατομεία Μαρμάρου στο Διόνυσο Αττικής. Η επιβατική κίνηση πέραν της Κηφισιάς ήταν ελάχιστη τον πρώτο καιρό, καθώς υπήρχαν μόνο περιστασιακοί εκδρομικοί συρμοί που συνέδεαν τον συγκεκριμένο σταθμό με τον Διόνυσο.



*Εικόνα 1.8: Αφετηρία Λαυριακού Σιδηροδρόμου [11]*

Η συνεργασία των εταιριών «ΣΑΠ» (Σιδηρόδρομοι Αθηνών – Πειραιώς), «Σιδηροδρόμων Αττικής» και «Τροchioδρόμων Αθηνών – Πειραιώς», με τον αγγλικό όμιλο «Power» οδήγησε, λίγα χρόνια αργότερα, στη σύνδεση των προαναφερόμενων σιδηροδρομικών γραμμών. Το αποτέλεσμα ήταν η λειτουργία της γραμμής 1 του μετρό Αθήνας. Θεωρείται από πολλούς το πρώτο μετρό, καθώς τμήματα της γραμμής χρονολογούνται στο 1869. Η εταιρία «Ελληνικοί Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι» (ΕΗΣ), που αντικατέστησε τους ΣΑΠ, ανέλαβε τη βελτίωση της υπάρχουσας γραμμής. Σε συνεργασία με την «Ηλεκτρική Εταιρία Μεταφορών» (ΗΕΜ) πραγματοποιήθηκε και η ηλεκτροκίνηση του σιδηροδρόμου Κηφισιάς. Το 1957 ο αστικός σιδηρόδρομος, γνωστός ως «Ηλεκτρικός», ένωνε πλέον απευθείας τον Πειραιά με την Κηφισιά. Έκτοτε προστέθηκαν ενδιάμεσοι σταθμοί και πραγματοποιήθηκαν έργα αναπλάσεως των σταθμών και έργα ανακατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής, χωρίς ωστόσο να υπάρξει κάποια άλλη επέκτασή της. Από το 1976 η διαχείριση ανήκει πλέον στο Ελληνικό Δημόσιο, υπό την ονομασία ΗΣΑΠ Α.Ε., «Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι Αθηνών – Πειραιώς» [19]. Σήμερα, η γραμμή αποτελείται από 24 σταθμούς, 2 υπόγειους και 22 υπέργειους.

Η θετική ανταπόκριση του κοινού στη σιδηροδρομική σύνδεση της Αθήνας με τον Πειραιά οδήγησε στη θεώρηση των σιδηροδρόμων ως μέσο τόνωσης της εσωτερικής ανάπτυξης της Ελλάδας. Η αρχή έγινε το 1878, όταν ζητήθηκε από τον τότε δήμαρχο Πύργου η κατασκευή της πρώτης σιδηροδρομικής γραμμής εκτός Αττικής, με σκοπό τη σύνδεση του Πύργου με το λιμάνι του Κατάκολου, ώστε να αυξηθεί η εξαγωγή σταφίδας [20].

Το 1882, εκτός από τη σύνδεση της Αθήνας με το Λαύριο, προτάθηκε επίσης, από τον Χαρίλαο Τρικούπη, η κατασκευή ενός σιδηροδρομικού δικτύου 417 χιλιομέτρων. Το δίκτυο αυτό θα εκτεινόταν σε Πελοπόννησο και Θεσσαλία, με σκοπό τη σύνδεση ολόκληρης της τότε ηπειρωτικής Ελλάδας. Παρότι ο Θεσσαλικός σιδηρόδρομος εγκαινιάστηκε το 1884, με το πρώτο δρομολόγιο από τον Βόλο στη Λάρισα, η κατασκευή του συνολικού δικτύου χρειάστηκε 25 χρόνια για να ολοκληρωθεί.

Μετά τους βαλκανικούς πολέμους (1912 - 1913) και την απελευθέρωση της Θράκης και της Μακεδονίας, η γραμμή επεκτάθηκε ώστε να συμπεριλάβει τις νέες διαδρομές και συνδέθηκε με τους Σιδηρόδρομους Μακεδονίας και Θράκης. Η ολοκλήρωσή της πραγματοποιήθηκε τελικά το 1918 [21].

Το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ελλάδας έγινε ενιαίο το 1965, όταν τα υφιστάμενα ως τότε σιδηροδρομικά δίκτυα ενσωματώθηκαν στους «Σιδηρόδρομους Ελληνικού Κράτους» (ΣΕΚ), με εξαίρεση τη σιδηροδρομική γραμμή Πειραιά – Κηφισιάς και Πειραιά – Περάματος, που παρέμεινε υπό την εποπτεία των ΕΗΣ. Το 1971 ιδρύθηκε ο κρατικός «Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος» (ΟΣΕ), ως μετεξέλιξη του ΣΕΚ. Από τότε, το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ελλάδας έχει εκσυγχρονιστεί και ορισμένα τμήματά του, όπως η κύρια γραμμή Αθηνών – Θεσσαλονίκης και οι γραμμές του Προαστιακού Αθήνας, είναι πλέον ηλεκτροκινούμενα.

### 1.3.2. Σύγχρονα Σιδηροδρομικά Δίκτυα Ελλάδος

Ως Εθνική Σιδηροδρομική Υποδομή ορίζεται η σιδηροδρομική υποδομή που βρίσκεται εντός της ελληνικής επικράτειας και ανήκει κατά κυριότητα ή κατά χρήση στην ΟΣΕ, καθώς και κάθε μελλοντική επέκταση αυτού [22]. Σήμερα, το κρατικό σιδηροδρομικό δίκτυο εκτείνεται σε όλη την ηπειρωτική χώρα. Ο κύριος άξονας του ξεκινά από τον Πειραιά και καταλήγει στην έξοδο της χώρας προς τα Σκόπια, στην Ειδομένη. Σε αυτόν συναντώνται διακλαδώσεις που χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση περιφερειακών πόλεων. Το δίκτυο συμπληρώνεται από τους δευτερεύοντες άξονες, που είναι ο άξονας του Προαστιακού Σιδηροδρόμου, ο άξονας Δυτικής Μακεδονίας, ο άξονας Ανατολικής Μακεδονίας, το δίκτυο της Πελοποννήσου και η γραμμή Πηλίου, και από τις διακλαδώσεις τους. Ο χάρτης του ελληνικού σιδηροδρομικού δικτύου απεικονίζεται στην εικόνα 1.9.

Όπως φαίνεται στον χάρτη, συναντώνται τρεις τύποι γραμμής στην υποδομή του δικτύου, μονή γραμμή κανονικού εύρους, διπλή γραμμή κανονικού εύρους και μονή γραμμή μετρικού εύρους. Το εύρος της σιδηροδρομικής γραμμής είναι η απόσταση μεταξύ των εσωτερικών πλευρών των σιδηροτροχιών. Στο κανονικό εύρος, η απόσταση αυτή είναι 1.435 mm, ενώ στο μετρικό εύρος, 1000 mm. Το ιδανικό σενάριο θα περιλάμβανε εγκατάσταση διπλής γραμμής σε ολόκληρο το εύρος του δικτύου. Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν είναι δυνατόν, καθώς εμπεριέχει μεγάλο κόστος.



Εικόνα 1.9: Χάρτης του ελληνικού σιδηροδρομικού δικτύου [12]

Πέραν της μητρικής εταιρίας, λειτουργούν και 3 θυγατρικές της ΟΣΕ, η ΕΔΙΣΥ Α.Ε., η ΕΡΓΑ-ΟΣΕ Α.Ε. και η ΓΑΙΑ-ΟΣΕ Α.Ε.. Η ΕΔΙΣΥ Α.Ε. είναι ο Εθνικός Διαχειριστής Σιδηροδρομικής Υποδομής, είναι επομένως υπεύθυνη για τη διαχείριση, συντήρηση και εκμετάλλευσή των υποδομών και εισπράττει τα τέλη εκμετάλλευσης από τις σιδηροδρομικές εταιρείες που τις χρησιμοποιούν. Η ΕΡΓΑ-ΟΣΕ Α.Ε. ασχολείται με τα έργα που αναλαμβάνει ο ΟΣΕ, πραγματοποιώντας μελέτες και προμηθεύοντας τις κατασκευές με τα απαραίτητα υλικά. Η ΓΑΙΑ-ΟΣΕ Α.Ε. διαχειρίζεται την ακίνητη περιουσία του Οργανισμού. Τέλος, υπάρχει και η ΤΡΑΙΝΟΣΕ, η οποία ήταν θυγατρική της ΟΣΕ, αλλά ανεξαρτητοποιήθηκε το 2008 και παραχωρήθηκε στον ιταλικό όμιλο FS Italiane το 2017. Ρόλος της είναι η παροχή υπηρεσιών μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων [23].

Εκτός από τα παραπάνω, στην Ελλάδα είναι επίσης σε λειτουργία δύο ακόμη είδη μεταφορικών μέσων σταθερής τροχιάς, το μετρό και το τραμ, των οποίων ο ρόλος είναι τοπικός, αφορά δηλαδή μετακινήσεις μέσα στην πόλη. Την παρούσα χρονική στιγμή και τα δύο αυτά μέσα είναι σε λειτουργία μόνο στην πρωτεύουσα της Ελλάδος, την Αθήνα. Όσον αφορά το μετρό, είναι υπό κατασκευή και αναμένεται να ξεκινήσει τον Απρίλιο του 2023 η λειτουργία του και σε δεύτερη ελληνική πόλη, την Θεσσαλονίκη. Αντίθετα, το τραμ έχει ήδη χρησιμοποιηθεί ως μέσο μεταφοράς εκτός της Αθήνας και σε άλλες μεγάλες εγχώριες πόλεις, όπως η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, ο Βόλος και η Καλαμάτα, αλλά και σε μικρότερες, όπως το Καρλόβασι της Σάμου. Επί της παρούσης σε καμία από αυτές τις περιοχές δε βρίσκεται σε λειτουργία. Είναι, ωστόσο, υπό μελέτη, το ενδεχόμενο επαναλειτουργίας του στη Θεσσαλονίκη και εγκατάστασής του στο Ηράκλειο, τη Λάρισα, τα Ιωάννινα και τη Ρόδο.

#### **1.4. Μεταφορές σταθερής τροχιάς στην Αθήνα**

Η ανάγκη ύπαρξης εκτεταμένου δικτύου μέσων μαζικής μεταφοράς είναι, όπως έχει ήδη τεκμηριωθεί, μεγαλύτερη στα αστικά κέντρα. Στην Ελλάδα, τα μεγαλύτερα κυκλοφοριακά προβλήματα συναντώνται στην Αθήνα, κάτι που κρίνεται ως απόλυτα λογικό, καθώς στη συγκεκριμένη πόλη έχει συγκεντρωθεί περίπου το 29% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με απογραφή του 2011 [24], το πολεοδομικό συγκρότημα Αθηνών – Πειραιώς, δηλαδή η περιοχή της Αθήνας, του Πειραιά και των προαστίων τους, έχει πληθυσμό 3,1 εκατομμυρίων κατοίκων, με τον συνολικό αριθμό των κατοίκων της Ελλάδος να ανέρχεται στα 10,8 εκατομμύρια.

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση στην Αθήνα είναι ένα καθημερινό φαινόμενο, το οποίο, σε συνδυασμό με τη γεωμορφολογία του λεκανοπεδίου και τα ιδιαίτερα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, οδηγεί σε συσσώρευση των εκπεμπόμενων από τα αυτοκίνητα ρύπων [25]. Η ποιότητα ζωής των κατοίκων μειώνεται, καθώς τα αιωρούμενα σωματίδια είναι συνδεδεμένα με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, όπως προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος και καρδιαγγειακές παθήσεις, αλλά και γενικότερη εξασθένηση του οργανισμού.

Επιπροσθέτως, η αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε λεπτόκοκκα σωματίδια μεταβάλλει τη θερμοκρασία της γης, επηρεάζοντας τελικά το παγκόσμιο κλίμα.

Με σκοπό την κατανόηση των κυκλοφοριακών προβλημάτων της Αθήνας, έχουν στο παρελθόν εκπονηθεί πολλές μελέτες και έχουν κατατεθεί πολλές προτάσεις στις αρμόδιες διοικητικές αρχές. Η επένδυση σε υποδομές και μέσα σταθερής τροχιάς κρίθηκε από τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας (ΟΑΣΑ) ως ο πιο αποδοτικός τρόπος αντιμετώπισης της δυσμενούς κατάστασης, καθώς επέτρεπε την αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου. Έτσι, στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, εν αναμονή της τέλεσης των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004, η εταιρία «Αττικό Μετρό Α.Ε.» ξεκίνησε την κατασκευή των γραμμών 2 και 3 του μετρό της Αθήνας. Λίγα χρόνια αργότερα, τον Μάρτιο του 2001, ιδρύθηκε και η εταιρία «TRAM Α.Ε.», θυγατρική της «Αττικό Μετρό Α.Ε.», με αντικείμενο τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του σύγχρονου δικτύου του αστικού τροχιοδρόμου. Την ίδια περίπου χρονική περίοδο μπήκαν σε λειτουργία και οι Προαστιακές γραμμές της ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ Α.Ε., η οποία έχει πλέον απορροφηθεί από την TRAINOSE Α.Ε.



Εικόνα 1.10: Χάρτης Μετρό – Προαστιακός – Τραμ [13]

Όπως διακρίνεται στην Εικόνα 1.10, το μετρό της Αθήνας συνδέεται με τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο και με το δίκτυο του τραμ, σχηματίζοντας ένα ενιαίο δίκτυο. Μέσω αυτού, εξυπηρετείται όχι μόνο το κέντρο, αλλά ολόκληρη η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Επιπλέον, εξυπηρετούνται οι μετακινούμενοι με πλοία και με αεροπλάνα, καθώς τόσο από το λιμάνι του Πειραιά, όσο και από το αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος» υπάρχει δυνατότητα χρήσης του μετρό, για όσους επιθυμούν να μετακινηθούν προς την πόλη, και του προαστιακού, για όσους επιθυμούν να μετακινηθούν προς τα προάστια.

Από τις γραμμές που διακρίνονται στον χάρτη, η πράσινη, ή αλλιώς «Γραμμή 1» του μετρό, αποτυπώνει την πορεία του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου από τον Πειραιά ως την Κηφισιά. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το τμήμα που συνδέει τον Πειραιά με το Θησείο είναι σε λειτουργία από το 1869. Η κόκκινη διαδρομή αντιστοιχεί στη «Γραμμή 2» του μετρό και η μπλε διαδρομή στη «Γραμμή 3» του μετρό, με κίνηση από την Ανθούπολη ως το Ελληνικό και από τον Κορυδαλλό (οι 3 πιο πρόσφατοι σταθμοί της μπλε γραμμής, Αγία Μαρίνα, Αγία Βαρβάρα και Κορυδαλλός, δεν έχουν αποτυπωθεί στον συγκεκριμένο χάρτη) ως το αεροδρόμιο αντίστοιχα. Συνολικά, το δίκτυο αποτελείται από 64 σταθμούς, με το μήκος συστήματος να φτάνει τα 89,7 km και με κανονικό εύρος γραμμής (1.435 m). Οι ανταποκρίσεις μεταξύ των τριών αυτών γραμμών του μετρό επιτρέπουν στους χρήστες του μέσου την εύκολη και γρήγορη μετακίνηση στο κέντρο της Αθήνας και τα βόρεια προάστια της, αλλά και τη δυνατότητα προσέγγισης των νοτίων και δυτικών προαστίων της. Τα δρομολόγια, ιδίως στις γραμμές 2 και 3, είναι συχνά και οι συνθήκες μεταφοράς και αναμονής στους σταθμούς είναι ιδιαίτερα προσεγμένες, καθιστώντας το μετρό το πρώτο στην προτίμηση του κοινού μεταφορικό μέσο για μετακίνηση στην πόλη.

Με την καφέ γραμμή παρουσιάζονται στον χάρτη οι διαδρομές του τραμ, που είναι σήμερα τρεις. Τη γραμμή T3, από το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας ως το Ασκληπιείο Βούλας, τη γραμμή T4 από το Σύνταγμα ως το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας και τη γραμμή T5, από το Σύνταγμα ως το Ασκληπιείο Βούλας. Συνολικά, το δίκτυο του τραμ αποτελείται από 48 σταθμούς, με το μήκος συστήματος να φτάνει τα 27 km και με κανονικό εύρος γραμμής (1.435 m). Το τραμ εξυπηρετεί τη σύνδεση του κέντρου της Αθήνας με τα Νότια Προάστια της, ως την περιοχή του Παλαιού Φαλήρου και, στη συνέχεια, με επέκταση προς τα Νοτιοδυτικά Προάστια, ως το Νέο Φάληρο και προς τα Νοτιοανατολικά προάστια, ως την Βούλα. Όσον αφορά την άποψη του κοινού, η συχνότητα των δρομολογίων του τραμ είναι ικανοποιητική, όπως επίσης και οι συνθήκες μεταφοράς. Αντιθέτως, οι συνθήκες αναμονής αποτελούν το κυριότερο μειονέκτημα του συγκεκριμένου μέσου, καθώς οι επιβάτες, κατά την αναμονή τους, δεν προστατεύονται επαρκώς από τις καιρικές συνθήκες και την οπτικοακουστική όχληση που προκαλείται από τα αυτοκίνητα.

Οι εναπομένουσες γραμμές του χάρτη αποτυπώνουν την πορεία του Προαστιακού Σιδηροδρόμου. Η βασική πορεία παραμένει όπως φαίνεται στον παραπάνω χάρτη, αλλά οι διαδρομές έχουν υποστεί τροποποιήσεις, οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος Αθήνας συνδέει το κέντρο της Αθήνας με τα Νοτιοδυτικά προάστια της, με τερματικό Σταθμό εκείνον του Πειραιά, με τα Βόρεια προάστια, φτάνοντας ως και τον Διεθνή Αερολιμένα «Ελευθέριος Βενιζέλος» και τέλος, με τα Δυτικά προάστια, φτάνοντας ως τον σταθμό Κιάτο, βγαίνοντας δηλαδή οριακά και εκτός Νομού Αττικής. Από το σταθμό της Αθήνας

Ξεκινάνε ακόμη τρένα με προορισμό τη Χαλκίδα, ενώ πρόσφατα έχει προστεθεί και διαδρομή που φτάνει ως το Αίγιο, με ανταπόκριση στο σταθμό Κιάτο. Συνολικά το δίκτυο του Προαστιακού Αθήνας αποτελείται από 45 σταθμούς, εκτείνεται σε μήκος συστήματος 230,9 km και έχει κανονικό εύρος γραμμής (1.435 m). Ο Προαστιακός αποτελεί για πολλές από τις περιοχές που εξυπηρετεί το μοναδικό μέσο μεταφοράς για σύνδεση με την Αθήνα, ιδιαίτερα για την περιοχή των Δυτικών Προαστίων. Μολαταύτα, τα παράπονα τόσο για τα αραιά δρομολόγια του στο συγκεκριμένο τμήμα της διαδρομής, όσο και για τις μη ικανοποιητικές συνθήκες μεταφοράς και αναμονής των επιβατών, είναι συχνά, με αποτέλεσμα να μη δύναται να προσελκύσει αρκετούς επιβάτες ως καλή εναλλακτική της χρήσης ιδιωτικού οχήματος.

Όπως γίνεται σαφές, το εγκατεστημένο δίκτυο που περιεγράφηκε είναι ζωτικής σημασίας, καθώς ανακουφίζει την πόλη της Αθήνας από σημαντικό μέρος του κυκλοφοριακού φορτίου της. Το καθένα από τα μέσα που αναλύθηκαν μπορεί να αντικαταστήσει φορτίο περίπου 50 αυτοκινήτων, τα οποία θα καταλάμβαναν μεγάλη περιοχή του οδικού χώρου και των θέσεων στάθμευσης. Συντελούν έτσι σημαντικά στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο μητροπολιτικό κέντρο. Παράλληλα, το συνολικό κόστος λειτουργίας των μέσων αυτών είναι χαμηλότερο και τα οχήματα που χρησιμοποιούνται είναι πιο ανθεκτικά κι έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής από τα ιδιωτικά μέσα και τα λεωφορεία, που, καθώς χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης, απαιτούν περισσότερη συντήρηση. Τέλος, δεν πρέπει να παραλειφθεί η αναφορά των επιπέδων ασφάλειας που παρέχεται από τα μέσα σταθερής τροχιάς, τα οποία, σε παγκόσμιο επίπεδο, θεωρούνται τα ασφαλέστερα μέσα χερσαίας μεταφοράς.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ

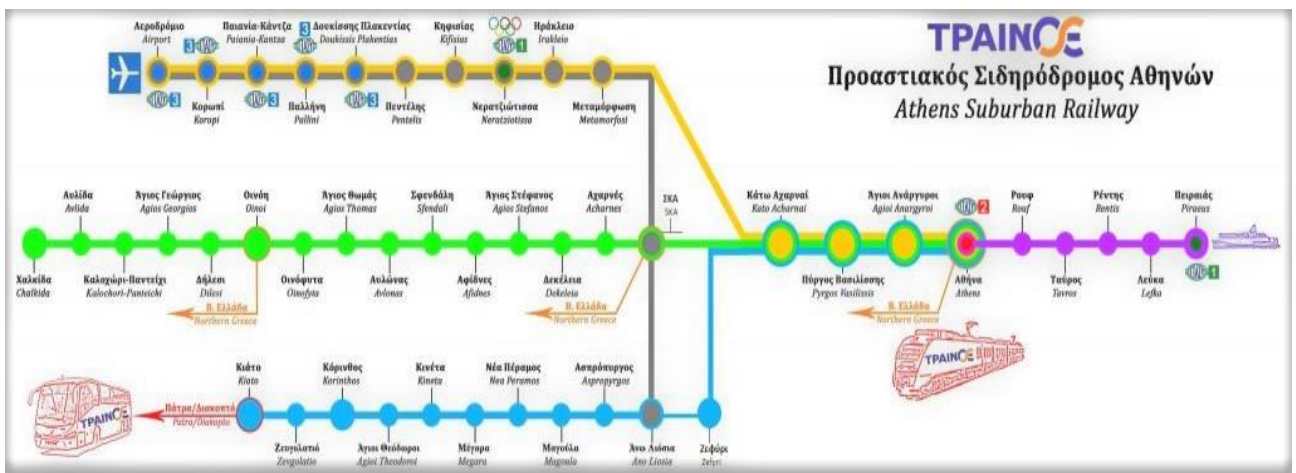
Η εξοικονόμηση ενέργειας, ένας στόχος ανεκτίμητης σημασίας και σήμερα πιο επίκαιρος και αναγκαίος από ποτέ, μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και μέσω μικρών αλλαγών στην καθημερινότητα του κάθε ατόμου. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο, οι αλλαγές αυτές να προωθούνται με κάθε δυνατό τρόπο. Στις κατασκευές που απευθύνονται στην εξυπηρέτηση του κοινού πρέπει πάντα να λαμβάνονται μέτρα προς αυτήν την κατεύθυνση, όπως ο σωστός σχεδιασμός των στοιχείων που χαρακτηρίζουν τη μορφολογία της κατασκευής. Στους σταθμούς ενός μέσου μεταφοράς σταθερής τροχιάς, η βελτίωση των συνθηκών μετακίνησης και αναμονής ανεβάζει το επίπεδο εξυπηρέτησης, επιφέροντας την αύξηση του πλήθους των χρηστών. Η προώθηση των μέσων σταθερής τροχιάς ως πρώτη επιλογή μετακίνησης αποτελεί βασικό στόχο των συγκοινωνιολόγων και των περιβαλλοντολόγων, ώστε να επέλθει μείωση των επιβλαβών ουσιών που διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης ιδιωτικών οχημάτων. Επομένως, επιβάλλεται ο σχεδιασμός τόσο των χώρων αναμονής, όσο και του μεταφορικού μέσου, να γίνεται με γνώμονα την άνοδο του επιπέδου εξυπηρέτησης και με στόχο την προσέλκυση περισσότερων επιβατών.

Αντικείμενο μελέτης είναι οι σταθμοί μέσων σταθερής τροχιάς, με την έρευνα να πραγματοποιείται με χρήση δεδομένων που συλλέγονται από σταθμούς του Προαστιακού Σιδηροδρόμου Αθηνών. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι συνθήκες σκίασης που διαμορφώνονται από τα τοποθετημένα στέγαστρα, ως προς τη θερμική άνεση που παρέχουν στους επιβάτες του μέσου. Η σκίαση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα θερμικής άνεσης των χώρων αναμονής των επιβατών, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση άποψης για το μεταφορικό μέσο που διέρχεται από τους αντίστοιχους σταθμούς. Ως εκ τούτου, ο σωστός σχεδιασμός των στεγάστρων στους σταθμούς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια ανάδειξης του Προαστιακού Σιδηροδρόμου ως τροφοδοτικό μέσο μεταφοράς.

Το τρέχον κεφάλαιο ασχολείται με την εξέταση των συνθηκών αναμονής που έχουν διαμορφωθεί στους σταθμούς του Προαστιακού Σιδηροδρόμου, αφιερώνοντας, παράλληλα, ένα μέρος του στις εξετάσεις των συνθηκών μεταφοράς που επικρατούν. Πραγματοποιείται αρχικά μια σύντομη αναφορά σε γενικές πληροφορίες που αφορούν τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο, με σκοπό την κατανόηση του ρόλου που εξυπηρετεί και την αξία του ως μέρος του συνόλου του δικτύου μεταφοράς με μέσα σταθερής τροχιάς. Στη συνέχεια, εξετάζεται η επάρκεια των μεταφορικών συνθηκών, ιδιαίτερα για την περιοχή μελέτης, το αστικό τμήμα της διαδρομής «Κιάτο – Πειραιάς». Έπειτα, παρουσιάζονται τα σχέδια που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της συλλογής δεδομένων για τους σταθμούς της διαδρομής, στα οποία έχουν βασιστεί τα συμπεράσματα της μελέτης. Τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στεγάστρων κάθε σταθμού, η θέση τους και ο προσανατολισμός τους είναι το βασικό αντικείμενο έρευνας του κεφαλαίου.

## 2.1. Προαστιακός Σιδηρόδρομος Αθήνας

Ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος της Αθήνας είναι μέρος του δικτύου του συστήματος μεταφοράς με μέσα σταθερής τροχιάς. Ο σκοπός ύπαρξής του είναι διττός και αφορά, πρώτον, τη σύνδεση της ελληνικής πρωτεύουσας με περιφερειακές περιοχές, όπως επιτυγχάνεται με την ύπαρξη της γραμμής Αθήνα – Χαλκίδα, και δεύτερον, τη σύνδεση του κέντρου της πόλης με τα προάστια της. Για την επίτευξη του δεύτερου στόχου, το δίκτυο που έχει δημιουργηθεί εκτείνεται από τα Νοτιοδυτικά Προάστια (Πειραιάς) προς τα Δυτικά Προάστια (περιοχές Δυτικής Αττικής) και προς τα Βόρεια Προάστια (Μαρούσι) με συνέχεια διαδρομής προς τα Ανατολικά Προάστια (Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος»). Οι παραπάνω διαδρομές έχουν ως θέση αφητηρίας τον σταθμό του Πειραιά και διέρχονται από το κέντρο της Αθήνας, ενώ υπάρχουν τρία στρατηγικά σημεία ανταπόκρισης με το μετρό (στους σταθμούς του μετρό «Δουκίσσης Πλακεντίας», «Νερατζιώτισσα» και «Σταθμός Λαρίσης»). Επιλογή ανάμεσα σε μετρό και Προαστιακό υπάρχει ακόμη στον Πειραιά, και σε όλους τους ενδιάμεσους σταθμούς της διαδρομής από «Δουκίσσης Πλακεντίας» έως «Αεροδρόμιο» (η οποία αποτυπώνεται στο ροζ τμήμα της διαδρομής, που παρουσιάζεται στην εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Γράφημα Δρομολογίων Προαστιακού Σιδηροδρόμου [14]

Η εταιρία «Προαστιακός Α.Ε.» ιδρύθηκε το 2003 ως θυγατρική εταιρία του ΟΣΕ, εν όψει των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας το 2004, όταν ο Προαστιακός μπήκε πλέον σε λειτουργία. Από άρθρα της εποχής είναι πρόδηλη η προσδοκία που είχε δημιουργηθεί, καθώς περιγραφόταν ως ένα μέσο που «αναμένεται να αλλάξει τον συγκοινωνιακό χάρτη της Αθήνας αλλά και της ευρύτερης περιοχής του Λεκανοπεδίου» [26]. Η αρχική διαδρομή συνέδεε το αεροδρόμιο με το κέντρο της Αθήνας, αλλά σε χρονικό διάστημα λίγων ετών είχε ολοκληρωθεί η επέκταση της διαδρομής ως το Κιάτο, ενώ το 2009 προστέθηκε και το δρομολόγιο προς τη Χαλκίδα. Και σε αυτήν την περίπτωση, είναι εμφανής από τα άρθρα της εποχής η ανυπομονησία που διακατείχε το κοινό, καθώς, εν αναμονή της ολοκλήρωσης του έργου, είχε ήδη παρουσιαστεί αύξηση στις τιμές ακινήτων στις περιοχές από τις οποίες θα διερχόταν ο προαστιακός [27]. Υπεύθυνη για την παροχή των σιδηροδρομικών μεταφορών είναι πλέον η «TRAINOSE Α.Ε.», η οποία απορρόφησε την

αρχική εταιρία το 2005, διατηρώντας ωστόσο το έμβλημά της. Η ΤΡΑΙΝΟΣΕ λειτουργεί από το 2008 ως ανεξάρτητη από τον ΟΣΕ εταιρία.

Ο εξηλεκτρισμός των γραμμών του προαστιακού ξεκίνησε το 2010 από τη γραμμή «Αθήνα – Κιάτο», συνεχίστηκε με τη γραμμή «Αθήνα – Χαλκίδα» και ολοκληρώθηκε το 2018 με το τμήμα «Πειραιάς – Αθήνα». Ο σταθμός «Αθήνα» έγινε κύριος κόμβος διέλευσης όλων των διαδρομών ο 2017, μετά την ηλεκτροδότηση του [28]. Τα οφέλη των ηλεκτροκινούμενων γραμμών δρουν πολυεπίπεδα, καθώς επηρεάζουν όχι μόνο το ίδιο το μέσο, αλλά και τη χώρα στην οποία βρίσκεται και το περιβάλλον ως σύνολο. Για το ίδιο το μέσο, το κυριότερο όφελος είναι η δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων ταχυτήτων και μεταφοράς μεγαλύτερων φορτίων, που οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα μεταφοράς και μεγαλύτερη οικονομία. Επιπλέον, καθώς ο εξηλεκτρισμός επιτρέπει τη χρήση ηλεκτρικών συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου, ο παράγοντας ανθρώπινου σφάλματος μειώνεται, με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της ασφάλειας των επιβατών κατά την εκτέλεση των μεταφορών. Για τη χώρα, το όφελος προκύπτει από το χαμηλό ενεργειακό κόστος της συγκεκριμένου μεθόδου κίνησης, σε σχέση με τη ντιζελοκίνηση και από τη δυνατότητα εκμετάλλευσης όλων των εγχώριων πηγών ενέργειας. Τέλος, το σημαντικότερο όφελος είναι το περιβαλλοντικό, δηλαδή η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται, χάρη στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος, που οδηγεί σε μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση [29]. Επιπροσθέτως, χάρη στην ηλεκτροκίνηση δεν παράγονται τοπικοί ρύποι κατά την κίνηση του συρμού. Σήμερα, οι γραμμές του προαστιακού είναι διπλής γραμμής, λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα 25 kV και η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί σε αυτές αγγίζει τα 160 km/h [30].

Ο σχεδιασμός των διαδρομών του Προαστιακού Σιδηροδρόμου Αθήνας είναι ιδιαίτερα προσεγμένος και αποτελεσματικός, όπως μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί με αναλογισμό των αναγκών που ικανοποιούνται από την ύπαρξή του. Η πρώτη βασική ανάγκη που ικανοποιείται, είναι η ανάγκη μετακίνησης των κατοίκων των προαστιακών περιοχών προς το κέντρο της πόλης. Με μέγιστη διάρκεια διαδρομής λίγο μεγαλύτερη της μίας ώρας και με δρομολόγια που πραγματοποιούνται ανά μία ώρα, οι κάτοικοι των περιοχών που βρίσκονται στα όρια μεταξύ νομού Αττικής και νομού Κορινθίας, όπως και εκείνοι που βρίσκονται σε προαστιακές περιοχές εντός του νομού Αττικής, έχουν τη δυνατότητα προσέγγισης του κέντρου της πόλης εξίσου γρήγορα και οικονομικά, όπως αν χρησιμοποιούσαν ιδιωτικό όχημα για τη μετακίνησή τους. Αντίστοιχα, ικανοποιείται και η ανάγκη απόδρασης των κατοίκων του κέντρου προς παραθαλάσσιες τουριστικές περιοχές, είτε προς κοντινές αποστάσεις, όπως η Νέα Πέραμος, η Κινέττα και οι Άγιοι Θεόδωροι, είτε προς λίγο πιο μακρινές, όπως το Κιάτο και η Χαλκίδα, εύκολα και οικονομικά. Επόμενη ανάγκη που ικανοποιείται είναι η ανάγκη μετακίνησης προς μακρινούς περιορισμούς, δηλαδή διοργάνωσης ταξιδιών. Η απευθείας σύνδεση όλων των σταθμών με τον Πειραιά επιτρέπει τη διοργάνωση ταξιδιών προς τα ελληνικά νησιά, χωρίς να κρίνεται αναγκαία η χρήση ιδιωτικού οχήματος για τη μετακίνηση ως το λιμάνι. Στην ίδια λογική, η δυνατότητα ανταπόκρισης με τη γραμμή που τερματίζει στο αεροδρόμιο, καθιστά δυνατή και τη διοργάνωση αεροπορικών ταξιδιών προς εγχώριους ή διεθνείς προορισμούς. Η σύνδεση με το αεροδρόμιο διευκολύνει, ακόμη, την τουριστική ανάπτυξη των περιοχών από τις οποίες διέρχεται ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος, οι οποίες είναι εύκολα προσβάσιμες από αλλοδαπούς τουρίστες που

διοργανώνουν τις διακοπές τους στην Ελλάδα.

Με παρατήρηση του χάρτη της εικόνας 1.10 είναι εύκολο να διαπιστωθεί πως από τις υπάρχουσες διαδρομές του Προαστιακού Σιδηροδρόμου για τη σύνδεση του κέντρου της πόλης με τα προάστια της, η πλέον αναγκαία γραμμή είναι εκείνη που εκτελεί τη διαδρομή «Κιάτο – Πειραιάς» και αντίστροφα. Η αναγκαιότητα προκύπτει από το γεγονός πως στη συγκεκριμένη πορεία, το τμήμα που περιγράφεται από τη γαλάζια γραμμή στην εικόνα 2.1, δηλαδή η διαδρομή από το Κιάτο μέχρι τη σύνδεση με το κέντρο της Αθήνας, η οποία πραγματοποιείται μέσω του σταθμού Λαρίσης του μετρό, δεν εξυπηρετείται από κανένα άλλο μέσο σταθερής τροχιάς. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί πως εφτά από τους σταθμούς του συγκεκριμένου τμήματος, από τον σταθμό «Μαγούλα» μέχρι τον σταθμό «Άγιοι Ανάργυροι», ανήκουν στο αστικό τμήμα του Προαστιακού Σιδηροδρόμου, υποδεικνύοντας πως μεγάλο μέρος του πληθυσμού της περιοχής δραστηριοποιείται επαγγελματικά στο γειτονικό αστικό κέντρο της Αθήνας. Ως εκ τούτου, μεγάλο μέρος των μετακινήσεων της διαδρομής είναι καθημερινές και υποχρεωτικές.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα όσα έχουν ως τώρα ειπωθεί, όταν μία διαδρομή εκτελείται από τους μετακινούμενους καθημερινά, οι συνθήκες μετακίνησης και αναμονής που επικρατούν στα διαθέσιμα μέσα καθορίζουν το μεταφορικό μέσο που τελικά θα χρησιμοποιηθεί. Στην περίπτωση που οι μοναδικές διαθέσιμες επιλογές μετακίνησης είναι η χρήση Προαστιακού Σιδηροδρόμου και η χρήση ιδιωτικού οχήματος, επιβάλλεται οι συνθήκες μαζικής μετακίνησης να είναι αρκετά ικανοποιητικές, ώστε να αντισταθμίζονται τα πλεονεκτήματα χρήσης μέσου ατομικής μεταφοράς. Σκοπός είναι φυσικά η προσέλκυση περισσότερων επιβατών, ώστε να καταστεί δυνατή η διοχέτευση της επιβατικής κίνησης στα υπόλοιπα μέσα, αντί της επιβάρυνσης του ήδη φορτωμένου οδικού δικτύου της πόλης. Η παρούσα εργασία είναι, λόγω των παραπάνω, επικεντρωμένη στη μελέτη του αστικού τμήματος της συγκεκριμένης αναγκαίας διαδρομής. Εξετάζονται οι επικρατούσες συνθήκες μετακίνησης και αναμονής στους σταθμούς και, κυρίως, οι συνθήκες θερμικής άνεσης που παρέχεται από τα τοποθετημένα στέγαστρα.

### 2.2.1. Συνθήκες μετακίνησης στην περιοχή μελέτης

Το αστικό τμήμα της γραμμής «Κιάτο – Πειραιάς» αποτελείται συνολικά από 13 σταθμούς, τους σταθμούς «Πειραιάς», «Λεύκα», «Ρέντη», «Ταύρος», «Ρουφ», «Αθήνα» (όπου πραγματοποιείται η ανταπόκριση με τον «Σταθμό Λαρίσης» της γραμμής 2 του μετρό), «Άγιοι Ανάργυροι», «Πύργος Βασιλίσσης», «Κάτω Αχαρνάι» (όπου πραγματοποιείται η μετεπιβίβαση για το δρομολόγιο «Πειραιάς -Αεροδρόμιο»), «Ζεφύρι», «Άνω Λιόσια», «Ασπρόπυργος» και «Μαγούλα». Η διαδρομή που ακολουθείται είναι επιφανειακής όδευσης, με εξαίρεση τον σταθμό «Ζεφύρι», ο οποίος είναι κατασκευασμένος μέσα σε σήραγγα. Για τη διάσχισή της, ο συνολικός χρόνος παραμονής των επιβατών στον συρμό είναι 46 με 47 λεπτά.

Όσον αφορά τα δρομολόγια, τόσο στο αστικό όσο και στο υπεραστικό τμήμα της διαδρομής, οι συρμοί διέρχονται από τους σταθμούς ανά μία ώρα. Το πρώτο πρωινό δρομολόγιο της διαδρομής «Πειραιάς – Μαγούλα» ξεκινάει από τον σταθμό «Αθήνα» στις 05:36, ενώ τα επόμενα δρομολόγια

έχουν ως αφητηρία τον σταθμό «Πειραιάς», με συρμό που ξεκινάει στις 06:17 και διέρχεται από τον σταθμό «Αθήνα» στις 06:36. Το τελευταίο δρομολόγιο ξεκινάει από τον σταθμό «Πειραιάς» στις 22:17 και φτάνει στο σταθμό «Μαγούλα» στις 23:03, από όπου συνεχίζει την πορεία του προς το Κιάτο. Από την άλλη μεριά, στην αντίθετη πορεία της διαδρομής, το πρώτο πρωινό δρομολόγιο ξεκινάει από το Κιάτο, διέρχεται από τον σταθμό «Μαγούλα» στις 05:50 και τερματίζει στον Πειραιά. Το τελευταίο δρομολόγιο ξεκινάει επίσης από το Κιάτο, διέρχεται από τον σταθμό «Μαγούλα» στις 22:50, αλλά τερματίζει στον σταθμό «Αθήνα» στις 23:17. Τα δρομολόγια δε διαφοροποιούνται ανάλογα με τις ημέρες της εβδομάδας, παραμένουν ακριβώς ίδια τις καθημερινές και τα Σαββατοκύριακα.

Η υιοθέτηση συστήματος σταθερής συχνότητας δρομολογίων έχει ως αποτέλεσμα η συγκεκριμένη διαδρομή του Προαστιακού να χωλαίνει θέματα που αφορούν την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού. Σε κύριους κλάδους του προαστιακού δικτύου, η συχνότητα των δρομολογίων κυμαίνεται συνήθως από 30' – 60', αλλά σε ώρες αιχμής ο αντίστοιχος χρόνος προσαρμόζεται μεταξύ 5' – 20'. Όπως ήδη επεξηγήθηκε, το υπό μελέτη τμήμα της γραμμής είναι αναγκαίο για την υποστήριξη των επιβατών που μετακινούνται για λόγους εργασίας, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμη εναλλακτική λύση μετακίνησης με μέσα σταθερής τροχιάς. Είναι λοιπόν αυτονόητο πως οι ώρες αιχμής για το δίκτυο που εξετάζεται είναι εκείνες κατά τις οποίες παρατηρείται συμφόρηση του οδικού δικτύου λόγω των μετακινήσεων για εργασία. Προκειμένου λοιπόν να αποφευχθεί η ίδια συμφόρηση και στους συρμούς, τα δρομολόγια του Προαστιακού θα έπρεπε να ήταν πολύ πιο πυκνά κατά τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα. Πράγματι, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές φορές παράπονα που αφορούν το φορτίο επιβατών που συνωστίζεται στους συρμούς, κυρίως κατά τη διάρκεια των πρωινών δρομολογίων τις καθημερινές. Η κατάσταση αυτή είναι πολύ αποθαρρυντική για την επιλογή του Προαστιακού Σιδηροδρόμου ως καθημερινό μέσο μετακίνησης και οδηγεί σε χρήση ιδιωτικού μέσου μετακίνησης, με την επιβάρυνση του οδικού δικτύου που αυτό συνεπάγεται. Η πύκνωση των δρομολογίων κατά τις ώρες αιχμής είναι μία απλή αλλά επιβεβλημένη λύση αντιμετώπισης του προβλήματος.

Ένα ακόμη πρόβλημα που παρατηρείται είναι η διαφορετική τιμολογιακή πολιτική του προαστιακού σε σχέση με τα υπόλοιπα ΜΜΜ της Αθήνας. Συγκεκριμένα, στο αστικό τμήμα της διαδρομής ισχύουν τα ηλεκτρονικά εισιτήρια του ΟΑΣΑ, αλλά μόνο για όσους κινούνται με το επονομαζόμενο «κανονικό εισιτήριο». Αντιθέτως, η εκπτωτική πολιτική είναι εντελώς διαφορετική από τα υπόλοιπα μεταφορικά μέσα. Οι διαφορετικές εκπτώσεις για κάθε κατηγορία συνεπάγονται για τους δικαιούχους αδυναμία χρήσης των μηνιαίων καρτών που χρησιμοποιούνται στις υπόλοιπες αστικές διαδρομές. Ειδικότερα για τους ανέργους, το πρόβλημα είναι ακόμη μεγαλύτερο, καθώς υπάρχει παντελής έλλειψη οποιασδήποτε εκπτωτικής παροχής. Συνέπεια, εκτός της αύξησης της παραβατικότητας, είναι η γενικότερη αρνητική αντιμετώπιση προς το μέσο, που οδηγεί σε προτίμηση άλλων μεθόδων μεταφοράς όταν η επιλογή αυτή είναι δυνατή.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν ως προς τις συνθήκες μετακίνησης δεν είναι τα επιθυμητά. Ο συνολικός σχεδιασμός των διαδρομών του μέσου κρίνεται ως επιτυχής, καθώς ικανοποιεί τις βασικές ανάγκες του κοινού. Ωστόσο, στο τμήμα που αφορά τη συγκεκριμένη περιοχή στην οποία εστιάζει η μελέτη, την αστική, δηλαδή, διαδρομή, από τη Μαγούλα ως τον Πειραιά, οι

μετακινούμενοι αποθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν το μέσο για τις καθημερινές μετακινήσεις τους, κυρίως εξαιτίας λανθασμένων αποφάσεων όσον αφορά τη συχνότητα των δρομολόγιων. Έτσι, μεγάλο πλήθος των μετακινούμενων καταλήγουν να αντιμετωπίζουν τον προαστιακό περισσότερο ως ένας δευτερεύοντα τρόπο μεταφοράς, παρά ως πρώτη επιλογή για μετακίνηση. Αποτυγχάνει λοιπόν, η προσπάθεια υιοθέτησης του μέσου ως ένα βασικό τροφοδοτικό μέσο μεταφοράς, όπως έχει καθιερωθεί σε άλλες Ευρωπαϊκές πόλεις.

