



«Σχολή Εφαρμοσμένων τεχνών και βιώσιμου
Σχεδιασμού»

«Σχεδιασμός Φωτισμού»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

« Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση Συστημάτων Οδικού Φωτισμού »

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής Α: ΜΑΔΙΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής Β: ΔΟΥΛΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

Πάτρα, Ιούνιος 2026

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



«Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση Συστημάτων Οδικού Φωτισμού»

Γεωργίου Δημήτριος

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΜΑΔΙΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

ΔΟΥΛΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

Πάτρα, Ιούνιος 2026

«Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου για την σημαντική βοήθεια τους για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή τους και την στήριξη που μου έδειξαν»

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων.....	8
Κατάλογος Πινάκων.....	13
Περίληψη	16
Λέξεις κλειδιά	16
Abstract.....	17
Keywords.....	17
1. Οδικός Φωτισμός	18
1.1 Πρότυπο οδικού φωτισμού EN13201.....	18
1.2 Φωτομετρικές απαιτήσεις αυτοκινητοδρόμου	18
1.3 Φωτομετρικές απαιτήσεις δρόμου ήπιας κυκλοφορίας	22
2. Φωτομετρική μελέτη αυτοκινητοδρόμου.....	25
2.1 Επιλογή φωτιστικών για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου	25
2.1.1 Επιλογή 1: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W	25
2.1.2 Επιλογή 2: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W	27
2.1.3 Επιλογή 3: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830	28
2.1.4 Επιλογή 4: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830	30
2.1.5 Επιλογή 5: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT FLEX MEDIUM RV25ST	31
2.2 Φωτομετρική μελέτη αυτοκινητοδρόμου με την βοήθεια του προγράμματος RELUX 33	
2.2.1 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 1	33
2.2.2 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 2	34
2.2.3 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 3	36
2.2.4 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 4	38
2.2.5 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 5	40
2.3 Τεχνοοικονομική μελέτη αυτοκινητοδρόμου.....	43
2.3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 1	43
2.3.2 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 2	44
2.3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 3	46
2.3.4 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 4	48
2.3.5 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 5	49
3. Φωτομετρική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας	52

3.1 Επιλογή φωτιστικών για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας.....	52
3.1.1 Επιλογή 1: Φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST ...	52
3.1.2 Επιλογή 2: Φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST ...	54
3.1.3 Επιλογή 3: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830	56
3.1.4 Επιλογή 4: Φωτιστικό PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W	58
3.1.5 Επιλογή 5: Φωτιστικό OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W.....	60
3.2 Φωτομετρική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας με την βοήθεια του προγράμματος RELUX	62
3.2.1 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 1	62
3.2.2 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 2	63
3.2.3 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 3	65
3.2.4 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 4	66
3.2.5 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 5	67
3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας.....	69
3.3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 1	69
3.3.2 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 2	70
3.3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 3	72
3.3.4 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 4	74
3.3.5 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 5	75
4. Πολυκριτηριακή αξιολόγηση PROMETHEE	78
4.1 Εισαγωγή στην μέθοδο PROMETHEE.....	78
4.1.1 Κατώφλια.....	78
4.1.2 Στάδια μεθοδολογίας PROMETHEE	79
4.2 Πολυκριτηριακή αξιολόγηση μελέτης φωτισμού αυτοκινητοδρόμου	82
4.2.1 Αξιολόγηση με ισορροπημένα βάρη κριτηρίων.....	82
4.2.2 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα οικονομικά δεδομένα	85
4.2.3 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	87
4.2.4 Συνολική σύγκριση των αξιολογήσεων	89
4.3 Πολυκριτηριακή αξιολόγηση μελέτης φωτισμού δρόμου ήπιας κυκλοφορίας	90
4.3.1 Αξιολόγηση με ισορροπημένα βάρη κριτηρίων.....	90
4.3.2 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα οικονομικά δεδομένα	93
4.3.3 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	95
4.3.4 Συνολική σύγκριση των αξιολογήσεων	97

Συμπεράσματα.....	98
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	99

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1) Όψη φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή: https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c262125?productId=242306	25
Εικόνα 2) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή: https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-str	26
Εικόνα 3) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή: https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c262125?productId=242306	26
Εικόνα 4) Όψη φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410	27
Εικόνα 5) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410	27
Εικόνα 6) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ledvance STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410	28
Εικόνα 7) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product	28
Εικόνα 8) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product	29
Εικόνα 9) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product	29
Εικόνα 10) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product	30

Εικόνα 11) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product	30
Εικόνα 12) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product	31
Εικόνα 13) Όψη φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503	31
Εικόνα 14) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503	32
Εικόνα 15) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503	32
Εικόνα 16) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX.....	33
Εικόνα 17) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX.....	34
Εικόνα 18) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX.....	35
Εικόνα 19) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX.....	36
Εικόνα 20) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX.....	37
Εικόνα 21) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX.....	38
Εικόνα 22) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX.....	39
Εικόνα 23) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX.....	40
Εικόνα 24) Στοιχεία φωτισμού αυτοκινητοδρόμου από RELUX	41
Εικόνα 25) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX.....	42
Εικόνα 26) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	43
Εικόνα 27) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	45
Εικόνα 28) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	46
Εικόνα 29) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	48
Εικόνα 30) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	50
Εικόνα 31) Όψη φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	52
Εικόνα 32) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	53

Εικόνα 33) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	53
Εικόνα 34) Όψη φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	54
Εικόνα 35) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	55
Εικόνα 36) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683	55
Εικόνα 37) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή: https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product	56
Εικόνα 38) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή: https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product	57
Εικόνα 39) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή: https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product	57
Εικόνα 40) Όψη φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή: https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020	58
Εικόνα 41) Διατάξεις φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή: https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020	59
Εικόνα 42) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή: https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020	59
Εικόνα 43) Όψη φωτιστικού OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή: https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas	60

Εικόνα 44) Διαστάσεις φωτιστικού OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή: https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas	61
Εικόνα 45) Πολικό Διάγραμμα OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή: https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas	61
Εικόνα 46) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux.....	62
Εικόνα 47) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux.....	63
Εικόνα 48) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux.....	64
Εικόνα 49) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux.....	64
Εικόνα 50) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux.....	65
Εικόνα 51) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux.....	65
Εικόνα 52) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux.....	66
Εικόνα 53) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux.....	67
Εικόνα 54) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux.....	67
Εικόνα 55) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux.....	68
Εικόνα 56) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	69
Εικόνα 57) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	71
Εικόνα 58) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	72
Εικόνα 59) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	74
Εικόνα 60) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)	75
Εικόνα 61) Ζώνες προτίμησης και αδιαφορίας PROMETHEE, πηγή: https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2020-10/%CE%A0%CE%A3%CE%A5%CE%91%20-%20%CE%A32.%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%202.pdf .78	78
Εικόνα 62) Ήδη κριτηρίων μεθόδου PROMETHEE, πηγή: https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2020-10/%CE%A0%CE%A3%CE%A5%CE%91%20-%20%CE%A32.%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%202.pdf .80	80
Εικόνα 63) Δεδομένα αξιολόγησης (Visual PROMETHEE) για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου	84
Εικόνα 64) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	84
Εικόνα 65) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	85
Εικόνα 66) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	86
Εικόνα 67) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	87
Εικόνα 68) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	88
Εικόνα 69) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	89
Εικόνα 70) Δεδομένα αξιολόγησης (Visual PROMETHEE) για τον φωτισμό δρόμου ήπιας κυκλοφορίας	91
Εικόνα 71) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	92
Εικόνα 72) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	92
Εικόνα 73) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	94
Εικόνα 74) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	94

Εικόνα 75) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II.....	96
Εικόνα 76) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE ...	96

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	19
Πίνακας 2) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	19
Πίνακας 3) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	20
Πίνακας 4) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	20
Πίνακας 5) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	20
Πίνακας 6) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	21
Πίνακας 7) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	21
Πίνακας 8) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	21
Πίνακας 9) Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού Μ κατά ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας	22
Πίνακας 10) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Ρ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	22
Πίνακας 11) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Ρ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	23
Πίνακας 12) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Ρ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	23
Πίνακας 13) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Ρ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	23

Πίνακας 14) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.....	24
Πίνακας 15) Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού P κατά ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας	24
Πίνακας 16) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W	25
Πίνακας 17) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W	27
Πίνακας 18) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830	28
Πίνακας 19) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830	30
Πίνακας 20) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730	32
Πίνακας 21) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 1	34
Πίνακας 22) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 2	35
Πίνακας 23) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 3	37
Πίνακας 24) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 4	39
Πίνακας 25) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 5	41
Πίνακας 26) Τεχνοοικονομική μελέτη 1	44
Πίνακας 27) Τεχνοοικονομική μελέτη 2	46
Πίνακας 28) Τεχνοοικονομική μελέτη 3	47
Πίνακας 29) Τεχνοοικονομική μελέτη 4	49
Πίνακας 30) Τεχνοοικονομική μελέτη 5	51
Πίνακας 31) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST.52	
Πίνακας 32) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST.54	
Πίνακας 33) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830	56
Πίνακας 34) Στοιχεία φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W	58
Πίνακας 35) Στοιχεία φωτιστικού OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W	60
Πίνακας 36) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 1	63
Πίνακας 37) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 2	64
Πίνακας 38) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 3	65
Πίνακας 39) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 4	66
Πίνακας 40) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 5	68
Πίνακας 41) Τεχνοοικονομική Μελέτη 1	70
Πίνακας 42) Τεχνοοικονομική Μελέτη 2	72
Πίνακας 43) Τεχνοοικονομική Μελέτη 3	73
Πίνακας 44) Τεχνοοικονομική Μελέτη 4	75
Πίνακας 45) Τεχνοοικονομική Μελέτη 5	76
Πίνακας 46) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου	83
Πίνακας 47) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου	86
Πίνακας 48) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου	88
Πίνακας 49) Θέσεις κατάταξης λαμπτήρων βάση αναλύσεων από το PROMETHEE	89
Πίνακας 50) Συνολική βαθμολογία προτίμησης των λαμπτήρων από πρόγραμμα PROMETHEE	90
Πίνακας 51) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας.....	91

Πίνακας 52) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας.....	93
Πίνακας 53) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας.....	95
Πίνακας 54) Θέσεις κατάταξης λαμπτήρων βάση αναλύσεων από το PROMETHEE	97
Πίνακας 55) Συνολική βαθμολογία προτίμησης των λαμπτήρων από πρόγραμμα PROMETHEE	97

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει θέμα την πολυκριτηριακή αξιολόγηση συστημάτων οδικού φωτισμού με την βοήθεια του προγράμματος αξιολόγησης PROMETHEE και του προγράμματος φωτομετρικών μελετών RELUX. Πιο συγκεκριμένα θα γίνουν φωτομετρικές μελέτες σε περιβάλλον δρόμου, με διαφορετικά φωτιστικά οδικού φωτισμού που θα επιλεγούν. Τα φωτομετρικά αλλά και οικονομικά στοιχεία των μελετών αυτών θα αναλυθούν και θα συγκριθούν μεταξύ τους με το πρόγραμμα PROMETHEE. Οι μελέτες οδικού φωτισμού θα γίνουν βάσει του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201.

Λέξεις κλειδιά

Οδικός φωτισμός, φωτιστικά οδικού φωτισμού, φωτομετρική μελέτη, RELUX, πολυκριτηριακή αξιολόγηση, PROMETHEE

Multi-criteria evaluation of road lighting systems

Georgiou Dimitrios

Abstract

This paper is about the multi-criteria evaluation of road lighting systems with the help of the PROMETHEE evaluation program and the RELUX photometric studies program. More specifically, photometric studies will be carried out in a street environment with different road lights that will be selected and the photometric and economic data of these studies will be analyzed and compared with each other using the PROMETHEE program. Road lighting studies will be based on the ELOT EN13201 standard.