### 2.2.2. Συνθήκες αναμονής στην περιοχή μελέτης

Καθώς η υπό μελέτη διαδρομή εξυπηρετείται από συρμούς που διέρχονται από τους σταθμούς κάθε μία ώρα, ο μεγάλος χρόνος αναμονής του μέσου είναι χαραγμένος στο μυαλό των χρηστών του ως ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του. Ιδιαίτερα για επιβάτες που επιλέγουν συνδυαστική μετακίνηση, που να συμπεριλαμβάνει πραγματοποίηση τμήματος της μεταφοράς τους με λεωφορείο, ακόμη και η εκτίμηση του χρόνου παραμονής στις αποβάθρες του προαστιακού είναι σχεδόν αδύνατη. Προκειμένου να αποφύγουν το ενδεχόμενο να μην προλάβουν να επιβιβασθούν στον επιθυμητό συρμό, κάτι που θα αύξανε την διάρκεια αναμονής τους σε σχεδόν μία ώρα, οι επιβάτες συχνά επιλέγουν να προγραμματίζουν την άφιξή τους στον σταθμό αρκετά λεπτά νωρίτερα από το απαραίτητο. Ως αποτέλεσμα, **ο μέσος χρόνος αναμονής κυμαίνεται από δέκα έως είκοσι λεπτά.**

Όταν πρόκειται για τέτοια μεγάλα χρονικά διαστήματα, οι επικρατούσες συνθήκες έχουν τη δυνατότητα να αφήσουν το αποτύπωμά τους στη διαμόρφωση άποψης των χρηστών. Είναι εντελώς διαφορετική η αίσθηση που δημιουργείται όταν η αναμονή πραγματοποιείται σε συνθήκες άνεσης, όπου το περιβάλλον είναι ήρεμο και ευχάριστο και ο χρόνος που αφιερώνεται μπορεί να αντιμετωπιστεί ως χρόνος για ανάπαυση και για αποφόρτιση από τους ρυθμούς της καθημερινότητας, σε σχέση με την περίπτωση αναμονής σε κοπιαστικές συνθήκες, που δημιουργούνται από ακουστική και οπτική όχληση, από μη επάρκεια των θέσεων καθήμενων και από δυσάρεστη θερμική αίσθηση. Εξηγείται, έτσι, η σπουδαιότητα ύπαρξης ευνοϊκών συνθηκών αναμονής στους υπό μελέτη σταθμούς.

Όπως αναφέρθηκε, όλοι οι σταθμοί του αστικού τμήματος της γραμμής, πλην του Ζεφυρίου, είναι υπέργειοι. Υπέργειος σταθμός δε σημαίνει αυτόματα ανοιχτού τύπου, καθώς υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης αιθουσών αναμονής. Τέτοιοι χώροι, ωστόσο, έχουν σε ελάχιστες περιπτώσεις χρησιμοποιηθεί στον Προαστιακό Σιδηρόδρομο στην Ελλάδα, **με αποτέλεσμα στην πλειονότητα των περιπτώσεων, οι χρήστες να εκτίθενται στη θερμοκρασία** και στην οπτικοακουστική όχληση του περιβάλλοντος χώρου. Είναι, επομένως, πολύ σημαντικό, τα στέγαστρα που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς να είναι κατάλληλα τοποθετημένα, ώστε να υπάρχει τουλάχιστον επαρκής προστασία από τα καιρικά φαινόμενα, όπως η βροχή και ο δυνατός ήλιος, τις δύο πιο συνηθισμένες καταστάσεις που επικρατούν στην ελληνική πραγματικότητα. Είναι, ακόμη, επιθυμητή, η ύπαρξη και η σωστή τοποθέτηση αρκετών καθισμάτων στον χώρο, ώστε να εξυπηρετείται η πλειονότητα των αναμένοντων επιβατών.

Για την πραγματοποίηση κάθε μελέτης μιας ήδη υπάρχουσας κατασκευής είναι απαραίτητη η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του προς αξιολόγηση αντικειμένου. Για την καταγραφή, λοιπόν, των συνθηκών που συναντώνται στον κάθε σταθμό του τμήματος μελέτης, έπρεπε να πραγματοποιηθούν λεπτομερείς αποτυπώσεις των στεγάστρων και της περιοχής των αποβαθρών. Σε συνέχεια της αποτύπωσης, ακολουθεί το βήμα της σχεδιαστικής απόδοσης των σταθμών, σε λογισμικό τύπου CAD, ώστε να προκύψουν ικανοποιητικά στοιχεία βάσης για την τεκμηρίωση των όσων περιγράφονται στη συνέχεια. Το πρώτο στάδιο της μελέτης, η ανάλυση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των στοιχείων κάθε σταθμού, των αμετάβλητων, δηλαδή, προς τον χρόνο δεδομένων, μπορεί να επιτευχθεί με χρήση των σχεδιαστικών αποτελεσμάτων.

## 2.2. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων έγινε με τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στους δώδεκα από τους δεκατρείς σταθμούς του σιδηροδρομικού δικτύου επί του οποίου κινείται ο προαστιακός, καθώς διανύει το δρομολόγιο από τον Πειραιά προς τη Μαγούλα. Ο σταθμός που εξαιρέθηκε από τις μετρήσεις είναι το Ζεφύρι, λόγω του ότι η τοποθέτηση του σε σήραγγα του προσφέρει προστασία από τα καιρικά φαινόμενα.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο γεωδαιτικός σταθμός FOIF OTS-685, συνοδεία καταφώτου (πρίσματος). Σε καθέναν από τους υπό μελέτη σταθμούς ιδρύθηκε ένα δίκτυο στάσεων, στις οποίες τοποθετήθηκε το τοπογραφικό όργανο, ώστε να αποτυπωθεί ο χώρος γύρω του. Ιδρύθηκαν συνολικά 12 ανεξάρτητες οδεύσεις, μία για κάθε σταθμό της διαδρομής, με ακρίβεια μετρήσεων της τάξης του 1 cm. Ανάλογα με τη διαρρύθμιση των στοιχείων της αποβάθρας, χρησιμοποιήθηκαν από 2 έως 5 στάσεις ανά οδευση. Συνολικά ολόκληρη η αποτύπωση συμπεριέλαβε 12 στάσεις.

Για την ένταξη των ανεξάρτητων οδεύσεων σε κοινό σύστημα αναφοράς, κρίθηκε πως η ακρίβεια δεν αποτελούσε πολύ σημαντικό στοιχείο, καθώς το ενδιαφέρον της έρευνας εστιαζόταν περισσότερο στον προσανατολισμό του κάθε σταθμού, παρά στην ακριβή θέση του. Για το λόγο αυτό, σε κάθε ανεξάρτητη οδευση στοχεύθηκαν χαρακτηριστικά σημεία όπως τα όρια των αποβαθρών, στα οποία δόθηκαν γεωδαιτικές συντεταγμένες με χρήση διαδικτυακών εφαρμογών, όπως η εφαρμογή του Κτηματολογίου για τον εντοπισμό εκτάσεων. Έχοντας κατά προσέγγιση γνωστές τις συντεταγμένες αυτών των σημείων, και με χρήση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τον γεωδαιτικό σταθμό, δόθηκαν συντεταγμένες σε όλα τα υπόλοιπα σημεία, εντάσσοντας τις ανεξάρτητες οδεύσεις σε κοινό σύστημα αναφοράς. Η μέθοδος αυτή δε θα έπρεπε σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου οι απόλυτες συντεταγμένες έχουν σημασία στην αποτύπωση, καθώς η ακρίβεια ένταξης στο σύστημα ξεπερνάει το 1 m. Καθώς όμως, στη συγκεκριμένη περίπτωση, το αποτέλεσμα της μελέτης δεν επηρεάζεται από την ακρίβεια ένταξης, το τέχνασμα που περιεγράφηκε χρησιμοποιήθηκε για

λόγους οικονομίας.

Κατά τη διαδικασία των μετρήσεων δόθηκε έμφαση στην απόδοση όχι μόνο των στεγαστρών και των θέσεων καθήμενων, αλλά και του γενικού χώρου αναμονής κάθε σταθμού, ο οποίος καθορίζει τα σημεία στα οποία μετακινούνται ή στέκονται οι χρήστες του μεταφορικού μέσου κατά την αναμονή τους. Αποτυπώθηκαν, επομένως, τα όρια κάθε πλατφόρμας, οι θέσεις καθήμενων, τα εμπόδια που συναντώνται κατά μήκος της πλατφόρμας, όπως κτίσματα, ανελκυστήρες και κλίμακες και τα στηρίγματα και τα όρια των στεγαστρών.

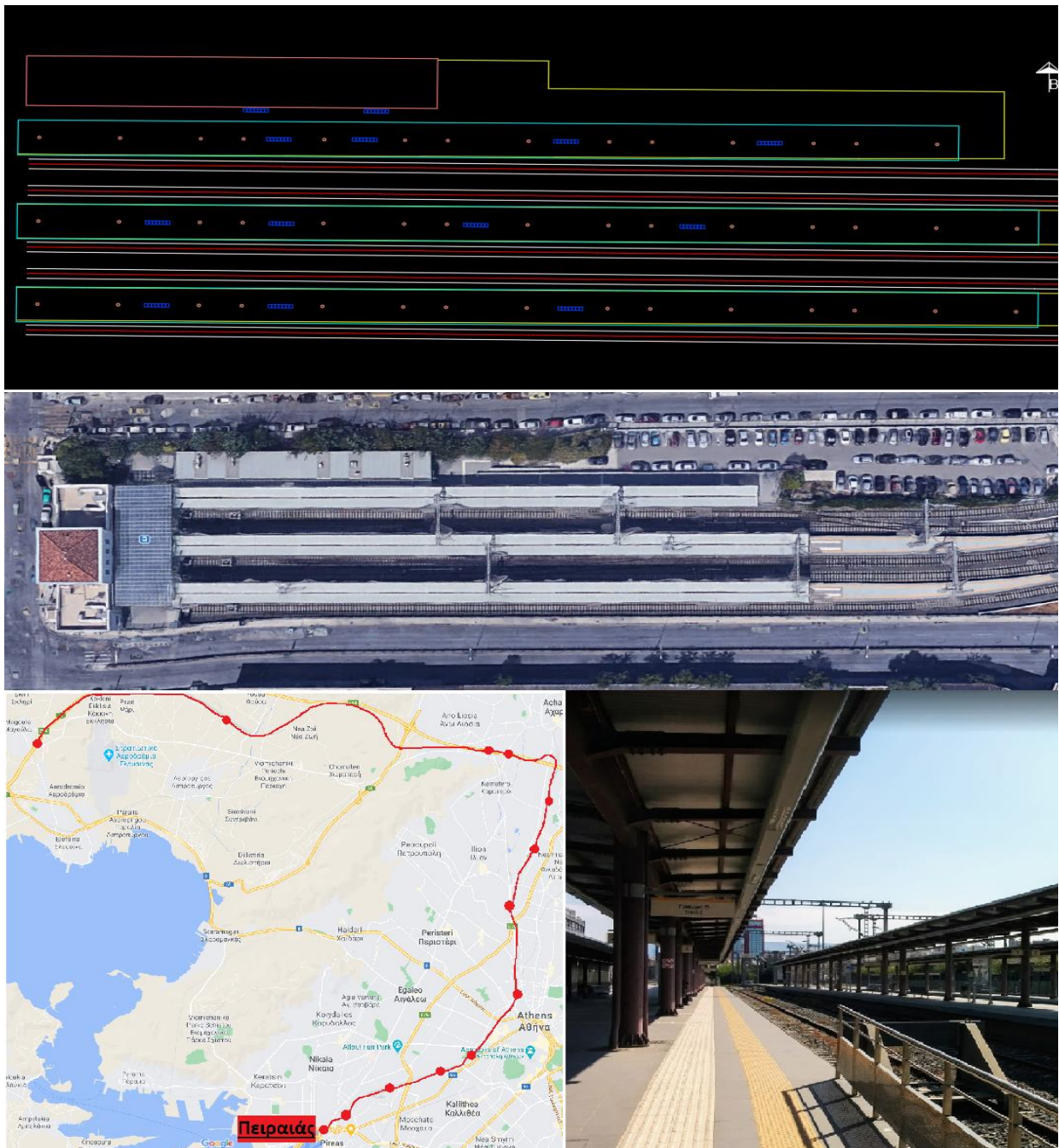
Για τα στοιχεία που κείτονται επί του εδάφους, η αποτύπωση πραγματοποιήθηκε με χρήση του πρίσματος, εκτός αν οι συνθήκες απαιτούσαν διαφορετική αντιμετώπιση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπως επίσης και για την αποτύπωση των στοιχείων των στεγαστρών, χρησιμοποιήθηκε η laser λειτουργία του οργάνου.

### 2.2.1. Σταθμός «Πειραιάς»

Ο σταθμός «Πειραιάς» αποτελεί την αφετηρία της προς εξέταση διαδρομής του Προαστιακού. Η ιστορία του είναι μακρόχρονη, καθώς εγκαινιάστηκε από τη σιδηροδρομική εταιρία ΣΠΑΠ, Σιδηρόδρομοι Πειραιώς – Αθηνών – Πελοποννήσου, το 1884 και άνηκε σε αυτήν έως το 1954, όταν η εταιρία κρατικοποιήθηκε και έπειτα, το 1962, ενσωματώθηκε στους ΣΕΚ, Σιδηροδρόμους Ελληνικού Κράτους. Το 2005 ο σταθμός έκλεισε και εγκαινιάστηκε ξανά ως σταθμός του Προαστιακού το 2007, με τη μορφή που διατηρείται μέχρι και σήμερα [31]. Ο σταθμός διαθέτει τρεις αποβάθρες, μία πλευρική και δύο σε μορφή νησίδας, και 5 σιδηροδρομικές γραμμές. Είναι τοποθετημένος πλησίον της πλατείας Οδησού του Πειραιά, επί της οδού Μαυρομιχάλη, και διαχωρίζεται από τον παρακείμενο σταθμό «Πειραιάς» της γραμμής του Ηλεκτρικού Σιδηροδρόμου μέσω της οδού Κόνωνος, επιτρέποντας έτσι τη σύνδεση των δύο σιδηροδρομικών μέσων στη συγκεκριμένη θέση. Ολόκληρη η κατασκευή, η είσοδος με τα εκδοτήρια των εισιτηρίων και οι σιδηροδρομικές γραμμές με τις αποβάθρες, εκτείνεται σε ενιαίο επίπεδο, σε υψόμετρο ίδιο με το υψόμετρο των οδών που βρίσκονται περιμετρικά του σταθμού. Οι σιδηροδρομικές γραμμές και οι αποβάθρες αναπτύσσονται σε ευθεία γραμμή, με κατεύθυνση από Ανατολάς προς Δυσμάς.

Στην τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.2.παρουσιάζονται με κίτρινο χρώμα τα όρια των αποβαθρών και με γαλάζιο τα όρια των στεγαστρών. Όπως είναι εμφανές, το πλάτος των στεγαστρών ταυτίζεται, κατά προσέγγιση, με το πλάτος των αποβαθρών, με εξαίρεση την αποβάθρα που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του σταθμού, σε ένα τμήμα της οποίας δεν παρέχεται προστασία από τις καιρικές συνθήκες. Η διεύθυνση στην οποία εκτείνονται οι αποβάθρες ευνοεί τη σκίαση, καθώς είναι ίδια με την πορεία που διαγράφεται από την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο. Έτσι, η αρχική εκτίμηση είναι πως παρέχεται ικανοποιητική σκίαση στους χώρους κίνησης των χρηστών του μέσου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.





*Εικόνα 2.2: Σταθμός «Πειραιάς» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Τα μπλε ορθογώνια που διακρίνονται στην τοπογραφική απόδοση σηματοδοτούν τις θέσεις καθήμενων, οι οποίες είναι 78 στο σύνολο του χώρου των τριών αποβαθρών. Σε ώρες αιχμής, οι θέσεις αυτές δεν είναι αρκετές για την εξυπηρέτηση όλων των χρηστών. Υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης περισσότερων θέσεων μεταξύ των κολονών που στηρίζουν τα στέγαστρα, οι οποίες έχουν αποδοθεί στην εικόνα με ροζ χρώμα. Η τοποθέτηση των καθισμάτων κατά μήκος του άξονα των αποβαθρών ευνοεί τόσο την προστασία των καθήμενων από τον ήλιο, όσο και τις μετακινήσεις των υπόλοιπων χρηστών του σταθμού. Οι συνθήκες επιτρέπουν επίσης τη χρήση του

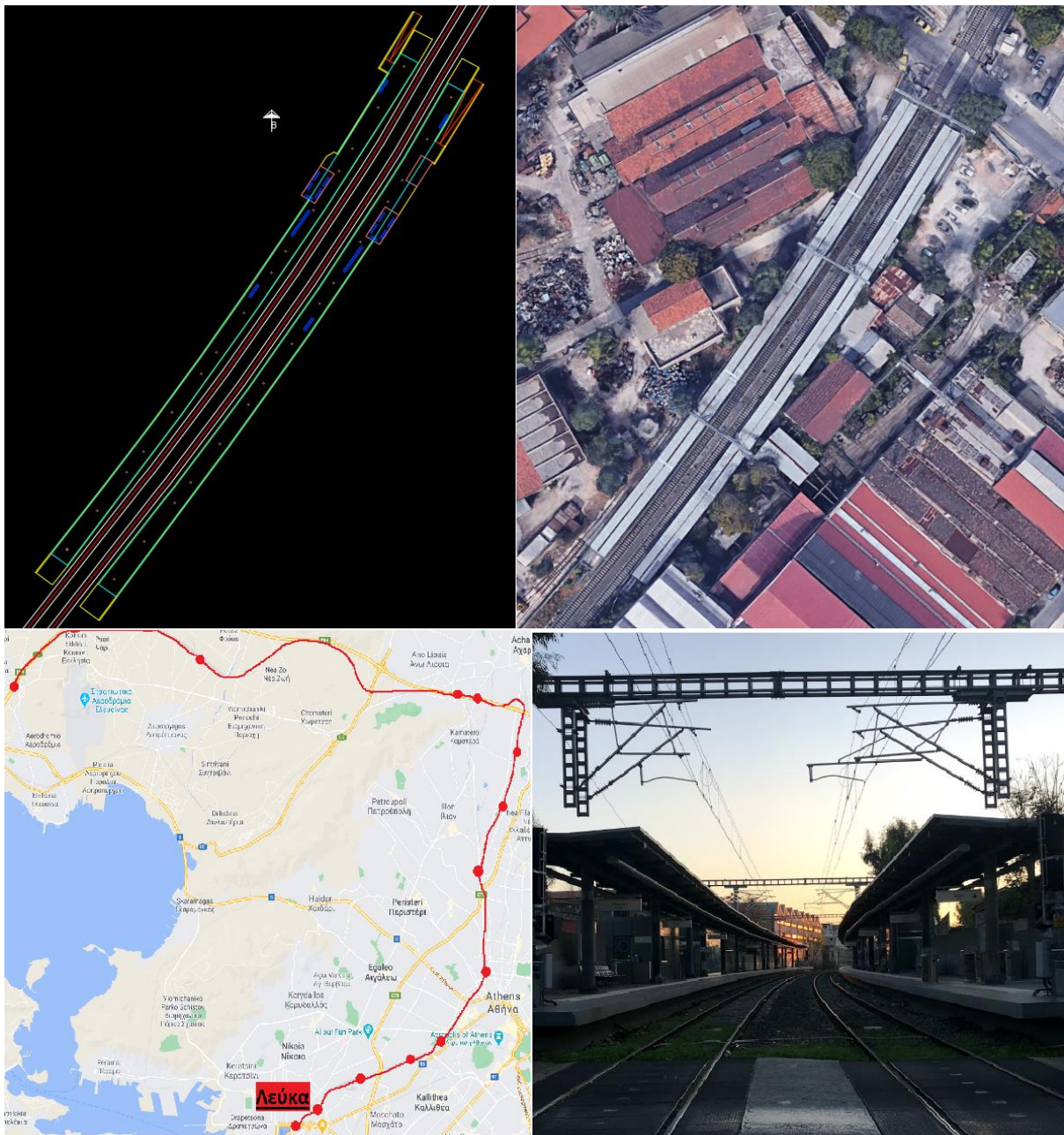
σταθμού από ΑΜΕΑ.

### 2.2.2. Σταθμός «Λεύκα»

Η ιστορία του σταθμού «Λεύκα» είναι κοινή με εκείνη του σταθμού «Πειραιά», που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, καθώς κατασκευάστηκε επίσης το 1884 από την εταιρία ΣΠΑΠ, έκλεισε το 2005 και ανακατασκευάστηκε ως σταθμός του Προαστιακού το 2007. Παλαιότερα, στο συγκρότημα του σταθμού λειτουργούσε το κεντρικό μηχανοστάσιο των ΣΠΑΠ, το οποίο φιλοξενεί σήμερα το νέο σιδηροδρομικό μουσείο του ΟΣΕ. Ο σταθμός αποτελείται από δύο πλευρικές αποβάθρες και δύο ενδιάμεσες σιδηροδρομικές γραμμές. Βρίσκεται στην περιοχή του Φαλήρου, με είσοδο επί της οδού Φαλήρου και κατεύθυνση των αποβαθρών κάθετη σε αυτήν. Οι αποβάθρες των επιβατών εκτείνονται σε ενιαίο επίπεδο, σε υψόμετρο μερικά εκατοστά ψηλότερο από το επίπεδο των οδών που τις περιβάλλουν, με αποτέλεσμα να απαιτούνται ράμπες για την είσοδο στις αποβάθρες. Οι σιδηροδρομικές γραμμές και οι αποβάθρες ακολουθούν ελαφρώς τοξοειδή πορεία, με Νοτιοδυτική προς Βορειοανατολική διεύθυνση, όπως φαίνεται στην αντίστοιχη τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.3. Για λόγους συμβατότητας των αποτελεσμάτων, τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των επιμέρους χαρακτηριστικών κατά την απόδοση του σταθμού «Πειραιάς» έχουν χρησιμοποιηθεί στις σχεδιαστικές αποδόσεις όλων των σταθμών.

Στην περίπτωση του σταθμού «Λεύκα», το πλάτος των στεγαστρών ταυτίζεται και πάλι, κατά προσέγγιση, με το πλάτος των αποβαθρών, διανύοντας σχεδόν ολόκληρο το μήκος τους. Οι συνθήκες σκίασης δεν ευνοούνται από τη διεύθυνση που έχει ακολουθηθεί κατά την κατασκευή, με αποτέλεσμα ο ηλιασμός να δυσχεραίνει αισθητά τις συνθήκες παραμονής στον σταθμό, γεγονός που έγινε αντιληπτό και κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης. Ωστόσο, στις αποβάθρες του συγκεκριμένου συναντώνται δύο αίθουσες αναμονής επιβατών, μία σε κάθε αποβάθρα. Κατά τον σχεδιασμό τα κτίσματα αποδίδονται με ροζ χρώμα, οι εν λόγω, λοιπόν, αποβάθρες έχουν αποδοθεί σχεδιαστικά με ροζ χρώμα. Διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα κτίσματα χάρη στις θέσεων καθήμενων που εμπεριέχουν.

Συνολικά ο σταθμός εμπεριέχει 86 θέσεις καθήμενων, εκ των οποίων οι 38 βρίσκονται στις αίθουσες αναμονής, ενώ και οι υπόλοιπες 48 είναι τοποθετημένες κάτω από στέγαστρα, χωρίς ωστόσο να προστατεύονται ικανοποιητικά από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Και σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχει μεγάλο περιθώριο τοποθέτησης επιπρόσθετων θέσεων, καθώς μόλις ένα μικρό τμήμα του μήκους των αποβαθρών έχει αξιοποιηθεί από αυτήν την άποψη. Τέλος, οι συνθήκες επιτρέπουν την εξυπηρέτηση των ΑΜΕΑ μετακινούμενων, με χρήση ράμπας για την προσέγγιση της εκάστοτε αποβάθρας.

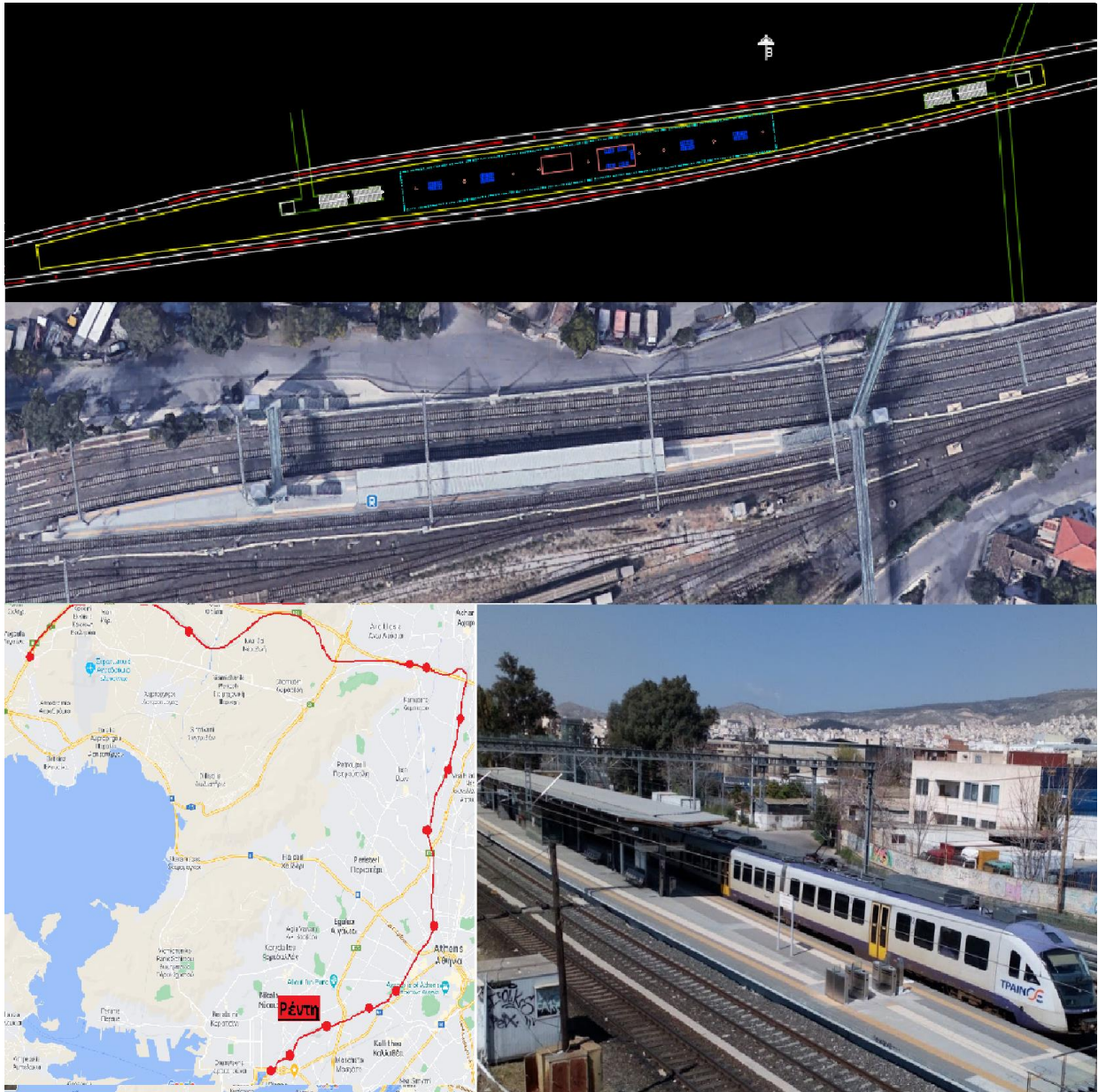


Εικόνα 2.3: Σταθμός «Λεύκα» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού

### 2.2.3. Σταθμός «Ρέντη»

Ο σταθμός «Ρέντη», του οποίου η ιστορία είναι κοινή με τους δύο προηγούμενους σταθμούς, αποτελείται από μία κεντρική αποβάθρα τοποθετημένη ανάμεσα σε σιδηροδρομικές γραμμές, υπό μορφή νησίδας. Η προσέγγιση της νησίδας καθίσταται δυνατή με τη χρήση πεζογέφυρας. Συγκεκριμένα, υπάρχουν δύο εγκατεστημένες πεζογέφυρες διερχόμενες πάνω από τις σιδηροδρομικές γραμμές, οι οποίες έχουν αποδοθεί σχεδιαστικά με πράσινο χρώμα στην αντίστοιχη τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.4. Η μία συνδέεται με την αποβάθρα στο δυτικό

της μέρους, ενώνοντάς τη με μία εκ των περιφερειακών της οδός, την οδό Γούναρη και η άλλη στο ανατολικό της άκρο, ενώνοντάς την τόσο με την οδό Γούναρη, όσο και με την οδό Αθηνάς. Δεξιά και αριστερά της αποβάθρας είναι τοποθετημένες πολλές σιδηροτροχιές, εκ των οποίων μόνο οι δύο που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση του σταθμού έχουν αποτυπωθεί. Η αποβάθρα και οι σιδηροδρομικές γραμμές στη συγκεκριμένη θέση αποκλίνουν ελάχιστα από τη διεύθυνση Ανατολής - Δύσης.



*Εικόνα 2.4: Σταθμός «Ρέντη» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Ο σταθμός περιέχει ένα στέγαστρο, μήκους 75 μέτρων και πλάτους 7 μέτρων, τοποθετημένο στο κέντρο της αποβάθρας, το πλάτος της οποίας δεν είναι σταθερό σε όλο το μήκος της, με

αποτέλεσμα σε άλλα σημεία να καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από το στέγαστρο και σε άλλα όχι. Ο προσανατολισμός του σταθμού ευνοεί τις συνθήκες σκίασης. Η επιφάνεια του σκιαζόμενου χώρου, που είναι ο βασικός χώρος κίνησης των αναμένοντων επιβατών του Προαστιακού, περιορίζεται ελαφρώς από ένα κτίσμα τοποθετημένα στο κέντρο της αποβάθρας. Υπάρχει επίσης στον χώρο αίθουσα αναμονής.

Από τις 68 θέσεις καθήμενων στον σταθμό, οι 20 βρίσκονται στην αίθουσα αναμονής. Όλες οι υπόλοιπες είναι τοποθετημένες στον κεντρικό άξονα του στεγάστρου, κάτι που υποδεικνύει πως έχει πραγματοποιηθεί σωστή αξιοποίηση, ώστε να συμπεριληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερες θέσεις στον περιορισμένο διαθέσιμο σκιαζόμενο χώρο. Και οι δύο πεζογέφυρες διαθέτουν ανελκυστήρες σε κάθε σύνδεσή τους, για τη διευκόλυνση των εξυπηρετούμενων ΑΜΕΑ μετακινούμενων.

#### 2.2.4. Σταθμός «Ταύρος»

Ο σταθμός «Ταύρος» είναι πολύ νεότερος χρονολογικά από τους προηγούμενους, καθώς ξεκίνησε τη λειτουργία του μόλις το 2014, παρότι η κατασκευή του είχε ήδη ολοκληρωθεί από το 2008 [32]. Αποτελείται από μία κεντρική αποβάθρα σε μορφή νησίδα, τοποθετημένη στη συμβολή της οδού Εσταυρωμένου με τη λεωφόρο Κωνσταντινουπόλεως, στις εργατικές κατοικίες της ομώνυμης περιοχής. Η προσέγγιση της νησίδα καθίσταται δυνατή με την ύπαρξη πεζογέφυρας που βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της αποβάθρας. Η πεζογέφυρα συνδέει τη νησίδα με τις δύο περιφερειακές της οδούς, την οδό Κορυτσάς στα Βόρεια και την οδό Κωνσταντινουπόλεως στα Νότια της. Στο βόριο μέρος της αποβάθρας συναντώνται δύο σιδηροτροχιές και στο νότιο τμήμα της μία. Από αυτές, μόνο οι δύο που βρίσκονται σε επαφή με τον σταθμό χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτησή του από τον Προαστιακό και έχουν αποτυπωθεί στο τοπογραφικό σχέδιο της εικόνας 2.5. Η αποβάθρα και οι σιδηροδρομικές γραμμές στη συγκεκριμένη θέση είναι προσανατολισμένες με Νοτιοδυτική προς Βοριοανατολική διεύθυνση.

Όπως διακρίνεται, το στέγαστρο του σταθμού, μήκους 50 μέτρων και πλάτους 7 μέτρων, είναι και σε αυτήν την περίπτωση τοποθετημένο στο κέντρο της αποβάθρας, καλύπτοντας ολόκληρο το πλάτος της στα στενότερα σημεία της, καθώς το πλάτος της αποβάθρας είναι μεταβαλλόμενο. Παρότι η προστασία που παρέχει το στέγαστρο από τον ηλιασμό δεν είναι η ιδανική, η κατάσταση βελτιώνεται από την ύπαρξη αίθουσας αναμονής στον χώρο, ικανής να φιλοξενήσει μέχρι 20 καθήμενους επιβάτες.

Ένα μειονέκτημα του σταθμού είναι πως δεν περιλαμβάνει άλλες θέσεις καθήμενων πέραν εκείνων που είναι τοποθετημένες στην αίθουσα αναμονής. Ως εκ τούτου, περιορίζεται σημαντικά οι άνεση των μετακινούμενων κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής. Η πεζογέφυρα διαθέτει ανελκυστήρες και στα τρία σημεία σύνδεσής της, επιτρέποντας τη χρήση του σταθμού από άτομα με κινητικά προβλήματα.

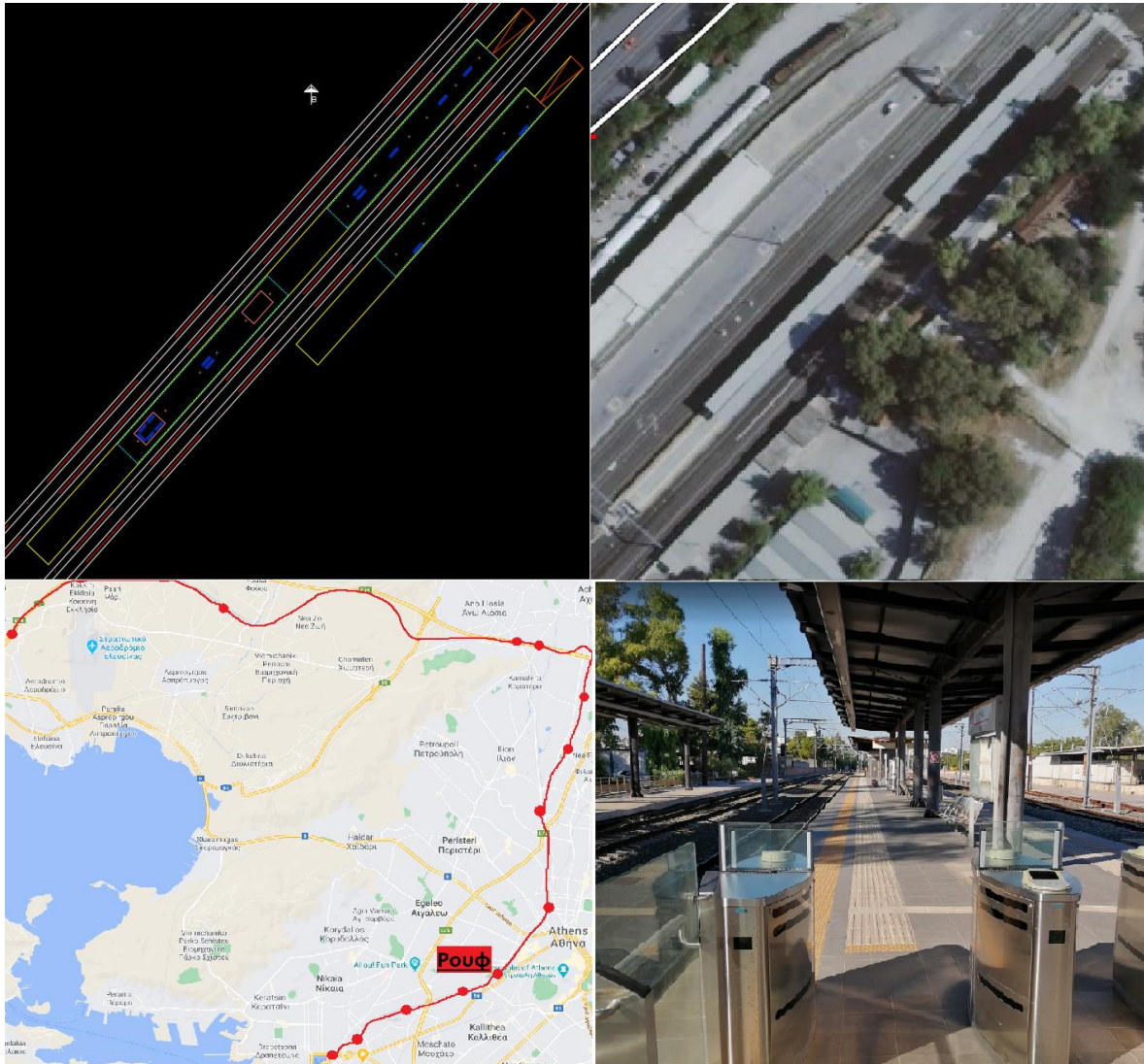


*Εικόνα 2.5: Σταθμός «Ταύρος» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

## 2.2.5. Σταθμός «Ρουφ»

Ο σταθμός «Ρουφ», όπως και άλλοι προαναφερόμενοι σταθμοί, λειτούργησε για πρώτη φορά το 1884 από την εταιρία ΣΠΑΠ. Από το 1904 εξυπηρετούσε και δρομολόγια της Εταιρίας Ελληνικών Σιδηροδρόμων, αποτελώντας για χρόνια την εμπορευματική βάση των ελληνικών σιδηροδρόμων.

Από το 2007, έτος κατά το οποίο ανακαινίστηκε εκτεταμένα, ανήκει πλέον στο δυναμικό του Προαστιακού Σιδηροδρόμου. Ο συγκεκριμένος σταθμός είναι ξακουστός και πολυσυζητημένος, καθώς ένα μέρος των αποβαθρών του λειτουργεί από το 1997 ως σιδηροδρομικός πολυχώρος πολιτισμού, υπό την ονομασία «Το τρένο του Ρουφ». Το μοναδικό αυτό στον κόσμο Τρένο – Θέατρο φιλοξενεί θεατρικές, χορευτικές και μουσικές παραστάσεις και εκθέσεις σε εννέα κατάλληλα διαμορφωμένα παλαιά βαγόνια, ενώ παράλληλα στεγάζει εστιατόρια και μπαρ [33].



*Εικόνα 2.6: Σταθμός «Ρουφ» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Ο σταθμός είναι τοποθετημένος στην ομώνυμη περιοχή, στα όρια των δήμων Αθήνας και Ταύρου και γειτνιάζει με τη Λεωφόρο Κωνσταντινουπόλεως, από όπου μπορεί να πραγματοποιηθεί και η είσοδος τόσο στον πολιτισμικό χώρο όσο και στις εν λειτουργία αποβάθρες. Οι λειτουργικές αποβάθρες είναι δύο και η προσέγγισή τους γίνεται με ράμπες. Οι συρμοί μπορούν να κινηθούν επί τριών σιδηροδρομικών γραμμών. Το σύστημα γραμμών και αποβαθρών έχει Νοτιοδυτική προς

Βορειοανατολική διεύθυνση, όπως φαίνεται στην αντίστοιχη τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.6.

Στις δύο αποβάθρες υπάρχουν συνολικά τοποθετημένα τρία στέγαστρα, μήκους 50 μέτρων και πλάτους 6.5 μέτρων έκαστο. Είναι εμφανές πως υπάρχει μεγάλη επιφάνεια σκιαζόμενου χώρου για την εξυπηρέτηση των μετακινούμενων, ενώ παράλληλα ένα από τα στέγαστρα φιλοξενεί και αίθουσα αναμονής επιβατών. Ο σταθμός περιέχει συνολικά 80 θέσεις καθημένων, εκ των οποίων οι 20 βρίσκονται στην αίθουσα αναμονής. Οι υπόλοιπες θέσεις είναι τοποθετημένες επί του κεντρικού άξονα της κάθε αποβάθρας.

### 2.2.6. Σταθμός «Αθήνα»

Ο σταθμός «Αθήνα», ευρύτερα γνωστός ως «Σταθμός Λαρίσης», αποτελεί τον κυριότερο σιδηροδρομικό σταθμό στην Ελλάδα και έναν από τους μεγαλύτερους στα Βαλκάνια. Εξυπηρετεί τόσο επιβατικά όσο και εμπορικά δρομολόγια τρένων προς Θεσσαλονίκη, Χαλκίδα, Διεθνές Αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος», Κιάτο, Καλαμπάκα και Λιανοκλάδι. Η λειτουργία των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται σήμερα ξεκίνησε το 1904, αλλά ως αρχική ημερομηνία κατασκευής του θεωρείται από πολλούς το 1884, όταν λειτούργησε πρώτη φορά σε παρακείμενο χώρο ο «Σταθμός Πελοποννήσου», του οποίου οι δραστηριότητες μεταφέρθηκαν το 2005 στον σταθμό «Αθήνα». Η σιδηροδρομική σύνδεση της Αθήνας με τη Λάρισα, τη σημαντικότερη πόλη κοντά στο βόρειο άκρο της σιδηροδρομικής γραμμής εκείνη την εποχή, πραγματοποιούνταν από τον συγκεκριμένο σταθμό, εξ' ου και η αρχική ανεπίσημη ονομασία του. Η ονομασία «Σταθμός Λαρίσης» όμως είναι διαδεδομένη ακόμη και σε όσους δε γνωρίζουν την ιστορία του σταθμού, λόγω του ομώνυμου σταθμού του μετρό που βρίσκεται πλησίον, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η ανταπόκριση των δύο μέσων [34].

Ο σταθμός είναι τοποθετημένος στην Αθηναϊκή συνοικία με το όνομα Σταθμός Λαρίσης, τοπωνύμιο που αποκτήθηκε εξαιτίας της κομβικότητας και της σημασίας του. Γειτνιάζει με την οδό Σιδηροδρόμων και η είσοδος στο χώρο πραγματοποιείται από τις οδούς Δομοκού και Θεόδωρου Δηλιγιάννη. Διαθέτει μία πλευρική και δύο κεντρικές αποβάθρες, καθώς επίσης και γραμμές εναπόθεσης αμαξοστοιχιών. Σε λειτουργία βρίσκονται σήμερα οι τέσσερις σιδηροδρομικές γραμμές που είναι παρακείμενες στις αποτυπωμένες αποβάθρες. Η διεύθυνση των γραμμών και των αποβαθρών ακολουθεί, με μικρή απόκλιση, τον άξονα Βορρά – Νότου.