Keywords

Street lighting, street lights, photometric study, RELUX, multi-criteria evaluation, PROMETHEE

1. Οδικός Φωτισμός

1.1 Πρότυπο οδικού φωτισμού EN13201

Η μελέτες φωτισμού της εργασίας γίνονται βάση προτύπου ΕΛΟΤ EN13201 το οποίο αφορά τον οδικό φωτισμό. Το πρότυπο περιλαμβάνει οδηγίες για την επάρκεια φωτισμού και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού που απαιτεί ένας δρόμος ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του. Περιλαμβάνει επίσης οδηγίες και για το οικονομικό σκέλος.

Το πρότυπο κατηγοριοποιεί τις οδούς ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους σε διαφορετικές κατηγορίες. Κάθε κατηγορία έχει διαφορετικές απαιτήσεις από τον φωτισμό του. Το πως κατηγοριοποιείται ένας δρόμος καθορίζεται κυρίως από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του και το είδος των χρηστών. Οι τρεις κύριες κατηγορίες είναι η κατηγορία Class M, Class C και Class P. Η κατηγορία M (Motorised traffic) αφορά αυτοκινητόδρομους όπου συνήθως οι ταχύτητες είναι μεγάλες και οι χρήστες κυρίως αυτοκίνητα. Η κατηγορία C (Conflict areas) αφορά περιοχές κινδύνου, δηλαδή διασταυρώσεις και περιοχές μεικτής χρήσης όπου οι χρήστες είναι, εκτός από αυτοκίνητα, πεζοί και ποδηλάτες. Η κατηγορία P (Pedestrian and low speed areas) αφορά πεζόδρομους, ποδηλατοδρόμους και δρόμους μεικτής χρήσης και ήπιας κυκλοφορίας. Ανάλογα με την κατηγορία αλλά και τις επιμέρους κατηγοριοποιήσεις όπως η ταχύτητα κίνησης των χρηστών, το ήθος των χρηστών, η πολυπλοκότητα της περιοχής κ.α., προκύπτουν τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται από τον φωτισμό. Οι τιμές των φωτομετρικών χαρακτηριστικών του φωτισμού του δρόμου που θα σχεδιαστεί, δεν πρέπει να αποκλίνουν πάνω από 10% από τις ελάχιστες τιμές που ορίζει το πρότυπο.

Το πρότυπο περιγράφει και τεχνοοικονομικά την μελέτη ενός οδικού φωτισμού όπου υπολογίζεται και το αρχικό κόστος εγκατάστασης αλλά και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Έτσι υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης του έργου σε περίπτωση αναβάθμισης υπάρχοντος φωτισμού και το ολικό κόστος του φωτισμού σε περίπτωση νέας εγκατάστασης.

1.2 Φωτομετρικές απαιτήσεις αυτοκινητοδρόμου

Σε αυτήν την μελέτη θα εξεταστούν δύο δρόμοι, ένας αυτοκινητόδρομος και ένας δρόμος ήπιας κυκλοφορίας. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των δύο δρόμων μπορούμε να υπολογίσουμε την κλάση τους βάσει του EN/TR 13201-1:2014.

Ο πρώτος δρόμος, ο αυτοκινητόδρομος 10 χιλιομέτρων, εμπίπτει στην κατηγορία M (Motorised). Έχει δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση και βρίσκεται εντός αστικού ιστού. Το πλάτος του δρόμου είναι επτά μέτρα ανά κατεύθυνση. Η τυπική ταχύτητα των χρηστών του είναι

80km/h. Η ταχύτητα των χρηστών μας μας δίνει βαρύτητα 1 βάσει και του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή (2)	$v \geq 100 \text{ km/h}$
	Υψηλή (1)	$70 < v < 100 \text{ km/h}$
	Μέση (-1)	$40 < v < 70 \text{ km/h}$
	Χαμηλή (-2)	$v \leq 40 \text{ km/h}$

Ο δρόμος έχει έναν μέσο κυκλοφοριακό φόρτο, περίπου στο 50% της μέγιστης χωρητικότητας του οπότε βάσει του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) έχει βαρύτητα 0.

Πίνακας 2) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή	
Κυκλοφοριακός φόρτος		Αυτοκινητόδρομοι, κατευθύνσεις πολλαπλών λωρίδων	Κατευθύνσεις δύο λωρίδων
	Υψηλός (1)	> 65% της μέγιστης χωρητικότητας	> 45% της μέγιστης χωρητικότητας
	Μέσος (0)	35%-65% της μέγιστης χωρητικότητας	15%-45% της μέγιστης χωρητικότητας
	Χαμηλός (-1)	< 35% της μέγιστης χωρητικότητας	< 15% της μέγιστης χωρητικότητας

Ο δρόμος έχει μεικτή σύνθεση χρηστών, με κύρια κατηγορία χρηστών βέβαια τα αυτοκίνητα. Βάσει του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3) έχει βαρύτητα 1.

Πίνακας 3) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη μηχανοκίνητων (2)
	Μεικτή (1)
	Μόνο μηχανοκίνητα (0)

Στον δρόμο υπάρχει διαχωριστική νησίδα πλάτους 1 μέτρου οπότε έχει βαρύτητα 0 βάσει του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι (1)
	Ναι (0)

Στον δρόμο δεν υπάρχει συχνή πυκνότητα διασταυρώσεων και είναι μικρότερη από τρεις ανά χιλιόμετρο άρα έχει βαρύτητα 0 σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5).

Πίνακας 5) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή	
Πυκνότητα κόμβων		Διασταυρώσεις / km	Απόσταση μεταξύ ανισόπεδων κόμβων (km)
	Υψηλός (1)	> 3	< 3
	Μέσος (0)	≤ 3	≥ 3

Στα πεζοδρόμια στις άκρες του δρόμου δεν υπάρχουν σταθμευμένα οχήματα και γενικά απαγορεύεται η στάθμευση, οπότε έχει βαρύτητα 0 σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6).

Πίνακας 6) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα (1)
	Απόντα (0)

Ο δρόμος βρίσκεται εντός αστικού ιστού αλλά χωρίς πλούσια παρουσία εμπορικών καταστημάτων και γενικά έντονο φωτισμό. Σύμφωνα λοιπόν με το παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7) έχει βαρύτητα 0.

Πίνακας 7) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός (1)	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.
	Μέσος (0)	Συνήθεις καταστάσεις
	Χαμηλός (-1)	

Ο δρόμος είναι κατά βάση ευθεία αλλά λόγω της μεικτής χρήσης και των υψηλών ταχυτήτων κρίνεται ότι έχει υψηλή δυσκολία. Έτσι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 8) έχει βαρύτητα 1.

Πίνακας 8) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή (2)
	Υψηλή (1)
	Χαμηλή (0)

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω ο δρόμος έχει τρεις πόντους βαρύτητας (VHS). Η κλάση υπολογίζεται από την πράξη $M=6-VHS$, οπότε είναι κλάσης M3. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9) φαίνονται οι φωτομετρικές απαιτήσεις των δρόμων κλάσης M3.

Πίνακας 9) Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού M κατά ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κλάση	Λαμπρότητα οδοστρώματος για στεγνό και βρεγμένο οδόστρωμα				Δείκτης Θάμβωσης	Φωτισμός όμορων περιοχών
	Στεγνό			Βρεγμένο	Στεγνό	Στεγνό
	Lav (cd/m ²)	Uο	Uι	Uow	fπi	Rei
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

1.3 Φωτομετρικές απαιτήσεις δρόμου ήπιας κυκλοφορίας

Αντίστοιχα και για τον δεύτερο δρόμο υπάρχει σχετική κατηγοριοποίηση ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του. Ο δρόμος είναι ήπιας κυκλοφορίας μήκους ενός χιλιομέτρου σε αστικό ιστό και εντάσσεται στην κατηγορία P (Pedestrian and low speed areas). Ο δρόμος έχει πλάτος 5,5 μέτρων και πεζοδρόμιο 1 μέτρου και στις δύο πλευρές του δρόμου. Ο δρόμος έχει παρουσία αυτοκινήτων με ταχύτητες μικρότερες των 40km/h, οπότε έχει βαρύτητα 1 βάσει του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10).

Πίνακας 10) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Χαμηλή (1)	$v \leq 40$ km/h
	Πολύ χαμηλή - βάδισμα (0)	Ταχύτητα βαδίσματος

Η πυκνότητα της κυκλοφορίας είναι σχετικά μικρή οπότε έχει βαρύτητα (-1) σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 11).

Πίνακας 11) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός (1)
	Μέσος (0)
	Μόνο μηχανοκίνητα (-1)

Ο δρόμος έχει μεικτή χρήση καθώς οι χρήστες του είναι και αυτοκίνητα αλλά και πεζοί και ποδηλάτες. Σύμφωνα λοιπόν με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 12) έχει βαρύτητα (2).

Πίνακας 12) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Σύνθεση χρηστών	Πεζοί, ποδηλάτες και μηχανοκίνητα (2)
	Πεζοί και μηχανοκίνητα (1)
	Πεζοί και ποδηλάτες (1)
	Πεζοί (0)
	Ποδηλάτες (0)

Στον δρόμο υπάρχουν σταθμευμένα οχήματα οπότε σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 13) έχει βαρύτητα 1.

Πίνακας 13) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα (1)
	Απόντα (0)

Ο δρόμος περιβάλλεται από σπίτια οπότε δεν υπάρχει ιδιαίτερος φωτισμός πέραν του δρόμου, οπότε σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 14) έχει βαρύτητα (0).

Πίνακας 14) Κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κριτήριο	Επιλογές-Βάρος	Περιγραφή
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός (1)	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.
	Μέσος (0)	Συνήθεις καταστάσεις
	Χαμηλός (-1)	

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο δρόμος έχει βαρύτητα (VHS) 3. Η κλάση του δρόμου βγαίνει από την πράξη P=6-VHS. Στην περίπτωση μας λοιπόν ο δρόμος είναι κλάσης P3. Παρακάτω στο πίνακα (Πίνακας 15) φαίνονται οι φωτομετρικές απαιτήσεις για τους δρόμους κλάσης P.

Πίνακας 15) Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού P κατά ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016, Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας

Κλάση	Ένταση φωτισμού		Πρόσθετες απαιτήσεις όταν είναι απαραίτητη η αναγώριση προσώπων	
	E (lx)	E _{min} (lx)	E _v (lx)	E _{sc} (lx)
P1	15.0	3.00	5.00	5.00
P2	10.0	2.00	3.00	2.00
P3	7.50	1.50	2.50	1.50
P4	5.00	1.00	1.50	1.00
P5	3.00	0.60	1.00	0.60
P6	2.00	0.40	0.60	0.20
P7	Δεν έχει οριστεί			

2. Φωτομετρική μελέτη αυτοκινητοδρόμου

2.1 Επιλογή φωτιστικών για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου

Για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου έχουν επιλεγεί πέντε διαφορετικά φωτιστικά. Τα φωτιστικά αναλόγως των χαρακτηριστικών τους θα τοποθετηθούν σε διαφορετικές αποστάσεις και ύψη ώστε να έχουν την ιδανική για την κάθε περίπτωση τοποθέτηση.