Η πολυπλοκότητα του σταθμού, που είναι εμφανής στην τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.7, αντανακλά και τη χρησιμότητά του, καθώς ένας σταθμός που εξυπηρετεί καθημερινά εκατοντάδες άτομα κινούμενα προς ποικίλους προορισμούς οφείλει να διαθέτει και τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις. Οι χρησιμοποιούμενες αποβάθρες εμφανίζονται να διαθέτουν τις προδιαγραφές για την εξυπηρέτηση αυτού του σκοπού, καθώς διαθέτουν ευρύ χώρο μετακίνησης, μεγάλα στέγαστρα, αρκετές θέσεις καθημένων, καθώς επίσης και κυλιόμενες σκάλες και ανελκυστήρες για την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού. Επιπροσθέτως, ο στεγαζόμενος διάδρομος που συνδέεται κάθετα με τις αποβάθρες οδηγεί στις κτιριακές εγκαταστάσεις του σταθμού, στις οποίες

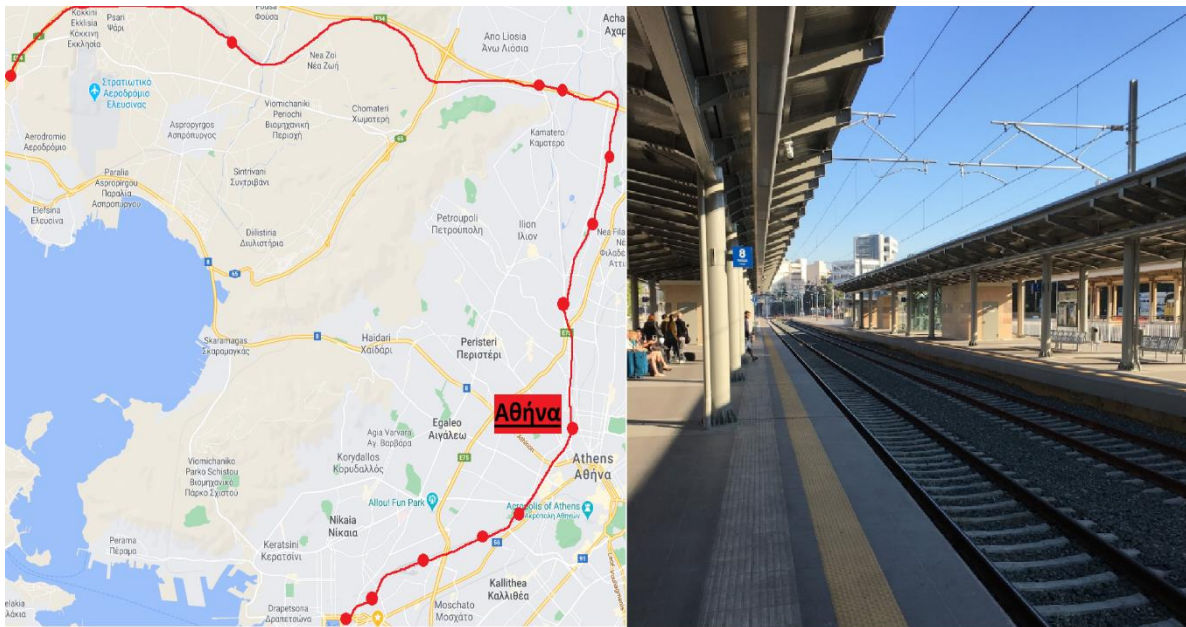


υπάρχει καφετέρια και αίθουσες αναμονής, για τους επιβάτες των οποίων η αναμονή στον σταθμό προβλέπεται να είναι πιο μακρόχρονη.



*Εικόνα 2.7: Σταθμός «Αθήνα» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth*

Οι δύο κεντρικές αποβάθρες διαθέτουν στέγαστρα πλάτους 10.4 μέτρα, όσο και το μέγιστο πλάτος των αποβαθρών και μήκους 185.8 μέτρα η μία και 168.2 μέτρα η άλλη. Το στέγαστρο της πλευρικής αποβάθρας έχει πλάτος 5.7 μέτρα, καλύπτοντας επίσης ολόκληρη την αντίστοιχη διάστασή της και μήκος 120.6 μέτρα. Ο προσανατολισμός του σταθμού και κατ' επέκταση των στεγαστρών δεν είναι ιδανικός για την προστασία από τον ηλιασμό, το μεγάλο όμως πλάτος τους, σε συνδυασμό με τα παρακείμενα στοιχεία, όπως τα κτίρια του σταθμού, βελτιώνουν σημαντικά την κατάσταση, καθώς δεν επιτρέπουν μεγάλη διέλευση των ακτινών του ήλιου τις περισσότερες ώρες της ημέρας.



*Εικόνα 2.8: Σταθμός «Αθήνα» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Στο χώρο των αποβαθρών υπάρχουν συνολικά 192 θέσεις καθήμενων, 32 εκ των οποίων βρίσκονται στην πλευρική αποβάθρα και οι υπόλοιπες 160 είναι ισομοιρασμένες στις δύο κεντρικές αποβάθρες. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, θέσεις καθήμενων υπάρχουν και στις κτιριακές εγκαταστάσεις των χώρων αναμονής. Η κατασκευή του χώρου είναι τέτοια που δύναται να υποστηρίξει την εξυπηρέτηση ΑΜΕΑ.

### 2.2.7. Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι»

Ο σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι» κατασκευάστηκε το 2010, για την αντικατάσταση του παλαιού σταθμού των Αγίων Αναργύρων, που λειτουργούσε σε κοντινή διεύθυνση ως το καλοκαίρι του 2007. Βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή, στη συμβολή των οδών Δημοκρατίας και Ψαρών, έναντι της πλατείας Κοκκινοπούλου. Διαθέτει δύο κεντρικές αποβάθρες, με την κίνηση από και προς αυτές να πραγματοποιείται με τέσσερις σιδηροτροχιές, που ακολουθούν τη διεύθυνση Βορρά – Νότου.

Ο σταθμός αναπτύσσεται σε δύο επίπεδα: Η είσοδος και τα εκδοτήρια εισιτηρίων βρίσκονται στο επίπεδο του δρόμου, ενώ οι αποβάθρες βρίσκονται σε κατώτερο επίπεδο, που προσεγγίζεται με χρήση κλιμακών και ανελκυστήρων. Λόγω της ανάπτυξης του σταθμού σε δύο επίπεδα, τα στέγαστρα δεν ακολουθούν τη συνηθισμένη λογική κατασκευής. Υπάρχει ένα στέγαστρο πλάτους 20 μέτρων και μήκους 46 μέτρων που καλύπτει το άνω επίπεδο της κατασκευής, προστατεύοντας επίσης από τον ήλιο μέρος της σκάλας και του κάτω επιπέδου και τέσσερα μικρότερα στέγαστρα για την προστασία των δύο αποβαθρών. Τα στέγαστρα του νότιου τμήματος των αποβαθρών έχουν

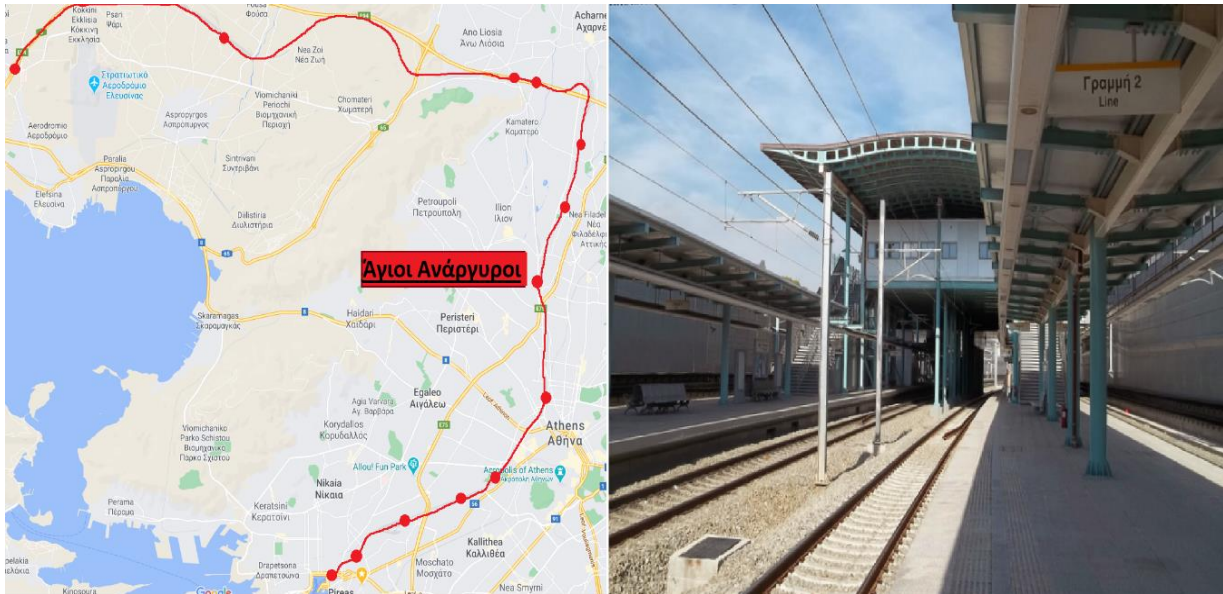
μήκος 48.8 μέτρα στη δυτική αποβάθρα και 50 μέτρα στην ανατολική αποβάθρα, ενώ του βόρειου τμήματος έχουν μήκος 25 μέτρα και 15.5 μέτρα αντίστοιχα. Το πλάτος τους είναι σε κάθε περίπτωση 6 περίπου μέτρα, προσαρμοσμένο στο πλάτος της αποβάθρας. Στην προστασία από τα καιρικά φαινόμενα συμβάλει επίσης ο πεζόδρομος που διέρχεται κάθετα πάνω από τις αποβάθρες, και αποδίδεται στο σχέδιο με μωβ διακεκομμένη γραμμή.



*Εικόνα 2.9: Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth*

Οι θέσεις καθημένων ανέρχονται συνολικά σε 108 θέσεις, όλες τοποθετημένες στον κεντρικό άξονα των αποβαθρών και σε τμήματα που καλύπτονται είτε από στέγαστρα είτε από κατασκευές του άνω επιπέδου του σταθμού. Για την προσέγγιση του κάτω τμήματος υπάρχει σε κάθε

αποβάθρα ανελκυστήρας, σκάλες και κυλιόμενες σκάλες, παρέχεται επομένως η δυνατότητα χρήσης του σταθμού σε ανθρώπους με κινητικές δυσκολίες.



*Εικόνα 2.10: Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

### 2.2.8. Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης»

Ο σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης» ξεκίνησε να λειτουργεί το 2014 και οφείλει την ονομασία του στον παρακείμενο πύργο που χτίστηκε ως εξοχική κατοικία της Βασιλίσσας Αμαλίας. Βρίσκεται έναντι του γηπέδου των Αγίων Αναργύρων, στη συμβολή της λεωφόρου Κωνσταντινουπόλεως και της οδού Μεσολογγίου, με την είσοδο στον σταθμό να πραγματοποιείται από την λεωφόρο Κωνσταντινουπόλεως. Διαθέτει μία κεντρική αποβάθρα, στις δύο πλευρές της οποίας αποβιβάζονται οι επιβάτες των διερχόμενων συρμών και τις αντίστοιχες σιδηροδρομικές γραμμές. Η αποβάθρα με τις σιδηροτροχιές ακολουθούν τη διεύθυνση Βορρά - Νότου, με μικρή κλίση προς τη Δύση.

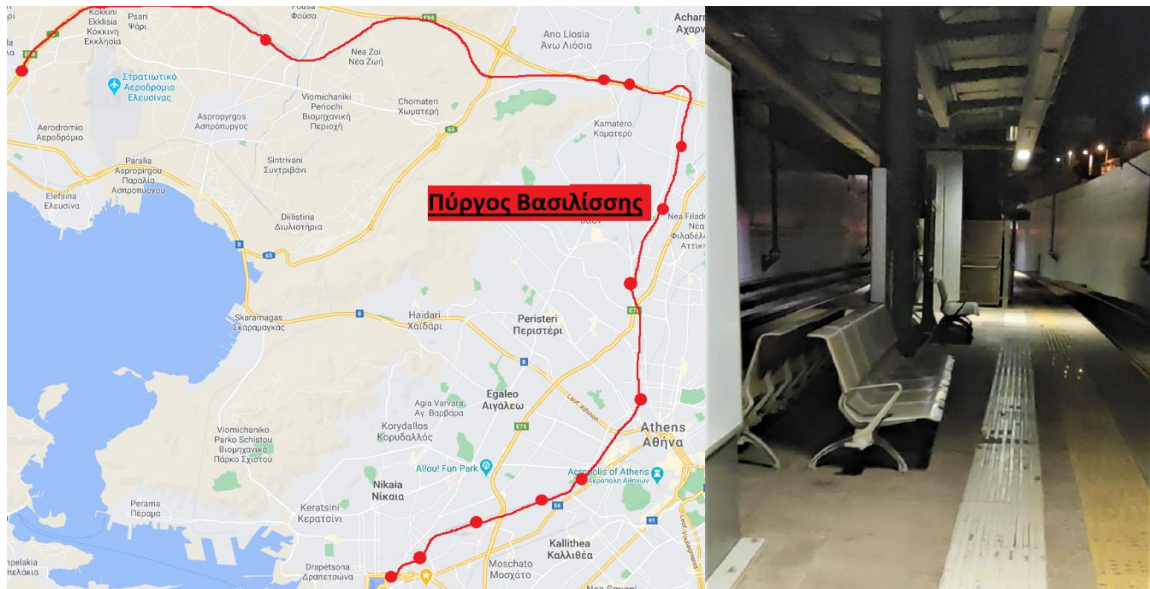
Στον συγκεκριμένο σταθμό, η είσοδος από την οδό Κωνσταντινουπόλεως μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση σκαλιών ή ράμπας, που οδηγούν στο επίπεδο έκδοσης και ακύρωσης εισιτηρίων, το οποίο είναι ανώτερο του επιπέδου του δρόμου. Στη συνέχεια, με χρήση είτε ανελκυστήρα, είτε συμβατικής είτε κυλιόμενης σκάλας είναι δυνατή η κάθοδος στην αποβάθρα. Λόγω της ανάπτυξης του σταθμού σε δύο επίπεδα, η αποβάθρα περιλαμβάνει πολλά μικρά στέγαστρα αντί για ένα ενιαίο, όπως φαίνεται και στην τοπογραφική απόδοση της εικόνας 2.11. Τα δύο μεγαλύτερα στέγαστρα, μήκους 24.5 μέτρων και πλάτους 4.5 μέτρων έκαστο, βρίσκονται τοποθετημένα στα άκρα της αποβάθρας. Έξι μικρότερα στέγαστρα, μήκους 12.8 μέτρων και

πλάτους 1.4 μέτρων έκαστο είναι τοποθετημένα δεξιά και αριστερά από τις συμβατικές και τις κυλιόμενες σκάλες. Επιπλέον, σκίαση παρέχεται και από τα δομικά στοιχεία που είναι χτισμένα από πάνω του, όπως η είσοδος του σταθμού και μία πεζογέφυρα που διασχίζει κάθετα τις αποβάθρες.



*Εικόνα 2.11: Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth*

Υπάρχουν συνολικά 48 θέσεις καθήμενων στον σταθμό, όλες τοποθετημένες στον κεντρικό άξονα της αποβάθρας, κάτω από στοιχεία που μπορούν να αξιοποιηθούν ως προστασία από τα καιρικά φαινόμενα. Η ύπαρξη ράμπας για την είσοδο στον σταθμό και κυλιόμενης σκάλας και ανελκυστήρα για την είσοδο στην αποβάθρες καθιστά δυνατή της εξυπηρέτηση των ΑΜΕΑ μετακινούμενων.



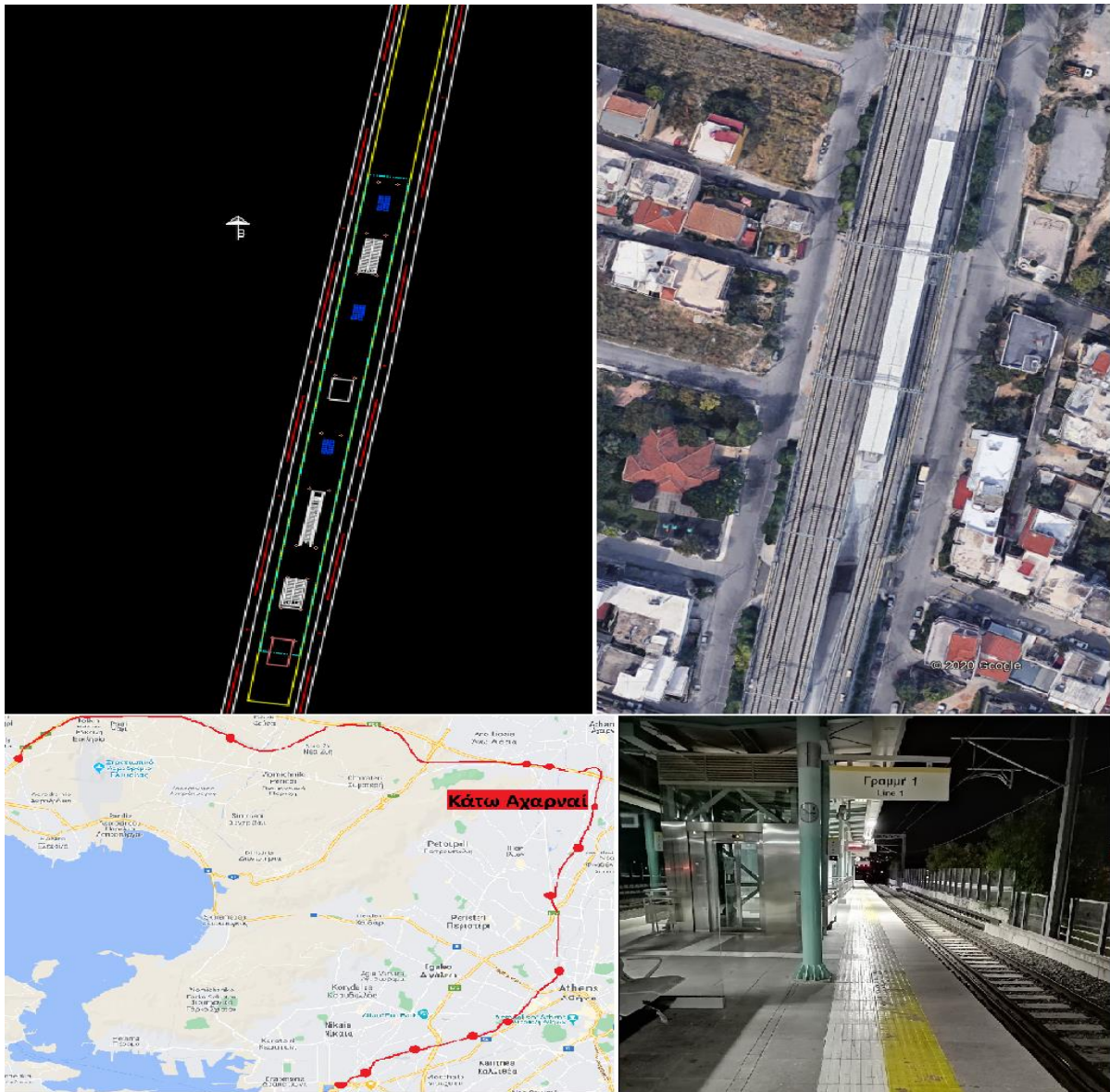
Εικόνα 2.12: Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού

### 2.2.9. Σταθμός «Κάτω Αχαρνάι»

Ο σταθμός «Κάτω Αχαρνάι», επονομαζόμενος και «Λυκότρυπα» ξεκίνησε να λειτουργεί το 2014. Βρίσκεται στα σύνορα των περιοχών Αχαρνές και Άγιοι Ανάργυροι, στη συμβολή της λεωφόρου Κωνσταντινουπόλεως και της οδού Καρατζά, πλησίον της πλατείας Μέρμινας. Στην ίδια θέση βρισκόταν παλαιότερα ο σταθμός Αμαλίας, ο οποίος χρησιμοποιούνταν ως υπηρεσιακή στάση ως τη δεκαετία του 1990, αλλά κατεδαφίστηκε προκειμένου να διευρυνθεί ο σιδηροδρομικός διάδρομος. Ο υπάρχον σταθμός διαθέτει μία κεντρική αποβάθρα που εξυπηρετεί τους διερχόμενους συρμούς και από τις δύο πλευρές της. Αποτελεί σταθμό μετεπιβίβασης για τη σύνδεση του δρομολογίου από Κιάτο προς Πειραιά και του δρομολογίου από Πειραιά προς Αεροδρόμιο, επιτρέποντας την επικοινωνία του Κιάτου και των ενδιάμεσων σταθμών με τον αερολιμένα Αθηνών. Από το γεγονός αυτό υποδηλώνεται πως μεγάλο πλήθος κόσμου εξυπηρετείται καθημερινά με χρήση της συγκεκριμένης αποβάθρας. Ο προσανατολισμός της αποβάθρας και των σιδηροδρομικών της γραμμών ακολουθεί τη διεύθυνση Βορρά – Νότου.

Ο χώρος αναμονής των επιβατών βρίσκεται σε ύψος που υπερβαίνει σημαντικά το επίπεδο του δρόμου, καθώς η αποβάθρα είναι κατασκευασμένη επάνω σε γέφυρα. Εξ' αιτίας αυτού, τα περιφερειακά στοιχεία δε συμβάλουν στην ηλιοπροστασία, με αποτέλεσμα η σκίαση να εξαρτάται αποκλειστικά από την ύπαρξη στεγαστρών. Η προσέγγιση της αποβάθρας από τους επιβάτες πραγματοποιείται με χρήση σκάλας, συμβατικής και κυλιόμενης και με χρήση ανελκυστήρα, από τον χώρο εισόδου και εκδοτηρίων που βρίσκεται χαμηλότερα, στο επίπεδο των παράλληλων προς τον σταθμό δρόμων. Το στέγαστρο, μήκους 90 μέτρων και πλάτους 5.6 μέτρων καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της αποβάθρας και ολόκληρο το πλάτος της. Ο σταθμός διαθέτει συνολικά 48

θέσεις καθήμενων, όλες τοποθετημένες επί του κεντρικού άξονα της αποβάθρας, ώστε να σκιάζονται για όσο το δυνατόν περισσότερες ώρες της ημέρας.



*Εικόνα 2.13: Σταθμός «Κάτω Αχαρναί» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

### 2.2.10. Σταθμός «Άνω Λιόσια»

Ο σταθμός «Άνω Λιόσια» κατασκευάστηκε το 2006. Είναι τοποθετημένος στην επιφάνεια του εδάφους, στη νηίδα της Αττικής Οδού, στο ύψος της Λεωφόρου Φυλής, η οποία διέρχεται πάνω από το επίπεδο αποβαθρών υπό τη μορφή γέφυρας. Διαθέτει μία κεντρική αποβάθρα και εκτείνεται σε δύο επίπεδα. Το άνω επίπεδο, στο ύψος της Λεωφόρου Φυλής, περιλαμβάνει την είσοδο στο σταθμό και τα εκδοτήρια εισιτηρίων, ενώ το κάτω επίπεδο, στο ύψος της Αττικής

οδού, περιλαμβάνει την αποβάθρα, που χρησιμοποιείται ως χώρος αναμονής των επιβατών, και τις σιδηροδρομικές γραμμές και εκτείνεται από Ανατολάς προς Δυσμάς, με μια μικρή κλίση προς τον Νότο.

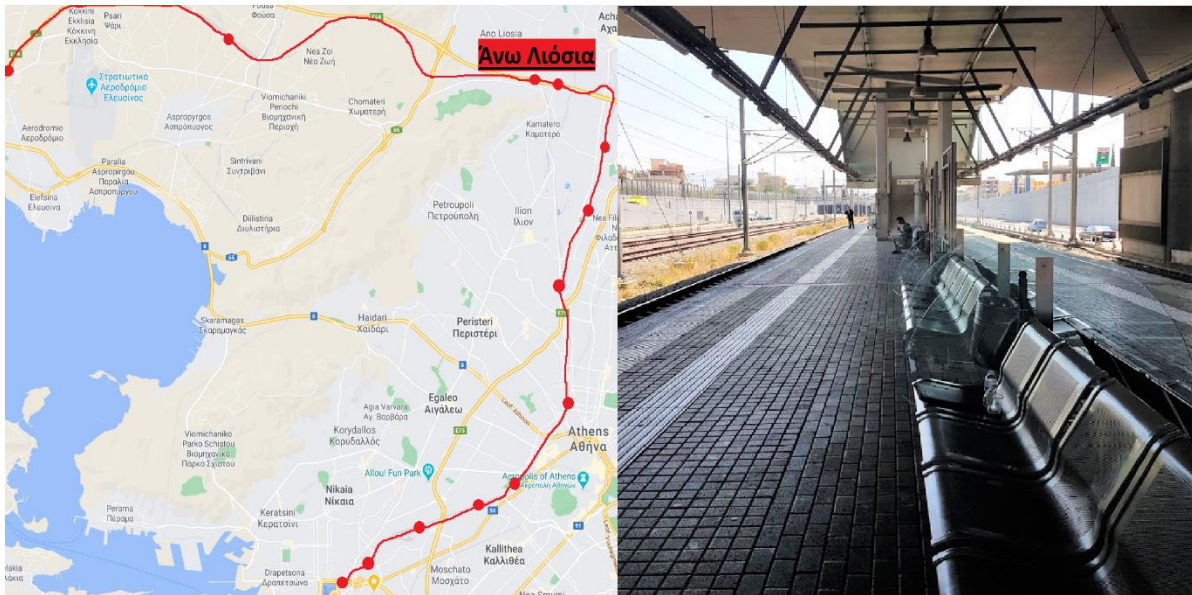


*Εικόνα 2.14: Σταθμός «Άνω Λιόσια» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Εξαιτίας της ανάπτυξής του σε δύο επίπεδα, τα στέγαστρα του σταθμού συνιστούν μία πολύ ιδιαίτερη κατασκευή, εκτεινόμενη επίσης σε δύο επίπεδα, ώστε να παρέχεται προστασία όχι μόνο των αποβαθρών, αλλά και της εισόδου στον σταθμό. Υπάρχει ένα κεντρικό στέγαστρο το οποίο ξεκινά στο επίπεδο της αποβάθρας, συνεχίζει την πορεία του υπό κλίση, ώστε να συμπεριλάβει τις κλίμακες, και καταλήγει στο επίπεδο της εισόδου του σταθμού, όπου διακόπτεται στο σημείο επαφής με τη Λεωφόρο Φυλής. Συνεχίζει, με αντίστοιχη πορεία, από την άλλη μεριά της



Λεωφόρου, ακολουθώντας και πάλι την κλίση της κλίμακας και καταλήγοντας ξανά στο επίπεδο της αποβάθρας. Ακόμη, υπάρχουν πέντε μικρότερα συμπληρωματικά στέγαστρα, για την κάλυψη των περιοχών που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από το κεντρικό. Το μοναδικό τμήμα της αποβάθρας που δεν καλύπτεται από στέγαστρο είναι εκείνο πάνω από το οποίο διέρχεται ο δρόμος, το οποίο, λόγω της ύπαρξης του δρόμου, είναι ήδη προστατευμένο από τα καιρικά φαινόμενα. Λόγω του προσανατολισμού της αποβάθρας, η αρχική εκτίμηση είναι πως παρέχεται ικανοποιητική σκίαση στους χώρους κίνησης των χρηστών του μέσου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.



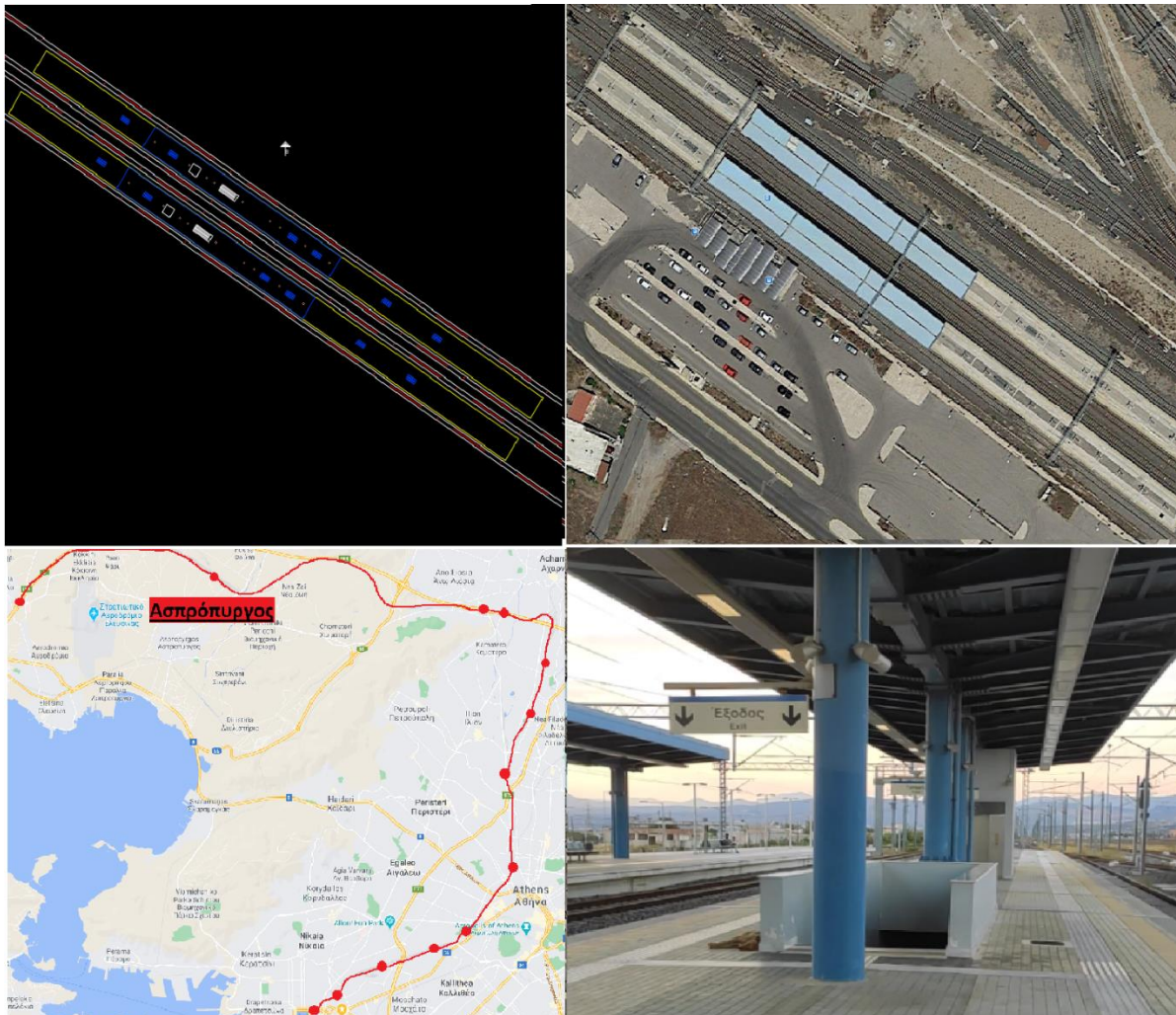
*Εικόνα 2.15: Σταθμός «Άνω Λιόσια» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Το αποτέλεσμα της τοπογραφικής αποτύπωσης παρουσιάζεται στην εικόνα 2.14. Για καλύτερη ευκρίνεια των αποτελεσμάτων, το κεντρικό στέγαστρο, έχει αποδοθεί με μπλε σκούρο χρώμα, ενώ τα επί μέρους με γαλάζιο. Όπως φαίνεται, τα όρια του κεντρικού στεγάστρου ταυτίζονται με τα όρια της αποβάθρας στο μεγαλύτερο μέρος του σταθμού, διατηρώντας πλάτος 8.4 μέτρα, αλλά μεγαλώνουν στο τμήμα εκείνο που πρέπει να καλύψει το ανώτερο επίπεδο, με το πλάτος του να φτάνει τα 11.8 μέτρα. Το μήκος και το πλάτος των μικρότερων στεγαστρών αλλάζει κατά περίπτωση, ανάλογα με την περιοχή που προορίζονται να προστατεύσουν.

Ο αριθμός των θέσεων καθημένων ανέρχεται στις 60 θέσεις συνολικά. Οι θέσεις αυτές δεν επαρκούν για όλους τους χρήστες, με αποτέλεσμα να είναι συχνό το φαινόμενο χρήσης των скаλιών ως καθίσματα, όπως παρατηρήθηκε την ώρα της αποτύπωσης, δυσχεραίνοντας τις μετακινήσεις των υπολοίπων. Τα στηρίγματα των στεγαστρών είναι τοποθετημένα σε θέσεις που δεν επηρεάζουν τις μετακινήσεις. Για τη σύνδεση της αποβάθρας με το επίπεδο εισόδου στο σταθμό, υπάρχουν οι προαναφερόμενες κλίμακες, ανελκυστήρας και κυλιόμενες σκάλες. Οι συνθήκες επιτρέπουν τη χρήση του σταθμού από ΑΜΕΑ.

### 2.2.11. Σταθμός «Ασπρόπυργος»

Ο σταθμός «Ασπρόπυργος» τέθηκε σε λειτουργία το 2006. Βρίσκεται στις παρυφές του εμπορευματικού κέντρου Θριασίου Πεδίου του ΟΣΑ. Εκτός από τον Προαστιακό, ο σταθμός χρησιμοποιείται και ως αφετηρία της εμπορικής σιδηροδρομικής γραμμής Θριασίου Πεδίου - Νέου Ικονίου, που συνδέει την περιοχή με το Πέραμα. Διαθέτει δύο κεντρικές αποβάθρες που η καθεμία εξυπηρετεί συρμούς και από τις δύο πλευρές της, οι οποίοι στο συγκεκριμένο σημείο κινούνται σε Νοτιοανατολική προς Βορειοδυτική διεύθυνση.



*Εικόνα 2.16: Σταθμός «Ασπρόπυργος» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη, Χαρακτηριστική Φωτογραφία σταθμού*

Ο σταθμός επεκτείνεται σε δύο επίπεδα, με την είσοδο να πραγματοποιείται υπογείως, όπου βρίσκεται ο χώρος έκδοσης εισιτηρίων, μέσω του οποίου διέρχονται οι επιβάτες για να ανεβούν στις αποβάθρες. Η άνοδος πραγματοποιείται με χρήση συμβατικής σκάλας ή ανελκυστήρα, καθώς δεν παρέχεται η επιλογή χρήσης κυλιόμενης σκάλας. Η κάθε αποβάθρα περιλαμβάνει ένα στέγαστρο, μήκους 75 μέτρων και πλάτους 7.8 μέτρων, που καλύπτει ολόκληρο το πλάτος της. Ο

συνολικός αριθμός θέσεων καθήμενων ανέρχεται σε 120, 60 σε κάθε αποβάθρα. Από αυτές, οι 60 βρίσκονται τοποθετημένες κάτω από στέγαστρα, ενώ για τις υπόλοιπες δεν έχει προβλεφθεί κάποια μέθοδος προφύλαξης από τις καιρικές συνθήκες.

### 2.2.12. Σταθμός «Μαγούλα»

Ο σταθμός «Μαγούλα» λειτουργεί από το 2006 και είναι ο τελευταίος σταθμός του προς δρομολογίου από Πειραιά προς Κιάτο στον οποίο χρησιμοποιείται το ενιαίο αστικό εισιτήριο. Είναι τοποθετημένος στην ομώνυμη περιοχή, πλησίον του Θριασίου Νοσοκομείου. Η κατασκευή του σταθμού ακολουθεί την ίδια λογική με τον σταθμό «Άνω Λιόσια», καθώς οι αποβάθρες είναι επίσης τοποθετημένες σε νησίδα της Αττικής Οδού, με την είσοδο στον σταθμό να πραγματοποιείται από τη Λεωφόρο Θριασίου Πεδίου, που διέρχεται κάθετα πάνω από τις αποβάθρες υπό τη μορφή γέφυρας. Έτσι λοιπόν, η κατασκευή εκτείνεται σε δύο επίπεδα, με το άνω επίπεδο να περιλαμβάνει την είσοδο και τα εκδοτήρια εισιτηρίων και το κάτω επίπεδο να περιλαμβάνει τις αποβάθρες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι αποβάθρες είναι δύο κεντρικές, με δυνατότητα εξυπηρέτησης συρμών κινούμενων επί των τεσσάρων σιδηροδρομικών γραμμών που τις προσεγγίζουν, αναπτυσσόμενες σε Βορειοανατολική προς Νοτιοδυτική διεύθυνση.

Η κατασκευή των στεγαστρών είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθώς αποτελείται από πολλά τμήματα διαφορετικής μορφής και διαστάσεων, ώστε να παρέχεται ικανοποιητική προστασία και στα δύο επίπεδα του σταθμού. Συγκεκριμένα, αρχικά υπάρχουν δύο στέγαστρα τα οποία προστατεύουν το άνω μέρος του σταθμού, ένα για το κτίριο που βρίσκεται στην βόρεια πλευρά του κάθετου δρόμου και ένα για εκείνο που βρίσκεται στη νότια. Τα κτίρια αυτά αποτυπώνονται στο σχέδιο με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή και τα όρια τους αποτελούν και όρια των στεγαστρών που τα προστατεύουν. Από το πάνω μέρος των στεγαστρών αυτών ξεκινάνε τέσσερα μακρόστενα στέγαστρα, ένα για κάθε τμήμα της κάθε αποβάθρας, αποτυπωμένα στο σχέδιο με μπλε διακεκομμένη γραμμή. Από αυτά, τα δύο που βρίσκονται στο βόρειο μέρος έχουν μήκος 33.5 μέτρα και πλάτος 8.4 μέτρα έκαστο και τα δύο που βρίσκονται στο νότιο μέρος έχουν μήκος 38.8 μέτρα και πλάτος 7.9 μέτρα έκαστο, καλύπτοντας σε κάθε περίπτωση το πλάτος της αποβάθρας στα αντίστοιχα σημεία της. Τα συγκεκριμένα στέγαστρα ακολουθούν την κλίση της σκάλας που συνδέει τα δύο επίπεδα του σταθμού, μέχρι να φτάσουν σε υψομετρική απόσταση 4.5 μέτρα από το επίπεδο της αποβάθρας. Εκτός των παραπάνω, υπάρχουν τέσσερα ακόμη συμπληρωματικά στέγαστρα στο επίπεδο των αποβαθρών, δύο στο βόρειο τμήμα τους, μήκους 5.6 και πλάτους 2.6 μέτρων έκαστο και δύο στο νότιο τμήμα τους, μήκους 7.3 και πλάτους 2.7 μέτρων έκαστο, τα οποία έχουν αποδοθεί στο σχέδιο με γαλάζια διακεκομμένη γραμμή.



Εικόνα 2.17: Σταθμός «Μαγούλα» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Τοπογραφική απόδοση με χρήση σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, Προσανατολισμένη Διάταξη σταθμού με εικόνα από Google Earth, Θέση σταθμού στον χάρτη

Λόγω της πολυπλοκότητας του σχεδίου, για την αποφυγή περαιτέρω σύγχυσης, για τις σκάλες που βρίσκονται σε επίπεδο ανώτερο των αποβαθρών συνδέοντας τα δύο επίπεδα του σταθμού έχει σχεδιαστεί μόνο το περίγραμμα, με λευκή διακεκομμένη γραμμή. Τέλος, αποτυπώνονται και οι θέσεις καθήμενων με μπλε χρώμα όπως συνηθίζεται ως τώρα. Ο αριθμός τους ανέρχεται στις 300

θέσεις συνολικά, 150 σε κάθε αποβάθρα. Από αυτές, μόλις οι 40 είναι τοποθετημένες στα στεγαζόμενα τμήματα, με αποτέλεσμα οι υπόλοιπες 260 να μένουν συχνά αγρησιμοποίητες, ενώ παράλληλα οι χρήστες του μέσου χρησιμοποιούν τα σκαλιά ως καθίσματα δημιουργώντας πρόβλημα στις μετακινήσεις στην αποβάθρα ή να παραμένουν όρθιοι, με τις αντίστοιχες επιπτώσεις στη μείωση της άνεσης μετακίνησης με το συγκεκριμένο μέσο.



*Εικόνα 2.18: Σταθμός «Μαγούλα» Προαστιακού Σιδηροδρόμου, Χαρακτηριστικές Φωτογραφίες σταθμού*

### 2.3. Παρατηρήσεις

Με την ολοκλήρωση της σχεδιαστικής απόδοσης των κατόψεων των σταθμών είναι δυνατή η εξαγωγή ορισμένων πρώτων συμπερασμάτων όσον αφορά τη χρηστικότητα των στεγάστρων. Μία πρώτη παρατήρηση είναι πως διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες σταθμών, εκείνων που έχουν απαίτηση σκίασης σε δύο επίπεδα και εκείνων που έχουν απαίτηση σκίασης μόνο σε ένα επίπεδο. Στους σταθμούς που αποτελούνται μόνο από ένα επίπεδο και σε εκείνους που το επίπεδο εισόδου στον σταθμό είναι υπόγειο, χρησιμοποιείται ένα ενιαίο στέγαστρο ανά αποβάθρα που να καλύπτει ολόκληρο το πλάτος της, με το μήκος των στεγάστρων να είναι διαφορετικό σε κάθε σταθμό. Αντιθέτως, στους σταθμούς εκείνους που απαιτείται προστασία από τις καιρικές συνθήκες σε δύο επίπεδα, τα χρησιμοποιούμενα στέγαστρα έχουν πολύ πιο σύνθετη μορφή, ενώ παράλληλα υπάρχει απαίτηση πολλών μικρότερων ή μεγαλύτερων στεγάστρων ανά αποβάθρα. Παρατηρήθηκαν επίσης και περιπτώσεις χρήσης στεγάστρων με μεταβαλλόμενη κλίση, τοποθετημένων με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα και των δύο επιπέδων ταυτόχρονα.

Μία δεύτερη παρατήρηση αφορά το πλάτος των στεγάστρων, καθώς διαπιστώθηκε κατά τη

διαδικασία των μετρήσεων πως μεγαλύτερο πλάτος στεγάστρων αντιστοιχεί σε σημαντική βελτίωση της παρεχόμενης σκίασης. Η διαπίστωση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στον σταθμό «Αθήνα», στον οποίο οι δύο από τις τρεις αποβάθρες έχουν πλάτος μεγαλύτερο των 10 μέτρων, με αποτέλεσμα και το πλάτος των στεγάστρων τους να έχουν την αντίστοιχη διάσταση. Οι συγκεκριμένες πλατφόρμες παρείχαν στους επιβάτες πολύ ανώτερο επίπεδο αναμονής, σε σύγκριση με άλλους σταθμούς αντίστοιχου προσανατολισμού.

Φυσικά, ο προσανατολισμός των σταθμών αποτελεί επίσης πολύ σημαντική παράμετρο, κάτι που είναι λογικό αν αναλογιστεί κανείς την τροχιά των ηλιακών ακτινών που χαράσσεται από την κίνηση της γης γύρω από τον Ήλιο. Η συγκεκριμένη παράμετρος θα αναλυθεί διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο, στο οποίο αναλύονται τα διαδραστικά δεδομένα που επηρεάζουν τον ηλιασμό, και ως εκ τούτου τη θερμική άνεση των χρηστών του Προαστιακού Σιδηροδρόμου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ

Σε προηγούμενο στάδιο της μελέτης αποτυπώθηκαν και εξετάστηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στοιχείων των αποβαθρών και των στεγάστρων, στοιχεία δηλαδή που αποτελούν τον εξοπλισμό των σταθμών. Για την αξιολόγηση της παρεχόμενης ηλιακής προστασίας, η καταγραφή των παραπάνω είναι κρίσιμη, αλλά μη επαρκής. Επιβάλλεται πραγματοποίηση μελέτης που να εστιάζει σε δεδομένα που διαμορφώνονται από την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, όπως είναι η κλίση των ακτινών του και η ένταση της ακτινοβολίας του σε διάφορες χρονικές στιγμές. Με την παράθεση των διαδραστικών αυτών στοιχείων, επιδιώξει συνεχίζει να είναι η προστασία των χρηστών από τον άμεσο ηλιασμό, δίνοντας ωστόσο ιδιαίτερη έμφαση σε χρονικές περιόδους κατά τις οποίες η ακτινοβολία του ηλίου επηρεάζει περισσότερο από άποψη θερμικής άνεσης.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη μελέτη της παρεχόμενης από τα στέγαστρα θερμικής άνεσης, με ανάλυση που εστιάζει στη διαμόρφωση της σκίασης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον εαυτό της και την περιστροφή της γύρω από τον Ήλιο. Στο πρώτο τμήμα του κεφαλαίου παρουσιάζονται ορισμένες βασικές έννοιες της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια επεξηγείται το πως η γνώση της τροχιάς της Γης μπορεί να συντελέσει στην κατασκευή αποτελεσματικότερων κατασκευών σκίασης με σκοπό την ενίσχυση της θερμικής άνεσης του χώρου. Το στάδιο που ακολουθεί είναι η εξέταση της συμπεριφοράς των υπό μελέτη στεγάστρων, με χρήση κατάλληλου λογισμικού σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων. Καθίσταται, έτσι, δυνατή η ανάλυση των ορίων της προβολής της σκίασης των στεγάστρων επί των αποβάθρων στην περιοχή αναμονής επιβατών για τις διάφορες χαρακτηριστικές ώρες και εποχές του έτους.