2.1.1 Επιλογή 1: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W

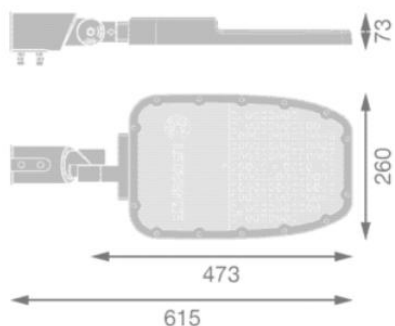
Το πρώτο είναι της εταιρείας LEDVANCE και έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



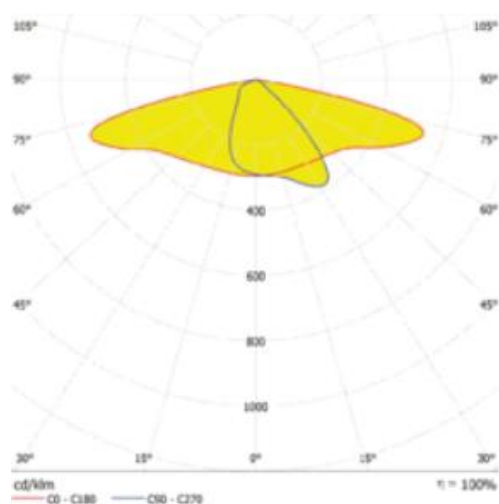
Εικόνα 1) Όψη φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή:
<https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c262125?productId=242306>

Πίνακας 16) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W

LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	11700
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	130
Ονομαστική ισχύς (W)	90
Τιμή	226,27€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	OXI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L80/B10 70000h



Εικόνα 2) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή: <https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-str>



Εικόνα 3) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, πηγή: <https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c262125?productId=242306>

2.1.2 Επιλογή 2: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W

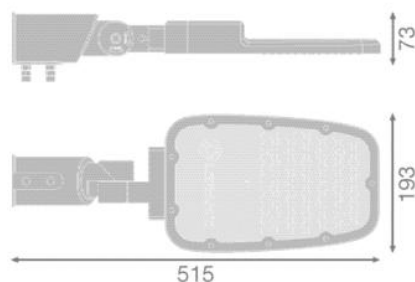
Το δεύτερο φωτιστικό που έχει επιλεγεί έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



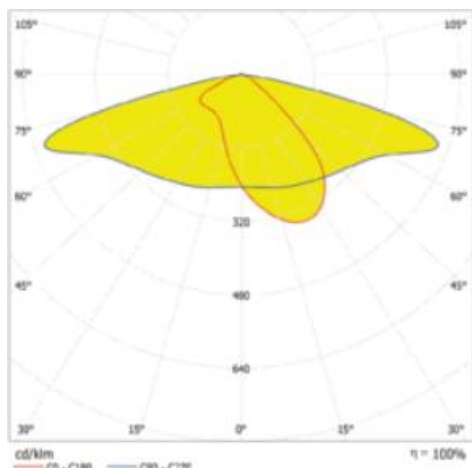
Εικόνα 4) Όψη φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410>

Πίνακας 17) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W

LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	8450
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	130
Ονομαστική ισχύς (W)	65
Τιμή	101,93€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	OXI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L80/B10 88000h



Εικόνα 5) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410>



Εικόνα 6) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ledvance STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W, πηγή: <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410>

2.1.3 Επιλογή 3: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830

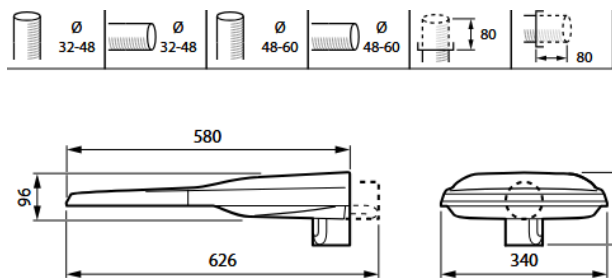
Το τρίτο φωτιστικό που έχει επιλεγεί έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



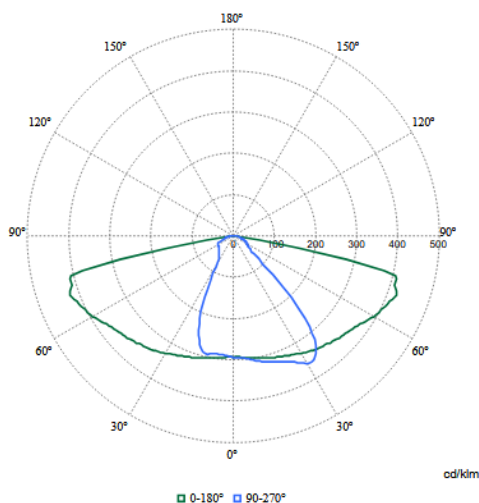
Εικόνα 7) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product

Πίνακας 18) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830

PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	8700
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	132
Ονομαστική ισχύς (W)	66
Τιμή	208,25€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	80
Dimmable	NAI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L97/B10 100000h



Εικόνα 8) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product



Εικόνα 9) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product

2.1.4 Επιλογή 4: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830

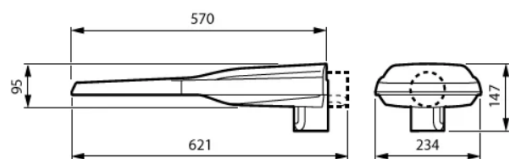
Το τέταρτο φωτιστικό που έχει επιλεγεί έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



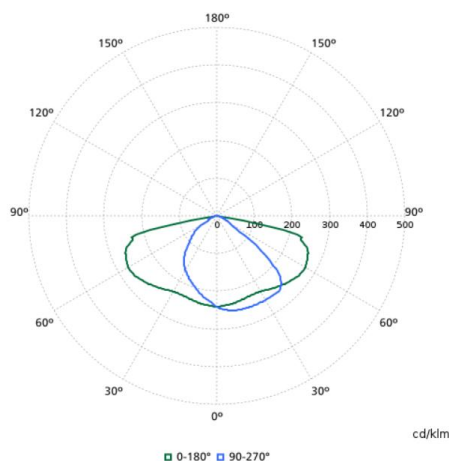
Εικόνα 10) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product

Πίνακας 19) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830

PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	6364
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	122
Ονομαστική ισχύς (W)	52
Τιμή	192,95€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	80
Dimmable	NAI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L96/B10 100000h



Εικόνα 11) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή: https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product



Εικόνα 12) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830, πηγή:
https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product

2.1.5 Επιλογή 5: Φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT FLEX MEDIUM RV25ST

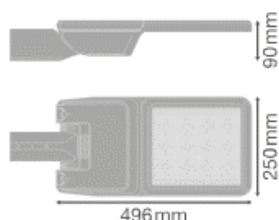
Το πέμπτο φωτιστικό που επιλέχθηκε έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



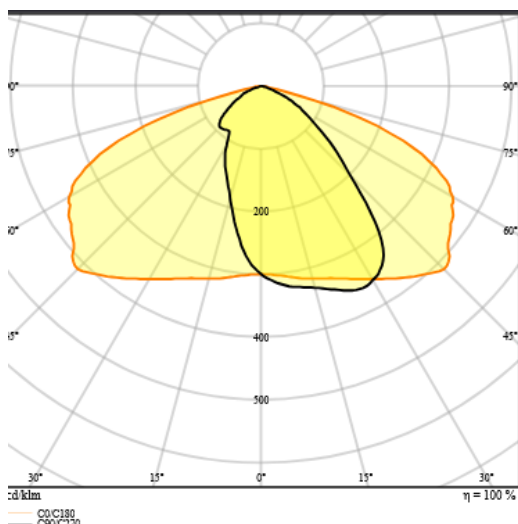
Εικόνα 13) Όψη φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή:
<https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503>

Πίνακας 20) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730

LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	8250
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/w)	142
Ονομαστική ισχύς (W)	58
Τιμή	300€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	OXI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L90/B10 100000h



Εικόνα 14) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503>



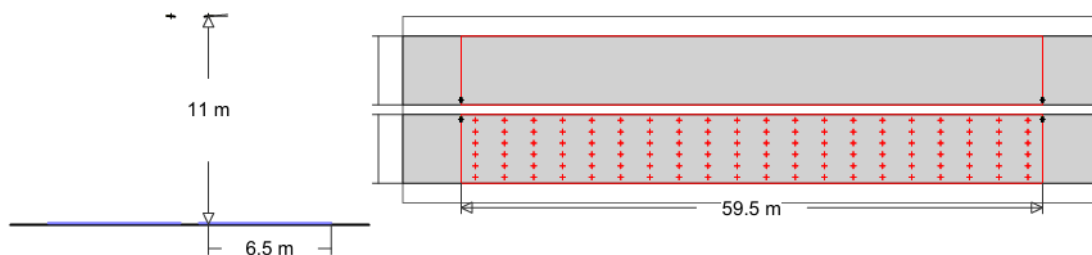
Εικόνα 15) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503>

2.2 Φωτομετρική μελέτη αυτοκινητοδρόμου με την βοήθεια του προγράμματος RELUX

Για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου έγιναν ισάριθμες φωτομετρικές μελέτες με τα επιλεγέντα φωτιστικά. Έχει γίνει βελτιστοποίηση της θέσης των ιστών φωτισμού αλλά και του ύψους τους ανάλογα με το φωτιστικό που χρησιμοποιείται κάθε φορά.

2.2.1 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 1

Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.1.1. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 11 μέτρων σε απόσταση 59,5m μεταξύ τους με βραχίονα μήκους 50cm (Εικόνα 16). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι στην νησίδα και ο καθένας έχει 2 φωτιστικά, καθένα εκ των οποίων φωτίζει την κάθε λωρίδα του δρόμου (Εικόνα 17).



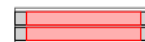
1	Ledvance	
	Order No.	: 4099854079825
	Luminaire name	: STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W 730 RV35ST GY
	Equipment	: 1 x LED 90 W / 11700 lm

MyLumRow

Luminaire placing	: Central (two rows)	Maintenance factor	: 0.80
Luminaire spacing	: 59.50 m	Height (phot. centre)	: 11.00 m
Overhang	: 0.50 m	Tilt	: 5.00 °
Abs. position	: 6.50 m	Glare index class	: D4
Load/km	: 3025 W/km	Lum. intensity class	: G*2

Road

Width	: 7.00 m	Lanes	: 2
Central reservation	: 1.00 m		
Surface	: R3, q0=0.07		



Luminance

Calculation field: 59.5m x 7m (20 x 6 pts)

Observer

2 : x=-60.00m, y=5.25m, z=1.50m

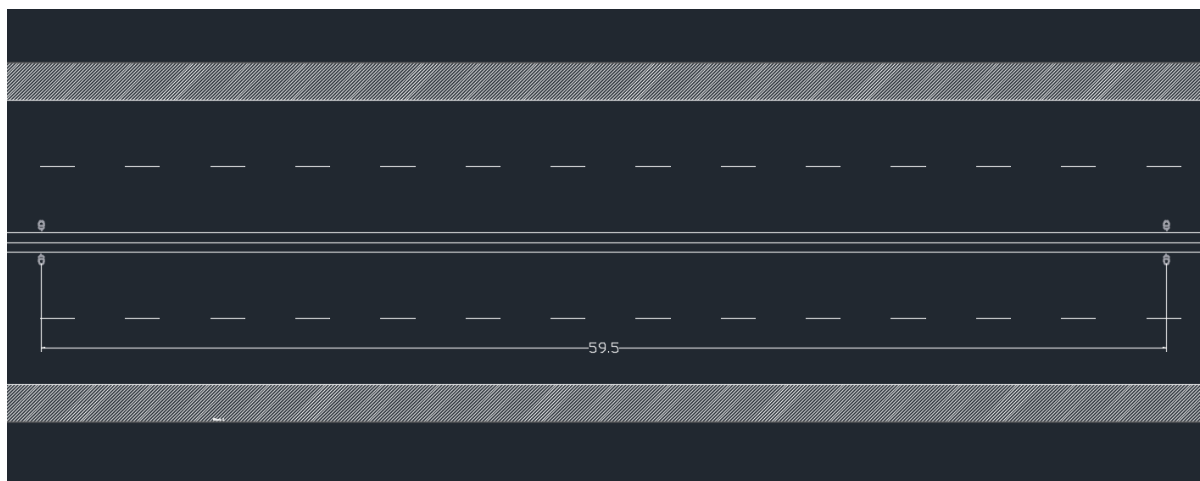
1 : x=-60.00m, y=1.75m, z=1.50m

Lane	$\bar{L}_m$	U_o	U_i	f_{TI}	REI
2:(y=5.25)	1.02 cd/m ² ✓	0.40 ✓	0.60 ✓	15 ✓	1.06 ✓
1:(y=1.75)	1.11 cd/m ² ✓	0.42 ✓	0.62 ✓	10 ✓	0.74 ✓
M3	>= 1.00 cd/m ²	>= 0.40	>= 0.60	<= 15	>= 0.30

Εικόνα 16) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX

Πίνακας 21) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 1

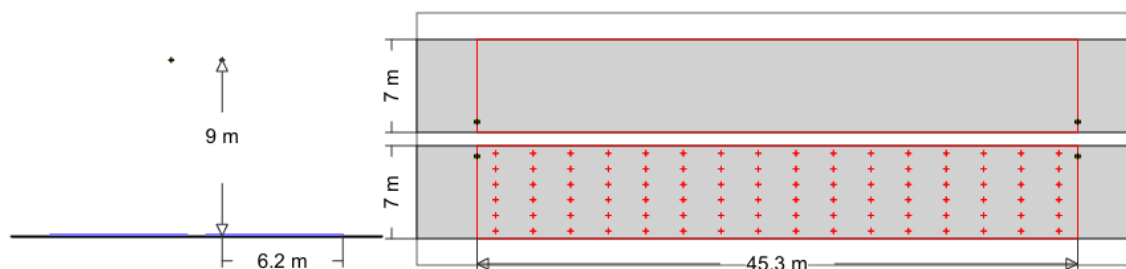
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού			
	Λωρίδα 1	Λωρίδα 2	Προδιαγραφές (M3)
L_{av} (cd/m ²)	1,11	1,02	≥ 1
U_o	0,42	0,40	$\geq 0,4$
U_I	0,62	0,60	$\geq 0,6$
U_{ow}	0,28	0,25	$\geq 0,15$
TI	10	15	≤ 15
EIR	0,74	1,06	$\geq 0,3$



Εικόνα 17) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από AutoCAD

2.2.2 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 2

Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.1.2. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 9m σε απόσταση 45,3m μεταξύ τους με βραχίονα μήκους 80cm (Εικόνα 18). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι στην νησίδα και ο καθένας έχει 2 φωτιστικά, καθένα εκ των οποίων φωτίζει την κάθε λωρίδα του δρόμου (Εικόνα 19).



Ledvance GmbH

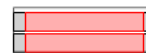
1  Order No. : 4099854030451
Luminaire name : SL AREA SPD MD V 65W 730 RV20ST GY
Equipment : 1 x 65 W / 8450 lm

MyLumRow

Luminaire placing	: Central (two rows)	Maintenance factor	: 0.80
Luminaire spacing	: 45.30 m	Height (phot. centre)	: 9.00 m
Overhang	: 0.80 m	Tilt	: 0.00 °
Abs. position	: 6.20 m	Glare index class	: D3
Load/km	: 2870 W/km	Lum. intensity class	: G*2

Road

Width	: 7.00 m	Lanes	: 2
Central reservation	: 1.00 m		
Surface	: R3, q0=0.07		



Luminance

Calculation field: 45.3m x 7m (16 x 6 pts)

Observer

2 : x=-60.00m, y=5.25m, z=1.50m

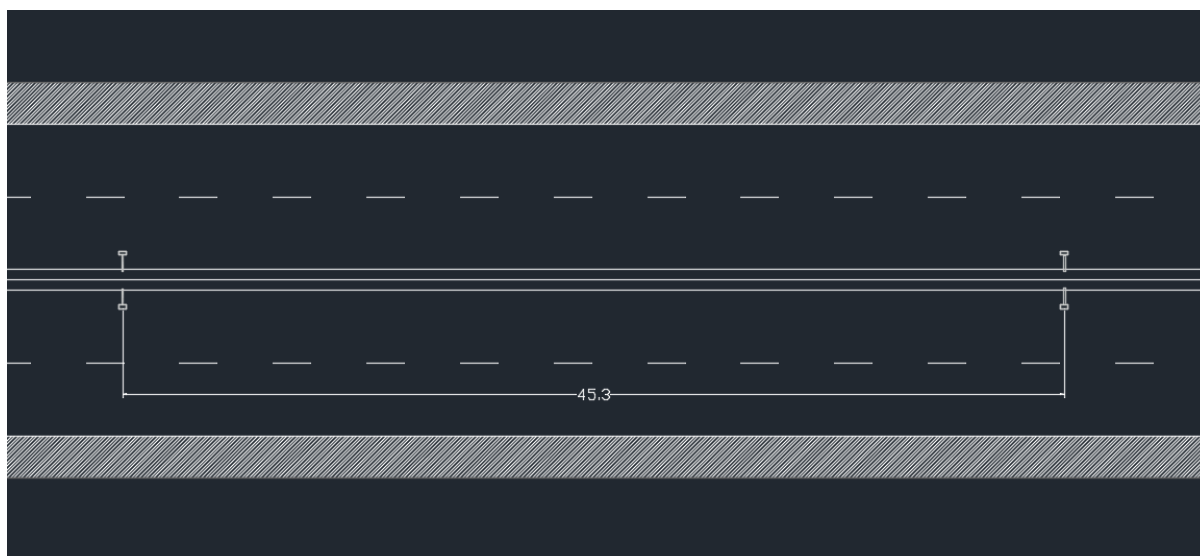
1 : x=-60.00m, y=1.75m, z=1.50m

Lane	E_m	U_o	U_i	f_{TI}	REI
2:(y=5.25)	1.00 cd/m ² ✓	0.46 ✓	0.63 ✓	15 ✓	0.99 ✓
1:(y=1.75)	1.08 cd/m ² ✓	0.47 ✓	0.64 ✓	12 ✓	0.55 ✓
M3	>= 1.00 cd/m ²	>= 0.40	>= 0.60	<= 15	>= 0.30

Εικόνα 18) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX

Πίνακας 22) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 2

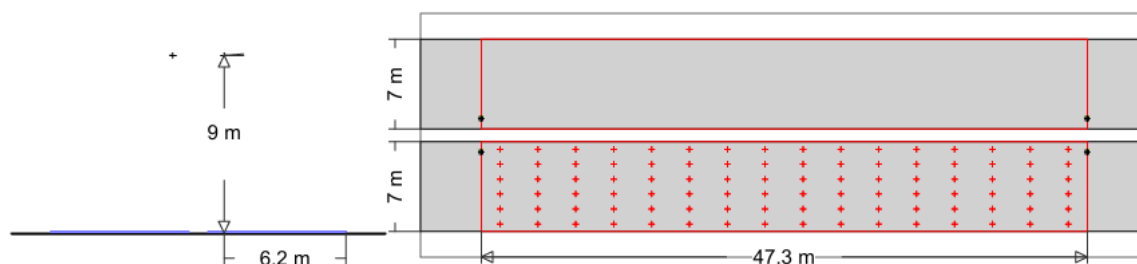
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού			
	Λωρίδα 1	Λωρίδα 2	Προδιαγραφές (M3)
L_{av} (cd/m ²)	1,08	1,00	>=1
U_o	0,47	0,46	>=0,4
U_i	0,64	0,63	>=0,6
U_{ow}	0,30	0,29	>=0,15
TI	12	15	<=15
EIR	0,55	0,99	>=0,3



Εικόνα 19) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από AutoCAD

2.2.3 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 3

Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830 όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.1.3. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 9m σε απόσταση 47,3m μεταξύ τους με βραχίονα μήκους 80cm (Εικόνα 20). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι στην νησίδα και ο καθένας έχει 2 φωτιστικά, καθένα εκ των οποίων φωτίζει την κάθε λωρίδα του δρόμου (Εικόνα 21).



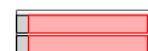
1 **Signify, Philips**
Order No. : BGP283I-16868ed8-fce7-4f3b-94b9-d17927a14775
Luminaire name : BGP283 T25 LED100-4S/830 PSDD DN10 FG
Equipment : 1 x LED100-4S/830 66 W / 10000 lm

MyLumRow

Luminaire placing : Central (two rows) Maintenance factor : 0.80
Luminaire spacing : 47.30 m Height (phot. centre) : 9.00 m
Overhang : 0.80 m Tilt : 5.00 °
Abs. position : 6.20 m Glare index class : D5
Load/km : 2791 W/km Lum. intensity class : n/a

Road

Width : 7.00 m Lanes : 2
Central reservation : 1.00 m
Surface : R3, q0=0.07



Luminance

Calculation field: 47.3m x 7m (16 x 6 pts)

Observer

2 : x=-60.00m, y=5.25m, z=1.50m

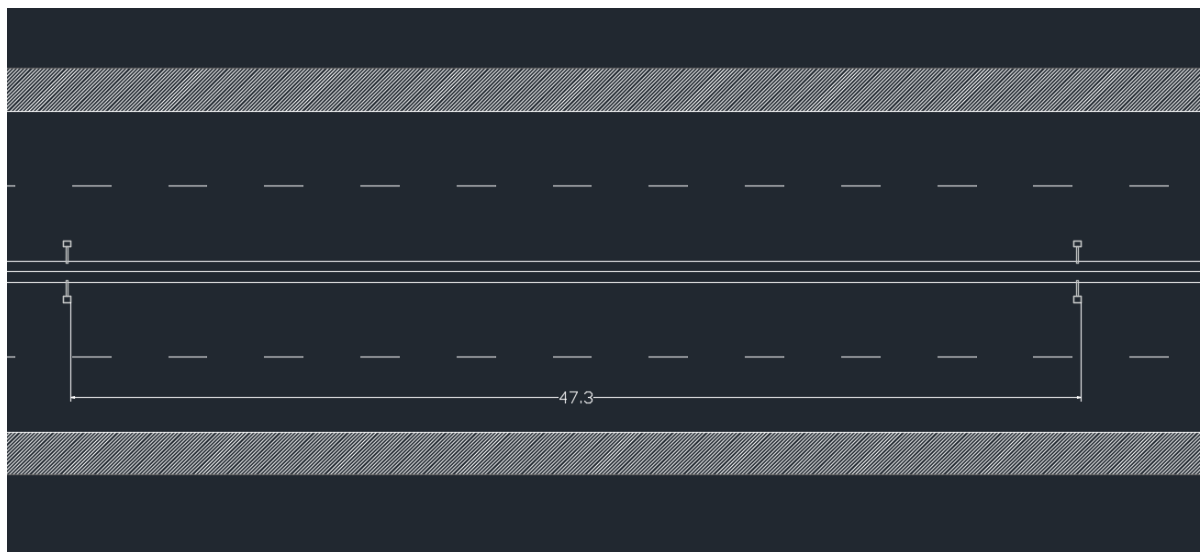
1 : x=-60.00m, y=1.75m, z=1.50m

Lane	$\bar{L}_m$	U_o	U_i	f_{TI}	REI
2:(y=5.25)	1.01 cd/m ² ✓	0.40 ✓	0.72 ✓	13 ✓	1.12 ✓
1:(y=1.75)	1.09 cd/m ² ✓	0.43 ✓	0.74 ✓	9 ✓	0.63 ✓
M3	≥ 1.00 cd/m ²	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.30

Εικόνα 20) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX

Πίνακας 23) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 3

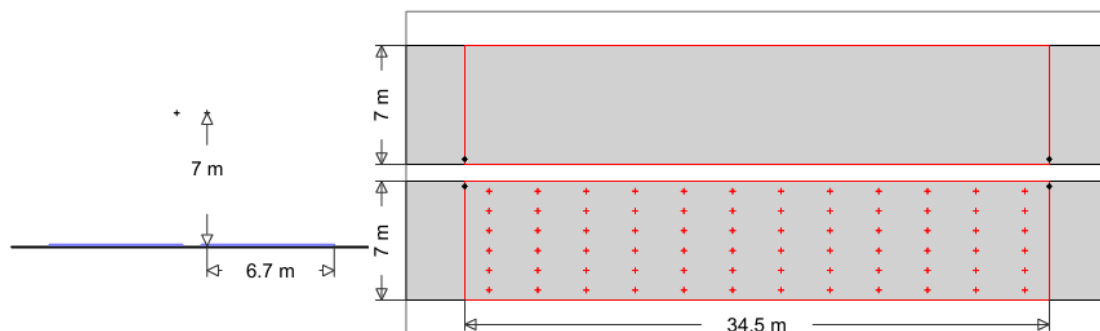
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού			
	Λωρίδα 1	Λωρίδα 2	Προδιαγραφές (M3)
L_{av} (cd/m ²)	1,09	1,01	≥ 1
U_o	0,43	0,40	$\geq 0,4$
U_i	0,74	0,72	$\geq 0,6$
U_{ow}	0,28	0,25	$\geq 0,15$
TI	9	13	≤ 15
EIR	0,63	1,12	$\geq 0,3$



Εικόνα 21) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από AutoCAD

2.2.4 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 4

Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830 όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.1.4. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 7m σε απόσταση 34,5m μεταξύ τους με βραχίονα μήκους 30cm (Εικόνα 22). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι στην νησίδα και ο καθένας έχει 2 φωτιστικά, καθένα εκ των οποίων φωτίζει την κάθε λωρίδα του δρόμου (Εικόνα 23).