### 3.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Ο Ήλιος είναι ένας αστέρας, μία θερμή σφαίρα αερίων, στο εσωτερικό της οποίας πραγματοποιούνται θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Αποτέλεσμα των αντιδράσεων είναι η παραγωγή ενέργειας που φτάνει στη γη υπό διάφορες μορφές, όπως το φως, η θερμότητα και η ακτινοβολία. Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο ονομάζεται ηλιακή ενέργεια. Η Γη εκτελεί κινήσεις, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι η περιστροφή γύρω από τον άξονα της και η περιφορά γύρω από τον Ήλιο. Η περίοδος περιστροφής γύρω από τον εαυτό της είναι περίπου 24 ώρες, προκαλώντας την εναλλαγή μεταξύ μέρας και νύχτας. Η περιφορά γύρω από τον Ήλιο διαρκεί περίπου 365 μέρες, ή αλλιώς ένα ηλιακό έτος. Η τροχιά που διαγράφεται κατά την περιφορά είναι ελλειπτική με το τροχιακό επίπεδο να μην είναι ευθυγραμμισμένο με το επίπεδο του Ισημερινού της Γης. Η κλίση που διαμορφώνεται, η οποία αντιστοιχεί σε γωνία  $23,5^\circ$ , έχει ως αποτέλεσμα η έκθεση κάθε περιοχής στις ακτίνες του Ήλιου να αλλάζει κατά την περιστροφική κίνηση, καθορίζοντας τη θερμοκρασία στην εκάστοτε περιοχή και διαμορφώνοντας τις εποχές του

έτους [35].

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης καθορίζεται από τις επικρατούσες συνθήκες του δεδομένου χρόνου, όπως η εκάστοτε απόσταση ηλίου και γης, το ύψος του ήλιου πάνω από τον ορίζοντα του τόπου και η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την ατμόσφαιρα. Λόγω αυτού, η διαμόρφωση της ηλιοφάνειας εξαρτάται κάθε στιγμή από ποικίλους παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και το ανάγλυφο της περιοχής, η νέφωση και η ρύπανση της ατμόσφαιρας. Το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του εξεταζόμενου αντικειμένου είναι εκείνα που καθορίζουν τη διάρκεια της ημέρας, η οποία είναι ως γνωστόν μεταβαλλόμενη, ενώ η αύξηση του υψομέτρου έχει ως άμεση συνέπεια την αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η νέφωση και η ρύπανση της ατμόσφαιρας, από την άλλη, δρουν ανασταλτικά, καθώς απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία, προκαλώντας ελάττωση της ηλιοφάνειας. Διαμορφώνονται έτσι δύο έννοιες της διάρκειας ηλιοφάνειας, η θεωρητική διάρκεια, που είναι ο χρόνος από την ανατολή ως τη δύση του ηλίου και η πραγματική διάρκεια, που είναι μικρότερη από την αντίστοιχη θεωρητική, καθώς ελαττώνεται από την παρουσία νέφωσης και ρύπανσης και επηρεάζεται από την τοπογραφία του κάθε τόπου [36].

Για την εξέταση της ηλιακής ακτινοβολίας έχουν αναπτυχθεί μοντέλα, τα οποία ακολουθούν μαθηματικούς τύπους για να υπολογίσουν στοιχεία όπως η ένταση της ακτινοβολίας και η γωνία πρόσπτωσης της σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο. Η θεωρητική προσέγγιση των βασικών εννοιών που έχουν αναπτυχθεί θεωρείται επιβεβλημένη για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, για την καλύτερη κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων από τον αναγνώστη. Τα στοιχεία των υποκεφαλαίων 3.1.1 και 3.1.2 έχουν ληφθεί από τα βιβλίο «Θερμικά – Ηλιακά Συστήματα» [37], τμήματα του οποίου διανέμονται στους φοιτητές ως εγχειρίδιο στο παρόν Μεταπτυχιακό, στα πλαίσια του μαθήματος «Ηλιακή Ενέργεια».

### 3.1.1. Βασικές έννοιες

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εξετασθεί υπό το πρίσμα τεσσάρων υποκατηγοριών της, της άμεσου, της διάχυτης, της ολικής και της κάθετης ακτινοβολίας. Η άμεσος ακτινοβολία ( $G_b$ ) είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη κατ' ευθείαν από τον ήλιο, χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα, ενώ ως διάχυτη ακτινοβολία ( $G_d$ ) περιγράφεται το μέρος εκείνο που φθάνει στη γη ύστερα από διάχυση, που προκαλείται κατά την πάροδο των ακτινών του ήλιου μέσα από την ατμόσφαιρα της γης, έχοντας ως συνέπεια το διασκορπισμό και την αλλαγή κατεύθυνσης κατά τη διαδρομή. Το άθροισμα των δύο προαναφερόμενων, συμπεριλαμβανομένης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας από παρακείμενες επιφάνειες, συνιστά την ολική ακτινοβολία ( $G$ ). Η κάθετος ακτινοβολία ( $G_n$ ) είναι εκείνη που προσπίπτει σε επίπεδο κάθετο στις ηλιακές ακτίνες.

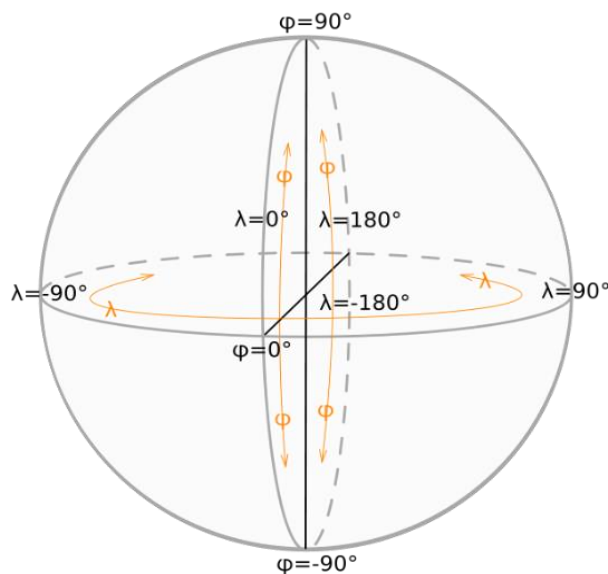
Το σύμβολο  $G$  χρησιμοποιείται για στιγμιαίες τιμές ακτινοβολίας, με μονάδα μέτρησης το  $W/m^2$ . Για χρονική περίοδο μίας ώρας χρησιμοποιείται το σύμβολο  $I$  αντί του  $G$  και μίας ημέρας το σύμβολο  $H$  αντίστοιχα, με μονάδα μέτρησης και στις δύο περιπτώσεις το  $J/m^2$ . Με χρήση του δείκτη  $\theta$  δηλώνεται ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας και με χρήση του δείκτη  $\tau$  η πρόσπτωση σε



κεκλιμένο επίπεδο. Οι παραπάνω δείκτες χρησιμοποιούνται και συνδυαστικά, για παράδειγμα,  $G_{on}$  είναι η ακτινοβολία κάθετου επιπέδου εκτός ατμόσφαιρας. Τέλος, πολύ βασική έννοια αποτελεί η ηλιακή σταθερά,  $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$ , που είναι το ποσό ηλιακής ενέργειας που πέφτει κάθετα σε μονάδα επιφάνειας τοποθετημένης στο ανώτερο όριο της ατμόσφαιρας, όταν η απόσταση Γης – Ήλιου λαμβάνει τη μέση τιμή της, ανά μονάδα χρόνου.

Για να υπολογιστεί η ένταση της ακτινοβολίας που δέχεται κάποια επιφάνεια του χώρου, καθοριστικής σημασίας είναι η θέση της επιφάνειας και ο προσανατολισμός της. Ως εκ τούτου, στους μαθηματικούς τύπους ανάλυσης της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται γωνιακά μεγέθη. Για τον υπολογισμό της θέσης χρησιμοποιούνται το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Για τον προσανατολισμό μιας επιφάνειας χρησιμοποιείται η γωνία κλίσης του επιπέδου και για την περιγραφή της σχέσης της με τις ηλιακές ακτίνες αξιοποιούνται η ζενίθια γωνία και το ηλιακό ύψος, το αζιμούθιο επιφάνειας, το αζιμούθιο ηλίου, η ωριαία γωνία και η ηλιακή απόκλιση.

Το γεωγραφικό πλάτος  $\phi$  και το γεωγραφικό μήκος  $\lambda$ , είναι γεωγραφικές συντεταγμένες με τις οποίες προσδιορίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο, η θέση κάθε τόπου. Το  $\phi$  είναι η γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφος ενός σημείου που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης με το επίπεδο του ισημερινού, με εύρος τιμών από  $-90^\circ$  έως  $90^\circ$  και τιμή Ισημερινού  $\phi = 0^\circ$ . Το  $\lambda$  είναι η γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του μεσημβρινού που διέρχεται από το προς εξέταση σημείο με το επίπεδο του πρώτου μεσημβρινού, για τον οποίο ισχύει  $\lambda=0^\circ$ . Το εύρος τιμών του  $\lambda$  είναι από  $-180^\circ$  έως  $180^\circ$ . Ως πρώτος μεσημβρινός έχει οριστεί ο μεσημβρινός του Greenwich.

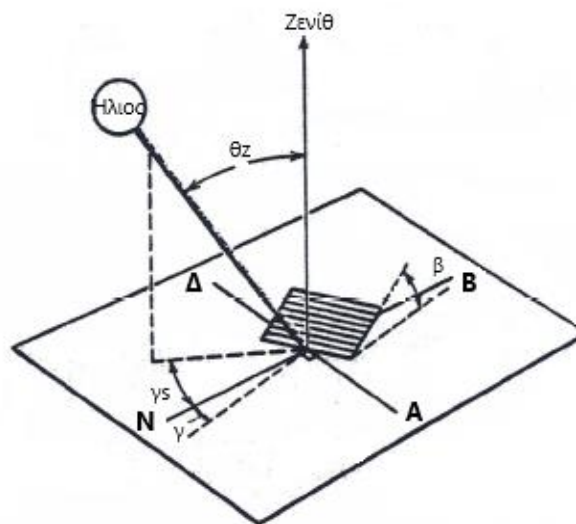


Εικόνα 3.1: Σφαίρα Γεωγραφικών Συντεταγμένων [15]

Η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφο προς το προαναφερόμενο σημείο, που ονομάζεται και ζενίθια ευθεία και από την ευθεία παρατηρητή - ήλιου είναι η ζενίθια γωνία ή γωνία ζενίθ ( $\theta_z$ ), η οποία μπορεί να πάρει τιμές από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$ . Η συμπληρωματική της γωνία,  $90^\circ - \theta_z$ , που σχηματίζεται από την ευθεία παρατηρητή - ήλιου και την προβολή της στο οριζόντιο επίπεδο, ονομάζεται ηλιακό ύψος. Η γωνία που σχηματίζεται από την οριζόντια προβολή μιας ευθείας

κάθετης προς την προς εξέταση επιφάνεια και από τη Νότια κατεύθυνση ονομάζεται Αζιμούθιο επιφάνειας,  $\gamma$ , και μπορεί να πάρει τιμές από  $-180^\circ$  έως  $180^\circ$ , με  $\gamma = 0^\circ$  στον Νότο. Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της οριζόντιας προβολής της ευθείας παρατηρητή – ήλιου και της κατεύθυνσης του Νότου ονομάζεται Αζιμούθιο ηλίου,  $\gamma_s$ . Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου και μιας επίπεδης επιφάνειας είναι η γωνία κλίσης του επιπέδου,  $\beta$ , η οποία παίρνει τιμές από  $0^\circ$  έως  $180^\circ$ , όπου οι μεγαλύτερες των  $90^\circ$  τιμές αντιστοιχούν σε ανεστραμμένες επιφάνειες, δηλαδή επιφάνειες στις οποίες το επίπεδο «βλέπει» προς τα κάτω. Η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της προκαλεί γωνιακή μετατόπιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού, μέγεθος που περιγράφεται από την ωριαία γωνία,  $\omega$ , η οποία είναι αρνητική πριν το ηλιακό μεσημέρι και θετική μετά από αυτό. Τέλος, ηλιακή απόκλιση,  $\delta$ , είναι η γωνιακή θέση του ηλίου το ηλιακό μεσημέρι, δηλαδή τη χρονική στιγμή την οποία ο ήλιος τέμνει τον μεσημβρινό του παρατηρητή, ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Η τιμή της ηλιακής απόκλισης μπορεί να είναι από  $-23.45^\circ$  έως  $23.45^\circ$  και εξαρτάται αποκλειστικά από τη μεταβλητή  $n$ . Το  $n$  αντιστοιχεί στην ημέρα του έτους για την οποία πραγματοποιείται η μελέτη, από 1 έως 365. Ο μαθηματικός τύπος που εκφράζει την ηλιακή απόκλιση είναι:

$$\delta = 23.45 * \sin\left[\frac{360 * (284 + n)}{365}\right] \quad (\text{Σχέση 3.1})$$



Εικόνα 3.2: Γωνία ζενίθ, αζιμούθιο επιφάνειας, αζιμούθιο ηλίου, κλίση επιπέδου [16]

### 3.1.2. Μαθηματικές σχέσεις μέτρησης ακτινοβολίας

Με χρήση των μεγεθών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός της γωνίας πρόσπτωσης,  $\theta$ , της άμεσου ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια, που είναι ουσιαστικά η γωνία μεταξύ των προσπιπτουσών ηλιακών ακτινών και της καθέτου στην επιφάνεια. Η τιμή του υπολογίζεται με χρήση του μαθηματικού τύπου:

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \sin\delta * \sin\varphi * \cos\beta - \sin\delta * \cos\varphi * \sin\beta * \cos\gamma \\ &+ \cos\delta * \cos\varphi * \cos\beta * \cos\omega + \cos\delta * \sin\varphi * \sin\beta * \cos\gamma * \cos\omega \end{aligned}$$

$$+ \cos\delta * \sin\beta * \sin\gamma * \sin\omega \quad (\text{Σχέση 3.2})$$

Για οριζόντιες επιφάνειες ( $\beta=0^\circ$ ) η γωνία πρόσπτωσης ταυτίζεται με τη ζενίθια γωνία, επομένως η τιμή της ζενίθιας γωνίας μπορεί να υπολογιστεί μέσω της σχέσης

$$\cos\theta_z = \sin\delta * \sin\varphi + \cos\delta * \cos\varphi * \cos\omega \quad (\text{Σχέση 3.3})$$

Ακόμη, με χρήση των παραπάνω γωνιών, καθίσταται δυνατή η συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων μορφών ακτινοβολίας που παρουσιάστηκαν. Έτσι, οι σχέσεις μεταξύ της στιγμιαίας άμεσης ακτινοβολίας που δέχεται το οριζόντιο ( $G_b$ ), το κεκλιμένο ( $G_{bT}$ ) και το κάθετο ( $G_{bn}$ ) επίπεδο στις ηλιακές ακτίνες είναι:

$$G_b = G_{bn} * \cos\theta_z \quad (\text{Σχέση 3.4})$$

$$G_{bT} = G_{bn} * \cos\theta \quad (\text{Σχέση 3.5})$$

$$G_{bT} = G_b * \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (\text{Σχέση 3.6})$$

Με τροποποίηση των δεικτών στις παραπάνω σχέσεις μπορούν να προκύψουν οι αντίστοιχες εξισώσεις για την ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας. Για παράδειγμα, η ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας προκύπτει με τροποποίηση των δεικτών της σχέσης 3.4 και είναι  $G_o = G_{on} * \cos\theta_z$ . (Σχέση 3.7)

Στη συνέχεια, με ολοκλήρωση των εξισώσεων είναι να δυνατόν να βρεθούν οι αντίστοιχοι μαθηματικοί τύποι για χρονική περίοδο μίας ώρας ή και μίας ημέρας,  $I_o$  και  $H_o$  αντίστοιχα.

Όπως γίνεται κατανοητό, η κατανόηση των παραπάνω εξισώσεων και παραμέτρων είναι σημαντική για την ενασχόληση με θέματα που περιλαμβάνουν ζητήματα ηλιακής ακτινοβολίας. Η εφαρμογή των τύπων μπορεί να οδηγήσει σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όπως ο υπολογισμός της ακριβής διάρκειας της ημέρας, η κατανομή της διάχυτης ακτινοβολίας στους ουράνιο θόλο, ο υπολογισμός της ενέργειας που προέρχεται από την ακτινοβολία και πολλά ακόμη. Τα όσα ως τώρα καταγράφηκαν, ωστόσο, είναι αρκετά για τις ανάγκες κατανόησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

## 3.2. Ήλιος και Σκίαση

Σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning) ως θερμική άνεση ορίζεται η πνευματική κατάσταση κατά την οποία το άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή του (εσωτερικού ή εξωτερικού) περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται και εκφράζει ικανοποίηση από τις επικρατούσες συνθήκες [38]. Εφόσον για κάθε άνθρωπο οι ιδανικές συνθήκες είναι διαφορετικές, η θερμική άνεση είναι στην πραγματικότητα ένας υποκειμενικός όρος. Σε κάθε περίπτωση, η

μελέτη της είναι πολύ σημαντική για τον άνθρωπο, καθώς επηρεάζει την πνευματική του διαύγεια, την ψυχολογική του κατάσταση και την υγεία του. Έτσι, η παραμονή κάποιου σε έναν χώρο όπου δε νιώθει θερμικά άνετα είναι δύσκολη και σε σπάνιες περιπτώσεις ακόμη και επικίνδυνη, ιδίως για τις πιο ευάλωτες κατηγορίες του πληθυσμού, όπως οι έγκυες γυναίκες, τα μικρά παιδιά και οι ηλικιωμένοι.

Η σκίαση αποτελεί βασικό παράγοντα θερμικής άνεσης, γι' αυτό και σε τεχνικές οδηγίες κατασκευής του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) οι συντελεστές σκίασης, που καθορίζονται με βάση το είδος των σκιάστρων που χρησιμοποιούνται και τη γεωμετρία τους, διαμορφώνονται προσεκτικά και αναλύονται εκτεταμένα. Σε μελέτες κατασκευών τοποθετημένων σε εξωτερικούς χώρους η ανάγκη ύπαρξης κατάλληλων συστημάτων σκίασης είναι ακόμη πιο επιβεβλημένη, καθώς αποτελούν σε πολλές τέτοιες περιπτώσεις τον βασικότερο παράγοντα θερμικής άνεσης. Άλλοι παράγοντες που διαφοροποιούν τον ηλιασμό ενός υπαίθριου χώρου είναι ο προσανατολισμός του, οι περιβάλλουσες επιφάνειες και φυσικά η ώρα, η εποχή και οι κλιματικές συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, οι κινήσεις που εκτελεί η Γη καθορίζουν την έκθεση κάθε περιοχής στις ακτίνες του Ήλιου και, ως φυσικό επακόλουθο, τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Η γνώση των επαναλαμβανόμενων αυτών κινήσεων παρέχει δυνατότητα κατασκευής σκιάστρων με τεχνικές που να τις λαμβάνουν υπόψη. Δίνοντας βαρύτητα στις κλιματικές ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, ο σχεδιασμός μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες της, με σκοπό την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων.

### 3.2.1. Ο ρόλος του Ήλιου στη διαμόρφωση των εποχών

Είναι γνωστό πως οι τέσσερις εποχές διαμορφώνονται από την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο. Κάποιος που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης όμως, βλέποντας τη θέση του Ήλιου να αλλάζει συνεχώς στον ουρανό, αντιλαμβάνεται τη δημιουργία ενός επιπέδου διαγραφόμενου από τη φαινομενική περιφορά του Ήλιου. Η φαινομενική τροχιά που χαράσσεται νοητά ονομάζεται εκλειπτική, ή, με άλλα λόγια, η εκλειπτική είναι η απεικόνιση, πάνω στην ουράνια σφαίρα, της γήινης τροχιάς γύρω από τον Ήλιο. Η προέκταση του ισημερινού της Γης πάνω στον ουράνιο θόλο τέμνει την εκλειπτική, σχηματίζοντας γωνία  $23.5^\circ$ . Η γωνία αυτή, η οποία ονομάζεται «λόξωση της εκλειπτικής», είναι η κλίση του άξονα περιστροφής της Γης γύρω από τον εαυτό της σε σχέση με το επίπεδο περιστροφής της γύρω από τον Ήλιο [39].

Τα δύο σημεία στα οποία τέμνονται οι δύο κύκλοι ονομάζονται ισημερινά σημεία. Κάθε χρόνο, περίπου την 21η Μαρτίου, ο Ήλιος βρίσκεται στο εαρινό ισημερινό σημείο, σηματοδοτώντας την αρχή της άνοιξης, ενώ περίπου την 23<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου βρίσκεται στο φθινοπωρινό ισημερινό σημείο, σηματοδοτώντας την αρχή του φθινοπώρου. Τις μέρες εκείνες, που είναι γνωστές και ως ισημερίες, οι περιοχές που βρίσκονται ακριβώς πάνω στον ισημερινό της Γης έχουν ακριβώς ίδια διάρκεια ημέρας και νύχτας, δηλαδή επί δώδεκα ώρες ο Ήλιος βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα και επί 12 ώρες βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα. Στους γεωγραφικούς τόπους που βρίσκονται βόρεια του ισημερινού, όπως η Ελλάδα, η εαρινή ισημερία συμβαίνει 3-4 μέρες νωρίτερα και η φθινοπωρινή 3-4 μέρες αργότερα. Την 21<sup>η</sup> Ιουνίου περίπου, ο Ήλιος φτάνει στο βορειότερο

σημείο της εκλειπτικής, το οποίο ονομάζεται θερινό τροπικό σημείο, σηματοδοτώντας την έναρξη του καλοκαιριού. Αντίστοιχα, περίπου την 22<sup>α</sup> Δεκεμβρίου φτάνει στο νοτιότερο σημείο της εκλειπτικής, το χειμερινό τροπικό σημείο, σηματοδοτώντας την έναρξη του χειμώνα [40].

Στην ουσία, η αντίληψη πως ο Ήλιος βρίσκεται στο θερινό τροπικό σημείο διαμορφώνεται όταν το Βόρειο Ημισφαίριο της Γης «γέρνει» προς τον Ήλιο, λόγω της κλίσης 23.5° και αντίστοιχα ο Ήλιος φαίνεται να βρίσκεται στο χειμερινό τροπικό σημείο όταν το Βόρειο Ημισφαίριο της Γης «γέρνει» μακριά του. Έτσι, το καλοκαίρι ο Ήλιος φτάνει στο ψηλότερο σημείο της βόρειας φαινόμενης τροχιάς του, με αποτέλεσμα οι μέρες να είναι μεγάλες και οι νύχτες μικρές και τον χειμώνα στο χαμηλότερο, με αποτέλεσμα οι μέρες να μικραίνουν και οι νύχτες να μεγαλώνουν. Στις ενδιάμεσες εποχές, οι μέρες και οι νύχτες τείνουν να ισορροπήσουν, με αντίστροφη φορά: Την άνοιξη η διάρκεια της ημέρας συνεχώς μεγαλώνει και οι καιρικές συνθήκες βελτιώνονται, ενώ το φθινόπωρο η διάρκεια της ημέρας συνεχώς μικραίνει και οι καιρικές συνθήκες χειροτερεύουν.

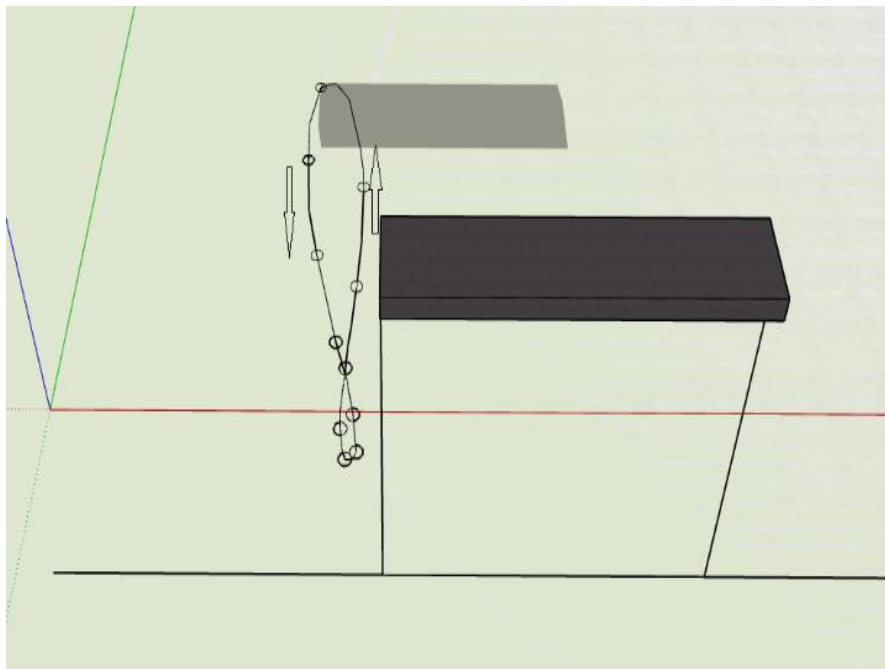
### 3.2.1. Παράγοντες επηρεασμού της σκίασης

Έχοντας αναλύσει το ρόλο των κινήσεων της Γης στη διαμόρφωση των εποχών, γίνεται πλέον εύκολα αντιληπτό πως ανάλογα με την εποχή αλλάζει η φαινόμενη θέση του Ήλιου, γεγονός που αλλάζει ριζικά τη σκίαση που παρέχεται από οποιοδήποτε αντικείμενο στην επιφάνεια της Γης. Για το λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί πληθώρα σκιάστρων, με σκοπό τη μέγιστη κάλυψη των αναγκών ηλιοπροστασίας, ανάλογα με τις κλιματικές απαιτήσεις της εκάστοτε περιοχής που μελετάται. Στις μεσογειακές χώρες, όπως η Ελλάδα, οι χειμώνες είναι ήπιοι, ενώ τα καλοκαίρια πλήττονται από υψηλές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου, η σκίαση κατά τους θερινούς μήνες είναι πολύ σημαντική, ενώ ο Ήλιος το χειμώνα δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, αλλά αντιθέτως, συχνά κρίνεται επιθυμητός. Είναι σημαντικό κατά τον σχεδιασμό των σκιάστρων να υπάρχει η αντίληψη της συμπεριφοράς της σκίασης που παρέχεται από αυτά σε διαφορετικές ημέρες και ώρες κατά τη διάρκεια του έτους, ώστε να επιλέγεται η ιδανική μορφή και η ιδανική τοποθέτηση.

Στις εικόνες που ακολουθούν διακρίνονται στιγμιότυπα της σκίασης που παρέχεται από το τρισδιάστατο μοντέλο ενός ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου διαστάσεων 1m\*4.5m\*0.25m, τοποθετημένου σε ύψος 4.25 m πάνω από το έδαφος. Για τη γεωαναφορά της περιοχής μελέτης έχουν δοθεί συντεταγμένες του κέντρου της Αθήνας. Η παρεχόμενη σκίαση εξετάζεται αρχικά για διαφορετικές ημερομηνίες και ώρες κατά τη διάρκεια του έτους και στη συνέχεια για διαφορετική τοποθέτηση ως προς τον προσανατολισμό του αντικειμένου.

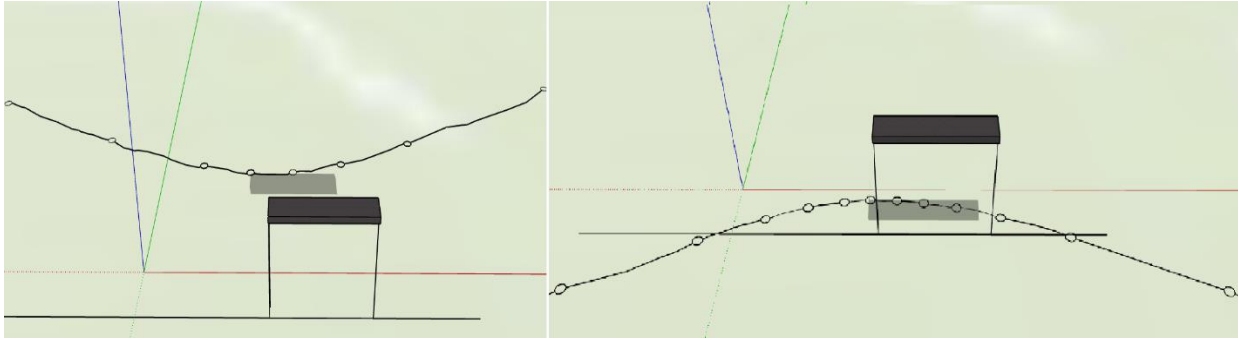
Στην εικόνα 3.3 εξετάζεται το πώς μεταβάλλεται η θέση της σκίασης που παρέχεται από το μοντέλο μέρα με τη μέρα κατά τη διάρκεια του έτους, με διατήρηση σταθερής ώρας. Η γραμμή που έχει σχεδιαστεί ακολουθεί την κίνηση της πάνω αριστερής γωνίας της παρεχόμενης σκιάς στις 12:00 κάθε ημέρας. Οι σχεδιασμένοι κύκλοι αντιστοιχούν στην 1<sup>η</sup> κάθε μηνός. Η αποτυπωμένη σκιά στο εν λόγω πλάνου αντιστοιχεί στην 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου. Δεν έχει ληφθεί υπόψη η αλλαγή ώρας από χειμερινή σε θερινή και το αντίστροφο, καθώς αναμένεται η εφαρμογή της να σταματήσει.

Όπως φαίνεται, για αντικείμενο τοποθετημένο στο κέντρο της Αθήνας, η παρεχόμενη σκιά ενός ορθογωνίου αντικειμένου επί του εδάφους, για εξέταση στις 12:00 το μεσημέρι κινείται σχηματίζοντας ένα ανάποδο οχτάρι. Η φορά κίνησης υποδεικνύεται από τα βέλη. Η σκιά βρίσκεται στην πιο μακρινή από την πηγή της θέση, σε οριζόντια απόσταση περίπου 8m. Από τον Ιανουάριο μέχρι τον Μάιο κατευθύνεται προς τον Νότο, συγκλίνοντας προς την πηγή της και διασχίζοντας μήνα με τον μήνα όλο και μικρότερη απόσταση. Από τον Ιούλιο μέχρι τον Δεκέμβριο κατευθύνεται προς τον Βορρά, απομακρυνόμενη από την πηγή της και με απόσταση συνεχώς αυξανόμενη, μέχρι την επιστροφή στην αρχική της θέση. Κατά τη διάρκεια του Ιουνίου, όπου η σκιά βρίσκεται στην πιο κοντινή προς την πηγή της θέση, σε οριζόντια απόσταση περίπου 1m, η μετακίνηση είναι πολύ μικρή από μέρα σε μέρα. Οι ημερομηνίες που η σκιά διέρχεται από το ίδιο ακριβώς σημείο είναι 12 Απριλίου και 29-30 Αυγούστου.



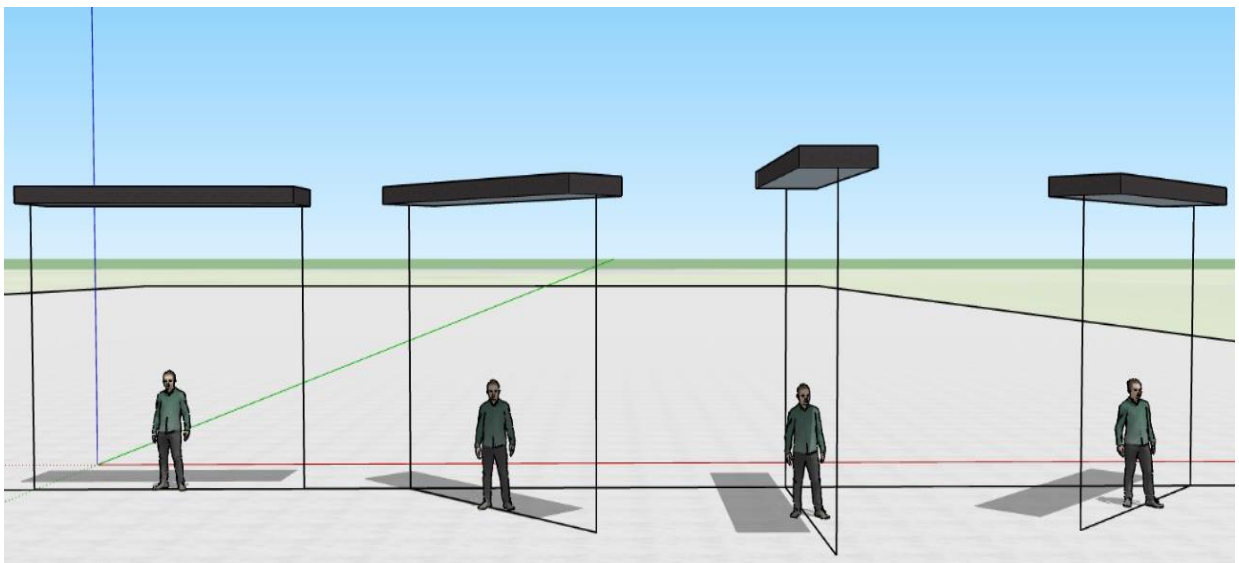
Εικόνα 3.3: Σκίαση από το μοντέλο μέσα στο έτος

Στην εικόνα 3.4 εξετάζεται το πώς μεταβάλλεται η θέση της σκιάς που παρέχεται από το μοντέλο στη διάρκεια μίας ημέρας, με εξέταση ώρα προς ώρα, στις δύο ακραίες καταστάσεις, δηλαδή στην πιο μακρινή από την πηγή της απόσταση, τον Ιανουάριο (εικόνα 3.4 αριστερά) και στην πιο κοντινή, τον Ιούνιο (Εικόνα 3.4 δεξιά). Η γραμμή που έχει σχεδιαστεί ακολουθεί σε κάθε περίπτωση την κίνηση της πάνω αριστερής γωνίας της παρεχόμενης σκιάς. Έχει σχεδιαστεί ένας κύκλος ανά ώρα, με τον πρώτο να σηματοδοτεί τις 09:00 για τον Ιανουάριο και τις 07:00 για τον Ιούνιο και τον τελευταίο τις 16:00 για τον Ιανουάριο και τις 18:00 για τον Ιούνιο, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αλλαγή ώρας. Η αποτυπωμένη σκιά στα στιγμιότυπα αντιστοιχεί στις 12:00. Η σκιά κατευθύνεται και στις δύο περιπτώσεις από τη Δύση προς την Ανατολή, κάτι που ήταν αναμενόμενο, αφού ο Ήλιος κινείται φαινομενικά από την Ανατολή προς τη Δύση. Τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες η μετατόπιση της σκιάς από ώρα σε ώρα είναι μεγάλη, ενώ τις μεσημεριανές ώρες παρατηρείται πολύ μικρότερη μετατόπιση, ειδικά το καλοκαίρι.



Εικόνα 3.4: Σκίαση από το μοντέλο μέσα στη μέρα, αριστερά για χειμώνα, δεξιά για καλοκαίρι

Από τα δύο αυτά στιγμιότυπα γίνεται επίσης κατανοητό το πόσο διαφορετική είναι η φαινόμενη τροχιά του Ήλιου το καλοκαίρι και το χειμώνα. Τον χειμώνα η σκιά είναι αρκετά απομακρυσμένη από το αντικείμενο και βρίσκεται βορειότερα από αυτό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Μέχρι τις δώδεκα το μεσημέρι η μετατόπιση της σκιάσης γίνεται προς τον Νότο και στη συνέχεια η φορά αλλάζει και κατευθύνεται προς τον Βορρά. Αντιθέτως, για το ίδιο ακριβώς αντικείμενο, τοποθετημένο στην ίδια ακριβώς θέση στην Αθήνα, το καλοκαίρι η σκιά ξεκινάει από τον Νότο, προσεγγίζει το αντικείμενο και περνάει στα βόρεια αυτού κατά τις μεσημεριανές ώρες και στη συνέχεια κατευθύνεται ξανά προς τον Νότο. Οι κινήσεις αυτές είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικές της θεωρίας κίνησης της Γης γύρω από τον Ήλιο που περιεγράφηκε νωρίτερα και επιβεβαιώνεται από τους μαθηματικούς τύπους που παρατέθηκαν στο κεφάλαιο της Ηλιακής Ακτινοβολίας. Παρατηρείται επίσης πως η σκιά είναι απομακρυσμένη από την πηγή της για πολλές ώρες κατά τους χειμερινούς μήνες και η μετακίνηση της από ώρα σε ώρα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το καλοκαίρι.



Εικόνα 3.5: Σκίαση από το μοντέλο με αλλαγές προσανατολισμού

Στην εικόνα 3.5 εξετάζεται το πώς μεταβάλλεται η σκίαση που παρέχεται από το μοντέλο με

αλλαγή του προσανατολισμού του. Στην πρώτη θέση (Μοντέλο 1) η μεγάλη διάσταση του αντικειμένου είναι τοποθετημένη παράλληλα στον άξονα των  $x$ , όπως και στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν νωρίτερα. Στη δεύτερη θέση (Μοντέλο 2) έχει εφαρμοστεί δεξιόστροφη περιφορά του αντικειμένου και του ανθρώπου κατά  $45^\circ$ , στην τρίτη θέση (Μοντέλο 3) η αντίστοιχη περιστροφή είναι  $90^\circ$  και στην τέταρτη θέση  $135^\circ$ . Το ανθρώπινο μοντέλο είναι σε όλες τις περιπτώσεις τοποθετημένο ακριβώς στην ίδια θέση σε σχέση με το στέγαστρο, στο κέντρο του τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος. Σκοπός είναι να μελετηθεί η σκίαση που παρέχεται κατά τις μεσημεριανές ώρες μίας ζεστής καλοκαιρινής μέρας, γι' αυτό και οι αποτυπωμένες σκιές στο στιγμιότυπο αντιστοιχούν στις 15 Ιουλίου, στις 12:00.

Όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο, ένας άνθρωπος ύψους 1.75 που στέκεται κάτω από το αντικείμενο τοποθετημένος ακριβώς στο μέσο του άξονά του κατά μήκος και κατά πλάτος, καλύπτεται ολόκληρος από την παρεχόμενη σκιά μόνο όταν εφαρμόζεται ο προσανατολισμός του Μοντέλου 2. Στον προσανατολισμό του Μοντέλου 3 το μεγαλύτερο μέρος του σώματος του ανθρώπου καλύπτεται από σκιά, αλλά ένα τμήμα του είναι εκτεθειμένο στον ήλιο. Στους προσανατολισμούς των Μοντέλων 1 και 4 δεν παρέχεται καμία προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Με δοκιμές για του υπόλοιπους μήνες του έτους διαπιστώθηκε πως από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβρη τα μοντέλα 2 και 3 είναι τα μόνα που παρέχουν σκιά στη θέση όπου στέκεται ο άνθρωπος στον εξεταζόμενο χρόνο, ενώ τους χειμερινούς μήνες κανένα από τα μοντέλα δεν παρέχει ικανοποιητική προστασία. Παρατηρήθηκε επίσης πως για τη συγκεκριμένη ημερομηνία το Μοντέλο 1 δεν παρέχει σκιά σε κανένα χρονικό διάστημα, το Μοντέλο 2 παρέχει σκιά από τις 10:30 έως τις 12:30, το Μοντέλο 3 από τις 11:30 έως τις 13:30 και το μοντέλο 4 από τις 12:30 έως τις 14:30. Από την ανάλυση αυτή γίνεται αντιληπτή η σημασία του σωστού προσανατολισμού ανάλογα με το σκοπό που καλείται να εξυπηρετήσει το στέγαστρο.

### 3.3. Τρισδιάστατα μοντέλα

Προκειμένου να παρατηρηθεί το πώς οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τους αναμένοντες επιβάτες στους υπό μελέτη σταθμούς, πραγματοποιήθηκε σχεδίαση των αντικειμένων του κάθε σταθμού σε λογισμικό σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων. Το πρόγραμμα που επελέγη είναι το SketchUp, ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης που παρέχει ευρεία ποικιλία σχεδιαστικών εφαρμογών αρχιτεκτονικού και κατασκευαστικού σχεδιασμού. Με τη δυνατότητα του SketchUp να αξιοποιεί τους τύπους ηλιακής ακτινοβολίας που παρατέθηκαν νωρίτερα και να παράγει σκιάσεις, είναι επιτεύξιμη η οπτικοποίηση των ορίων της προβολής της σκίασης των στεγαστρών επί των αποβαθρών. Επιπλέον, μεγαλύτερες ή μικρότερες σκιάσεις παρέχονται και από τα υπόλοιπα αντικείμενα που βρίσκονται είτε επί της αποβάθρας είτε σε θέσεις περιφερειακές προς αυτήν. Μπορεί, έτσι, να αναλυθεί διαδραστικά η προστασία που δέχονται οι χρήστες του εκάστοτε σταθμού από τον άμεσο ηλιασμό. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες για το επιβατικό κοινό, λόγω της υψηλής



θερμοκρασίας που επικρατεί.

Η διαδικασία παραγωγής των μοντέλων ξεκινάει με την προσθήκη γεωαναφοράς, με την οποία δίνονται πληροφορίες στο πρόγραμμα για το γεωγραφικό μήκος, λ, και το γεωγραφικό πλάτος, φ, του αντικειμένου μελέτης. Έχοντας τη γεωγραφική θέση, το λογισμικό παραθέτει ως βάση έναν χάρτη της περιοχής, πάνω στον οποίο μπορεί να γίνει η σχεδίαση των στοιχείων του μοντέλου που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος. Σε επόμενο βήμα καταχωρούνται τα υπερκείμενα στοιχεία και παρέχεται η δυνατότητα προσθήκης πληροφοριών όπως το υλικό κατασκευής κάθε στοιχείου και το χρώμα του.

Όταν ο σχεδιασμός του μοντέλου έχει πλέον ολοκληρωθεί, με την ενεργοποίηση της κατάλληλης λειτουργίας το λογισμικό εμφανίζει την μπάρα εργαλείων των σκιάσεων και ο χρήστης καλείται να ορίσει την ημερομηνία και την ώρα που τον ενδιαφέρουν. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τα στοιχεία τόπου και χρόνου που του έχουν καταχωρηθεί για να προσδιορίσει τη θέση του ήλιου σε σχέση με το αντικείμενο μελέτης. Στη συνέχεια, με χρήση των υπολογιστικών τύπων της ηλιακής ακτινοβολίας και βασιζόμενο στον προσανατολισμό του προς εξέταση στοιχείου, υπολογίζει για κάθε επιφάνεια τη γωνία πρόσπτωσης των ακτινών του ηλίου, θ, και προβάλλει τη σκιά που δημιουργείται από αυτήν. Με την τροποποίηση της ημερομηνίας και της ώρας είναι δυνατή η παρατήρηση της μεταβολής της σκίασης κατά το πέρασμα του χρόνου. Επιπροσθέτως, το λογισμικό παρέχει επιλογές για αλλαγή της έντασης του φωτός και των σκιάσεων και κάποιες επιπλέον λειτουργίες που επιφέρουν αλλαγές στις λεπτομέρειες.

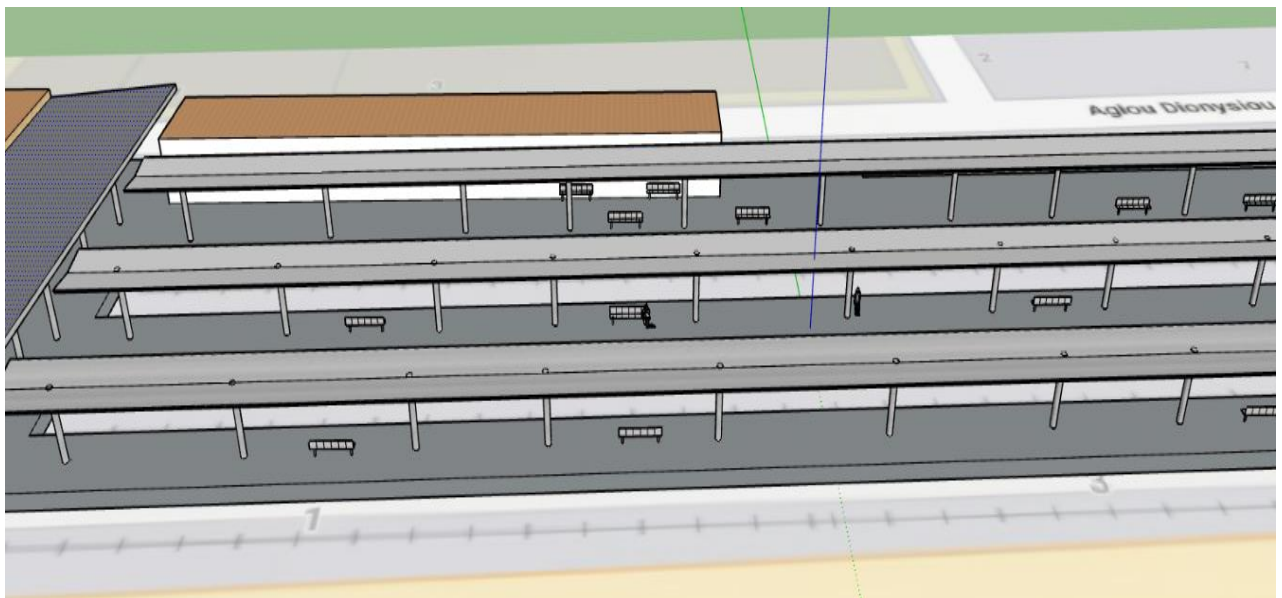
Εστιάζοντας στο αντικείμενο της παρούσας μελέτης, ο σχεδιασμός γίνεται για δώδεκα μοντέλα, όσοι και οι προς εξέταση σταθμοί. Για καθένα από αυτά προστίθεται η πληροφορία θέσης μέσω της γεωαναφοράς και έπειτα αποτυπώνονται, με σωστό προσανατολισμό, τα όρια των αποβαθρών του σταθμού. Έχοντας σχεδιάσει τις αποβάθρες είναι πλέον δυνατή η προσθήκη των στοιχείων που κείνται επάνω τους, όπως οι θέσεις καθημένων, οι σκάλες και οι ανεγκυστήρες, οι κολώνες που στηρίζουν τα υπερκείμενα στοιχεία, καθώς επίσης και άλλα εμπόδια που συναντώνται κατά μήκος των αποβαθρών, όπως τοιχάκια και κτίσματα. Τα μεγέθη των στοιχείων αυτών και οι ακριβείς θέσεις τους είναι γνωστά χάρη στην τοπογραφική αποτύπωση, με χρήση των κατόψεων που σχεδιάστηκαν σε προηγούμενο στάδιο της μελέτης. Στη συνέχεια αποδίδονται τα στέγαστρα και, όπου χρειάζεται, άλλα στοιχεία των σταθμών, ή ακόμη και ορισμένα εξωτερικά στοιχεία, που παρέχουν σκίαση επί της αποβάθρας.

Για το κατασκευασμένο τρισδιάστατο μοντέλο κάθε σταθμού εξετάζεται η σκίαση που παρέχεται από τα εγκατεστημένα στέγαστρα σε συγκεκριμένες ημέρες του χρόνου και σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας αντίστοιχα. Οι ημερομηνίες που επιλέχθηκαν προς εξέταση ήταν μία για κάθε εποχή του χρόνου και συγκεκριμένα η 15η Ιανουαρίου, η 15η Απριλίου, η 15η Ιουλίου και η 15η Οκτωβρίου. Για καθεμία από αυτές τις ημέρες ελέγχονται οι σκιάσεις σε τρεις διαφορετικές ώρες, στις 09:00, στις 12:00 το μεσημέρι και στις 15:00. Τα πιο κρίσιμα αποτελέσματα είναι εκείνα που αφορούν τις ημέρες και ώρες με τον μεγαλύτερο ηλιασμό, επομένως μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου, ιδίως από τις 11:00 έως τις 15:00. Μολαταύτα, για κάθε συνδυασμό ημερομηνίας και ώρας έχουν ληφθεί στιγμιότυπα, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά και σχολιάζονται στα επιμέρους υποκεφάλαια του κάθε σταθμού. Για

την αξιολόγηση της σκίασης έχουν αποδοθεί σχεδιαστικά τα μοντέλα ενός καθιστού και ενός όρθιου ανθρώπου, ώστε να ελεγχθεί το πόσο προστατεύονται από τον ηλιασμό σε κάθε περίπτωση.

### 3.3.1. Σταθμός «Πειραιάς»

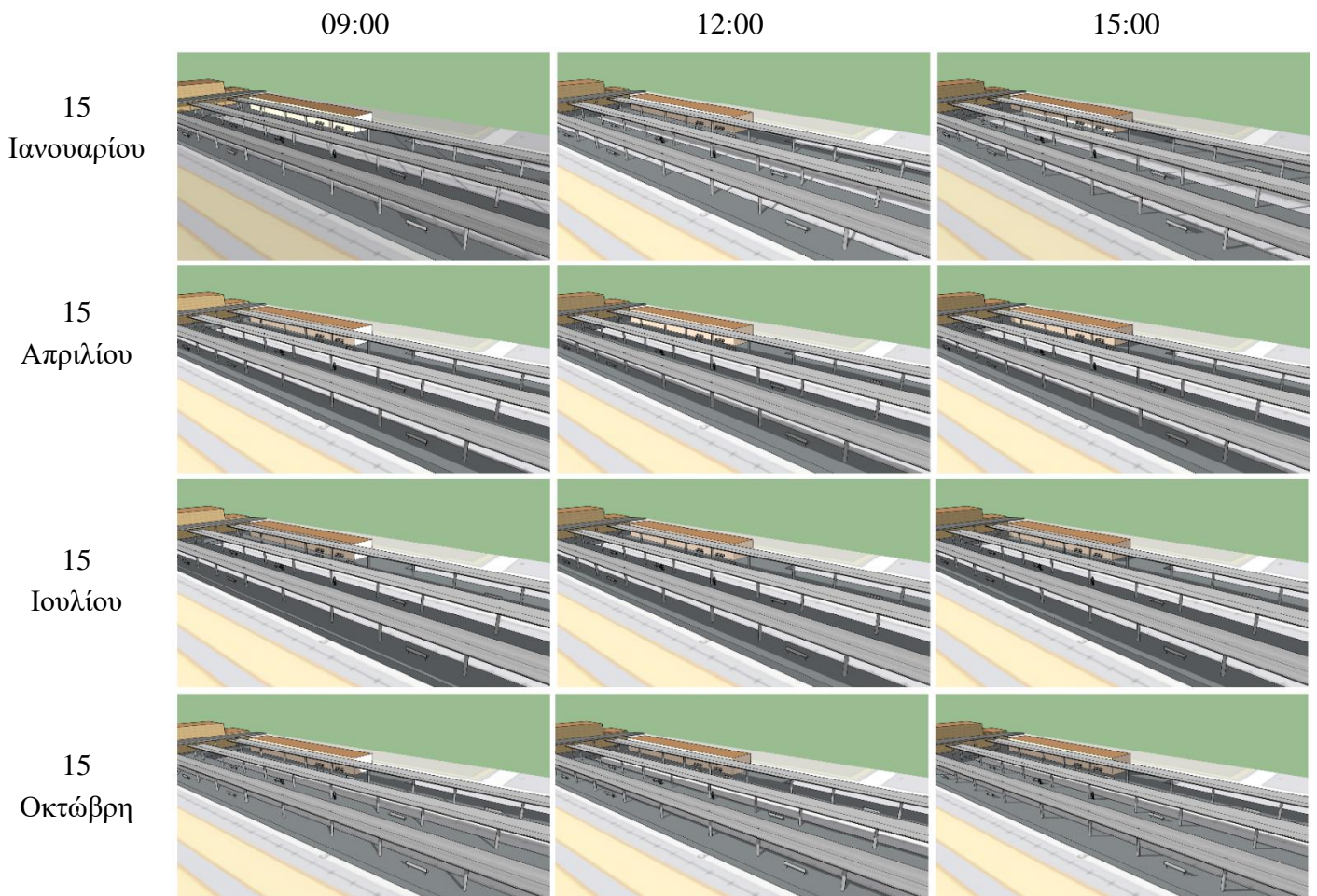
Ο σταθμός του Πειραιά διαθέτει τρεις αποβάθρες, η καθεμία εκ των οποίων διατρέχεται από ένα μακρόστενο στέγαστρο. Στην εικόνα 3.6 απεικονίζεται το κατασκευασμένο τρισδιάστατο μοντέλο του σταθμού στην αρχική του μορφή, χωρίς σκιάσεις. Στην τρισδιάστατη σχεδίαση, εκτός από τις αποβάθρες και τα στέγαστρα, έχουν επίσης αποδοθεί οι κολώνες που στηρίζουν τα στέγαστρα, οι θέσεις καθήμενων και τα περιμετρικά κτίρια, τα οποία στην περίπτωση του Πειραιά συμβάλουν σημαντικά στη σκίαση τμημάτων της αποβάθρας για ορισμένα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, αποδίδεται σχεδιαστικά το μοντέλο ενός όρθιου ανθρώπου και ενός καθήμενου, για καλύτερη κατανόηση του πώς επηρεάζονται οι αναμένοντες επιβάτες από τον ηλιασμό σε κάθε περίπτωση. Είναι ακόμη ορατό το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων, όπου η πράσινη γραμμή συμβολίζει τη διεύθυνση του Βορρά, η κόκκινη τη διεύθυνση της Ανατολής και η μπλε την κατακόρυφη διεύθυνση. Στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο η πράσινη γραμμή έχει διεύθυνση προς τον Βορρά, με μικρή κλίση προς τα αριστερά, κάτι από το οποίο υποδηλώνεται πως η εικόνα διατηρεί τον αρχικό προσανατολισμό της προς τον Βορρά.



Εικόνα 3.6: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Πειραιάς», 3D απόδοση

Με την προσθήκη σκιάσεων διαπιστώνονται ορισμένες ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις. Ξεκινώντας την εξέταση από την πρώτη Ιανουάριου, φαίνεται πως τα στέγαστρα προστατεύουν για πολύ μικρή χρονική διάρκεια της αποβάθρας κατά τους χειμερινούς μήνες. Συγκεκριμένα, από τις 08:35 έως τις 10:30 παρέχεται σκίαση μόνο στις δύο βόρειες αποβάθρες και από εκείνη την ώρα έως τις 14:30 καμία εκ των αποβαθρών δεν προστατεύεται από τον ηλιασμό. Στη συνέχεια, έως τις 16:20 σκιάζονται και πάλι οι δύο βόρειες αποβάθρες. Στη νότια αποβάθρα δεν παρέχεται καθόλου σκίαση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η κατάσταση παραμένει αντίστοιχη ως τα τέλη

Φεβρουαρίου, και στη συνέχεια, μέχρι τα τέλη του Μάρτη, η σκίαση των στεγάστρων δεν καλύπτει καθόλου τις αποβάθρες. Από τον Απρίλη μέχρι και τον Αύγουστο, ωστόσο, η γωνία πρόσπτωσης είναι τέτοια ώστε η σκιά να παραμένει σχεδόν σταθερή με την πάροδο των ωρών και οι αποβάθρες να προστατεύονται ικανοποιητικά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Στη συνέχεια, καθώς η τροχιά μεταβάλλεται και πάλι, από τον Σεπτέμβρη ο κεντρικός άξονας των αποβαθρών δεν σκιάζεται ικανοποιητικά κατά τις μεσημβρινές ώρες, και συγκεκριμένα από τις 09:00 έως τις 17:00, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνονται οι συνθήκες αναμονής για τους καθημερινούς. Για τους επιβάτες που επιθυμούν να παραμείνουν όρθιοι, αντιθέτως, μία ζώνη 2 περίπου μέτρων από τα βόρεια όρια των αποβαθρών παραμένει προστατευμένη από τον ηλιασμό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Από τον Οκτώβρη έως τον Δεκέμβρη η κατάσταση σταδιακά επανέρχεται στις συνθήκες του Ιανουαρίου. Χαρακτηριστικά στιγμιότυπα παρουσιάζονται στην εικόνα 3.7.

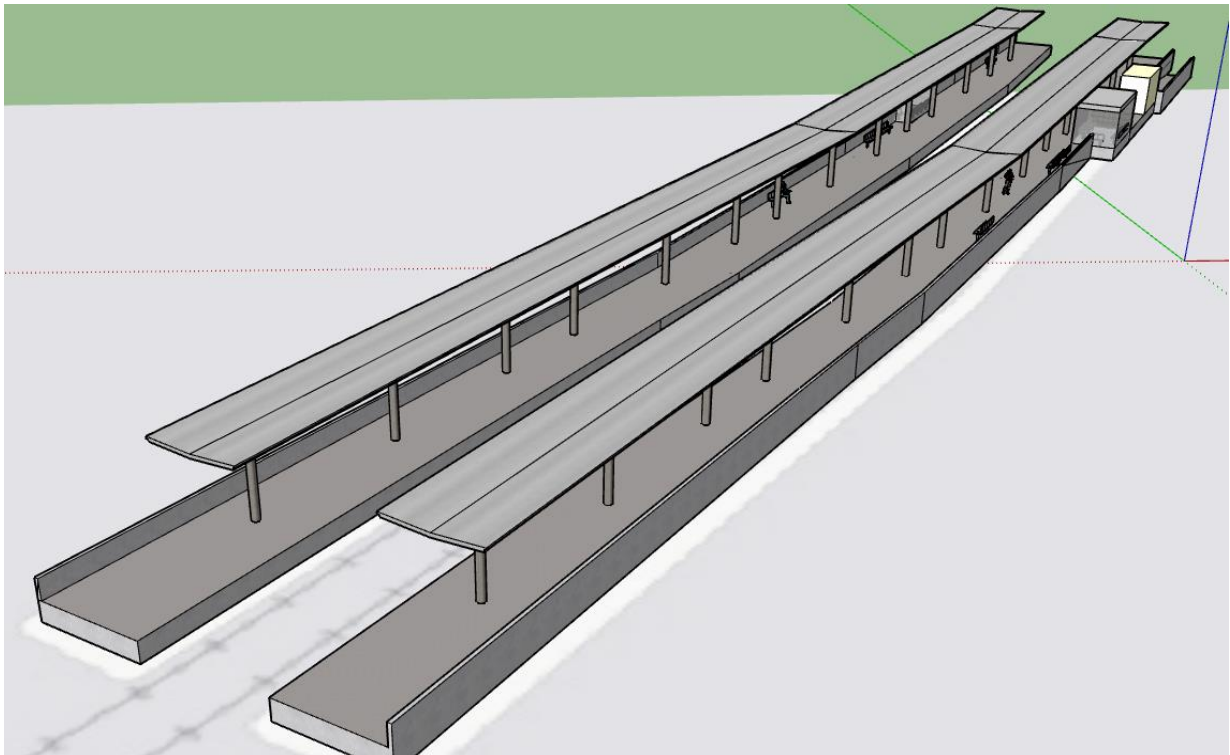


Εικόνα 3.7: Σκίαση στεγάστρων, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Πειραιάς»

Συμπερασματικά, από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο η σκίαση του σταθμού είναι πολύ ικανοποιητική σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα, από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Μάρτιο μόνο τις πρωινές και απογευματινές ώρες παρέχεται σκίαση, η οποία μάλιστα δεν προστατεύει καθόλου τη νότια αποβάθρα. Επομένως, το καλοκαίρι ο σταθμός προστατεύεται επαρκώς, αλλά κατά τους χειμερινούς μήνες δεν επιτυγχάνεται η επιθυμητή κατάσταση για τις κρίσιμες, από πλευρά ηλιοπροστασίας, ώρες.

### 3.3.2. Σταθμός «Λεύκα»

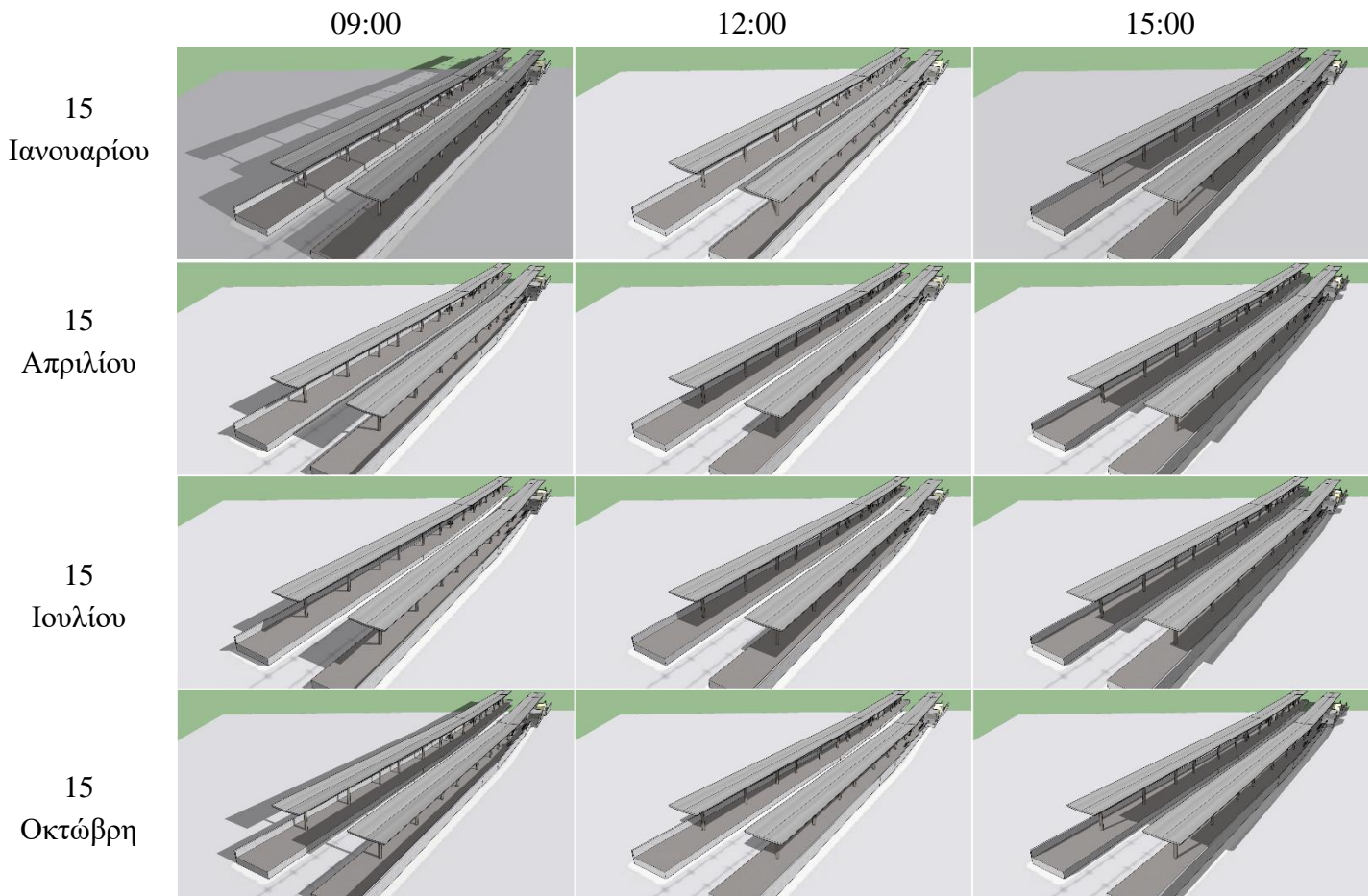
Ο σταθμός «Λεύκα» διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες, με την καθεμία να διατρέχεται από ένα μακρόστενο στέγαστρο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8. Στην τρισδιάστατη σχεδίαση έχουν επίσης αποδοθεί οι κολώνες που στηρίζουν τα στέγαστρα, οι θέσεις καθημένων, ένα κτίσμα κατασκευασμένο επί της μίας αποβάθρας που αποδίδεται με κίτρινο χρώμα, οι αίθουσες αναμονής του σταθμού με τις θέσεις τους, ο τοίχος, ύψους 1m, που περικλείει εξωτερικά τις αποβάθρες και οι ράμπες εισόδου και εξόδου σε κάθε αποβάθρα, στο βορειοανατολικό άκρο της. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται και εδώ τα μοντέλα ενός όρθιου ανθρώπου και ενός καθημένου, για καλύτερη εξέταση του ηλιασμού που δέχονται οι αναμένοντες επιβάτες του μέσου και το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων, για την κατανόηση του προσανατολισμού του σταθμού. Όπως φαίνεται, η εικόνα είναι στραμμένη κατά 22° αριστερόστροφα σε σχέση με τον αρχικό προσανατολισμό κατά τον Βορρά, για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Οι αποβάθρες και τα στέγαστρα ακολουθούν ελαφρώς τοξοειδή πορεία, όπως και οι σιδηροδρομικές γραμμές που διέρχονται από τον συγκεκριμένο σταθμό.



Εικόνα 3.8: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Λεύκα», 3D απόδοση

Προσθέτοντας τις σκιάσεις στις ημερομηνίες και ώρες που εξετάζονται, φαίνεται πως ξεκινώντας από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου, στις 09:00 η ανατολική αποβάθρα προστατεύεται από τον ηλιασμό χάρη στον τοίχο που τη διαχωρίζει από τον περιβάλλοντα χώρο, ενώ η σκιά του ανατολικού στεγάστρου έχει μόλις ξεκινήσει να καλύπτει τη δυτική αποβάθρα. Για την επόμενη ώρα σκιάζονται και οι δύο αποβάθρες αλλά περίπου από τις 10:30 μέχρι τις 12:00 δεν υπάρχει καμία παροχή σκίασης. Από τις 12:30 έως τις 16:00 το κάθε στέγαστρο παρέχει σκίαση στην αποβάθρα που το φιλοξενεί. Με την πάροδο των ημερών η κατάσταση που περιεγράφηκε παρατηρείται όλο και νωρίτερα, με τις

ίδιες συνθήκες να επικρατούν δύο ώρες νωρίτερα στα μέσα Απρίλη, χωρίς ωστόσο να έχει επηρεαστεί εξίσου η απογευματινή ώρα, που οι σκιάσεις αποχωρούν από τα όρια των αποβαθρών.



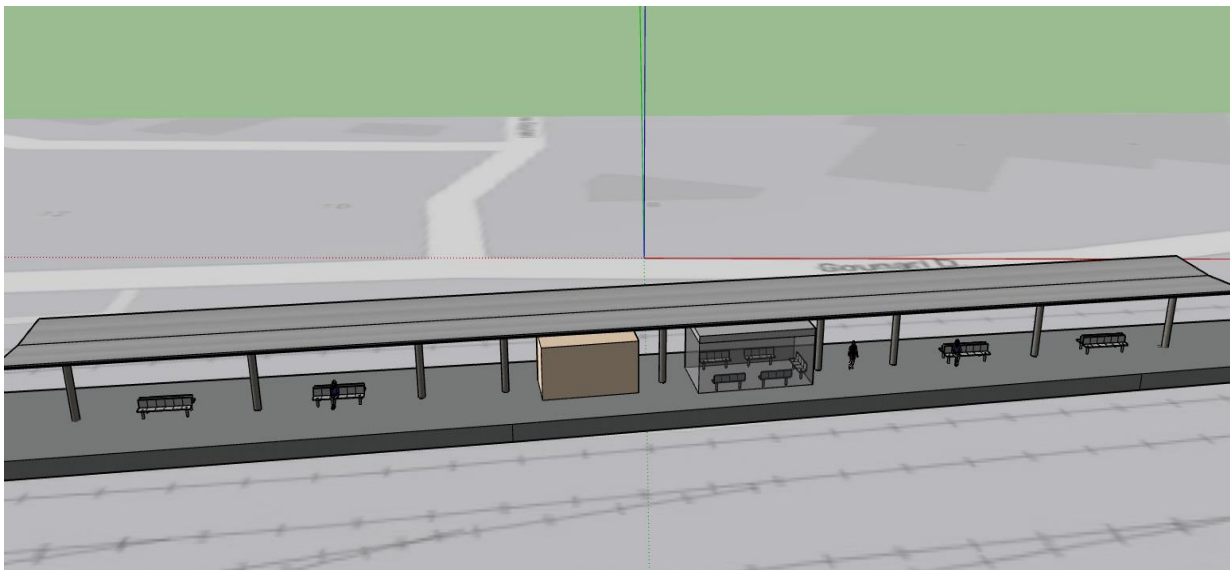
Εικόνα 3.9: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Λεύκα»

Ο ρυθμός των αλλαγών μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα από τον Μάιο μέχρι και τον Ιούλιο η κατάσταση να παραμένει σχεδόν αμετάβλητη. Στις 15 Ιουλίου η ανατολική αποβάθρα καλύπτεται χάρη στη σκίαση από τον τοίχο από το ξημέρωμα ως σχεδόν τις 07:00, χάρη στη σκίαση από το στέγαστρό της από τις 09:00 έως περίπου τις 15:30 και χάρη στη σκίαση του δυτικού στεγάστρου από τις 17:00 έως τις 18:30. Η δυτική αποβάθρα καλύπτεται από τη σκίαση του ανατολικού στεγάστρου από το ξημέρωμα ως τις 07:00, ενώ η σκίαση που παρέχεται από το δικό της στέγαστρο φτάνει στα όρια της αποβάθρας στις 09:00, στον άξονά της στις 10:30 και συνεχίζει να προστατεύει τουλάχιστον το 50% του πλάτους της έως τις 15:30. Από τις 17:00 μέχρι τη δύση του Ηλίου η δυτική αποβάθρα προστατεύεται χάρη στη σκίαση από τον τοίχο που την περιβάλλει. Στη συνέχεια, καθώς η τροχιά της κίνησης αλλάζει φορά όπως έχει περιγραφεί με τη βοήθεια της εικόνας 3.4, οι ίδιες συνθήκες επαναλαμβάνονται με αντίστροφη χρονική σειρά. Η περιγραφή του Απρίλη ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στον Αύγουστο, ο Οκτώβρης προσομοιάζει στον Μάρτη, ο Νοέμβρης στον Φεβρουάριο και ο Δεκέμβρης στον Ιανουάριο.

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται πως με εξαίρεση μικρά χρονικά διαστήματα, κατά τα οποία η χρήση της αίθουσας αναμονής είναι πιο επιβεβλημένη, η παρεχόμενη ηλιοπροστασία τις μεσημεριανές ώρες είναι πολύ ικανοποιητική στη Λεύκα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, το καλοκαίρι η σκίαση παραμένει στις αποβάθρες στο μεγαλύτερο μέρος της ημέρας.

### 3.3.3. Σταθμός «Ρέντη»

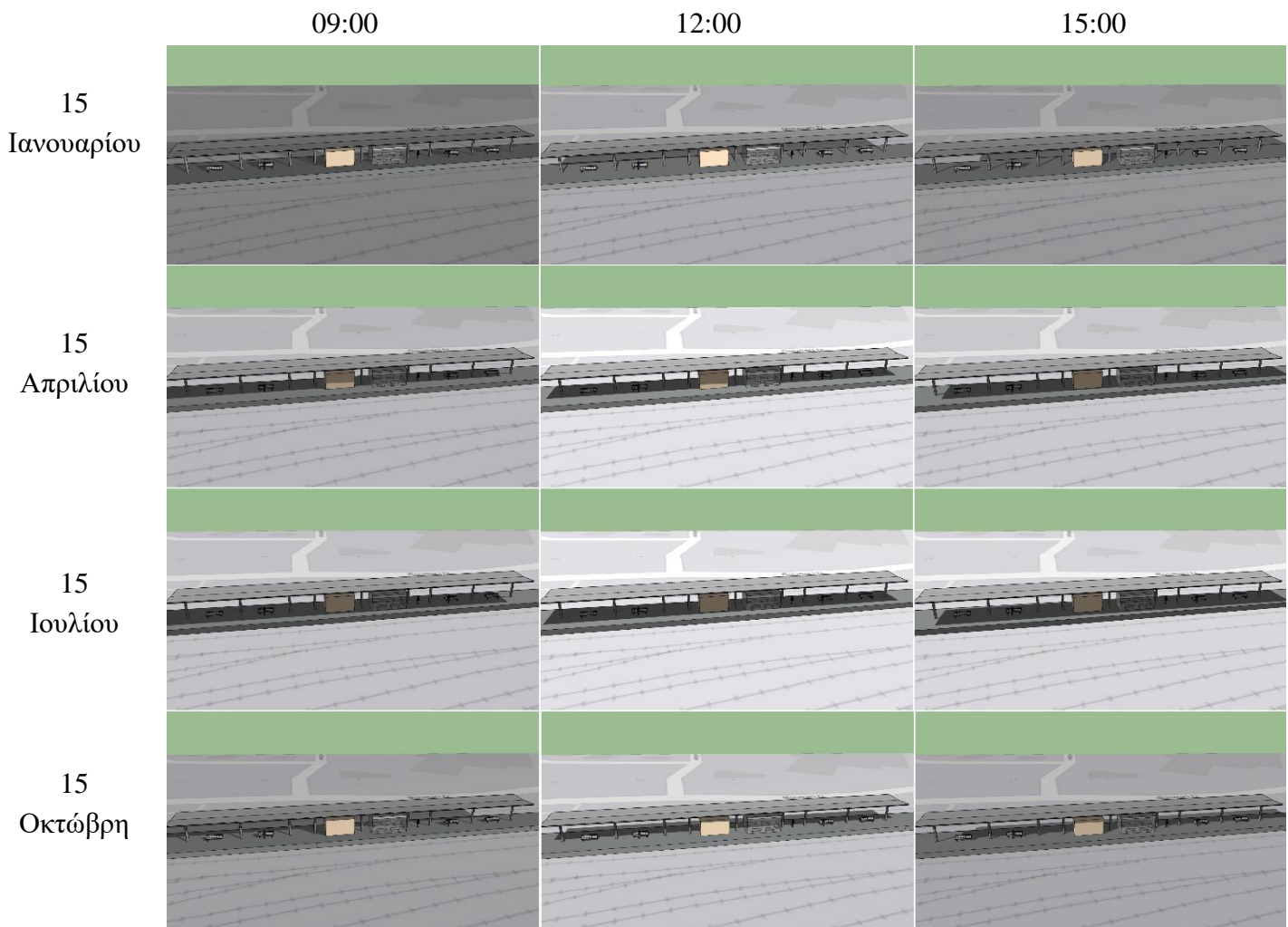
Ο σταθμός «Ρέντη» διαθέτει μία κεντρική αποβάθρα, η οποία διατρέχεται από ένα μακρόστενο στέγαστρο, όπως είναι ορατό στην εικόνα 3.10, το οποίο έχει μήκος 75m και πλάτος 6.8m. Στην τρισδιάστατη σχεδίαση έχουν επίσης αποδοθεί τα υπόλοιπα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η αποβάθρα, που είναι οι κολώνες που στηρίζουν το στέγαστρο, οι θέσεις καθήμενων, ένα κτίσμα κατασκευασμένο επί της αποβάθρας και η αίθουσα αναμονής του σταθμού με τις θέσεις της. Η πεζογέφυρα με την οποία εισέρχονται οι επιβάτες στον σταθμό δεν έχει σχεδιαστεί, καθώς δε συντελεί στη σκίαση, που αποτελεί το αντικείμενο εξέτασης της συγκεκριμένης μεθόδου. Δεν παραλείπονται, ωστόσο, τα ανθρώπινα μοντέλα και το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων. Στη συγκεκριμένη εικόνα, και στα στιγμιότυπα σε χαρακτηριστικές ώρες που ακολουθούν, έχει διατηρηθεί ο αρχικός προσανατολισμός προς τον Βορρά.



Εικόνα 3.10: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ρέντη», 3D απόδοση

Με την προσθήκη σκιάσεων παρατηρείται πως τον Ιανουάριο κανένα τμήμα της αποβάθρας δεν προστατεύεται ουσιαστικά από τον ηλιασμό, παρά μόνο από τη σκίαση που παρέχεται από ορισμένα από τα αντικείμενα. Μία ζώνη σκίασης από το στέγαστρο αρχίζει να σχηματίζεται τον Φλεβάρη, καλύπτοντας μέρος της αποβάθρας από τις 10:00 έως τις 16:00, χωρίς ωστόσο να αρκεί για την προστασία των θέσεων καθήμενων, οι οποίες είναι τοποθετημένες κατά μήκος του άξονα της αποβάθρας. Οι αναμείνοντες που επιθυμούν να παραμείνουν όρθιοι έχουν τις περισσότερες ώρες της ημέρας διαθέσιμη μία ζώνη περίπου 2.5m για την αναμονή τους, στην οποία παρέχεται ηλιοπροστασία. Οι θέσεις καθήμενων αρχίζουν να προστατεύονται από τον ηλιασμό τον Μάρτιο, οπότε σκίαση είναι ικανοποιητική από τις 10:00 μέχρι τη δύση του Ηλίου. Από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβρη οι θέσεις καθήμενων παραμένουν προστατευμένες από τον ηλιασμό σχεδόν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, στο μεγαλύτερο μέρος του πλάτους της αποβάθρας. Τον Οκτώβρη, η ζώνη σκίασης εισέρχεται στην αποβάθρα στις 08:30, προσεγγίζει τις θέσεις καθήμενων που είναι στραμμένες προς τον Βορρά περίπου στις 12:00 και συνεχίζει να τους παρέχει προστασία ως τις

16:00. Οι θέσεις που είναι στραμμένες προς τον Νότο δεν καλύπτονται καθόλου από τη σκίαση. Ο Νοέμβρης έχει συνθήκες παρόμοιες με τον Φλεβάρη και ο Δεκέμβρης προσομοιάζει στον Ιανουάριο.



Εικόνα 3.11: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ρέντη»

Συμπερασματικά, από τον Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο, υπάρχει αρκετή σκιά στην αποβάθρα, τόσο για εκείνους που επιθυμούν να καθίσουν, όσο και για εκείνους που επιθυμούν να παραμείνουν όρθιοι. Τους υπόλοιπους μήνες η σκίαση κατά τις μεσημεριανές ώρες δεν είναι επαρκής, ιδίως για όσους επιθυμούν να καθίσουν, καθώς οι θέσεις του σταθμού δεν προστατεύονται ικανοποιητικά από τον ήλιο. Η ύπαρξη αίθουσας αναμονής, ωστόσο, διευκολύνει την κατάσταση.

### 3.3.4. Σταθμός «Ταύρος»

Τα χαρακτηριστικά του σταθμού «Ταύρος» είναι αρκετά κοινά με του σταθμού «Ρέντη», καθώς ο προσανατολισμός τους είναι σχεδόν ίδιος, ενώ και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μία κεντρική αποβάθρα, που διατρέχεται από ένα μακρόστενο στέγαστρο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.12. Η τρισδιάστατη απόδοση περιλαμβάνει τις κολώνες που στηρίζουν το στέγαστρο, ένα κτίσμα

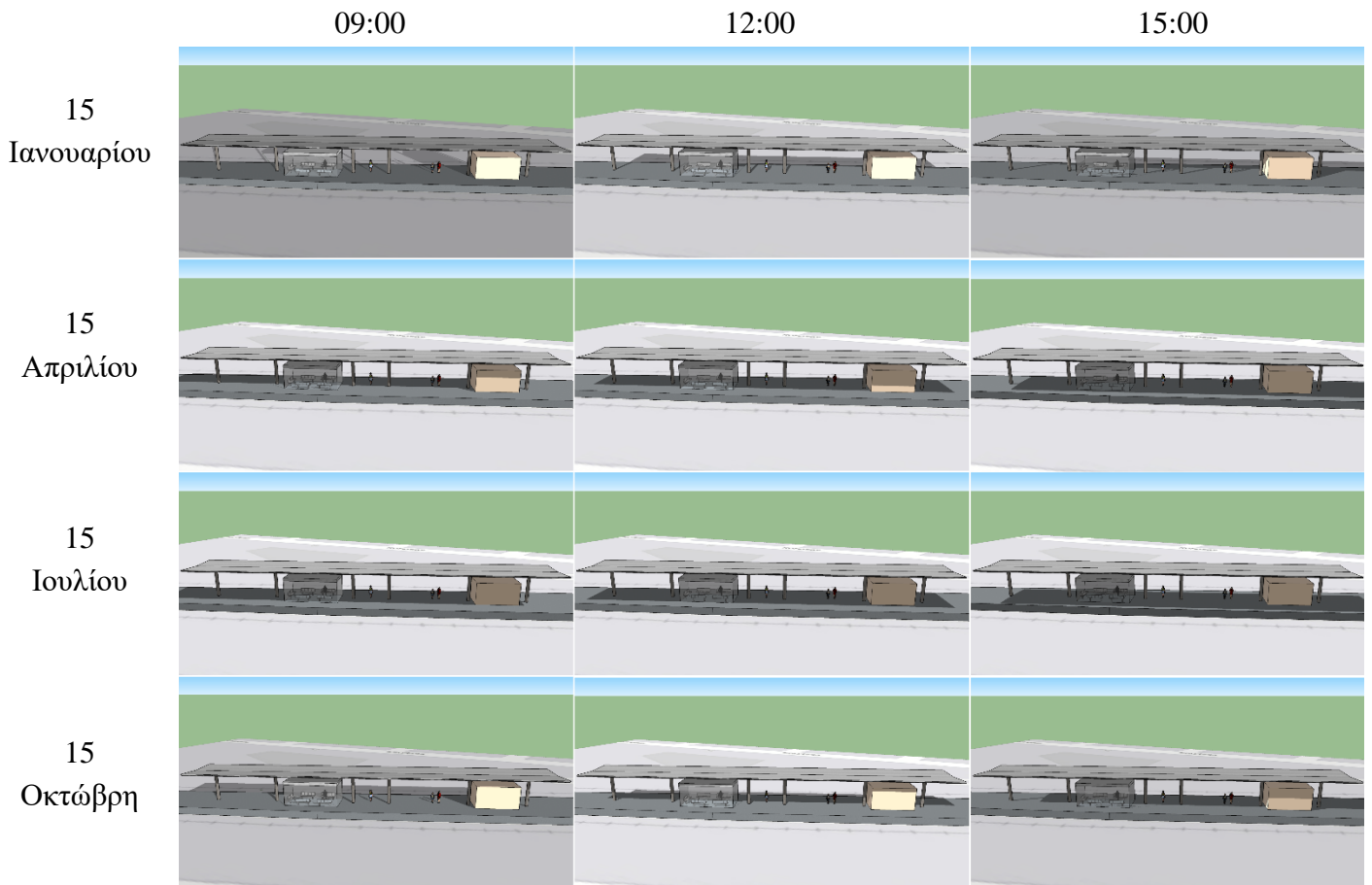
κατασκευασμένο επί της αποβάθρας και την αίθουσα αναμονής του σταθμού με τις θέσεις της, οι οποίες είναι και οι μοναδικές θέσεις που διαθέτει ο συγκεκριμένος σταθμός. Για το λόγο αυτό, το μοντέλο του καθιστού ανθρώπου έχει τοποθετηθεί εντός της αίθουσας αναμονής, ενώ εκτός από τον όρθιο ενήλικα έχει τοποθετηθεί και το μοντέλο ενός παιδιού στην αποβάθρα. Όπως πάντα, δεν παραλείπεται η προσθήκη του τρισσορθογώνιου συστήματος αξόνων.



Εικόνα 3.12: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ταύρος», 3D απόδοση

Η σκίαση τον Ιανουάριο είναι σχεδόν μηδαμινή ανεξαρτήτως ώρας, καθώς φτάνει μέχρι το βόρειο όριο της αποβάθρας και στη συνέχεια απομακρύνεται και πάλι. Από τον Φλεβάρη η τομή της αποβάθρας και της σκίασης αρχίζει να πραγματοποιείται στις 11:00, η ζώνη σκίασης φτάνει το 1.5m στις 12:00 και μέρος της αποβάθρας παραμένει προστατευμένο από τον ηλιασμό ως το ηλιοβασίλεμα, με το μέγιστο όμως πλάτος της ζώνης σκίασης μόλις που να προσεγγίζει τα 3m, λιγότερο δηλαδή από το μισό του πλάτους της αποβάθρας. Πλησιάζοντας στον Μάρτιο η τομή πραγματοποιείται νωρίτερα, περίπου στις 09:00, ενώ ως τις 14:30 η σκιά έχει φτάσει στο μισό του πλάτους της αποβάθρας και συνεχίζει να κινείται στην ίδια κατεύθυνση, παρέχοντας ηλιακή προστασία ως το σούρουπο. Από τις αρχές Απρίλη τουλάχιστον το 50% της αποβάθρας βρίσκεται μονίμως υπό σκιά από τις 09:30 έως τη δύση του Ηλίου, με τις συνθήκες να βελτιώνονται με το πέρασμα των ημερών. Τους επόμενους μήνες μέχρι και τον Αύγουστο, η παρεχόμενη σκίαση δεν υποχωρεί από το πρωί ως τις 17:00. Τον Σεπτέμβρη οι συνθήκες θυμίζουν εκείνες του Απρίλη. Τον Οκτώβρη η τομή της σκίασης και της αποβάθρας πραγματοποιείται στις 08:00, η σκιά προσεγγίζει το κέντρο της αποβάθρας στις 12:00 και συνεχίζει να εξαπλώνεται ως τη δύση του Ηλίου. Από τον Νοέμβρη η σκίαση αρχίζει να εξασθενεί σημαντικά, επιστρέφοντας σιγά σιγά στην αρχική κατάσταση που περιεγράφηκε.