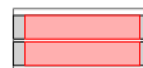
2 **Signify, Philips**
Order No. : BGP282I-8e547c8a-b053-4d40-b67b-fd34256da901
Luminaire name : BGP282 T25 LED74-4S/830 PSDD DM11 FG
Equipment : 1 x LED74-4S/830 52 W / 7400 lm

MyLumRow

Luminaire placing : Central (two rows) Maintenance factor : 0.80
Luminaire spacing : 34.50 m Height (phot. centre) : 7.00 m
Overhang : 0.30 m Tilt : 0.00 °
Abs. position : 6.70 m Glare index class : D6
Load/km : 3014 W/km Lum. intensity class : G*2

Road

Width : 7.00 m Lanes : 2
Central reservation : 1.00 m
Surface : R3, q0=0.07



Luminance

Calculation field: 34.5m x 7m (12 x 6 pts)

Observer

2 : x=-60.00m, y=5.25m, z=1.50m

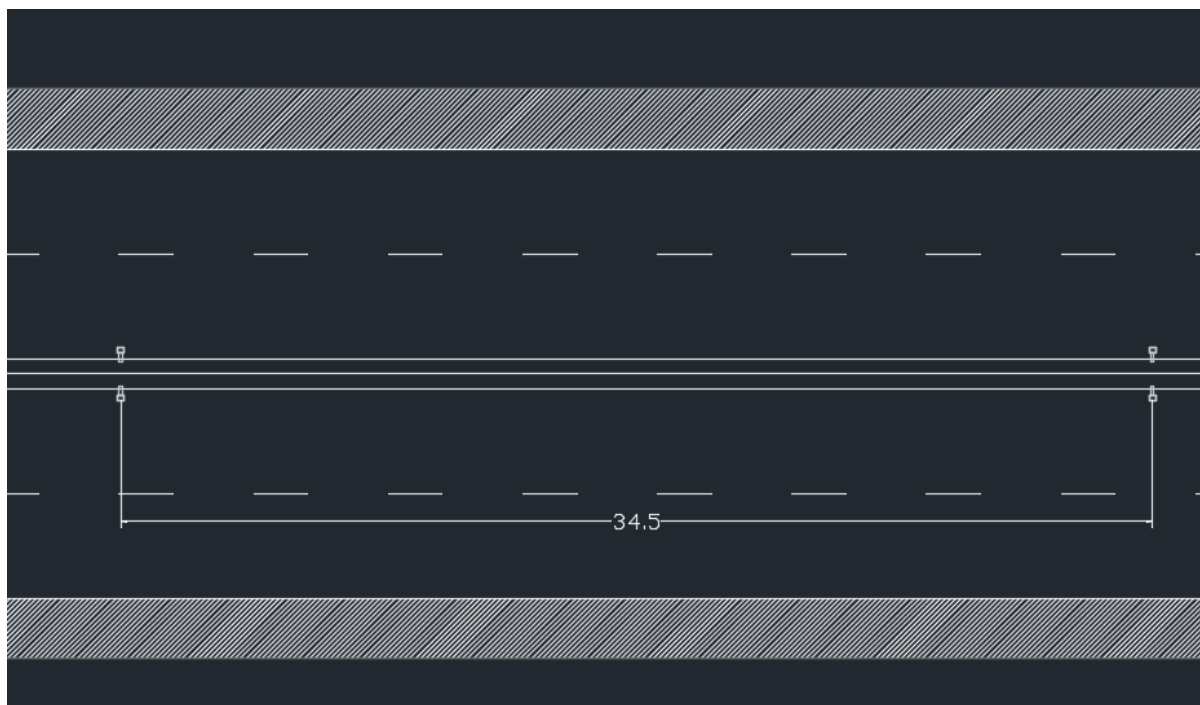
1 : x=-60.00m, y=1.75m, z=1.50m

Lane	$\bar{L}_m$	U_o	U_i	f_{TI}	REI
2:(y=5.25)	1.00 cd/m ² ✓	0.42 ✓	0.63 ✓	14 ✓	1.05 ✓
1:(y=1.75)	1.09 cd/m ² ✓	0.41 ✓	0.71 ✓	9 ✓	0.45 ✓
M3	>= 1.00 cd/m ²	>= 0.40	>= 0.60	<= 15	>= 0.30

Εικόνα 22) Στοιχεία αυτοκινητοδρόμου από RELUX

Πίνακας 24) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 4

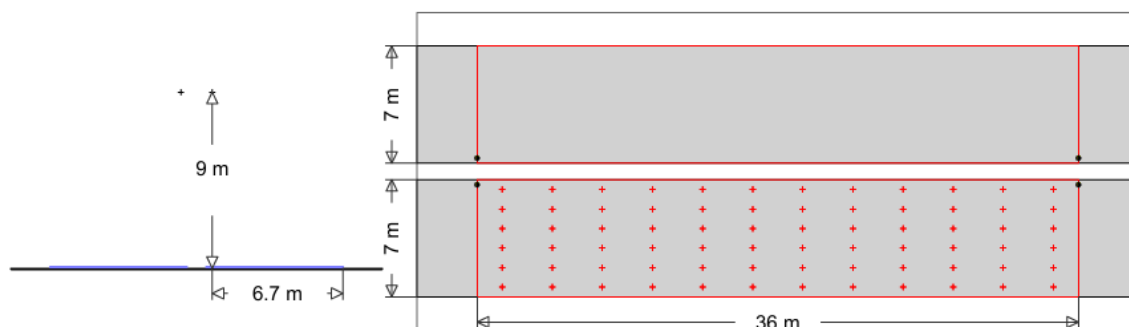
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού			
	Λωρίδα 1	Λωρίδα 2	Προδιαγραφές (M3)
L_{av} (cd/m ²)	1,09	1,00	>=1
U_o	0,41	0,42	>=0,4
U_i	0,71	0,63	>=0,6
U_{ow}	0,24	0,26	>=0,15
TI	9	14	<=15
EIR	0,45	1,05	>=0,3



Εικόνα 23) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από AutoCAD

2.2.5 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 5

Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT FLEX MEDIUM RV25ST όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.1.5. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 9m σε απόσταση 36m μεταξύ τους με βραχίονα μήκους 30cm (Εικόνα 24). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι στην νησίδα και ο καθένας έχει 2 φωτιστικά, καθένα εκ των οποίων φωτίζει την κάθε λωρίδα του δρόμου (Εικόνα 25).



LEDVANCE GmbH

1
Order No. : 4058075552333
Luminaire name : SL FLEX MD P 58W 730 RV25ST WAL
Equipment : 1 x LED 3000K / CRI 70 58 W / 8250 lm

MyLumRow

Luminaire placing : Central (two rows) Maintenance factor : 0.80
Luminaire spacing : 36.00 m Height (phot. centre) : 9.00 m
Overhang : 0.30 m Tilt : 0.00 °
Abs. position : 6.70 m Glare index class : D6
Load/km : 3222 W/km Lum. intensity class : G*5

Road

Width : 7.00 m Lanes : 2
Central reservation : 1.00 m
Surface : R3, q0=0.07



Luminance

Calculation field: 36m x 7m (12 x 6 pts)

Observer

2 : x=-60.00m, y=5.25m, z=1.50m

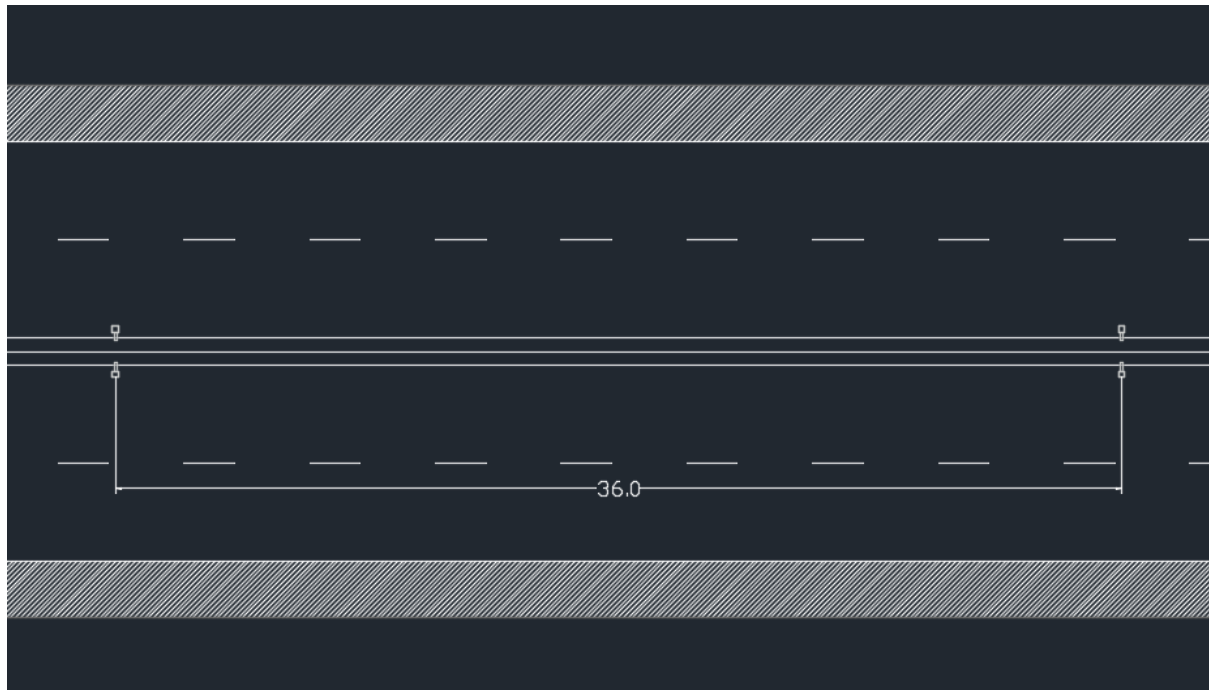
1 : x=-60.00m, y=1.75m, z=1.50m

Lane	L_m	U_o	U_i	f_{TI}	RE_i
2:(y=5.25)	1.02 cd/m ² ✓	0.41 ✓	0.61 ✓	8 ✓	1.06 ✓
1:(y=1.75)	1.08 cd/m ² ✓	0.41 ✓	0.66 ✓	5 ✓	0.50 ✓
M3	>= 1.00 cd/m ²	>= 0.40	>= 0.60	<= 15	>= 0.30

Εικόνα 24) Στοιχεία φωτισμού αυτοκινητοδρόμου από RELUX

Πίνακας 25) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 5

Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού			
	Λωρίδα 1	Λωρίδα 2	Προδιαγραφές (M3)
L_{av} (cd/m ²)	1,08	1,02	>=1
U_o	0,41	0,41	>=0,4
U_i	0,61	0,66	>=0,6
U_{ow}	0,29	0,27	>=0,15
TI	5	8	<=15
EIR	0,50	1,06	>=0,3



Εικόνα 25) Κάτοψη θέσης φωτιστικών από RELUX

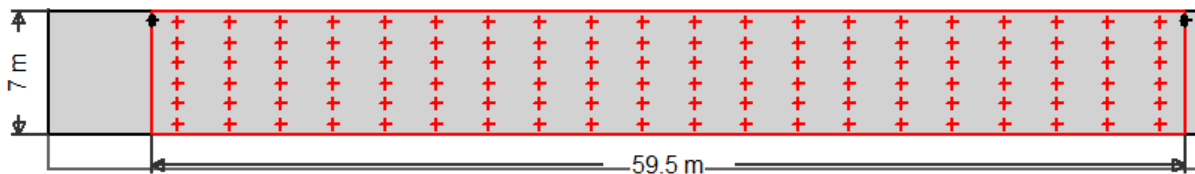
2.3 Τεχνοοικονομική μελέτη αυτοκινητοδρόμου

Στην ενότητα αυτή θα γίνει τεχνοοικονομική μελέτη για τις παραπάνω φωτομετρικές μελέτες. Στην τεχνοοικονομική μελέτη θα ληφθεί υπόψιν η κατανάλωση που θα έχει η εγκατάσταση, το κόστος των υλικών που διαφέρουν ανά περίπτωση και το κόστος εγκατάστασης.

2.3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 1

2.3.1.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 26. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 26) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,090kW * 4000h}{(59,5 * 7)m^2} = 0.86 \text{ kWh/m}^2$$

2.3.1.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 26. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 13,6lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{90W}{13.6lx * 416.5m^2} = 0.016 \text{ W/lxm}^2$$

2.3.1.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 336 φωτιστικά των 90W, άρα 30,24kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 30.24kW * 0.15€/kWh = 18144€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 1.

Πίνακας 26) Τεχνοοικονομική μελέτη 1

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W	226,27
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 11 μέτρων	700
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 168 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 2 φωτιστικά άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

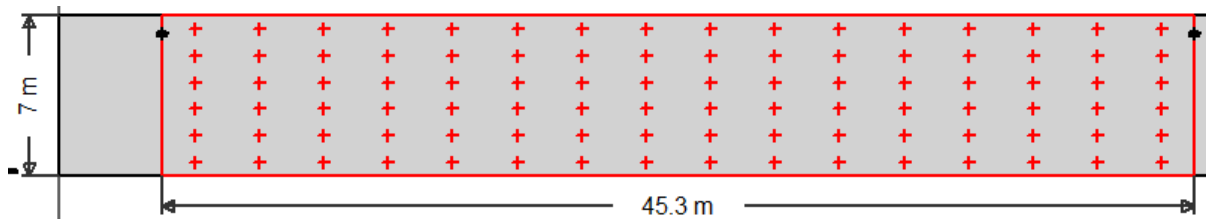
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((2 * 226,27) + 700 + 800) * 168 \text{ ιστοί} + (10 + 15) * 10000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 578.026,72€$$

2.3.2 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 2

2.3.2.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 27. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 27) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P t}{A} kWh/m^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,065kW * 4000h}{(45,3 * 7)m^2} = 0.82 kWh/m^2$$

2.3.2.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 27. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 13,9lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} W/lxm^2$$

$$PDI = \frac{65w}{13.9lx * 317.1m^2} = 0.015 W/lxm^2$$

2.3.2.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 440 φωτιστικά των 65W, άρα 28.60kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 28.60kW * 0.15€/kWh = 17160€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 2.

Πίνακας 27) Τεχνοοικονομική μελέτη 2

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	LEDVANCE SL AREA MEDIUM RV20ST 65W	101,93
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 9 μέτρων	500
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνων φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 220 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 2 φωτιστικά άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

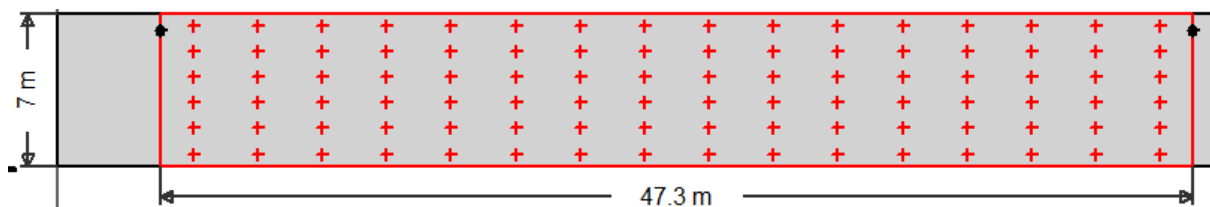
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((2 * 101,93) + 500 + 800) * 220 \text{ ιστοί} + (10 + 15) * 10000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 580.849,20\text{€}$$

2.3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 3

2.3.3.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 28. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 28) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,066kW * 4000h}{(47,3 * 7)m^2} = 0.79 \text{ kWh/m}^2$$

2.3.3.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 28. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 14,1lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{66W}{14,1lx * 331.1m^2} = 0.014 \text{ W/lxm}^2$$

2.3.3.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 422 φωτιστικά των 66W, άρα 27,85kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 27.85kW * 0.15€/kWh = 16710€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 3.

Πίνακας 28) Τεχνοοικονομική μελέτη 3

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830	208,25
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 9 μέτρων	500
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνων φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 211 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 2 φωτιστικά άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

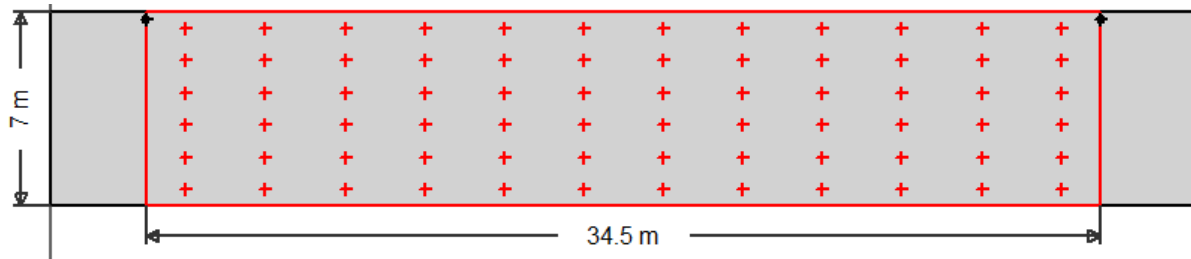
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((2 * 208.25) + 500 + 800) * 211 \text{ ιστοί} + (10 + 15) * 10000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 612181,50€$$

2.3.4 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 4

2.3.4.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 29. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 29) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,052 \text{ kW} \cdot 4000 \text{ h}}{(34,5 \cdot 7) \text{ m}^2} = 0,86 \text{ kWh/m}^2$$

2.3.4.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 29. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 15.9lx.

$$PDI = \frac{P}{E \cdot A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{52 \text{ W}}{15,9 \text{ lx} \cdot 241,5 \text{ m}^2} = 0,013 \text{ W/lxm}^2$$

2.3.4.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 580 φωτιστικά των 52W, άρα 30,16kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 30,16kW * 0.15€/kWh = 18096€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 4.

Πίνακας 29) Τεχνοοικονομική μελέτη 4

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	PHILIPS UniStreet gen2 BGP282 LED74-4S/830	192,95
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 7 μέτρων	400
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 290 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 2 φωτιστικά άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

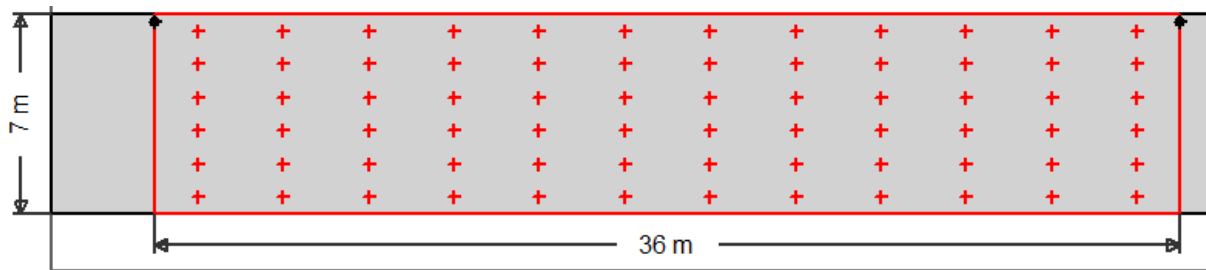
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((2 * 192,95) + 400 + 800) * 290 \text{ ιστοί} + (10 + 15) * 10000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 709911€$$

2.3.5 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 5

2.3.5.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 30. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 30) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,058kW * 4000h}{(36 * 7)m^2} = 0,92 \text{ kWh/m}^2$$

2.3.5.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 30. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 18,1lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{58W}{18,1lx * 252m^2} = 0.013 \text{ W/lxm}^2$$

2.3.5.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 556 φωτιστικά των 58W, άρα 32,25kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 32,25kW * 0.15€/kWh = 19350€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 5.

Πίνακας 30) Τεχνοοικονομική μελέτη 5

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	LEDVANCE STREETLIGHT FLEX MEDIUM RV25ST	300
Πυλώνας	Σιδηροϊστός ύψους 9 μέτρων	500
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 278 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 2 φωτιστικά άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((2 * 300) + 500 + 800) * 278 \text{ ιστοί} + (10 + 15) * 10000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 778200\text{€}$$

3. Φωτομετρική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας

3.1 Επιλογή φωτιστικών για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας

Για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας έχουν επιλεγεί πέντε διαφορετικά φωτιστικά. Τα φωτιστικά αναλόγως των χαρακτηριστικών τους θα τοποθετηθούν σε διαφορετικές αποστάσεις και ύψη ώστε να έχουν την ιδανική για την κάθε περίπτωση τοποθέτηση.

3.1.1 Επιλογή 1: Φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST

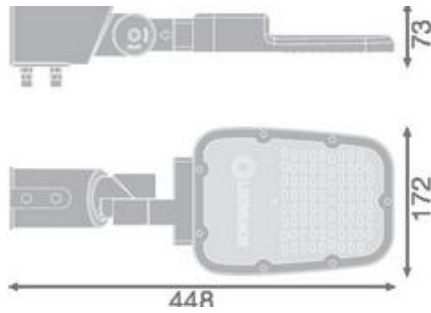
Το πρώτο φωτιστικό που επιλέχτηκε για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.



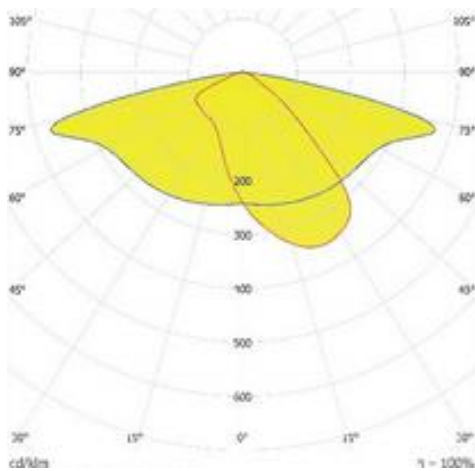
Εικόνα 31) Όψη φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>

Πίνακας 31) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST

LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	5850
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	130
Ονομαστική ισχύς (W)	45
Τιμή	75,70€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	OXI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L80/B10 88000h



Εικόνα 32) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>



Εικόνα 33) Πολικό διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>

3.1.2 Επιλογή 2: Φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST

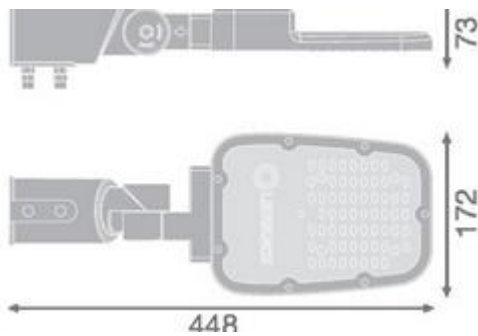
Το δεύτερο φωτιστικό που επιλέχτηκε για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.



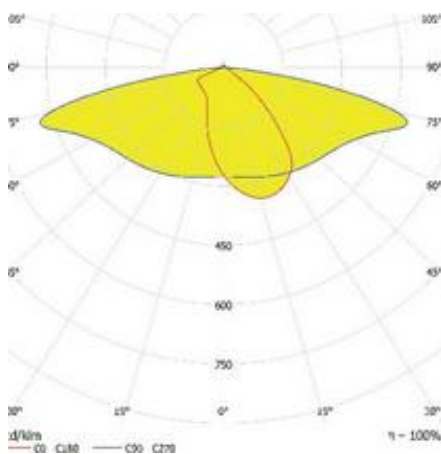
Εικόνα 34) Όψη φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>

Πίνακας 32) Στοιχεία φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST

LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	3900
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	130
Ονομαστική ισχύς (W)	30
Τιμή	83,80€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	OXI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L80/B10 88000h



Εικόνα 35) Διαστάσεις φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>



Εικόνα 36) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST, πηγή: <https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>

3.1.3 Επιλογή 3: Φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830

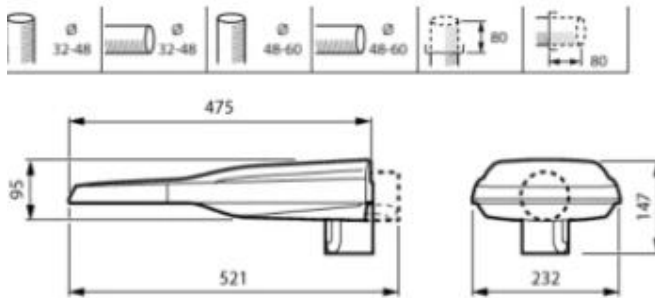
Το τρίτο φωτιστικό που επιλέχτηκε για τον φωτισμού του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.