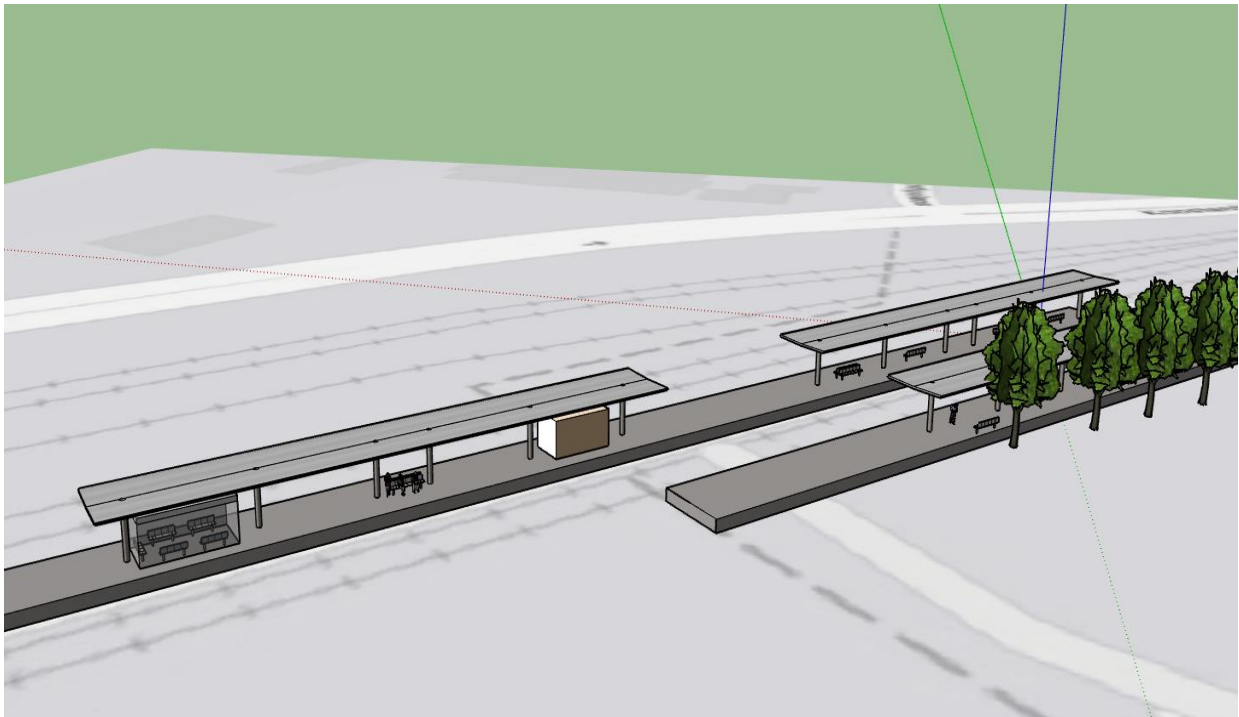
Εικόνα 3.13: Σκίαση στεγάστρων, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ταύρος»

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι παρόμοιες συνθήκες κατασκευής και προσανατολισμού των αποβαθρών και των στεγάστρων στους σταθμούς «Ρέντη» και «Ταύρος» έχουν επιφέρει παρεμφερή αποτελέσματα σκίασης. Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση, οι συνθήκες σκίασης είναι πολύ ικανοποιητικές για τους καλοκαιρινές μήνες, αλλά προβληματικές από τον Νοέμβρη μέχρι τον Φλεβάρη. Και πάλι, όμως, η ύπαρξη αίθουσας αναμονής εξομαλύνει τα προβλήματα που παρατηρούνται.

### 3.3.5. Σταθμός «Ρουφ»

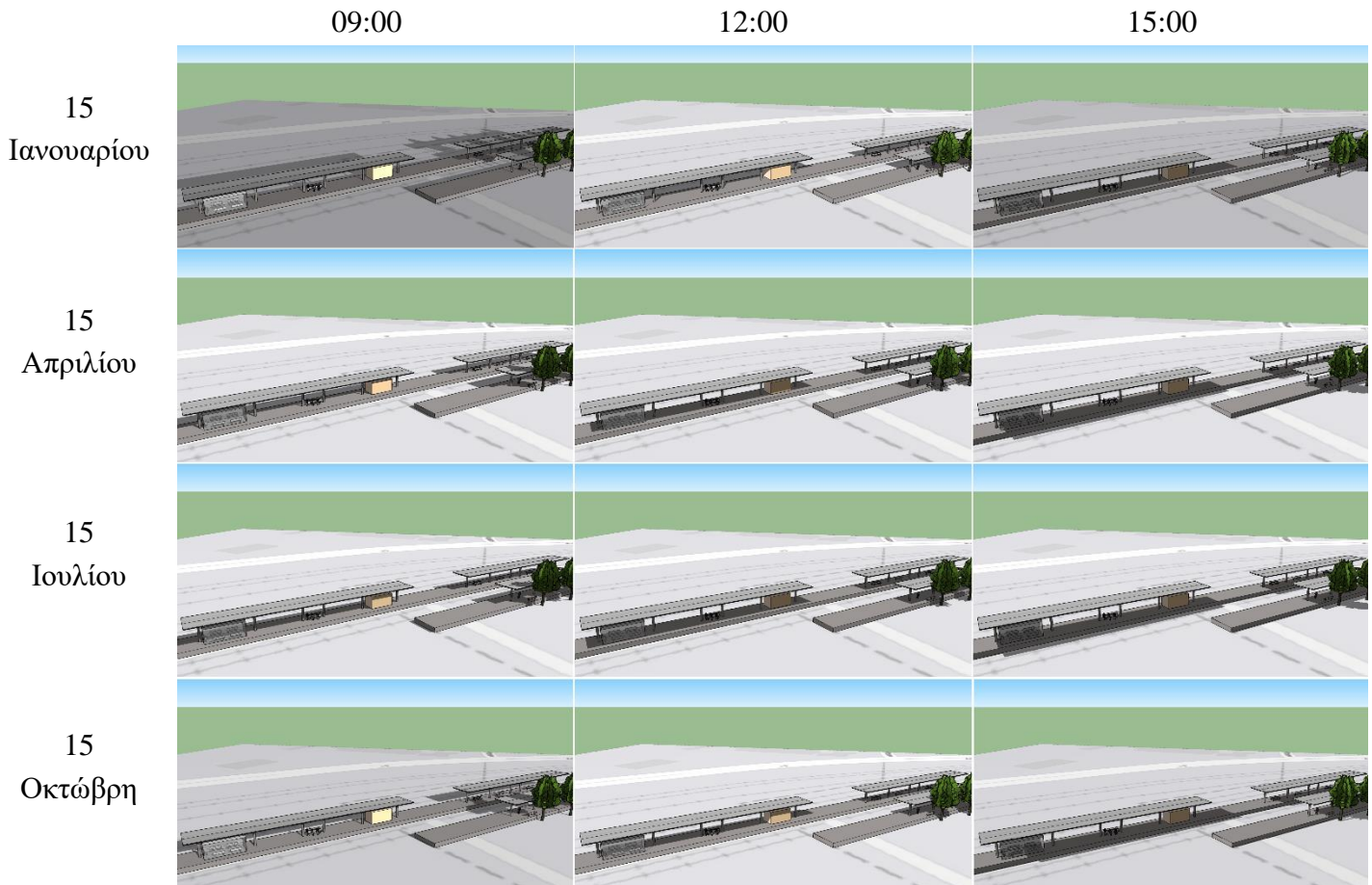
Ο σταθμός «Ρουφ» αποτελείται από δύο αποβάθρες αρκετά διαφορετικού μεγέθους, μία κεντρική και μία πλευρική. Η πλευρική αποβάθρα διατρέχεται από ένα στέγαστρο, ενώ για την κεντρική, της οποίας το μήκος είναι πολύ μεγαλύτερο, έχουν χρησιμοποιηθεί δύο στέγαστρα στη σειρά, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.14, η οποία είναι στραμμένη κατά 5° αριστερόστροφα. Η τρισδιάστατη απόδοση περιλαμβάνει τις κολώνες που στηρίζουν τα στέγαστρα, τις θέσεις καθήμενων, ένα κτίσμα και μία αίθουσα αναμονής κατασκευασμένα επί της μίας αποβάθρας, τις ράμπες ανόδου σε κάθε αποβάθρα, τα ανθρώπινα μοντέλα και το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων. Ένα ακόμη στοιχείο του σταθμού είναι τα δέντρα που βρίσκονται στο νότιο μέρος της πλευρικής αποβάθρας, τα οποία θεωρήθηκε απαραίτητο να προστεθούν, καθώς συντελούν σημαντικά στη

σκίαση του εν λόγω τμήματος.



Εικόνα 3.14: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ρουφ», 3D απόδοση

Με την προσθήκη της σκίασης το πρώτο που παρατηρείται είναι πως η ανατολική πλευρά προστατεύεται πολύ καλύτερα από τη δυτική, τόσο λόγω της ύπαρξης δύο αποβαθρών, επομένως δύο σκιάστρων τοποθετημένων παράλληλα, όσο και χάρη στα δέντρα. Ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες τα στοιχεία της νότιας αποβάθρας συντελούν κάθε πρωί στη σκίαση της βόρειας, κάτι που συγκεκριμένα συμβαίνει τον Ιανουάριο, από πριν τις 09:00 έως και τις 10:30, τον Δεκέμβρη και τον Φλεβάρη από τις 08:30 έως λίγο πριν τις 10:00 και τον Νοέμβρη και τον Μάρτη από την ανατολή του ήλιου μέχρι περίπου τις 09:00. Πέραν αυτών των ωρών, τον Ιανουάριο το κάθε στέγαστρο ξεκινάει να σκιάζει οριακά το τμήμα για το οποίο προορίζεται από τις 12:00, με τη σκιά να καλύπτει όλο και μεγαλύτερο μέρος ως τη Δύση του Ηλίου, τον Φλεβάρη και τον Δεκέμβρη η τομή αποβάθρας και σκιάς ξεκινάει μισή ώρα νωρίτερα, στις 11:30, ενώ τον Μάρτη και τον Νοέμβρη το ίδιο συμβαίνει στις 10:30. Τον Απρίλη η σκιά έχει φτάσει στα όρια της αποβάθρας στις 09:00, στις 11:00 καλύπτει ήδη το βόρειο μισό της αποβάθρας, οπότε ξεκινάει να παρέχει προστασία στους καθήμενους, στις 16:00 καλύπτει πλέον μόνο το νότιο μισό και από τις 17:00 και μετά έχει βγει εκτός των ορίων της αποβάθρας. Οι αντίστοιχες ώρες τον Μάιο είναι 08:00, 10:00 και 15:30, ενώ η σκιά βγαίνει και πάλι εκτός ορίων στις 17:00. Τους καλοκαιρινούς μήνες, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, από τις 09:00 έως και τις 16:00 τουλάχιστον το μισό πλάτος της αποβάθρας είναι πάντοτε προστατευμένο από τον ηλιασμό. Τον Σεπτέμβρη η σκιά τέμνεται με την αποβάθρα στις 08:30, έχει καλύψει το μισό πλάτος της ως τις 10:30 και η κάλυψη πέφτει ξανά σε ποσοστό μικρότερο του 50% μετά τις 16:00, ενώ στα ίδια σημεία είναι τον Οκτώβρη στις 09:30, στις 11:30 και λίγο μετά τις 15:30.



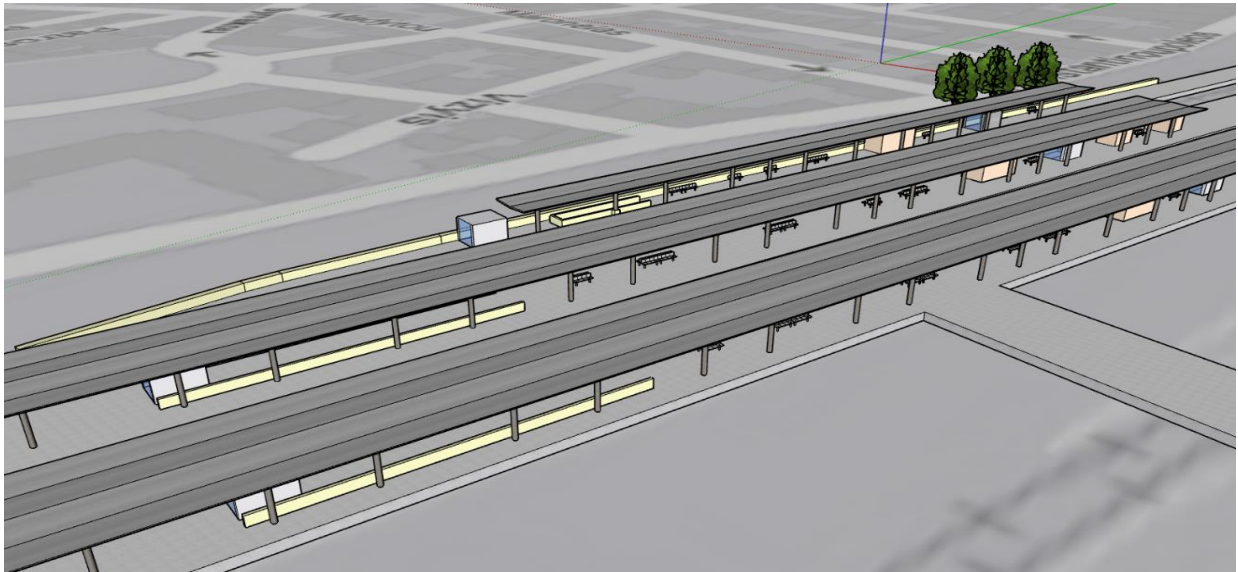
Εικόνα 3.15: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ρουφ»

Με την παραπάνω ανάλυση γίνεται εμφανές πως ο σταθμός «Ρουφ» είναι ένας από τους πιο επιτυχημένους ως προς την ηλιοπροστασία σταθμούς, καθώς τόσο για τις κρίσιμες ώρες του χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι, η παροχή σκίαση είναι συνεχής σχεδόν σε όλο το πλάτος της αποβάθρας. Παράλληλα, υπάρχει και διαθέσιμη αίθουσα αναμονής επιβατών, ευνοώντας ακόμη περισσότερο τη θερμική άνεση του επιβατικού κοινού.

### 3.3.6. Σταθμός «Αθήνα»

Ο σταθμός «Αθήνα» αποτελείται από τρεις αποβάθρες που διατρέχονται από τρία μακρόστενα στέγαστρα. Όπως είναι ορατό και στην εικόνα 3.16, η οποία είναι στραμμένη 40° δεξιόστροφα για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, το στέγαστρο της δυτικής πλευρικής αποβάθρας είναι μικρότερο από τα άλλα δύο, τόσο σε μήκος όσο και σε πλάτος. Το μεγαλύτερο πλάτος των άλλων δύο στέγαστρων αναμένεται να παρέχει πολύ καλύτερες συνθήκες σκίασης επί των αποβαθρών, ενώ λόγω αυτού, υπάρχει απαίτηση για δύο σειρές από κολώνες στα αντίστοιχα στέγαστρα, αντί της μίας σειράς από κολώνες που έχει χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της δυτικής κατασκευής. Η τρισδιάστατη απόδοση περιλαμβάνει τις κολώνες που στηρίζουν τα στέγαστρα, τις θέσεις καθήμενων, τα κτίσματα που συναντώνται στις αποβάθρες, τους ανεγκυστήρες με τους οποίους ο κόσμος ανέρχεται στις αποβάθρες και τα τοιχάκια ανάμεσα στα

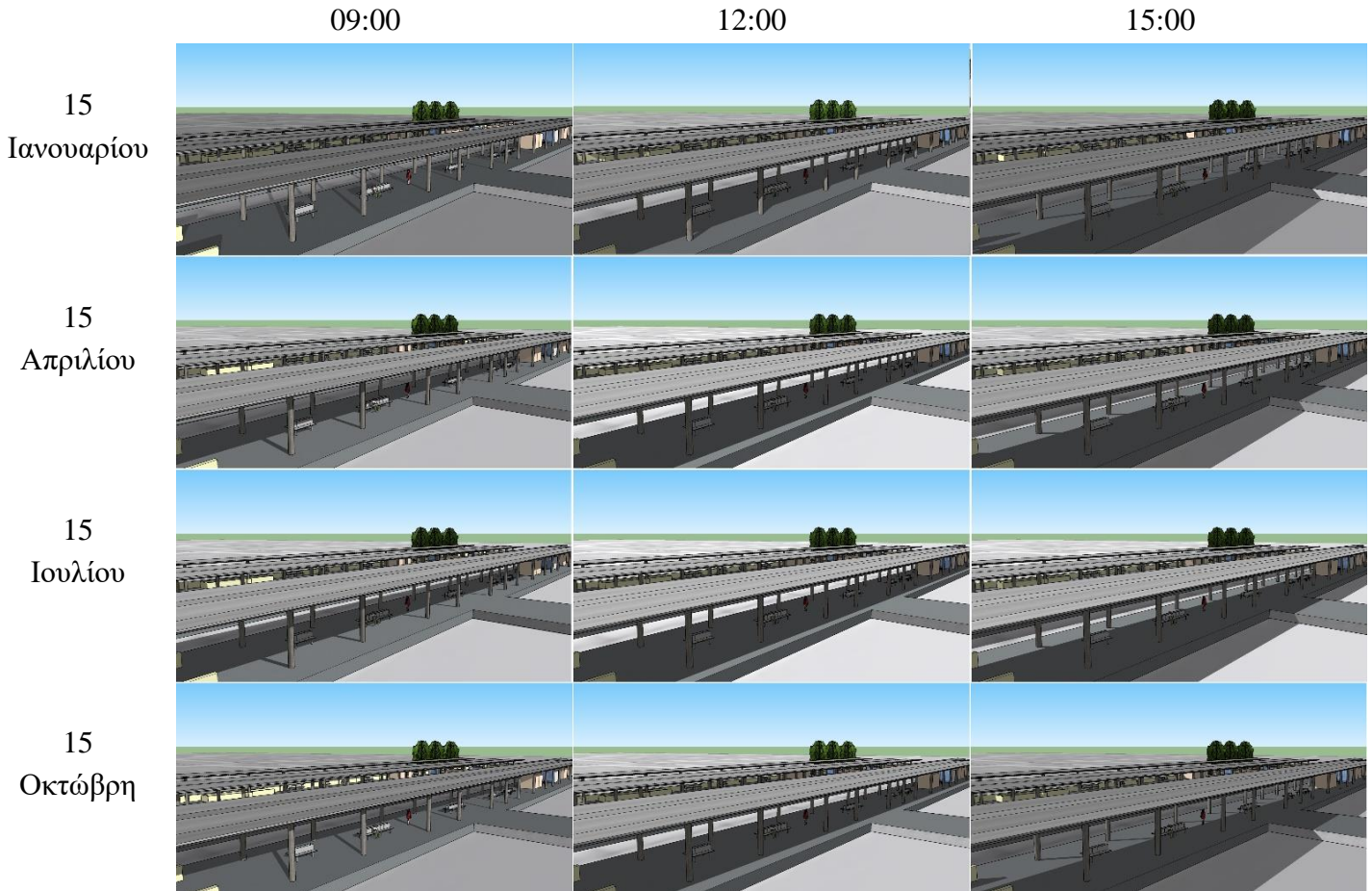
οποία είναι τοποθετημένες οι σκάλες, συμβατικές και κυλιόμενες. Έχουν ακόμη προστεθεί τα ανθρώπινα μοντέλα, το τοιγάκι που χωρίζει τη δυτική αποβάθρα από τον γειτονικό δρόμο και κάποια δέντρα που σκιάζουν το αντίστοιχο τμήμα. Δεν παραλείπεται φυσικά το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων, από το οποίο γίνεται εμφανής η περιστροφή που προαναφέρθηκε.



Εικόνα 3.16: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Αθήνα», 3D απόδοση

Τους χειμερινούς μήνες, όταν η σκίαση είναι πολύ απομακρυσμένη από την πηγή της κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες, η ύπαρξη τριών παράλληλων στεγάστρων συμβάλει σημαντικά στη ηλιοπροστασία δύο εκ των αποβαθρών, που δέχονται τη σκιά του στεγάστρου της γειτονικής τους αποβάθρας. Έτσι, τον Ιανουάριο μέχρι σχεδόν τις 10:00, οι δύο δυτικές αποβάθρες είναι προστατευμένες από τον ήλιο και το ίδιο ισχύει τον Δεκέμβρη και τον Φλεβάρη περίπου ως τις 09:30 και τον Νοέμβρη και τον Μάρτη περίπου ως τις 09:00. Η προστασία της κάθε αποβάθρας από το δικό της στέγαστρο ξεκινάει λίγο μετά τις 10:00 τον Ιανουάριο, με τη σκιά να έχει προσεγγίσει το κέντρο της αποβάθρας ως τις 11:00 και να συνεχίζει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό του πλάτους της μέχρι τις 15:30. Στη συνέχεια, οι ανατολικές αποβάθρες συνεχίζουν να προστατεύονται χάρη στη σκίαση που προέρχεται από το στέγαστρο που βρίσκεται στα δυτικά τους, και η δυτική αποβάθρα προστατεύεται χάρη στη σκίαση που παρέχεται από τον τοίχο που τη διαχωρίζει από τον δρόμο. Αντίστοιχες είναι οι συνθήκες που επικρατούν από τον Νοέμβρη ως και τον Μάρτη, με μικρές διαφορές ως προς τις χρονικές στιγμές που αναφέρθηκαν. Από τον Απρίλη, η σκιά των γειτονικών στεγάστρων καλύπτει τις αποβάθρες τις πολύ πρωινές ώρες και τις πολύ απογευματινές, με αποτέλεσμα να μη συντελεί σημαντικά στην προστασία τους κατά τις δύσκολες, από άποψη ηλιασμού, ώρες. Η τομή της κάθε αποβάθρας με τη σκιά της πραγματοποιείται λίγο μετά τις 08:30, η σκίαση φτάνει στον κεντρικό άξονα στις 10:00 και ως τις 16:00 συνεχίζει να προστατεύει τουλάχιστον το 50% της πλατφόρμας, αποχωρώντας από αυτήν μετά τις 17:00. Παρόμοιες είναι οι συνθήκες που επικρατούν όλο το καλοκαίρι, λόγω της μικρή μετακίνησης της φαινόμενης θέσης του Ήλιου κατά τους θερινούς μήνες. Καθώς η σκιά φτάνει στις ίδιες θέσεις όλο και νωρίτερα, τον Ιούλιο η τομή αποβάθρας και σκίασης έχει φτάσει να συμβαίνει στις 07:30, η κάλυψη του 50% του πλάτους επιτυγχάνεται από τις 09:30 έως τις 16:30

και η σκιά αποχωρεί από την αποβάθρα μετά τις 17:30. Στη συνέχεια η φορά κίνησης αλλάζει και πάλι, με τις συνθήκες να επιστρέφουν μέρα με τη μέρα στην αρχική μορφή τους. Έτσι, στα μέσα του Σεπτεμβρίου οι χρονικές στιγμές είναι οι ίδιες που αναφέρθηκαν για τον Απρίλη και τον Οκτώβρη οι ίδιες παρατηρήσεις πραγματοποιούνται περίπου μισή ώρα αργότερα.



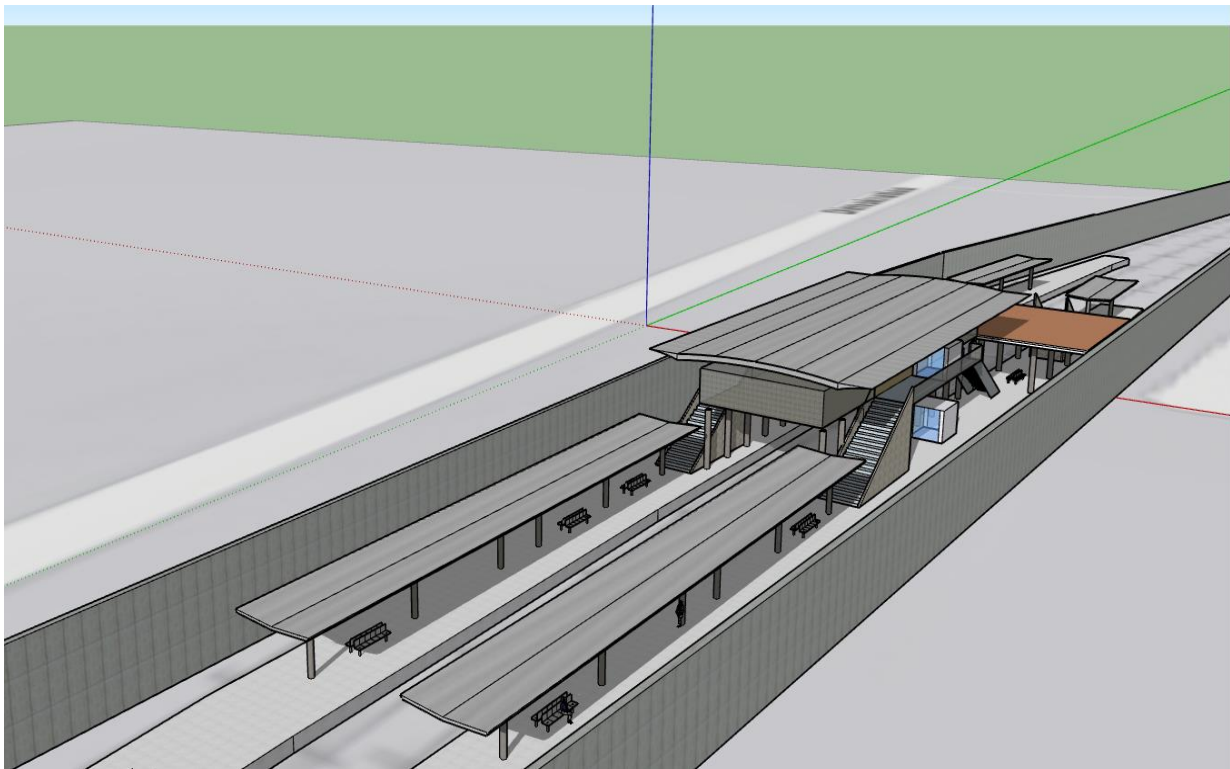
Εικόνα 3.17: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Αθήνα»

Όπως φαίνεται, το μεγάλο πλάτος των τοποθετημένων στις δύο από τις τρεις αποβάθρες στεγαστρών, σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό του σταθμού σχεδόν παράλληλα προς τη διεύθυνση Βορρά - Νότου, δρα πολύ ευνοϊκά ως προς την παρεχόμενη σκίαση του συνόλου των χώρων αναμονής. Έτσι, όχι μόνο στη διάρκεια των κρίσιμων ωρών, αλλά στο μεγαλύτερο μέρος της κάθε ημέρας γενικότερα, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, οι αποβάθρες παραμένουν διαρκώς προστατευμένες από τον ηλιασμό.

### 3.3.7. Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι»

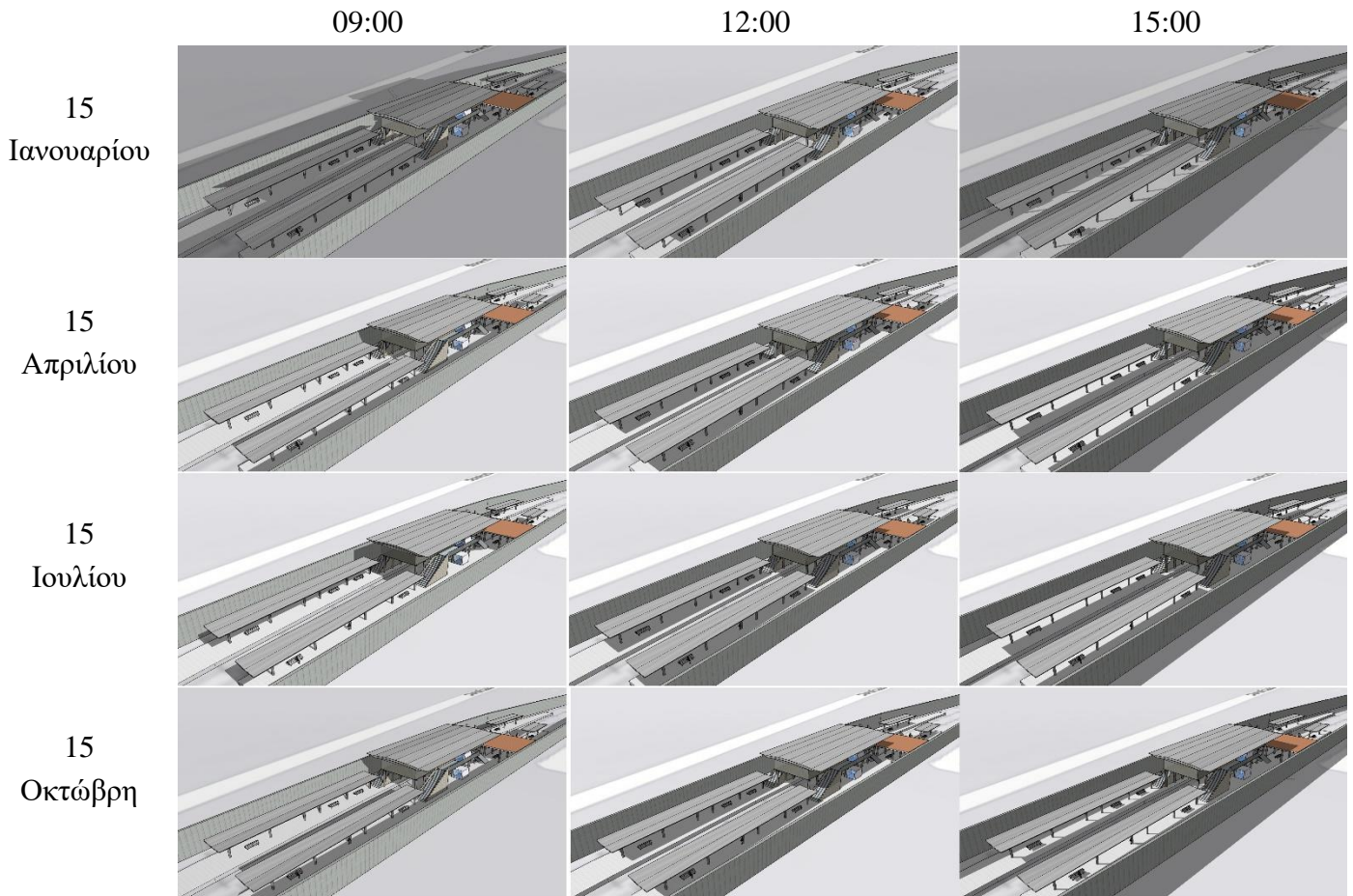
Ο σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι» αποτελείται από δύο αποβάθρες, τοποθετημένες σε επίπεδο χαμηλότερο των περιφερειακών τους δρόμων. Για το λόγο αυτό, η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται από κτήριο που βρίσκεται επίσης σε ανώτερο επίπεδο και από πεζόδρομο που διέρχεται μπροστά από το κτήριο, περνώντας κάθετα πάνω από τις αποβάθρες. Χάρη στη

συγκεκριμένη μορφή, μέρος των αποβαθρών είναι ήδη προστατευμένο από τον ηλιασμό, λόγω της σκίασης που παρέχεται από το κτήριο και το στέγαστρό του, αλλά και από τον πεζόδρομο. Ακόμη, σκίαση παρέχεται και από τους τοίχους που είναι χτισμένοι παράλληλα προς τις αποβάθρες, διαχωρίζοντας τον σταθμό από τους δρόμους που διέρχονται δίπλα του, με ύψος που φτάνει ως τον πεζόδρομο, ο οποίος αποδίδεται σχεδιαστικά με καφέ χρώμα για να διαφοροποιείται από τα περιφερειακά στοιχεία. Συμπληρωματικά, έχουν επίσης κατασκευαστεί τέσσερα μακρόστενα στέγαστρα, δύο για κάθε αποβάθρα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.18, η οποία είναι στραμμένη 25° δεξιόστροφα για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η τρισδιάστατη απόδοση περιλαμβάνει όλα τα προαναφερόμενα στοιχεία, και επιπλέον, τις κολώνες που στηρίζουν τα στέγαστρα, τις θέσεις καθημένων, τους ανελκυστήρες στο επίπεδο των αποβαθρών και του κτηρίου και τις σκάλες, συμβατικές και κυλιόμενες. Έχουν ακόμη προστεθεί τα ανθρώπινα μοντέλα και το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων, από το οποίο γίνεται εμφανής η περιστροφή που προαναφέρθηκε.



Εικόνα 3.18: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι», 3D απόδοση

Λόγω του ότι η σκίαση των αποβαθρών προέρχεται από πολλές επιμέρους κατασκευές, ο συγκεκριμένος σταθμός προστατεύεται σε μεγάλο βαθμό από τον ηλιασμό. Τον Ιανουάριο, το μόνο χρονικό διάστημα που ο ήλιος αποτελεί πρόβλημα για τους αναμένοντες επιβάτες είναι από τις 09:30 έως τις 11:00 στη δυτική αποβάθρα. Το χρονικό αυτό διάστημα μεταφέρεται όλο και νωρίτερα με την πάροδο των ημερών, με αποτέλεσμα από τον Απρίλιο, από τις 10:00 και μετά, να σκιάζεται σε μόνιμη βάση τουλάχιστον το 50% των αποβαθρών. Οι ίδιες συνθήκες συνεχίζουν να επικρατούν καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ακόμη και στα μικρά χρονικά διαστήματα κατά τα οποία οι αποβάθρες δεν προστατεύονται σε όλο το μήκος τους από τον ηλιασμό, το τμήμα που βρίσκεται κάτω από το κτήριο και τον πεζόδρομο είναι σκιασμένο.



Εικόνα 3.19: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Άγιοι Ανάργυροι»

Το συμπέρασμα είναι πως η σκίαση του σταθμού είναι πυκνή και σταθερή σε όλη η διάρκεια του έτους, χάρη στην περίπλοκη σύνθεση της κατασκευής και την ηλιοπροστασία που παρέχεται από περιφερειακές κατασκευές.

### 3.3.7. Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης»

Ο σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης» αποτελείται από μία αποβάθρα, η οποία είναι τοποθετημένη ανάμεσα σε δύο ψηλούς τοίχους. Επειδή η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται και σε αυτήν την περίπτωση από κτήριο που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο και από πεζογέφυρα που διέρχεται κάθετα πάνω από την αποβάθρα, η συνολική κατασκευή έχει πολλά κοινά με τον σταθμό «Άγιοι Ανάργυροι», με τον οποίο υπάρχει και παρόμοιος προσανατολισμός. Ως εκ τούτου, και σε αυτήν την περίπτωση μέρος των αποβαθρών είναι προστατευμένο από τον ηλιασμό χάρη στο κτήριο και στο στέγαστρό του και χάρη στην πεζογέφυρα και τους τοίχους που είναι χτισμένοι παράλληλα προς τις αποβάθρες. Δύο μεγάλα μακρόστενα στέγαστρα είναι τοποθετημένα στα δύο άκρα της αποβάθρας και έξι μικρότερα είναι τοποθετημένα ανά δύο στα δεξιά και τα αριστερά της κάθε σκάλας, καλύπτοντας τις ανάγκες σκίασης της υπόλοιπης αποβάθρας. Η τρισδιάστατη απόδοση της εικόνας 3.20 συμπεριλαμβάνει όλα τα προαναφερόμενα στοιχεία, και επιπλέον, τις κολώνες

που στηρίζουν τα στέγαστρα, τις θέσεις καθήμενων, τους ανελκυστήρες στο επίπεδο των αποβάθρας και στο επίπεδο του κτηρίου, ένα κτίσμα τοποθετημένο επί της αποβάθρας και τις σκάλες, συμβατικές και κυλιόμενες. Δεν παραλείπονται φυσικά τα ανθρώπινα μοντέλα και το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων, από το οποίο φαίνεται η στροφή της εικόνας κατά  $10^\circ$  δεξιόστροφα, για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.



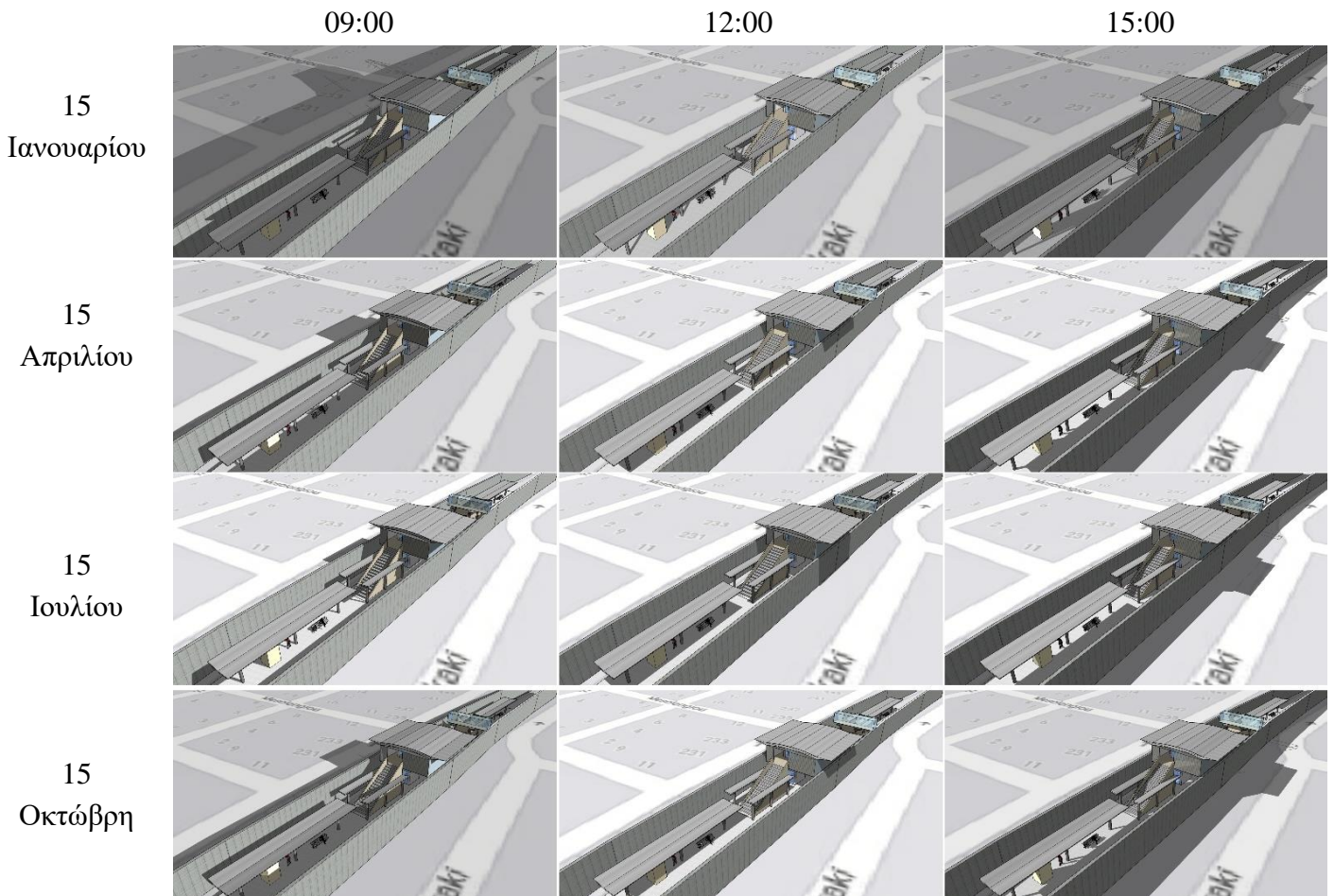
Εικόνα 3.20: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης», 3D απόδοση

Η αποβάθρα του σταθμού δέχεται σκίαση τις περισσότερες ώρες της ημέρας, χάρη στα στέγαστρα και στους τοίχους που την περιβάλλουν. Τους χειμερινούς μήνες, ο ήλιος αποτελεί πρόβλημα για δύο περίπου ώρες της ημέρας, από το χρονικό διάστημα 11:00 έως 13:00 τον Ιανουάριο μέχρι το χρονικό διάστημα 09:30 έως 11:30 τον Απρίλιο. Το ίδιο χρονικό διάστημα έχει γίνει 08:00 έως 10:00 τον Ιούνιο και τον Αύγουστο και ακόμη νωρίτερα τον Ιούλιο. Τους τρεις μήνες του καλοκαιριού, λοιπόν, από τις 10:00 και μετά τουλάχιστον το 50% της αποβάθρας προστατεύεται από τον ηλιασμό συνεχώς. Τους υπόλοιπους μήνες το δίωρο στο οποίο δεν υπάρχει αρκετή σκίαση συμπίπτει με μεσημεριανές ώρες, δυσχεραίνοντας της συνθήκες παραμονής στο σταθμό. Το μέρος της αποβάθρας, όμως, που βρίσκεται κάτω από το κτήριο, προστατεύεται από τον ηλιασμό συνεχώς, αποτελώντας καταφύγιο για τους χρήστες του Προαστιακού στη διάρκεια των προβληματικών ωρών.

Η κοινή κατασκευαστική λογική και ο παρόμοιος προσανατολισμός των σταθμών «Πύργος Βασιλίσσης» και «Άγιοι Ανάργυροι» έχουν ως αποτέλεσμα οι συνθήκες σκίασης που επικρατούν στις δύο περιπτώσεις να είναι παρεμφερείς. Έτσι, και ο συγκεκριμένος σταθμός προστατεύεται πολύ ικανοποιητικά από τον ηλιασμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Κατά τους χειμερινούς μήνες, από την άλλη, η μικρή διαφοροποίηση που παρατηρείται στον προσανατολισμό έχει ως



αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κενού στη σκίαση για χρονικό διάστημα περίπου δύο ωρών κάθε μεσημέρι, στη διάρκεια των οποίων μόνο ο χώρος κάτω από το κτήριο εισόδου στον σταθμό παραμένει υπό σκιά.



Εικόνα 3.21: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Πύργος Βασιλίσσης»

### 3.3.8. Σταθμός «Κάτω Αχαρναί»

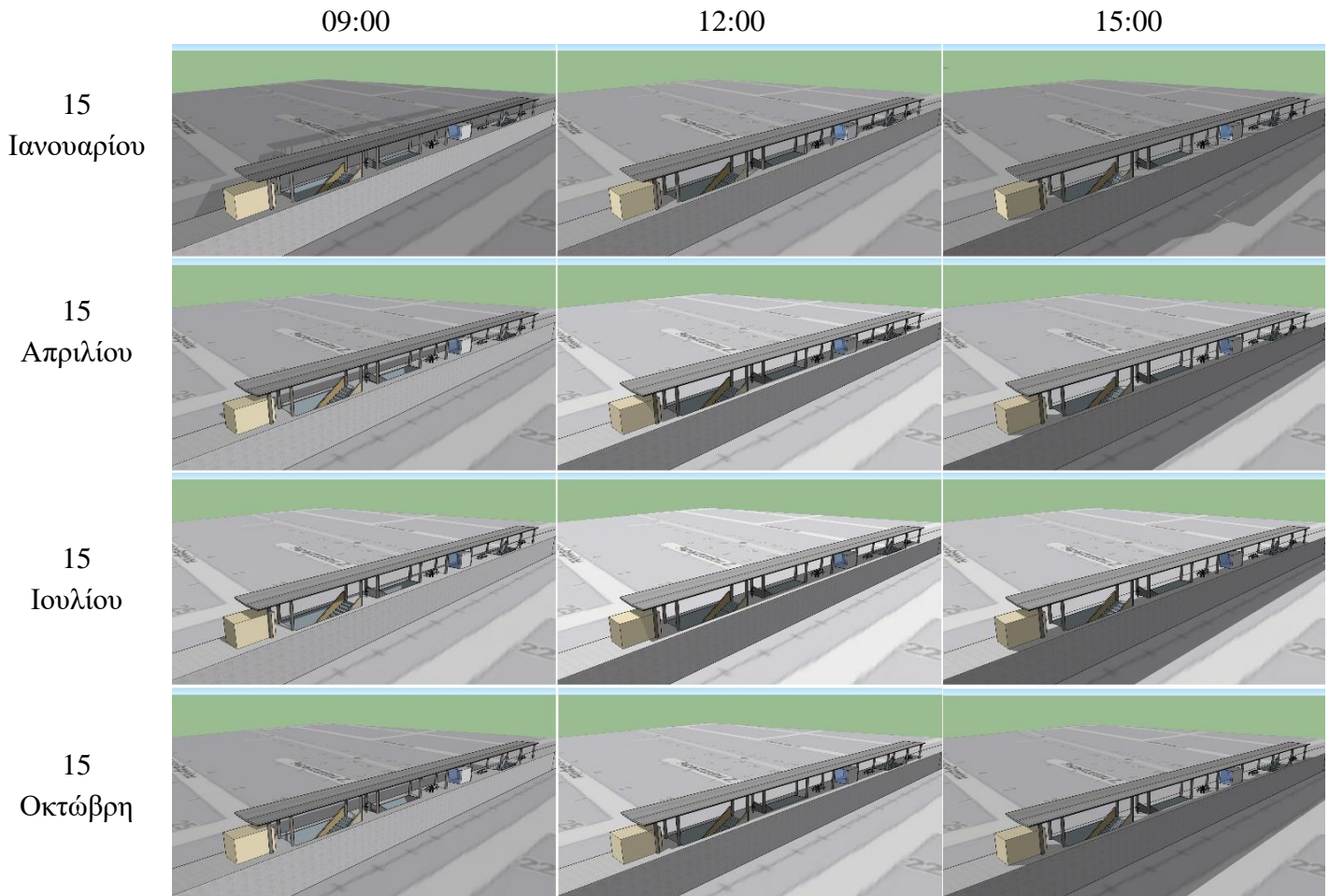
Ο σταθμός «Κάτω Αχαρναί», όπως και οι σιδηροδρομικές γραμμές που τον προσεγγίζουν, είναι τοποθετημένος πάνω σε γέφυρα. Αποτελείται από μία αποβάθρα που προστατεύεται από τον ήλιο με τη χρήση ενός μακρόστενου στεγάστρου. Η είσοδος στον σταθμό γίνεται από χώρο που βρίσκεται κάτω από την αποβάθρα, με σκάλες, τόσο συμβατικές όσο και κυλιόμενες, και με ανελκυστήρα. Στην εικόνα 3.22, η οποία είναι στραμμένη δεξιόστροφα κατά 15°, παρουσιάζεται το τρισδιάστατο μοντέλο του σταθμού, το οποίο εκτός από τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν περιλαμβάνει επίσης τις κολώνες που στηρίζουν το στέγαστρο, τις θέσεις καθήμενων και ένα κτίσμα τοποθετημένο επί της αποβάθρας. Παρατίθενται ακόμη τα απαραίτητα για την κατανόηση κλίμακας ανθρώπινα μοντέλα και το απαραίτητο για την κατανόηση του προσανατολισμού τρισσορθογωνίο σύστημα αξόνων.