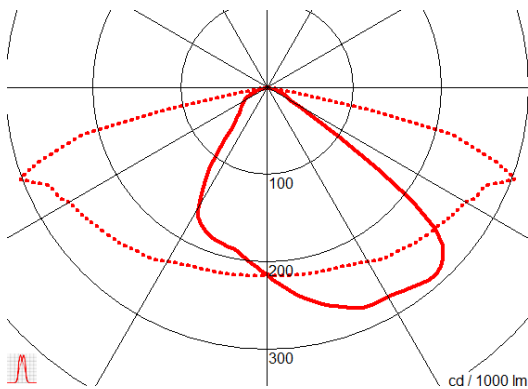
Εικόνα 37) Όψη φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή:
https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product

Πίνακας 33) Στοιχεία φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830

PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	2640
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	126
Ονομαστική ισχύς (W)	21
Τιμή	183€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	80
Dimmable	NAI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L97/B10 100000h



Εικόνα 38) Διαστάσεις φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή: https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product



Εικόνα 39) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830, πηγή: https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product

3.1.4 Επιλογή 4: Φωτιστικό PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W

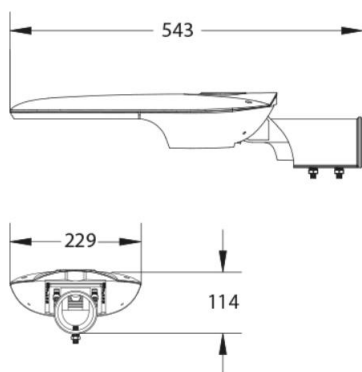
Το τέταρτο φωτιστικό που επιλέχτηκε για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.



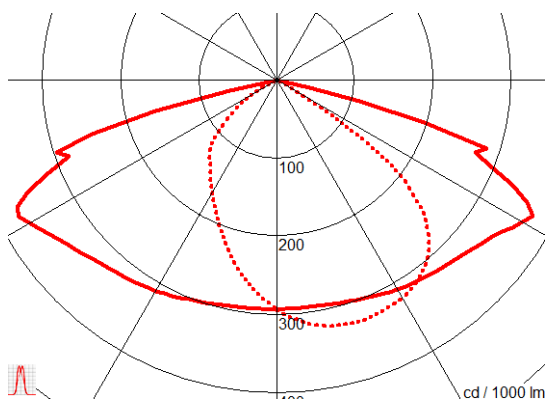
Εικόνα 40) Όψη φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή:
<https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020>

Πίνακας 34) Στοιχεία φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W

PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	4550
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	130
Ονομαστική ισχύς (W)	35
Τιμή	320€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	NAI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG1
Διάρκεια ζωής	L80/B10 100000h



Εικόνα 41) Διαστάσεις φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή: <https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020>



Εικόνα 42) Πολικό Διάγραμμα φωτιστικού PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W, πηγή: <https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020>

3.1.5 Επιλογή 5: Φωτιστικό OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W

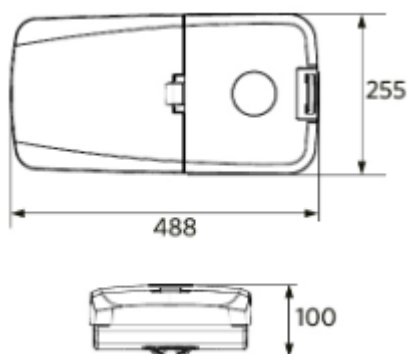
Το πέμπτο φωτιστικό που επιλέχτηκε για τον φωτισμού του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.



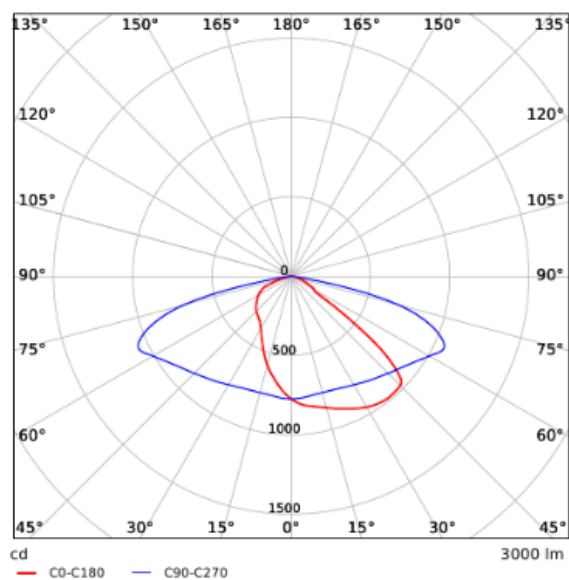
Εικόνα 43) Όψη φωτιστικού OPple LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή:
<https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas>

Πίνακας 35) Στοιχεία φωτιστικού OPple LEDRoad-St-P2 Re488-20W

OPple LEDRoad-St-P2 Re488-20W	
Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Φωτεινή ροή (lm)	3000
Θερμοκρασία χρώματος (K)	3000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	150
Ονομαστική ισχύς (W)	20
Τιμή (την εποχή της έρευνας)	235€
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	70
Dimmable	NAI
Βαθμός προστασίας IP	IP 66
Photobiological safety group	RG0
Διάρκεια ζωής	L80/B10 100000h



Εικόνα 44) Διαστάσεις φωτιστικού OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή:
<https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas>



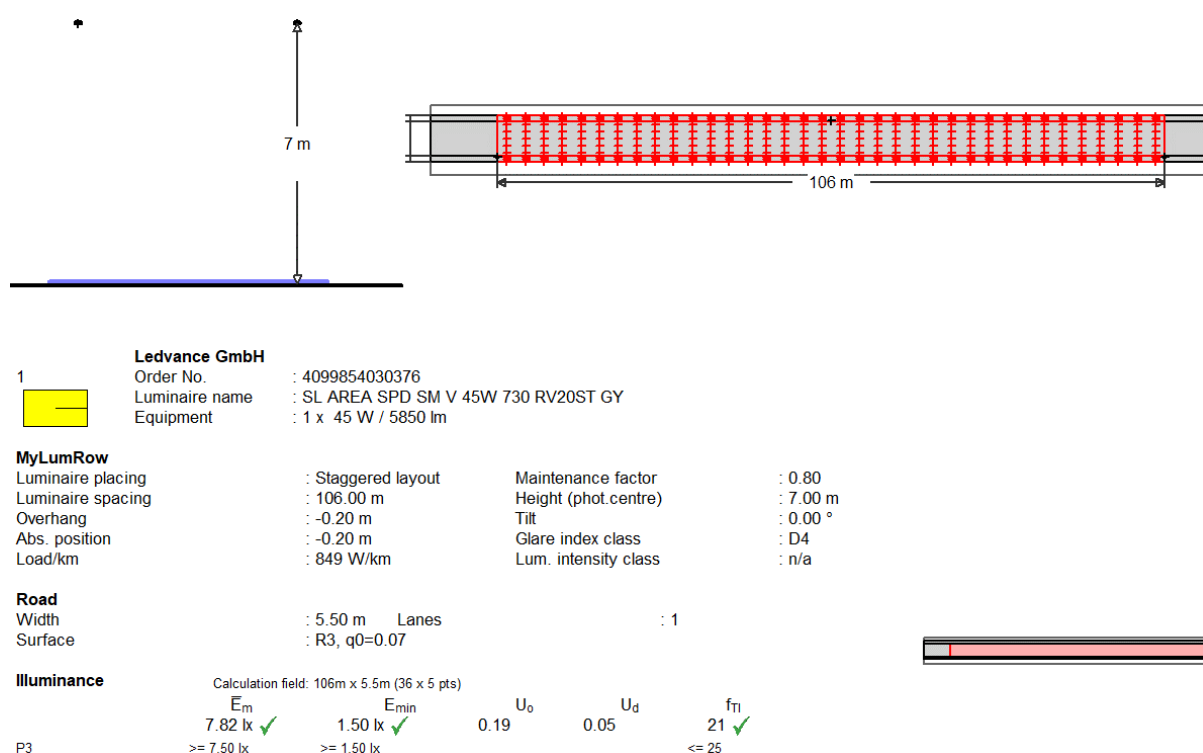
Εικόνα 45) Πολικό Διάγραμμα OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W, Πηγή:
<https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas>

3.2 Φωτομετρική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας με την βοήθεια του προγράμματος RELUX

Για τον φωτισμό του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας έγιναν πέντε φωτομετρικές μελέτες με τα αντίστοιχα παραπάνω φωτιστικά που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.1. Έχει γίνει βελτιστοποίηση της θέσης των πυλώνων φωτισμού αλλά και του ύψους τους ανάλογα με το φωτιστικό που χρησιμοποιείται κάθε φορά.

3.2.1 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 1

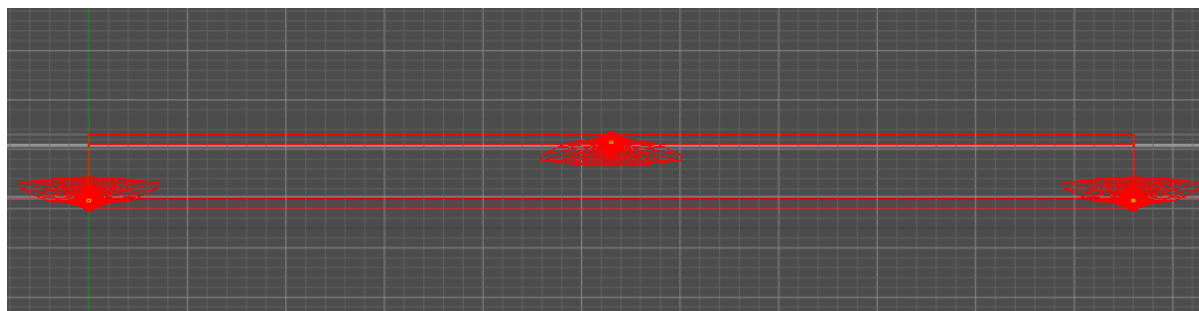
Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1.1. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 7m (Εικόνα 46). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι σε διάταξη χιαστή και από τις δυο πλευρές του δρόμου όπως φαίνεται στην Εικόνα 47. Από κάθε πλευρά οι πυλώνες έχουν απόσταση μεταξύ τους 106m (53m από τον απέναντι).