Εικόνα 3.22: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Κάτω Αχαρναί», 3D απόδοση

Σε αντίθεση με τους προηγούμενους σταθμούς, στον συγκεκριμένο η ηλιοπροστασία του παρέχεται εξ' ολοκλήρου από το ένα και μοναδικό εγκατεστημένο στέγαστρο, δίνοντας την αρχική εντύπωση πως παραμένει μη προστατευμένος από τον ήλιο για πολλές ώρες μέσα στην ημέρα. Με εξέταση ανά μήνα φαίνεται πως τον Ιανουάριο η αποβάθρα ξεκινάει να τέμνεται με τη σκιά της στις 11:00, καλύπτεται κατά ποσοστό 50% και πάνω από τις 12:00 έως τις 14:00 και από τις 15:00 και μετά δεν προστατεύεται καθόλου από τον ηλιασμό. Οι αντίστοιχες ώρες τον Μάρτιο είναι 10:15 για την τομή στέγαστρο και σκίασης, 11:30 με 14:30 για την προστασία σε περισσότερο από το μισό του πλάτους της αποβάθρας και 15:30 για την αποχώρηση του ήλιου από την αποβάθρα. Παρεμφερής είναι η κατάσταση τον Νοέμβρη, τον Δεκέμβρη και τον Φλεβάρη. Καθώς λοιπόν για τους χειμερινούς μήνες η παροχή σκίασης είναι σημαντική μόνο για τις μεσημεριανές ώρες, η προστασία κρίνεται τελικά ως επαρκής από τον Νοέμβρη μέχρι τον Μάρτη. Τον Απρίλη και τον Οκτώβρη τουλάχιστον το μισό πλάτος της αποβάθρας είναι προστατευμένο από τις 11:00 έως τις 14:30 και από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβρη η αντίστοιχη προστασία παρέχεται περίπου από τις 10:30 με 11:00 έως τις 14:30 με 15:00 κάθε ημέρας.

Όπως φαίνεται, η αναμονή στον σταθμό «Κάτω Αχαρναί» δε χαρακτηρίζεται από τόσο μεγάλα ζητήματα όσο είχε αρχικά θεωρηθεί πως θα υπήρχαν, καθώς σε όλη τη διάρκεια του χρόνου παρέχεται ικανοποιητική ηλιοπροστασία κατά τις μεσημεριανές ώρες. Ωστόσο, προβληματικές είναι οι συνθήκες τις πρωινές και απογευματινές ώρες του καλοκαιριού, κατά τις οποίες, τόσο για τους όρθιους όσο και για τους καθιστούς αναμένοντες επιβάτες η σκίαση δεν επαρκεί. Το πρόβλημα θα μπορούσε εν μέρει να αντιμετωπιστεί με την προσθήκη αίθουσας αναμονής επί της αποβάθρας.

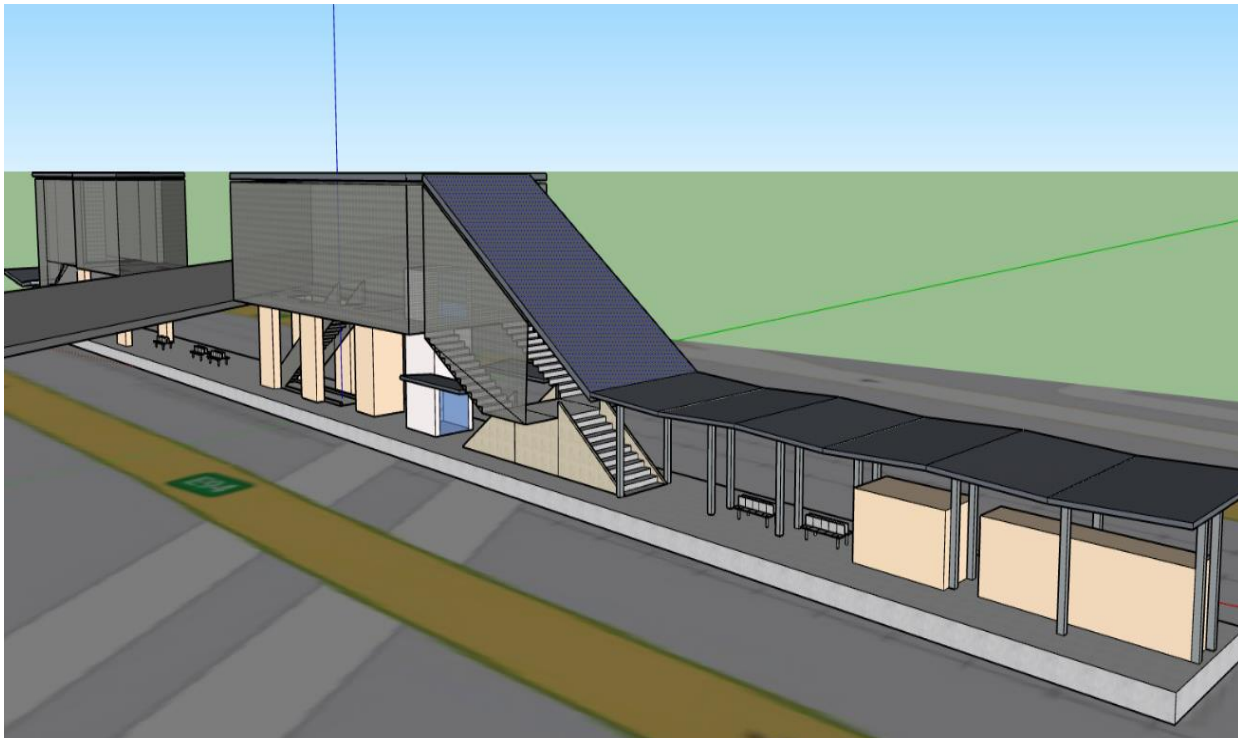


Εικόνα 3.23: Σκίαση στεγαστρων, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Κάτω Αχαρναί»

### 3.3.8. Σταθμός «Άνω Λιόσια»

Ο σταθμός «Άνω Λιόσια» αποτελείται μία κεντρική αποβάθρα, τοποθετημένη επί νησίδας στην Αττική οδό. Η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται από τη λεωφόρο Φυλής, η οποία διασχίζει υπό γωνία το συγκεκριμένο σημείο της Αττικής οδού, με τη μορφή αερογέφυρας. Ως εκ τούτου, οι επιβάτες εισέρχονται στην αποβάθρα από δύο κτήρια χτισμένα επάνω σε αυτήν, σε ανώτερο επίπεδο, τοποθετημένα στις δύο πλευρές της λεωφόρου Φυλής, με χρήση σκάλας και ανελκυστήρα. Τα στέγαστρα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την προστασία του σταθμού από τον ηλιασμό είναι πολλά και ο σχεδιασμός τους σύνθετος. Στο ανατολικό τμήμα της αποβάθρας υπάρχει ένα οριζόντιο στέγαστρο πάνω από το ανατολικό κτήριο, ένα κεκλιμένο μακρόστενο στέγαστρο που προστατεύει τις σκάλες, δύο μικρά συμπληρωματικά στέγαστρα στα δεξιά και αριστερά ενός τμήματος της σκάλας που δεν προστατευόταν ικανοποιητικά από το μεγάλο κεκλιμένο στέγαστρο και τέλος, έξι μικρά, σχεδόν τετράγωνα στέγαστρα που διατρέχουν το υπόλοιπο ανατολικό τμήμα της αποβάθρας. Τα έξι μικρά στέγαστρα δεν είναι επίπεδα, αλλά σχηματίζουν μεταξύ τους στα σημεία ένωσής τους γωνία, η οποία εναλλάσσεται μεταξύ των τιμών 175° και 185°. Στη δυτική πλευρά της αποβάθρας, υπάρχει επίσης ένα οριζόντιο στέγαστρο που σκεπάζει το δυτικό κτήριο και επεκτείνεται προστατεύοντας τις αντίστοιχες σκάλες και

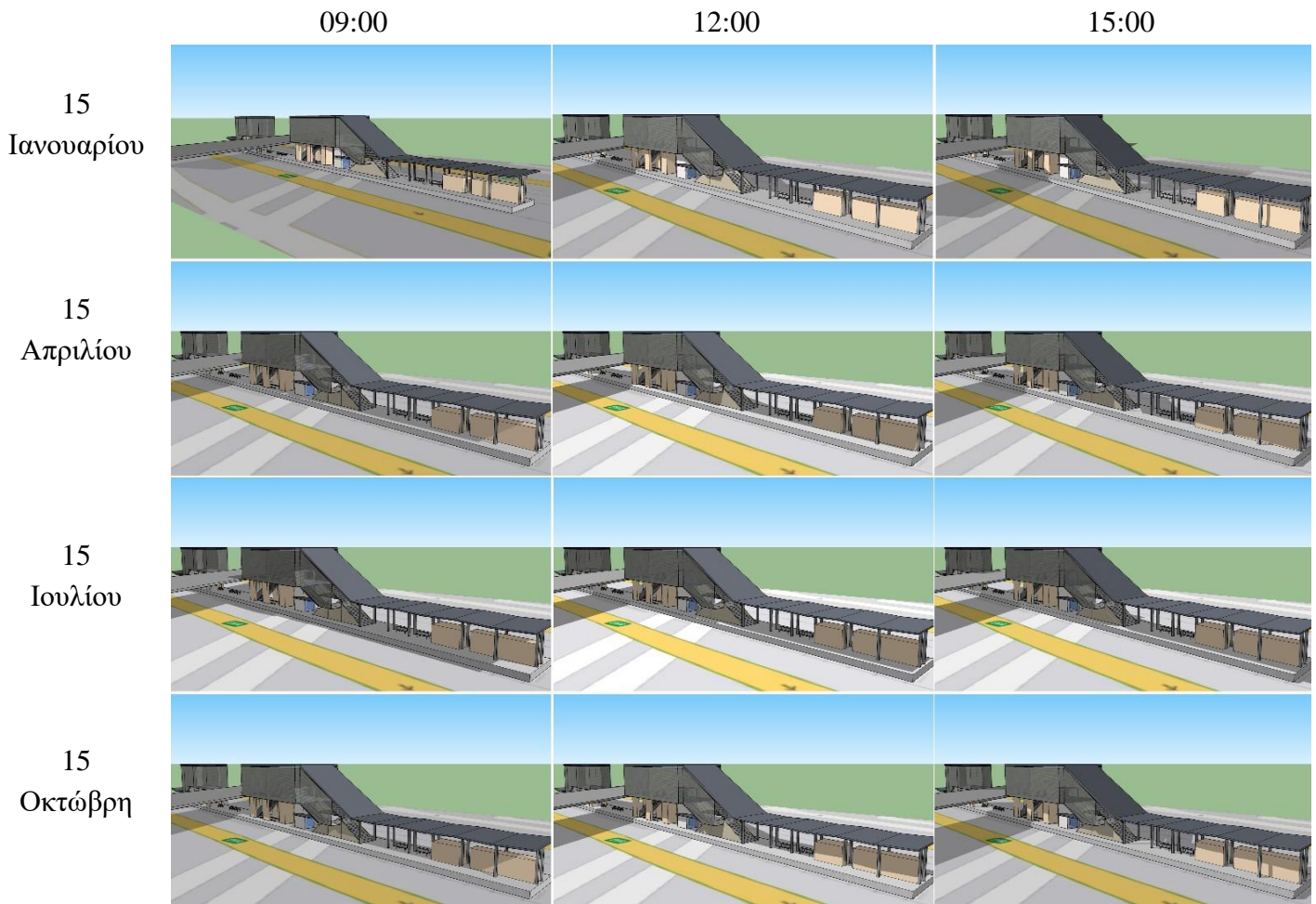
συμπληρωματικά, δύο μικρά στέγαστρα στα δεξιά και αριστερά ενός τμήματος της σκάλας που δεν προστατεύεται ικανοποιητικά από το οριζόντιο στέγαστρο. Υπάρχουν επίσης δύο μικρά στέγαστρα στα αριστερά και δεξιά του ανελκυστήρα και στο τέρμα αυτών συνδέεται υπό κλίση ένα μεγαλύτερο στέγαστρο που διατρέχει τη δυτική αποβάθρα ως το τέρμα της. Τα προαναφερόμενα στοιχεία παρουσιάζονται στην τρισδιάστατη απόδοση της εικόνας 3.24, η οποία έχει περιστραφεί κατά  $30^\circ$  δεξιόστροφα από τον αρχικό προσανατολισμό προς τον Βορρά, όπως φαίνεται και από το τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων. Εκτός αυτών, στην απόδοση παρουσιάζονται επίσης κτίσματα τοποθετημένα επί της αποβάθρας, τα στηρίγματα των υπερκείμενων στοιχείων και οι θέσεις καθημένων επιβατών.



Εικόνα 3.24: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Άνω Λιόσια», 3D απόδοση

Παρά την πληθώρα κατασκευών σκίασης, από τα τέλη Δεκέμβρη μέχρι τις αρχές Φεβρουαρίου η μοναδική παρεχόμενη ηλιοπροστασία στην αποβάθρα προέρχεται από τον διερχόμενο πάνω από αυτήν δρόμο. Αυτό οφείλεται στον προσανατολισμό της κατασκευής, σε σχέση με τη φαινόμενη κίνηση του Ηλίου κατά τους χειμερινούς μήνες. Από τα μέσα Φεβρουαρίου μία μικρή ζώνη σκίασης έχει αρχίσει να δημιουργείται στη βορειοανατολική πλευρά της αποβάθρας, η οποία ως τις αρχές Μαρτίου έχει μεγαλώσει σημαντικά και είναι πλέον αρκετή για τη σκίαση του μισού πλάτους της αποβάθρας από την Ανατολή του Ηλίου ως τις 13:00, ενώ στη συνέχεια το πλάτος της μειώνεται σταδιακά ως τη δύση του Ηλίου. Τους θερινούς μήνες η γωνία λόξωσης της εκλειπτικής είναι τέτοια ώστε το μεγαλύτερο μέρος της αποβάθρας να παραμένει υπό σκιά σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ιδιαίτερα τους τρεις μήνες του καλοκαιριού, συγκεκριμένα από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Αυγούστου, μόνο τα όρια των αποβαθρών δεν βρίσκονται συνεχώς υπό σκιά. Από τον Σεπτέμβρη όλο και μεγαλύτερο μέρος της αποβάθρας αρχίζει να εκτίθεται και πάλι στον

ήλιο, φτάνοντας στο μισό του πλάτους της ξανά στις αρχές Οκτώβρη, ενώ μέχρι τις αρχές Νοέμβρη η ζώνη σκίασης δεν ξεπερνάει πια τα 2.5 μέτρα, με εξαίρεση την περιοχή που προστατεύεται από τη σκίαση της υπερκείμενης οδού.



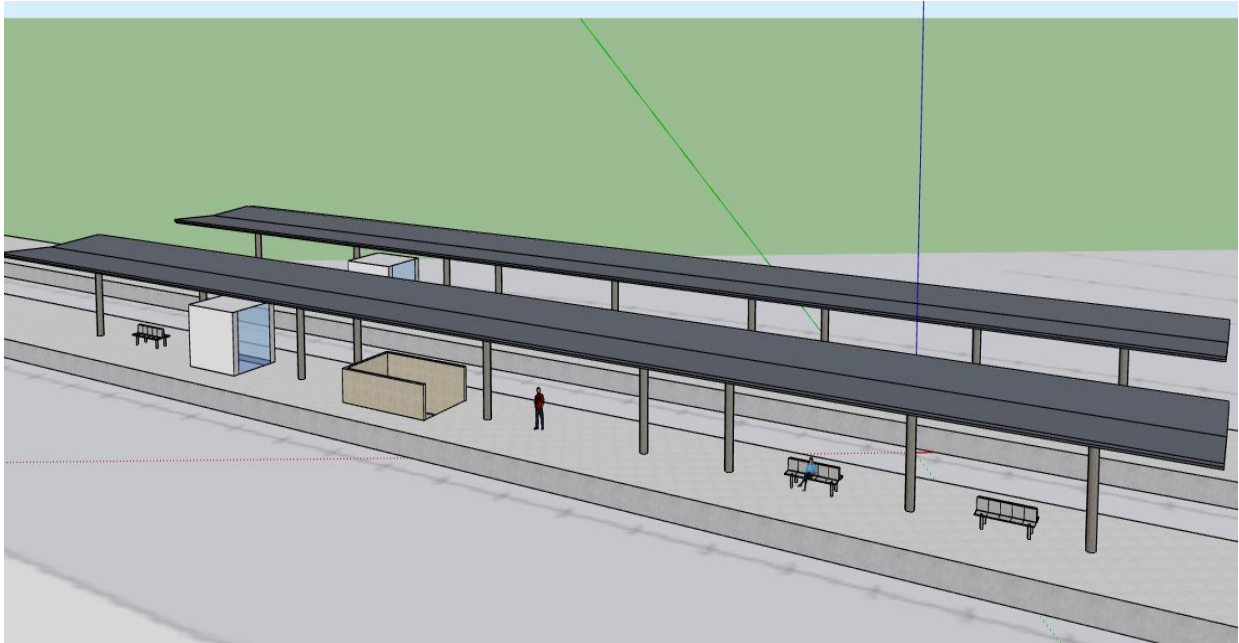
Εικόνα 3.25: Σκίαση στεγάστρων, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Άνω Λιόσια»

Παρατηρείται πως οι συνθήκες θερμικής άνεσης του σταθμού είναι πολύ ικανοποιητικές τους καλοκαιρινούς μήνες. Αντιθέτως, από τον Νοέμβρη μέχρι τον Φεβρουάριο, μόλις ένα μικρό τμήμα της αποβάθρας προστατεύεται από τον ηλιασμό, χάρη στον διερχόμενο από πάνω της δρόμο, κατά τις μεσημεριανές ώρες. Ως εκ τούτου, η σκίαση τους χειμερινούς μήνες χαρακτηρίζεται ως ελλιπής.

### 3.3.8. Σταθμός «Ασπρόπυργος»

Ο σταθμός «Ασπρόπυργος» αποτελείται από δύο αποβάθρες, η καθεμία εκ των οποίων διατρέχεται από ένα μακρόστενο στέγαστρο. Η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται με χρήση χώρου τοποθετημένου υπό των αποβαθρών, οι οποίες μπορούν να προσεγγιστούν είτε με συμβατικές σκάλες είτε με ανελκυστήρα, καθώς δεν υπάρχουν κυλιόμενες σκάλες στον χώρο.

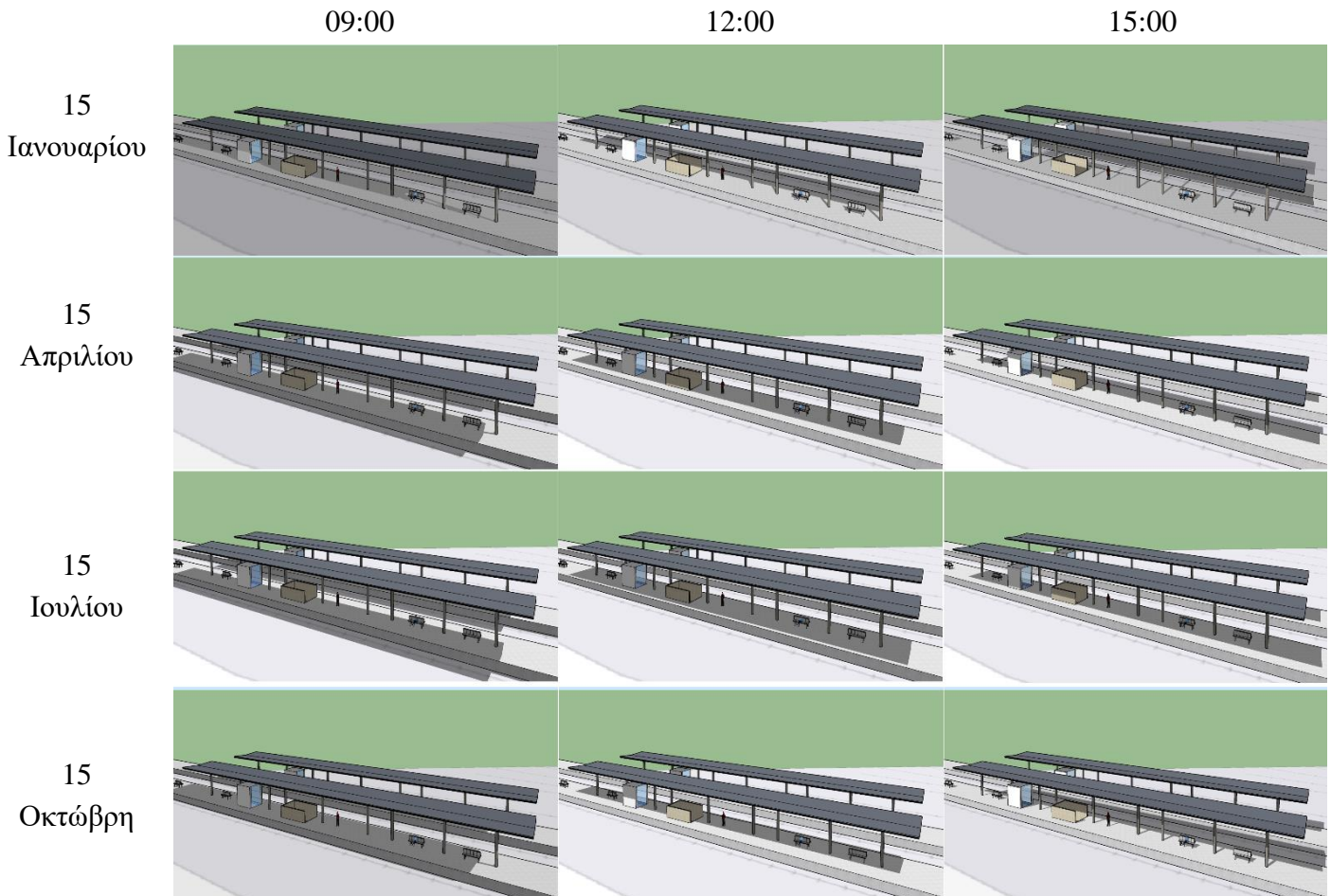
Στην εικόνα 3.26, η οποία είναι στραμμένη αριστερόστροφα κατά  $10^\circ$ , παρουσιάζεται το τρισδιάστατο μοντέλο του σταθμού, το οποίο εκτός από τα προαναφερόμενα στοιχεία, περιλαμβάνει επίσης τις κολώνες που στηρίζουν το στέγαστρο, τις θέσεις καθήμενων, τα ανθρώπινα μοντέλα και το τρισσορθογωνίο σύστημα αξόνων.



Εικόνα 3.26: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ασπρόπυργος», 3D απόδοση

Η παράλληλη τοποθέτηση των στεγαστρών στον συγκεκριμένο σταθμό έχει ως αποτέλεσμα η κάθε αποβάθρα να δέχεται για κάποιο χρονικό διάστημα τη σκίαση του ενός στεγαστρου και για κάποιο τη σκίαση του άλλου. Τον Ιανουάριο από το ξημέρωμα μέχρι τις 10:00 το κάθε στέγαστρο παρέχει σκίαση στην αποβάθρα που το φιλοξενεί, σε ποσοστό τουλάχιστον 50% του πλάτους της. Στις 13:00 η σκίαση του νότιου στεγαστρου αποχωρεί από τη νότια αποβάθρα και ξεκινάει να καλύπτει τη βόρεια, ενώ η σκίαση από το βόρειο στέγαστρο φεύγει εκτός των ορίων των αποβαθρών. Έτσι η βόρεια αποβάθρα συνεχίζει να προστατεύεται από τον ηλιασμό μέχρι τις 16:30, ενώ στη νότια δεν παρέχεται προστασία για το αντίστοιχα χρονικό διάστημα. Για όλες τις ημέρες του έτους η εικόνα είναι αντίστοιχη με αυτή που περιεγράφηκε για τον Ιανουάριο, διαφέροντας μόνο ως προς τα χρονικά διαστήματα πραγματοποίησης των διάφορων σταδίων. Συγκεκριμένα, τον Μάρτιο, η κάθε αποβάθρα προστατεύεται τουλάχιστον στο μισό της πλάτος από το πρωί ως τις 13:20, ενώ από τις 16:00 έως τη δύση του Ηλίου παρέχεται προστασία μόνο στη βόρεια αποβάθρα, από το νότιο στέγαστρο. Τον Μάιο, από τις 08:00 έως τις 16:45 τουλάχιστον το μισό πλάτος της κάθε αποβάθρας προστατεύεται από τον ηλιασμό, χάρη στη σκίαση που παρέχεται από το δικό της στέγαστρο. Το αντίστοιχο χρονικό διάστημα για τον Ιούνιο είναι από τις 08:10 έως τις 18:00, για τον Ιούλιο από τις 08:15 έως τις 17:30 και για τον Αύγουστο από τις 08:10 έως τις 16:00. Τον Σεπτέμβριο η κάθε αποβάθρα προστατεύεται τουλάχιστον στο μισό της πλάτος από τις 08:00 έως τις 13:45. Στις 16:30 η σκίαση του κάθε στεγαστρου βγαίνει εκτός των ορίων της αντίστοιχης αποβάθρας, με αποτέλεσμα η νότια αποβάθρα να σταματάει να σκιάζεται, ενώ η βόρεια να προστατεύεται από τη σκιά του νότιου στεγαστρου. Με την πάροδο

των ημερών ο ετήσιος κύκλος προχωράει προς την ολοκλήρωσή του, με τις συνθήκες επιστρέφουν σιγά σιγά σε εκείνες του Ιανουαρίου.



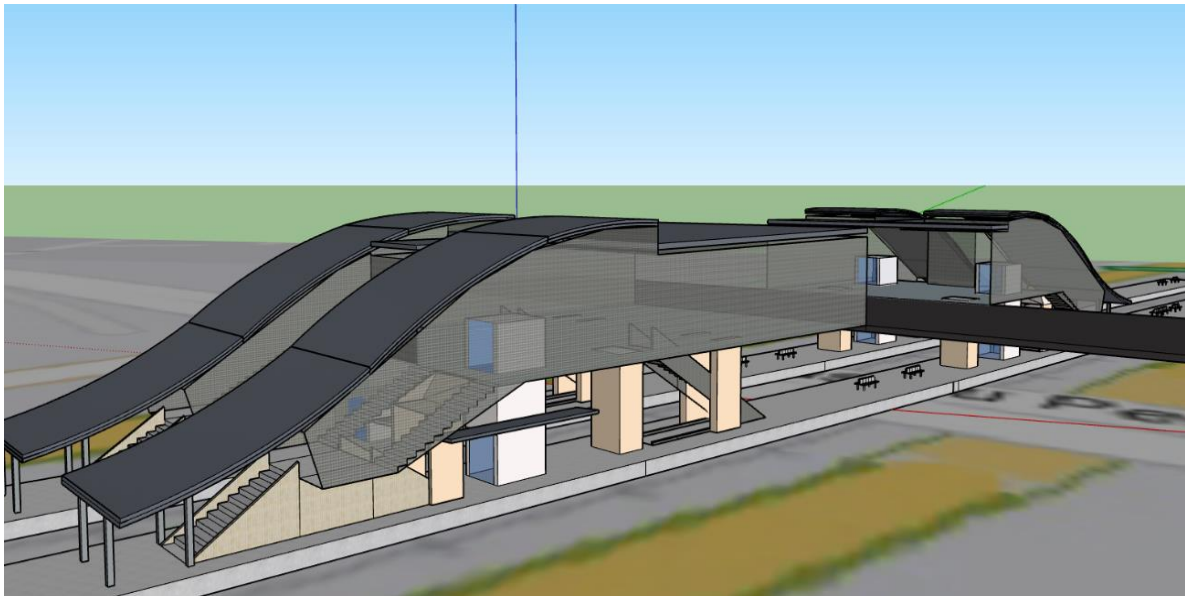
Εικόνα 3.27: Σκίαση στεγάστρων, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Ασπρόπυργος»

Από την περιγραφή των συνθηκών γίνεται σαφές πως ενώ η βόρεια αποβάθρα του σταθμού παραμένει μόνιμα υπό σκιά κατά τις κρίσιμες ώρες, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, για την νότια αποβάθρα η σκίαση δεν είναι αντίστοιχα επιτυχημένη. Τον χειμώνα η παροχή ηλιοπροστασίας της νότιας αποβάθρας σταματάει περίπου στις 13:00, επομένως οι μεσημεριανές ώρες δεν καλύπτονται επαρκώς, ενώ το καλοκαίρι σταματάει στις 16:30. Υπάρχει, λοιπόν, σε καθημερινή βάση, ένα χρονικό διάστημα περίπου δύο ωρών, κατά τις οποίες δεν παρέχεται η επιθυμητή σκίαση στη συγκεκριμένη αποβάθρα.

### 3.3.8. Σταθμός «Μαγούλα»

Ο σταθμός «Μαγούλα» αποτελείται δύο κεντρικές αποβάθρες, τοποθετημένες επί νησίδας στην Αττική οδό. Όπως και στον σταθμό «Άνω Λιόσια», έτσι κι εδώ, η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται από λεωφόρο που διασχίζει υπό γωνία το συγκεκριμένο σημείο της Αττικής οδού, με τη μορφή αερογέφυρας. Για το λόγο αυτό, η λογική κατασκευής των δύο σταθμών είναι

η ίδια, με τους επιβάτες να εισέρχονται στις αποβάθρες από κτήρια τοποθετημένα στις δύο πλευρές της Λεωφόρου Θριασίου Πεδίου, με χρήση σκάλας και ανελκυστήρα και η σκίαση να αποτελείται από πολλά συνεργαζόμενα στέγαστρα. Τόσο στο ανατολικό όσο και στο δυτικό τμήμα της κάθε αποβάθρας υπάρχει από ένα οριζόντιο στέγαστρο πάνω από το αντίστοιχα κτήριο, από δύο μακρόστενα καμπυλωτά στέγαστρα που προστατεύουν τις σκάλες που οδηγούν σε κάθε αποβάθρα και από δύο μικρά συμπληρωματικά στέγαστρα στα δεξιά και αριστερά τμημάτων της κάθε σκάλας που δεν προστατεύονται ικανοποιητικά από τα μεγάλα κεκλιμένα στέγαστρα. Ο συνολικός αριθμός των στεγαστρών που έχουν χρησιμοποιηθεί στον σταθμό είναι 10. Η εικόνα 3.28, η οποία έχει περιστραφεί κατά  $15^\circ$  δεξιόστροφα σε σχέση με τον αρχικό προσανατολισμό προς τον Βορρά, παρουσιάζει τα παραπάνω στοιχεία, τα κτίσματα που συναντώνται στην αποβάθρα, τα στηρίγματα των υπερκείμενων στοιχείων και τις θέσεις των καθήμενων επιβατών. Παρά τις ομοιότητες που παρατηρούνται ανάμεσα στον σταθμό της Μαγούλας και σε εκείνον των Άνω Λιοσίων, υπάρχει και μία βασική διαφορά που έγκειται στην ύπαρξη δύο αποβαθρών στη συγκεκριμένη περίπτωση. Λόγω αυτού αυξάνεται επίσης το πλάτος των υπερκείμενων κτηρίων. Καθώς τα κτήρια αυτά, σε συνεργασία με τη διερχόμενη λεωφόρο, συντελούν σημαντικά στην ηλιοπροστασία του σταθμού, η ύπαρξη δύο παράλληλων αποβαθρών αναμένεται να οδηγεί σε σημαντική βελτίωση των συνθηκών σκιάσής τους. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει φυσικά να ληφθεί υπόψη και ο προσανατολισμός του σταθμού, που είναι εντελώς διαφορετικός στις δύο περιπτώσεις.

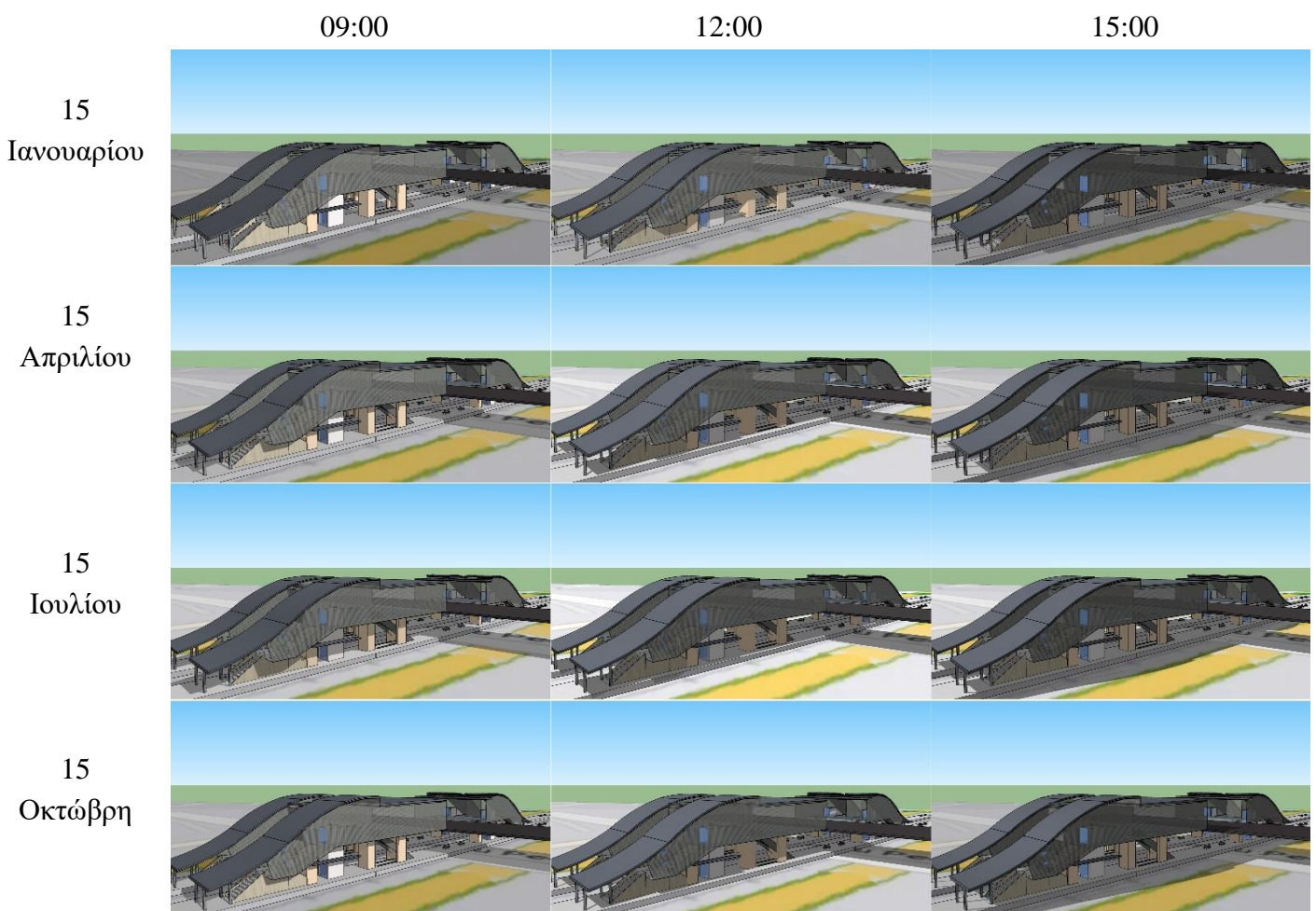


Εικόνα 3.28: Σιδηροδρομικός Σταθμός «Μαγούλα», 3D απόδοση

Παρατηρείται πως τα τμήματα της αποβάθρας πάνω από τα οποία είναι τοποθετημένο το σύστημα των κτηρίων και των στεγαστρών παραμένουν προστατευμένα από τον ηλιασμό για πολλές ώρες μέσα στην ημέρα, τόσο τους χειμερινούς όσο και τους θερινούς μήνες. Ιδιαίτερα η δυτική αποβάθρα παραμένει προστατευμένη από τον ηλιασμό από τις 10:00 έως τις 14:00 σε όλη τη διάρκεια της έτους, ενώ από τον Απρίλη μέχρι τον Οκτώβρη σκιάζεται ήδη από τις 08:00. Επίσης, τουλάχιστον το μισό πλάτος της παραμένει υπό σκιά μέχρι τις 15:30 κάθε ημέρας, σε όλη τη διάρκεια του έτους. Τους καλοκαιρινούς μήνες, που η σκίαση είναι επιβεβλημένη και τις



απογευματινές ώρες, το κύριο στέγαστρο δε συμβάλει πια στην ηλιοπροστασία μετά τις 15:30, με αποτέλεσμα τα μοναδικά τμήματα που σκιάζονται να είναι εκείνα που βρίσκονται στα ανατολικά αντικειμένων και κτισμάτων της αποβάθρας και στη λωρίδα σκιάς που παρέχεται από τον διερχόμενο υπέρ της αποβάθρας δρόμο.. Η ανατολική αποβάθρα, από την άλλη, η οποία είναι περισσότερο ορατή στην εικόνα 3.29, τους χειμερινούς μήνες ξεκινάει να σκιάζεται μετά τις 11:00, με αποτέλεσμα από τον Νοέμβρη μέχρι τον Δεκέμβρη η σκίαση να μην έχει ακόμη καλύπτει το 50% του πλάτους της αποβάθρας ως τις 12:00, τον Οκτώβρη ως τις 11:30 και τον Απρίλιο και τον Σεπτέμβριο ως τις 11:00. Από τον Μάιο μέχρι τον Αύγουστο, η σκίαση φτάνει να καλύπτει το μισό της αποβάθρας περίπου στις 10:00, αλλά ο ηλιασμός αποτελεί πρόβλημα από νωρίτερα. Σε κάθε περίπτωση, η ανατολική αποβάθρα εξακολουθεί να παραμένει υπό σκιά σχεδόν έως τη δύση του Ηλίου, για κάθε ημέρα του έτους.



Εικόνα 3.29: Σκίαση στεγαστρών, Σιδηροδρομικός Σταθμός «Μαγούλα»

Συμπερασματικά, παρά την περίπλοκη κατασκευή του συγκεκριμένου σταθμού, εξακολουθούν να παρατηρούνται κενά στην παρεχόμενη σκίαση. Η δυτική αποβάθρα προστατεύεται ικανοποιητικά από τον ήλιο τις κρίσιμες ώρες των χειμερινών μηνών και μέχρι τις 15:30 καθημερινά, αλλά από εκείνη την ώρα και μετά το ποσοστό σκίασης δεν ξεπερνά το 20% της επιφάνειάς της, κάτι που αποτελεί πρόβλημα για τους θερινούς μήνες. Στην ανατολική αποβάθρα η σκίαση ξεκινά να παρέχεται αργά, με αποτέλεσμα να προκύπτει πρόβλημα για ορισμένες ώρες τα πρωινά του

καλοκαιριού και μέχρι νωρίς το μεσημέρι τους χειμώνες. Για τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, ωστόσο, η σκίαση ξεπερνά σημαντικά το μισό της επιφάνειας της αποβάθρας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση της συμβολής αρχιτεκτονικών στοιχείων μιας κατασκευής, όπως τα στέγαστρα ενός σιδηροδρομικού σταθμού, στην εξοικονόμηση ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αφιερώθηκε στην ανάδειξη της περιβαλλοντικής σημασίας των μέσων μαζικής μεταφοράς, με έμφαση στα σιδηροδρομικά μέσα. Τεκμηριώθηκαν, μέσω αυτού του τμήματος, οι λόγοι για τους οποίους η θερμική άνεση των σταθμών συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στον τομέα των μεταφορών και, κατά συνέπεια, στην επιβράδυνση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Το ενδιαφέρον εστιάστηκε, στη συνέχεια, στους υπό μελέτη σταθμούς, με τα επόμενα δύο κεφάλαια της εργασίας να επικεντρώνονται στην παρουσίαση των κατασκευών και του τρόπου με τον οποίο αυτές ανταποκρίνονται στον ηλιασμό. Καθώς τα στέγαστρα δεν είναι ισοδύναμα αναγκαία σε όλη τη διάρκεια του έτους, παρατέθηκαν επίσης πληροφορίες σχετικά με το πώς η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει την ανθρώπινη ζωή, διαμορφώνοντας τις εποχές.

Έχοντας πλέον όλα τα παραπάνω δεδομένα διαθέσιμα, είναι δυνατή η αξιολόγηση του βαθμού στον οποίον η κάθε κατασκευή που έχει επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί ανταποκρίνεται στον ρόλο της, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις σκίασης. Ακόμη, μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα για μελλοντικές κατασκευές συμπεράσματα, σε σχέση με τον τύπο στεγάστρου που πρέπει να επιλέγεται ανά περίπτωση μορφής και προσανατολισμού του εξεταζόμενου σταθμού. Οι δύο αυτοί στόχοι εκπληρώνονται στο παρόν κεφάλαιο. Στο τέλος του κεφαλαίου προτείνονται επίσης ιδέες για μελλοντική επέκταση της έρευνας, που να εστιάζει σε άλλους τρόπους με τους οποίους τα στέγαστρα ενός σιδηροδρομικού μεταφορικού μέσου μπορούν να συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

#### **4.1. Αξιολόγηση σκίασης**

Η αξιολόγηση ακολουθεί τη λογική της σύγκρισης των συνθηκών που επικρατούν με τις συνθήκες του ιδανικού σεναρίου. Για το λόγο αυτό, το πρώτο που πρέπει να καθοριστεί είναι οι ιδανικές συνθήκες. Είναι προφανές πως η μεγαλύτερη ανάγκη για σκίαση προκύπτει στην περίπτωση αυξημένου ηλιασμού, που συνήθως συμπίπτει με υψηλή θερμοκρασία. Αντιθέτως, σε χρονικές περιόδους κατά τις οποίες η θερμοκρασία είναι χαμηλή, πολύς κόσμος αποζητά τον ήλιο. Έτσι, το ιδανικό σενάριο προϋποθέτει την ύπαρξη ζωνών σκίασης μεγάλου πλάτους όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή και μικρότερου πλάτους, όσο οι θερμοκρασία πέφτει.

Σε αυτό το σημείο γίνεται ήδη κατανοητό πως το ιδανικό σενάριο δεν μπορεί να επιτευχθεί, καθώς ο ηλιασμός διαφοροποιείται μέρα με τη μέρα και τα σκίαστρα δεν είναι δυνατόν να

προσαρμόζονται συνεχώς στις αλλαγές. Ωστόσο, καθώς η μελέτη πραγματοποιείται στην Ελλάδα, οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες είναι σχετικά σταθερές, με τις έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές να αποτελούν σπάνια φαινόμενο. Για τα δεδομένα της περιοχής, λοιπόν, είναι ασφαλής η υπόθεση πως οι επιβάτες του Προαστιακού επιζητούν τη σκίαση στις αποβάθρες κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ τις περισσότερες μέρες του χειμώνα η ανάγκη σκίασης προκύπτει μόνο κατά τις μεσημεριανές ώρες, ή ούτε και τότε. Κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, από την άλλη, η πρόβλεψη δεν είναι εξίσου εύκολη, επομένως θα ήταν ιδανικό σε αυτές τις περιόδους να υπάρχουν σε περίπου ίση αναλογία τμήματα που σκιάζονται και τμήματα που δέχονται τον ηλιασμό, ώστε οι αναμένοντες να έχουν επιλογή ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

Κάτι ακόμη που πρέπει να εξετάζεται είναι οι θέσεις καθημένων επιβατών. Το ιδανικό σενάριο συμπεριλαμβάνει την ύπαρξη θέσεων τοποθετημένες σε σημεία τέτοια ώστε να σκιάζονται κατά τους θερινούς μήνες, ενώ τον χειμώνα να σκιάζονται κυρίως το μεσημέρι και λιγότερο τις υπόλοιπες ώρες. Για την άνοιξη και το φθινόπωρο η αναλογία θα έπρεπε και σε αυτήν την περίπτωση να είναι περίπου ίδια για τις θέσεις που σκιάζονται και τις θέσεις που παραμένουν εκτεθειμένες στον ήλιο, ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ικανοποίηση της θερμικής άνεσης ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών.

Σε ορισμένους από τους σταθμούς που μελετώνται, τα στέγαστρα καλύπτουν ένα τμήμα του μήκους των αποβαθρών, αφήνοντας αρκετό χώρο που δεν προστατεύεται καθόλου από τον ηλιασμό. Σε αυτούς αρκεί να εξεταστεί αν παρέχεται ικανοποιητική σκίαση κατά τις κρίσιμες ώρες. Για τους υπόλοιπους σταθμούς, πρέπει να ελεγχθεί επίσης και το αν υπάρχει πρόβλεψη για τους επιβάτες που επιθυμούν τον ηλιασμό για την επίτευξη της θερμικής άνεσής τους.

Οι σταθμοί «Ρέντη», «Ταύρος», «Αθήνα», «Ασπρόπυργος» και «Μαγούλα» κατατάσσονται στην πρώτη κατηγορία, καθώς τα στέγαστρα που έχουν χρησιμοποιηθεί εκτείνονται σε μήκος μικρότερο του μισού της αποβάθρας. Οι σταθμοί «Ρέντη» και «Ταύρος», των οποίων οι συνθήκες σκίασης παρουσιάζουν αρκετά κοινά στοιχεία, προσεγγίζουν το ιδανικό σενάριο από τον Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο, καθώς για όλους αυτούς της μήνες υπάρχει δυνατότητα επιλογής της επιθυμητής κατάστασης από τους αναμένοντες. Χρησιμοποιήθηκε η λέξη «προσεγγίζουν» αντί για «επιτυγχάνουν» επειδή οι θέσεις καθημένων βρίσκονται συνεχώς υπό σκιά, επομένως δεν υπάρχει η επιλογή να καθίσει κάποιος σε περιοχή χωρίς σκίαση, κάτι όμως που ούτως ή άλλως συνήθως δεν επιζητείται τους συγκεκριμένους μήνες. Από την άλλη μεριά, κατά τις μεσημεριανές ώρες του χειμώνα δεν παρέχεται ικανοποιητική σκίαση, ιδίως για εκείνους που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν τις θέσεις καθημένων. Στο σημείο αυτό, ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί, πως και οι δύο αυτοί σταθμοί διαθέτουν αίθουσα αναμονής, χωρητικότητας 20 καθημένων, χάρη στην οποία διευκολύνεται ακόμη περισσότερο η επίτευξη της θερμικής άνεσης. Ο σταθμός «Αθήνα» αποτελείται από στέγαστρα πολύ μεγάλου μήκους και πλάτους και αποβάθρες ακόμη μεγαλύτερου. Η παροχή σκίασης στα στεγασμένα τμήματα είναι συνεχής κατά τις μεσημεριανές ώρες σε όλη τη διάρκεια του έτους και σχεδόν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Στο ακάλυπτο τμήμα της κάθε αποβάθρας υπάρχει επίσης άπλετος ήλιος για όποιον τον επιθυμεί, χωρίς όμως να παρέχεται δυνατότητα καθίσματος, καθώς δεν έχουν τοποθετηθεί θέσεις στην περιοχή αυτή. Όσον αφορά τους άλλους δύο σταθμούς, «Ασπρόπυργος» και «Μαγούλα», οι αναμένοντες που επιθυμούν τον ηλιασμό είναι ικανοποιημένοι σε κάθε

περίπτωση, είτε θέλουν να παραμείνουν όρθιοι είτε να καθίσουν, καθώς υπάρχουν αρκετές θέσεις καθήμενων στην περιοχή των αποβαθρών που βρίσκεται εκτός προστασίας των στεγαστρων. Για εκείνους που αποζητούν τη σκίαση, ο σταθμός του Ασπροπύργου παρέχει απόλυτα ικανοποιητικές συνθήκες από τον Μάιο μέχρι τον Αύγουστο, ενώ για τους υπόλοιπους μήνες, τις περισσότερες ημέρες μόνο η μία από τις δύο αποβάθρες προστατεύεται επαρκώς κατά τις μεσημεριανές ώρες. Στο σταθμό της Μαγούλας, τη θερινή περίοδο η δυτική αποβάθρα σκιάζεται από τις 08:00 έως τις 15:30 και η ανατολική από τις 10:00 έως το σούρουπο, επομένως οι συνθήκες είναι απόλυτα ικανοποιητικές το μεσημέρι, αλλά παρουσιάζονται προβλήματα τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες. Για τις κρίσιμες ώρες των υπόλοιπων μηνών η προστασία που παρέχεται είναι ικανοποιητική.

Οι σταθμοί «Ρουφ» και «Κάτω Αχαρναί» κατατάσσονται επίσης στην πρώτη κατηγορία, έχοντας όμως διαθέσει περισσότερο χώρο για την περιοχή που βρίσκεται κάτω από τα στέγαστρα παρά για το μη στεγασμένο τμήμα, ενώ στην περιοχή αυτή είναι τοποθετημένες και όλες οι θέσεις καθήμενων. Στο «Ρουφ» η παροχή σκίασης είναι ικανοποιητική για όλες τις κρίσιμες χρονικές περιόδους, τόσο τους καλοκαιρινούς όσο και τους χειμερινούς μήνες. Ως εκ τούτου, το μοναδικό πρόβλημα είναι η έλλειψη θέσεων καθήμενων που να είναι τοποθετημένες στον ήλιο τις μεσημεριανές ώρες του χειμώνα, για εκείνους που επιθυμούν συνθήκες υψηλότερης θερμοκρασίας. Ακόμη και αυτή η ζήτηση, ωστόσο, καλύπτεται, χάρη στην ύπαρξη αίθουσας αναμονής στη μία από τις αποβάθρες. Στις «Κάτω Αχαρναί», η παροχή σκίασης είναι ικανοποιητική κατά τις μεσημεριανές ώρες σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, με το μοναδικό πρόβλημα να εντοπίζεται για εκείνους που επιθυμούν να παραμείνουν καθιστοί υπό τον ήλιο. Το καλοκαίρι, όμως, τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες, η παρεχόμενη ηλιοπροστασία δεν είναι επαρκής, τόσο για εκείνους που επιθυμούν να καθίσουν όσο και για εκείνους που επιθυμούν να παραμείνουν όρθιοι.

Στους σταθμούς «Πειραιάς» και «Λεύκα» τα στέγαστρα καταλαμβάνουν σχεδόν ολόκληρο το μήκος των αποβαθρών. Στον Πειραιά οι συνθήκες σκίασης τους από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Μάρτιο αποκλίνουν πολύ από το ιδανικό, καθώς τις μεσημεριανές ώρες δεν παρέχεται σκίαση στις αποβάθρες, ενώ οι δύο βόρειες αποβάθρες σκιάζονται νωρίς το πρωί και το απόγευμα. Έτσι, τους χειμερινούς μήνες, αντί να παρέχεται ηλιοπροστασία τις κρίσιμες ώρες, παρέχεται όταν δε χρειάζεται, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα όχι μόνο το μεσημέρι που συνήθως υπάρχει ζήτηση για σκίαση, αλλά και τις υπόλοιπες ώρες που συχνά ο ήλιος θεωρείται απαραίτητος λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας των χειμερινών μηνών. Από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο, αντίθετα, οι συνθήκες είναι πολύ ικανοποιητικές, με μοναδικό μειονέκτημα την έλλειψη θέσεων και χώρου για την πιθανή μειοψηφία εκείνων που θέλουν να καθίσουν σε περιοχή με ήλιο. Στη Λεύκα οι συνθήκες είναι αρκετά ικανοποιητικές σε όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς υπάρχει η απαραίτητη ηλιοπροστασία τις μεσημεριανές ώρες, για ευρύτερο χρονικό διάστημα το καλοκαίρι και για μικρότερο τον χειμώνα. Η παροχή σκίασης δεν είναι συνεχής, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρά χρονικά διαστήματα κατά τα οποία δεν παρέχεται σκίαση. Αυτές οι περιπτώσεις ωστόσο δεν αποτελούν σημαντικό πρόβλημα, χάρη στην ύπαρξη μίας αίθουσας αναμονής ανά αποβάθρα.

Για το τέλος έμειναν οι σταθμοί «Άγιοι Ανάργυροι», «Πύργος Βασιλίσσης» και «Άνω Λιόσια», οι οποίοι ανήκουν επίσης στη δεύτερη κατηγορία, δηλαδή σχεδόν ολόκληρο το μήκος των

αποβαθρών τους καλύπτεται από στέγαστρα. Η διαφορά τους με τους προηγούμενους δύο σταθμούς είναι πως τα στέγαστρα τους δεν είναι ενιαία, αλλά αποτελούνται από πολλές επιμέρους κατασκευές που συνεργάζονται για την παροχή σκίασης στις αποβάθρες. Οι «Άγιοι Ανάργυροι» σκιάζονται σε μόνιμη βάση σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι, το μοναδικό πρόβλημα που εντοπίζεται αφορά τις ώρες εκείνες που ορισμένοι από τους επιβάτες ίσως να επιθυμούν τον ηλιασμό. Αντίστοιχη είναι η κατάσταση και στον «Πύργο Βασιλίσσης», στον οποίο όμως εντοπίζεται ένα ακόμη πρόβλημα: Κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, δεν παρέχεται ικανοποιητική προστασία από τον ήλιο για διάστημα δύο περίπου ωρών το μεσημέρι. Ωστόσο, για τις ώρες εκείνες, οι επιβάτες μπορούν να προσφύγουν στη τμήμα της αποβάθρας που βρίσκεται κάτω από το κτήριο εισόδου του σταθμού, όπου η σκίαση είναι συνεχής. Στο συγκεκριμένο τμήμα υπάρχει περιορισμένος αριθμός θέσεων καθήμενων. Τέλος, όσον αφορά τα «Άνω Λιόσια» από τον Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβρη η παρεχόμενη ηλιοπροστασία είναι πολύ ικανοποιητική, αλλά τους υπόλοιπους μήνες μόλις ένα μικρό τμήμα της αποβάθρας σκιάζεται από τον διερχόμενο δρόμο, ενώ τα στέγαστρα δε συμβάλουν καθόλου στον σκιασμό σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

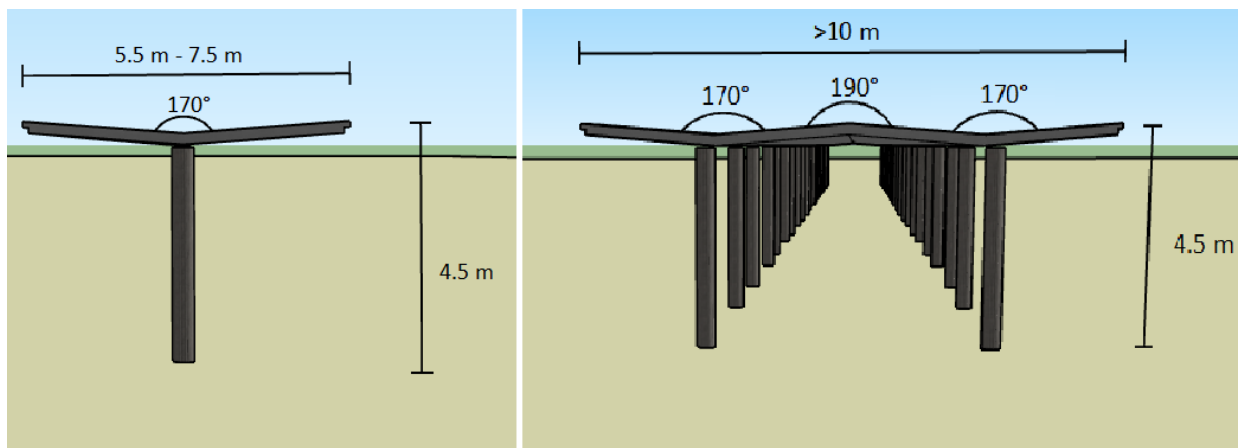
Από τα παραπάνω στοιχεία είναι εμφανές πως στις περισσότερες περιπτώσεις οι συνθήκες πλησιάζουν σε μεγάλο βαθμό το σενάριο που τέθηκε ως ιδανικό. Ειδικά το καλοκαίρι, όπου η κατάσταση είναι κρισιμότερη, η προστασία σε όλους τους σταθμούς κρίθηκε ικανοποιητική για τις περισσότερες ώρες της ημέρας, με τα μοναδικά προβλήματα να εντοπίζονται στις «Κάτω Αχαρναί» και στη «Μαγούλα», κατά τη διάρκεια πρωινών και απογευματινών ωρών. Για τις μεσημεριανές ώρες των υπόλοιπων μηνών, προβλήματα έλλειψης σκίασης εντοπίστηκαν στα «Άνω Λιόσια» και στον «Πειραιά» και, για τη μία από τις αποβάθρες του σταθμού, στον «Ασπρόπυργο». Οι σταθμοί με την μεγαλύτερη παροχή σκίασης τις ώρες που έχουν τεθεί ως κρίσιμες είναι η «Αθήνα», το «Ρουφ» και οι «Άγιοι Ανάργυροι». Ακόμη, στους σταθμούς «Ταύρος», «Ρέντη» και «Λεύκα» η επίτευξη της θερμικής άνεσης επιτυγχάνεται, παρά τα μικροπροβλήματα που εντοπίζονται, χάρη στην ύπαρξη αιθουσών αναμονής.

## 4.2. Κατηγοριοποιήσεις στεγαστρών

Παρατηρήθηκε πως ο κυριότερος ρόλος για την επιλογή του τύπου σκίασης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί διαδραματίζεται από τη μορφή του σταθμού, για την οποία διακρίθηκαν δύο βασικές κατηγορίες: Σταθμοί των οποίων οι αποβάθρες βρίσκονται σε επίπεδο ίδιο ή ανώτερο της εισόδου στον σταθμό και σταθμοί στους οποίους η είσοδος πραγματοποιείται από κατασκευή υπερκείμενη στην αποβάθρα. Η διαφοροποίηση ουσιαστικά έγκειται στην ανάγκη για ηλιοπροστασία που υπάρχει στην κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες.

Στην πρώτη περίπτωση, η σκίαση της αποβάθρας εξαρτάται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα από τα εγκατεστημένα στέγαστρα. Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη χρήσης μεγάλων κατασκευών, που να προστατεύουν από τον ηλιασμό όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα της αποβάθρας. Τα στέγαστρα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν σχήμα  $v$ , με τα επιμέρους

τμήματα να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $170^\circ$ . Η μορφή αυτή επιτρέπει τη συγκέντρωση των όμβριων υδάτων σε ενσωματωμένη υδρορροή, μέσω της οποίας τα νερά αποβάλλονται χωρίς να επιβαρύνονται οι αναμένοντες επιβάτες και τα παρακείμενα κτήρια. Το συνολικό πλάτος της οροφής των στεγάστρων επιλέγεται να είναι τόσο ώστε να καλύπτεται το πλάτος της εκάστοτε αποβάθρας, συνήθως  $5.5\text{m} - 7.5\text{m}$ , ενώ το ύψος τους είναι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων  $4.5\text{m}$ . Η μορφή αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στους περισσότερους σταθμούς που εξετάστηκαν. Σε έναν από αυτούς, στον σταθμό της Αθήνας, το πλάτος των δύο εκ των αποβαθρών ξεπερνά τα  $10\text{m}$ , με αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί η περιγραφόμενη μορφή. Αντ' αυτής, χρησιμοποιήθηκε στέγαστρο σχήματος  $w$ , ή αλλιώς δύο συνδεδεμένων στεγάστρων μορφής  $v$ .



Εικόνα 4.1: Τύπος στεγάστρων και ενδεικτικές διαστάσεις τους

Αριστερά: στέγαστρο τύπου  $v$ , Δεξιά: Στέγαστρο τύπου  $w$

Στη δεύτερη περίπτωση, η υπερκείμενη κατασκευή παρέχει ήδη σκίαση σε τμήμα της αποβάθρας, ενώ παράλληλα σκίαση παρέχεται και από στοιχεία του περιβάλλοντος του σταθμού. Τέτοιο στοιχείο είναι, για παράδειγμα, ο δρόμος με τον οποίο συνορεύει η κατασκευή και από τον οποίο πραγματοποιείται η είσοδος των χρηστών του Προαστιακού στον σταθμό. Έτσι, τα στέγαστρα που έχουν κατασκευασθεί για την προστασία του επιπέδου αναμονής του μέσου έχουν συμπληρωματικό ρόλο, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις πολλές μικρές κατασκευές ανά αποβάθρα, αντί της μίας ενιαίας. Από τους σταθμούς που εξετάστηκαν, στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν οι «Άγιοι Ανάργυροι», «Πύργος Βασιλίσσης», «Άνω Λιόσια» και «Μαγούλα». Στους δύο πρώτους η είσοδος στον σταθμό πραγματοποιείται από ένα κτήριο, με σκάλες που κατεβαίνουν στην κάθε αποβάθρα και από τις δύο πλευρές του κτηρίου. Το σύστημα κτηρίου και σκαλιών προστατεύεται από ένα ενιαίο τοξωτό στέγαστρο. Στους άλλους δύο σταθμούς υπάρχει τοποθετημένο ένα κτήριο σε κάθε μεριά του δρόμου που διέρχεται υπό γωνία πάνω από τις αποβάθρες, από το οποίο πραγματοποιείται η είσοδος των χρηστών του μέσου στον σταθμό. Το κάθε κτήριο σκιάζεται από δικό του στέγαστρο και συνδέεται με σκάλες με την αντίστοιχη πλευρά της κάθε αποβάθρας. Πάνω από τις σκάλες τοποθετούνται είτε κεκλιμένα στέγαστρα είτε καμπύλα, που ξεκινάνε από το ύψος του στεγάστρου του κτηρίου και φτάνουν μέχρι το ύψος που απαιτείται για την προστασία των αποβαθρών, ακολουθώντας την κλίση της σκάλας. Στις περιπτώσεις αυτής της κατηγορίας είναι επίσης

συνηθισμένη η τοποθέτηση στενόμακρων στεγάστρων σχήματος  $v$  ή άλλης αντίστοιχης μορφής που να εκτείνονται στην υπόλοιπη αποβάθρα, ενώ συχνά χρησιμοποιούνται και μικρότερα στέγαστρα που προστατεύουν επιμέρους τμήματα, όταν η υπόλοιπη παρεχόμενη προστασία κρίνεται ως μη επαρκής.

Το ποια από τις παραπάνω μεθόδους σκίασης θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση εξαρτάται, λοιπόν, από το τι επιβάλλεται από την κατασκευή του εκάστοτε σταθμού. Άλλωστε, το γεγονός της ανάδειξης των σταθμών «Αθήνα», τα στέγαστρα του οποίου ανήκουν στην πρώτη κατηγορία και έχουν τη μορφή  $w$ , «Ρουφ», τα στέγαστρα του οποίου ανήκουν επίσης στην πρώτη κατηγορία αλλά έχουν τη μορφή  $v$  και «Άγιοι Ανάργυροι», τα στέγαστρα του οποίου ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία, ως εκείνων με τη μεγαλύτερη παροχή σκίασης κατά τις κρίσιμες ώρες, υποδηλώνει πως και οι τρεις μορφές μπορούν να αποδώσουν εξίσου ικανοποιητικά.

Η παρατήρηση πως όλες οι προαναφερόμενες κατηγορίες εκπροσωπούνται στην ανάδειξη των σταθμών με τις βέλτιστες συνθήκες, αποτελεί μία ακόμη απόδειξη της αρχικής θέσης, πως ο προσανατολισμός των σταθμών επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα σκίασης. Η κατηγοριοποίηση των υπό μελέτη σταθμών με βάση τον προσανατολισμό τους μπορεί να βοηθήσει στην μεγαλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η σχέση προσανατολισμού και σκίασης. Για το σκοπό αυτό δημιουργούνται τέσσερις κατηγορίες διεύθυνσης, με τον κάθε σταθμό να εντάσσεται σε εκείνη στην οποία προσομοιάζει περισσότερο.

Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται οι σταθμοί που ακολουθούν τη διεύθυνση Βορρά – Νότου, με απόκλιση μέχρι  $\pm 22.5^\circ$ . Ανατρέποντας στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι αυταπόδεικτο πως στη συγκεκριμένη κατηγορία εντάσσονται οι σταθμοί «Αθήνα», «Άγιοι Ανάργυροι», «Πύργος Βασιλίσσης» και «Κάτω Αχαρναί», με την κλίση και των τεσσάρων είναι ελαφρώς προς τα βορειοανατολικά. Όπως έχει ήδη αναλυθεί, οι δύο πρώτοι σταθμοί της κατηγορίας έχουν διακριθεί στην ομάδα με τους σταθμούς καλύτερης παρεχόμενης σκίασης, ο πρώτος με στέγαστρα μορφής  $w$  και ο δεύτερος με σύνθεση πολλών διαφορετικών μορφών σκίασης. Οι άλλοι δύο σταθμοί, ο ένας με σύνθεση πολλών διαφορετικών μορφών σκίασης και ο άλλος με στέγαστρα μορφής  $v$ , έχουν επίσης παρουσιάσει καλά αποτελέσματα, με τα μοναδικά προβλήματα να εντοπίζονται σε πρωινές και απογευματινές ώρες.

Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι σταθμοί που ακολουθούν Βορειοανατολική – Νοτιοδυτική διεύθυνση, με απόκλιση μέχρι  $\pm 22.5^\circ$ , δηλαδή οι σταθμοί «Λεύκα», «Ρουφ» και «Μαγούλα». Από αυτούς, ο σταθμός «Ρουφ», με στέγαστρα μορφής  $v$ , έχει διακριθεί στην ομάδα με τους σταθμούς καλύτερης παρεχόμενης σκίασης. Στον σταθμό «Λεύκα», με στέγαστρα μορφής  $v$ , οι συνθήκες ήταν αρκετά ικανοποιητικές τις περισσότερες ώρες της ημέρας, με προβλήματα να εντοπίζονται μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα σε μεμονωμένες περιπτώσεις και στο σταθμό «Μαγούλα», με σύνθεση πολλών διαφορετικών μορφών σκίασης, παρουσιάζονταν προβλήματα κατά τις πολύ πρωινές και τις απογευματινές ώρες του καλοκαιριού.

Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν οι σταθμοί που ακολουθούν τη διεύθυνση Ανατολής – Δύσης, με απόκλιση μέχρι  $\pm 22.5^\circ$ , δηλαδή οι σταθμοί «Πειραιάς», «Ρέντη», «Τάυρος» και «Άνω Λιόσια». Και τους τέσσερις αυτούς σταθμούς, σε τρεις από τους οποίους συναντώνται στέγαστρα μορφής  $v$  και στον τέταρτο συναντάται σύνθεση πολλών διαφορετικών μορφών σκίασης, εντοπίστηκε το



ίδιο πρόβλημα: Η έλλειψη ικανοποιητικής σκίασης των χειμώνα, και ιδιαίτερα κατά τις μεσημεριανές ώρες των χειμερινών μηνών.

Στην τέταρτη και τελευταία κατηγορία εντάσσονται οι σταθμοί που ακολουθούν Νοτιοανατολική – Βορειοδυτική διεύθυνση, με απόκλιση μέχρι  $\pm 22.5^\circ$ . Το μοναδικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας στους υπό μελέτη σταθμούς είναι ο «Ασπρόπυργος», τα στέγαστρα του οποίου έχουν μορφή ν. Παρατηρήθηκε πως και σε αυτήν την περίπτωση προσανατολισμού, η κατάσταση είναι προβληματική κατά τις μεσημεριανές ώρες του χειμώνα. Στον συγκεκριμένο σταθμό το πρόβλημα εν μέρει διορθωνόταν, χάρη στην ύπαρξη δύο παράλληλων στεγαστρων που συνεργάζονταν για την παροχή σκίασης, με αποτέλεσμα η μία από τις αποβάθρες να προστατεύεται από την παρεχόμενη σκίαση του στεγαστρου της άλλης αποβάθρας.

### 4.3. Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της αξιολόγησης σκίασης και της κατηγοριοποίησης των περιπτώσεων που μελετήθηκαν, μπορούν πλέον να εξαχθούν συμπεράσματα χρήσιμα για κατασκευές ανάλογων μελλοντικών έργων.

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε, συμπεραίνεται πως ο πιο σημαντικός παράγοντας κατά την κατασκευή ενός νέου σιδηροδρομικού σταθμού είναι ο προσανατολισμός των ραγών στη συγκεκριμένη θέση, που καθορίζει και τον προσανατολισμό των αποβαθρών. Στους σταθμούς που εξετάστηκαν, τα καλύτερα αποτελέσματα ηλιοπροστασίας προέκυψαν όταν ο προσανατολισμός ακολουθούσε τη διεύθυνση Βορρά – Νότου, με μικρή κλίση προς τα βορειοανατολικά. Αντιθέτως, η τοποθέτηση των αποβαθρών παράλληλα προς την διεύθυνση Ανατολής - Δύσης και με κλίση προς τα νοτιοανατολικά άφηνε μεγάλες ελλείψεις στο σκιασμό των αποβαθρών κατά τους χειμερινούς μήνες.

Η μορφή των στεγαστρων αποτελεί δευτερεύοντα παράγοντα και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη θέση τοποθέτησης του σταθμού, που καθορίζει και τη μορφολογία του. Για παράδειγμα, σταθμοί τοποθετημένοι επί νησίδας της Αττικής οδού επιβάλλεται να χρησιμοποιούν συνδυασμό πολλών διαφορετικών μέσων σκίασης, καθώς αναπτύσσονται υποχρεωτικά σε δύο επίπεδα, με τις αποβάθρες να βρίσκονται στο κατώτερο επίπεδο. Σε περιπτώσεις σταθμών που αναπτύσσονται σε οριζόντιο επίπεδο, τα στέγαστρα μορφής w παρέχουν καλύτερα αποτελέσματα από εκείνα μορφής ν. Ωστόσο, χρειάζονται περισσότερο χώρο για την κατασκευή τους, καθώς η πλατφόρμα επί της οποίας τοποθετούνται πρέπει να έχει κατασκευασθεί με μεγάλο πλάτος, ιδανικό μεγαλύτερο των 10 m.

Μία ακόμη παρατήρηση είναι πως η ύπαρξη πολλών παράλληλων αποβαθρών ευνοεί σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα σκίασης. Αυτό συμβαίνει επειδή η συγκεκριμένη διάταξη παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης της σκίασης του κάθε στεγαστρου σε διαφορετικό χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανάλογα με τη φαινόμενη θέση του Ηλίου στον ουράνιο θόλο για κάθε χρονική στιγμή.

Με βάση τα παραπάνω, στην περίπτωση που κατά την κατασκευή ενός σταθμού παρέχονται όλες οι δυνατότητες προσανατολισμού και μορφής και η απόφαση εξαρτάται αποκλειστικά από τον μηχανικό, συστήνεται η τοποθέτηση των αποβαθρών του σταθμού με στροφή  $10^\circ - 20^\circ$  προς τα δεξιά σε σχέση με τον άξονα Βορρά – Νότου και η επιλογή μεγάλου πλάτους αποβαθρών, στις οποίες να μπορούν να τοποθετηθούν μεγάλα στέγαστρα, τύπου w. Επίσης, στο ιδανικό σενάριο, η κατασκευή θα αποτελούνταν τουλάχιστον από δύο αποβάθρες. Φυσικά, οποιοδήποτε περιφερειακό στοιχείο που να συντελεί στη σκίαση θα είχε ακόμη πιο θετικά αποτελέσματα. Φυσικά, σε όλα τα παραπάνω δεν έχει ληφθεί υπόψη ο παράγοντας του κόστους, που καθορίζει σημαντικά την τελική μορφή κάθε κατασκευής.

#### 4.4. Μελλοντικές Επεκτάσεις

Καθώς το αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας σχετίζεται με την εξοικονόμηση ενέργειας, μία ερευνητική πρόταση που θα μπορούσε να αξιοποιήσει ακόμη περισσότερο τα όσα έχουν ως τώρα καταγραφεί αφορά στην εκμετάλλευση της παρεχόμενης ηλιακής ενέργειας. Το ερώτημα που τίθεται είναι, εφόσον στους υπό μελέτη σταθμούς συγκεντρώνεται μεγάλη ηλιακή δυναμικότητα, γιατί να προσπαθούμε μόνο να προστατευτούμε από αυτήν, και όχι να τη χρησιμοποιήσουμε προς όφελός μας; Η ηλιακή ενέργεια είναι πρακτικά ανεξάντλητη και δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Σε αυτή τη βάση, έχουν δοκιμαστεί διάφορες εφαρμογές για την εκμετάλλευσή της, οι οποίες μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες: Στα παθητικά ηλιακά συστήματα, στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή Ηλιοθερμικά συστήματα και στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα δύο πρώτα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από ένα ή περισσότερα πάνελ, ή αλλιώς πλαίσια, φωτοβολταϊκών κυττάρων, ή «κυψελών», που είναι συνήθως τετράγωνα, πλευράς 120 – 160 mm και από συσκευές και διατάξεις που μετατρέπουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην επιθυμητή μορφή. Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως το πυρίτιο, και η τεχνολογία πυριτίου που θα χρησιμοποιηθεί επιλέγεται ανά περίπτωση, ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες της κάθε εφαρμογής, όπως η κατεύθυνση και η διάρκεια της επικρατούσας ηλιοφάνειας. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι στην ουσία τεχνητοί ημιαγωγοί, οι οποίοι απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν ηλεκτρική τάση, υπό τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Στα σύγχρονα συστήματα υπάρχει δυνατότητα μετατροπής της συνεχούς τάσης που παράγεται από μία συστοιχία φωτοβολταϊκών σε εναλλασσόμενη, ώστε να είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μία σύγχρονη εγκατάσταση. Ανάλογα με την κατασκευή τους και με τον αριθμό κυψελών που περιέχουν, τα πάνελ έχουν ονομαστική ισχύ από 70 W μέχρι 200 W, ή και παραπάνω. Στην Ελλάδα, η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh. Ο τυπικός βαθμός απόδοσής τους είναι σήμερα στο 13 % – 19%. Η

ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι συνάρτηση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Με τοποθέτηση συστημάτων με δυνατότητα μετακίνησης, ώστε να ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας και του χρόνου, η απόδοση των φωτοβολταϊκών γίνεται η βέλτιστη δυνατή [41].

Με τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω στα στέγαστρα ενός σταθμού, θα μπορούσε, ιδανικά, να επιτευχθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με ισχύ που να αρκεί για την εξυπηρέτηση των αναγκών του σε ηλεκτρισμό. Έτσι, ο σταθμός θα μπορούσε εν μέρει να αυτονομηθεί, ειδικότερα αν τοποθετηθεί συνδυαστικά και κάποιο σύστημα που να φροντίζει να αποθηκεύει την ενέργεια σε μπαταρίες. Ακόμη όμως και στην περίπτωση που η παραγόμενη ισχύς δεν αρκεί για την επίτευξη της αυτονομίας του σταθμού, το σύστημα μπορεί να είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, και να χρησιμοποιείται ως βοηθητική τροφοδοσία.

Η μελλοντική εφαρμογή που προτείνεται, λοιπόν, αφορά την εξέταση του τύπου του φωτοβολταϊκού συστήματος που θα μπορούσε να τοποθετηθεί για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας στις συγκεκριμένες θέσεις.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Εξοικονόμηση Ενέργειας (Τελευταία Τροποποίηση: 13/10/2016), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82)
- [2] Europe on the move – An agenda for a socially fair transition towards clean, competitive and connected mobility for all (Τελευταία Τροποποίηση: 31/05/2017), Διαθέσιμο στο: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/com20170283-europe-on-the-move.pdf>
- [3] Santos, Georgina (2017) ‘(3) Road Transport and CO2 emissions: What are the challenges?’, *Διεθνές περιοδικό Transport Policy*, Τόμος 59, σελ. 71-74
- [4] Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions (Τελευταία Τροποποίηση: 29/07/2020), Διαθέσιμο στο: <https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>
- [5] Μπαλλής, Αθανάσιος, Διαφάνειες Μαθήματος «Μεταφορές και Οχήματα» του ΔΠΜΣ «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»
- [6] Πίκουλας, Γιάννης (1998), ‘Η αμαξήλατος οδός στην Αρχαία Ελλάδα. Τεχνολογία και συναφή προβλήματα’, *Πρακτικά 1<sup>ο</sup> Διεθνούς Συνεδρίου: Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Θεσσαλονίκη 4-7.9.97*, σελ. 615-621
- [7] Άμαξα (Τελευταία Τροποποίηση: 02/10/2019), Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BC%CE%B1%CE%BE%CE%B1>
- [8] Omnibus, το πρώτο λεωφορείο που κυκλοφόρησε στη Γαλλία, Διαθέσιμο στο: <https://www.mixanitouxronou.gr/omnibus-to-protο-leoforio-pou-kikloforise-sti-gallia-to-pamforio-chorouse-18-atoma-ke-to-esernan-aloga-antikatastathike-apo-to-tram-to-1913/>
- [9] Ατμάμαξα (Τελευταία Τροποποίηση: 09/11/2019), Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%84%CE%BC%CE%AC%CE%BC%CE%B1%CE%BE%CE%B1>
- [10] Τραμ (Τελευταία Τροποποίηση: 26/09/2020), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B1%CE%BC#cite\\_note-5](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B1%CE%BC#cite_note-5)
- [11] Ιπποκίνητα Ελληνικά Τραμ (Τελευταία Τροποποίηση: 06/10/2016), Διαθέσιμο στο: <https://mixanikosose.blogspot.com/2016/10/greek-horse-drawn-tramway.html?m=0>

- [12] Τρόλεϊ (στα αγγλικά) (Τελευταία Τροποποίηση: 30/09/2020), Διαθέσιμο στο: <https://en.wikipedia.org/wiki/Trolleybus#History>
- [13] Το πρώτο αυτοκίνητο που δημιουργήθηκε πριν τη γαλλική επανάσταση (Τελευταία Τροποποίηση: 04/02/2017), Διαθέσιμο στο: <https://www.mixanitouxronou.gr>
- [14] Αυτοκίνητο (Τελευταία Τροποποίηση: 23/09/2020), Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%BF#%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1>
- [15] Μετρό Λονδίνου (Τελευταία Τροποποίηση: 01/09/2020), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CF%81%CF%8C\\_%CE%9B%CE%BF%CE%BD%CE%B4%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%85#cite\\_note-to-3](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CF%81%CF%8C_%CE%9B%CE%BF%CE%BD%CE%B4%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%85#cite_note-to-3)
- [16] Τυρινόπουλος, Ι, Κεπαπτσόγλου, Κ (2015), ‘Αξιολόγηση και Έλεγχος Ποιότητας Συγκοινωνιακών Συστημάτων και Υπηρεσιών’, *Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα*, σελ. 150 – 139
- [17] Ιστορικά στοιχεία για τον Ηλεκτρικό Σιδηρόδρομο, (Τελευταία Τροποποίηση: 05/12/2019) <http://www.stasy.gr/index.php?id=407&L=0%22a>
- [18] Ζαρταλούδης, Γ, Κουτελίδης, Δ, Νάθενας, Γ, Φασούλας, Σ, Καρατόλος, Δ. Φίλιππουπολίτης, Α (1997), ‘Οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι’, *Εκδόσεις Μίλητος*
- [19] Η ιστορία του Σιδηροδρόμου Πειραιάς – Κηφισιά, Διαθέσιμο στο: <https://www.sansimera.gr/articles/97>
- [20] Χατζηγεωργίου, Ά (1999) ‘Πού πας τρενάκι σε τέτοιους καιρούς...’, *Εφημερίδα Ελευθεροτυπία*, Ένθετο, σελ. 2.
- [21] Μαντζαρίδης, Π (1985) ‘Συνοπτικό Ιστορικό των Ελληνικών Σιδηροδρόμων’, *Η Αυγή*, σελ. 114
- [22] Σιδηροδρομική Υποδομή, Διαθέσιμο στο: <https://www.ose.gr/el/ecportal.asp?id=65&nt=18&lang=1>
- [23] Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδας (Τελευταία Τροποποίηση: 22/09/2020), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82\\_%CE%A3%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A3%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF)

- [24] Απογραφή Πληθυσμού – Κατοικιών 2011, *Ελληνική Στατιστική Αρχή*, Διαθέσιμο στο: <https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>
- [25] Γαβριήλ, Ι (2004), ‘Μελέτη της στατιστικής κατανομής των χρονοσειρών συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων PM10 στην περιοχή της Αθήνας’, *Διπλωματική Εργασία: ΔΠΜΣ Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων*
- [26] Χατζιωαννίδου, Ε (2004), ‘Και ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος μπήκε σε τροχιά’, *Εφημερίδα Καθημερινή*
- [27] Ντελέζος, Κ (2009), ‘Και ο Προαστιακός έπεσε’, *Εφημερίδα Τα Νέα*
- [28] ΤραϊνΟΣΕ (2017), ‘Σημαντικές Αλλαγές στον Προαστιακό Σιδηρόδρομο της Αθήνας από 30/07/2017’, *Ηλεκτρονική Σελίδα της ΤραϊνΟΣΕ*
- [29] Σγουρή, Κ, ‘Ηλεκτροκίνηση στις Μεταφορές – Παράγοντας Ανάπτυξης’, *Διπλωματική Εργασία: Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών*, σελ. 99-103
- [30] Προαστιακός Σιδηρόδρομος Αθήνας (Τελευταία Τροποποίηση: 07/09/2020), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82\\_%CF%83%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CF%8C%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%82\\_%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CF%8C%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1%CF%82)
- [31] Σιδηροδρομικοί Σταθμοί Πειραιά (Τελευταία Τροποποίηση: 21/09/2020), Διαθέσιμο στο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CE%BF%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF\\_%CE%A3%CF%84%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CE%AF\\_%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%AC](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CE%BF%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF_%CE%A3%CF%84%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CE%AF_%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%AC)
- [32] Σε λειτουργία ο σταθμός Ταύρος του Προαστιακού (Τελευταία Τροποποίηση: 30/09/2014), Διαθέσιμο στο: <https://www.athenstransport.com/2014/09/proastiakos-tauros/>
- [33] Αμαξοστοιχία – Θέατρο Το τρένο στο Ρουφ, Καλλιτεχνική Εταιρία Αξάνα, Διαθέσιμο στο: <https://totrenostorouf.gr/gr/axana/>
- [34] ΤραϊνΟΣΕ, ‘Σταθμός Λαρίσης, ο σταθμός της Αθήνας’, *Ηλεκτρονική Σελίδα της ΤραϊνΟΣΕ*

- [35] Καλαθάς, Α, 'Μαθήματα Γεωγραφίας', *Ηλεκτρονικό Βιβλίο, Κεφάλαιο 10: Η γη ως ουράνιο σώμα*
- [36] Λαζαρίδου – Αθανασιάδου Μ, 'Ηλιακή Ακτινοβολία', *Μάθημα Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας, ΤΕΙ Καβάλας*
- [37] Αντωνόπουλος Κίμων (2011), 'Θερμικά – Ηλιακά Συστήματα'
- [38] ASHRAE (2017), 'Πρότυπο 55: Θερμικές περιβαλλοντικές συνθήκες για ανθρώπινη πληρότητα' (στα αγγλικά)
- [39] Εκλειπτική (Τελευταία Τροποποίηση: 07/02/2020), Διαθέσιμο στο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BA%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>
- [40] Σιμόπουλος, Δ (2020), 'Ο ουρανός της Ελλάδος – Άνοιξη', *Εκδόσεις Μεταίχμιο*
- [41] Φωτοβολταϊκό Σύστημα, Διαθέσιμο στο:  
<https://www.wikiwand.com/el/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1>



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

[1] Ζήτηση Μετακινήσεων ως συνάρτηση του εισοδήματος

[https://transportgeography.org/?page\\_id=5027](https://transportgeography.org/?page_id=5027)

[2] Η συνεισφορά των μεταφορών στην οικονομική ανάπτυξη

<https://www.metaforespres.gr/gnomi/%CE%B7-%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CF%83%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%8E%CE%BD-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD/>

[3] International Energy Association. IEA and IPCC, 2014

[4] Analysis of Possible Causes of Road Congestion Problem in Dhaka City

<http://www.onlinejournal.in/IJIRV2I12/008.pdf>

[5] Charette, [http://www.ludimars.com/prestashop/product.php?id\\_product=1950](http://www.ludimars.com/prestashop/product.php?id_product=1950)

[6] Ancient Roman Carriages, <https://polycount.com/discussion/133536/ancient-roman-carriages>

[7] Carriage,

[https://en.wiktionary.org/wiki/carriage#/media/File:Abraham\\_Lincoln's\\_carriage\\_\(barouche\),\\_c.\\_1860-1865,\\_on\\_loan\\_from\\_the\\_Studebaker\\_National\\_Museum,\\_view\\_1\\_-\\_National\\_Museum\\_of\\_American\\_History\\_-\\_DSC00339.jpg](https://en.wiktionary.org/wiki/carriage#/media/File:Abraham_Lincoln's_carriage_(barouche),_c._1860-1865,_on_loan_from_the_Studebaker_National_Museum,_view_1_-_National_Museum_of_American_History_-_DSC00339.jpg)

[8] Terminal Omni, <https://radarbanyumas.co.id/catatan-dahlan-iskan/terminal-omni/>

[9] Ατμομηχανή «Rocket», <https://msexport.pl/en/maszyny-przemyslowe/>

[10] Το χρονολόγιο του ΤΡΑΜ στον κόσμο, [http://tramvageris.blogspot.com/2011/04/blog-post\\_27.html](http://tramvageris.blogspot.com/2011/04/blog-post_27.html)

[11] Η παλιά Αθήνα, <https://paliaathina.com/>

[12] Σιδηροδρομική Υποδομή, <https://www.ose.gr/el/ecportal.asp?id=65&nt=18&lang=1>

[13] Επεξεργασμένη εικόνα, αρχική πηγή: Χάρτης Μετρό – ΗΣΑΠ – Προαστιακός,

<https://iliuxtida.wordpress.com/2010/10/05/%CE%AC-%CF%8C-%CF%8C/>

[14] Γράφημα Δρομολογίων Προαστιακού της Αθήνας, Επεξεργασία: Βαγιακάκος Δημήτρης, <https://www.athenstransport.com/info/proastiakos/>

[15] Σφαίρα Γεωγραφικών Συντεταγμένων, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geographic\\_coordinates\\_sphere.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geographic_coordinates_sphere.svg)

[16] Επεξεργασμένη εικόνα, αρχική πηγή: Βιβλίο Αντωνόπουλου Κίμων, Θερμικά – Ηλιακά Συστήματα

Εικόνα εξωφύλλου: Προαστιακός Νερατζιώτισσας, Πηγή: Τα δρομολόγια του Προαστιακού της Αθήνας, Διαθέσιμο στο: <https://www.athenstransport.com/info/proastiakos/>