Εικόνα 46) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux

Πίνακας 36) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 1

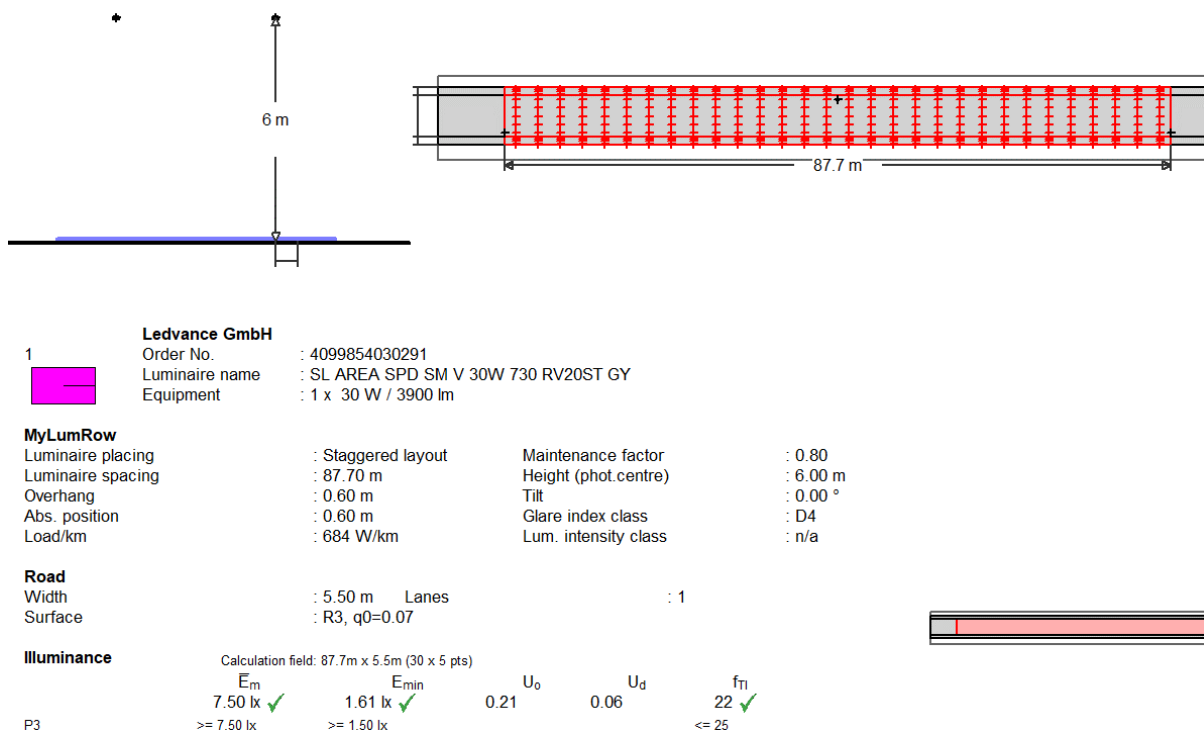
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού		
	Δρόμος	Προδιαγραφές (P3)
Μέση ένταση φωτισμού E_m (lx)	7,82	$\geq 7,5$
Ελάχιστη ένταση φωτισμού E_{min} (lx)	1,5	$\geq 1,5$
Θάμβωση TI	21	≤ 25



Εικόνα 47) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux

3.2.2 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 2

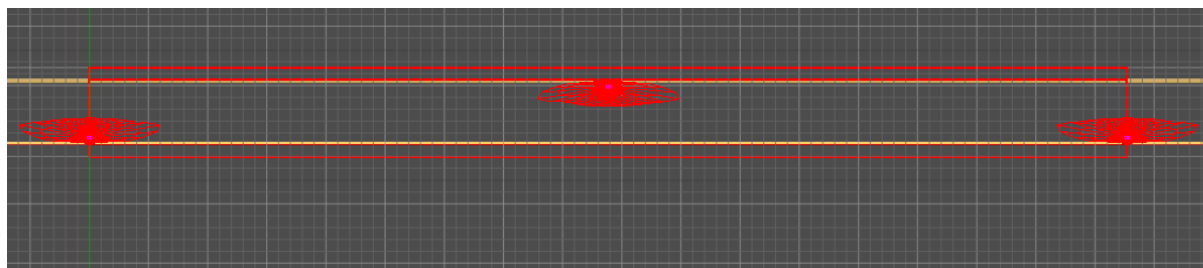
Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1.2. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 6m με βραχίονα μήκους 60cm (Εικόνα 48). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι σε διάταξη χιαστή και από τις δυο πλευρές του δρόμου όπως φαίνεται στην Εικόνα 49. Από κάθε πλευρά οι ιστοί έχουν απόσταση μεταξύ τους 87,7m (43,8m από τον απέναντι).



Εικόνα 48) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux

Πίνακας 37) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 2

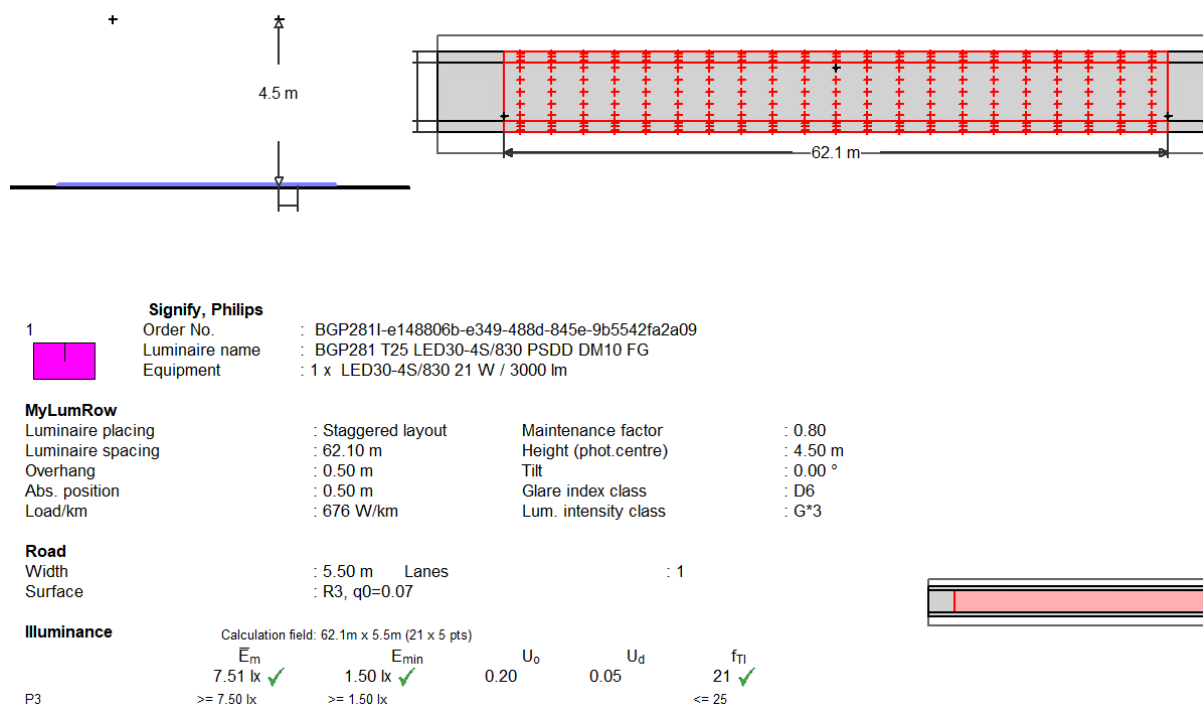
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού		
	Δρόμος	Προδιαγραφές (P3)
Μέση ένταση φωτισμού E_m (lx)	7,50	$\geq 7,5$
Ελάχιστη ένταση φωτισμού E_{min} (lx)	1,61	$\geq 1,5$
Θάμβωση TI	22	≤ 25



Εικόνα 49) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux

3.2.3 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 3

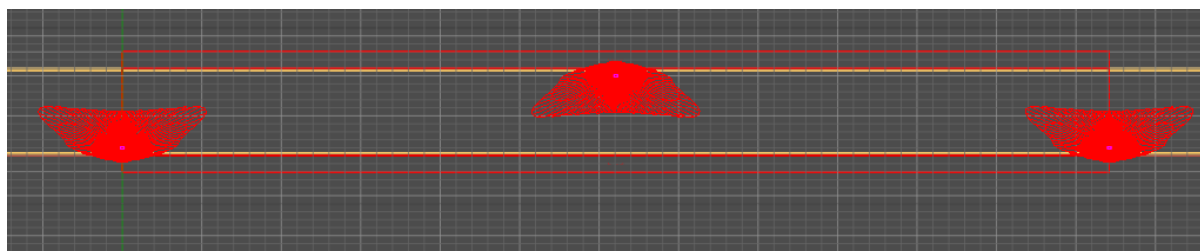
Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830 όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1.3. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 4,5m με βραχίονα μήκους 50cm (Εικόνα 50). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι σε διάταξη χιαστή και από τις δυο πλευρές του δρόμου όπως φαίνεται στην Εικόνα 51. Από κάθε πλευρά οι ιστοί έχουν απόσταση μεταξύ τους 62,1m (31m από τον απέναντι).



Εικόνα 50) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux

Πίνακας 38) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 3

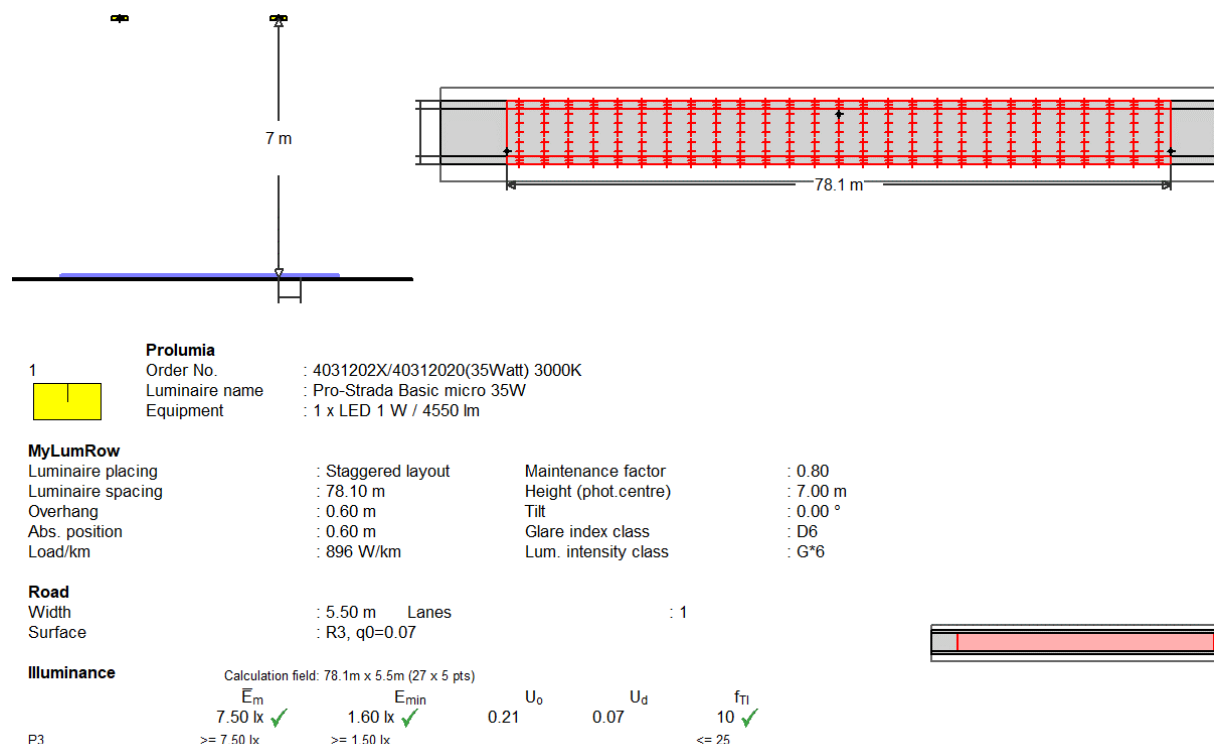
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού		
	Δρόμος	Προδιαγραφές (P3)
Μέση ένταση φωτισμού E_m (lx)	7,51	$\geq 7,5$
Ελάχιστη ένταση φωτισμού E_{min} (lx)	1,50	$\geq 1,5$
Θάμβωση TI	21	≤ 25



Εικόνα 51) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux

3.2.4 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 4

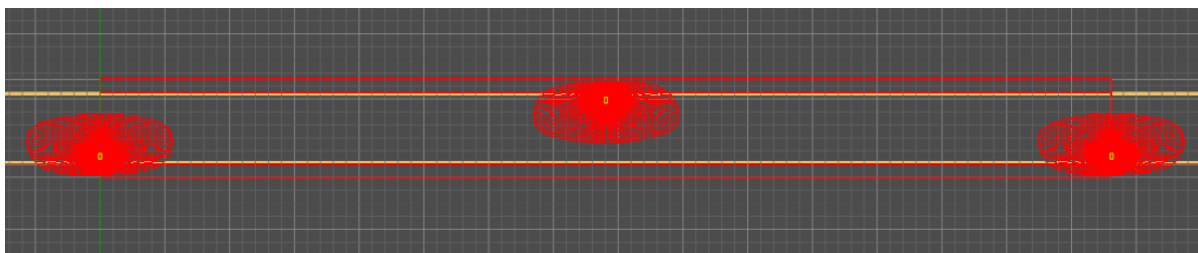
Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1.4. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 7m με βραχίονα μήκους 60cm (Εικόνα 52). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι σε διάταξη χιαστή και από τις δυο πλευρές του δρόμου όπως φαίνεται στην Εικόνα 53. Από κάθε πλευρά οι ιστοί έχουν απόσταση μεταξύ τους 78,1m (39m από τον απέναντι).



Εικόνα 52) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux

Πίνακας 39) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 4

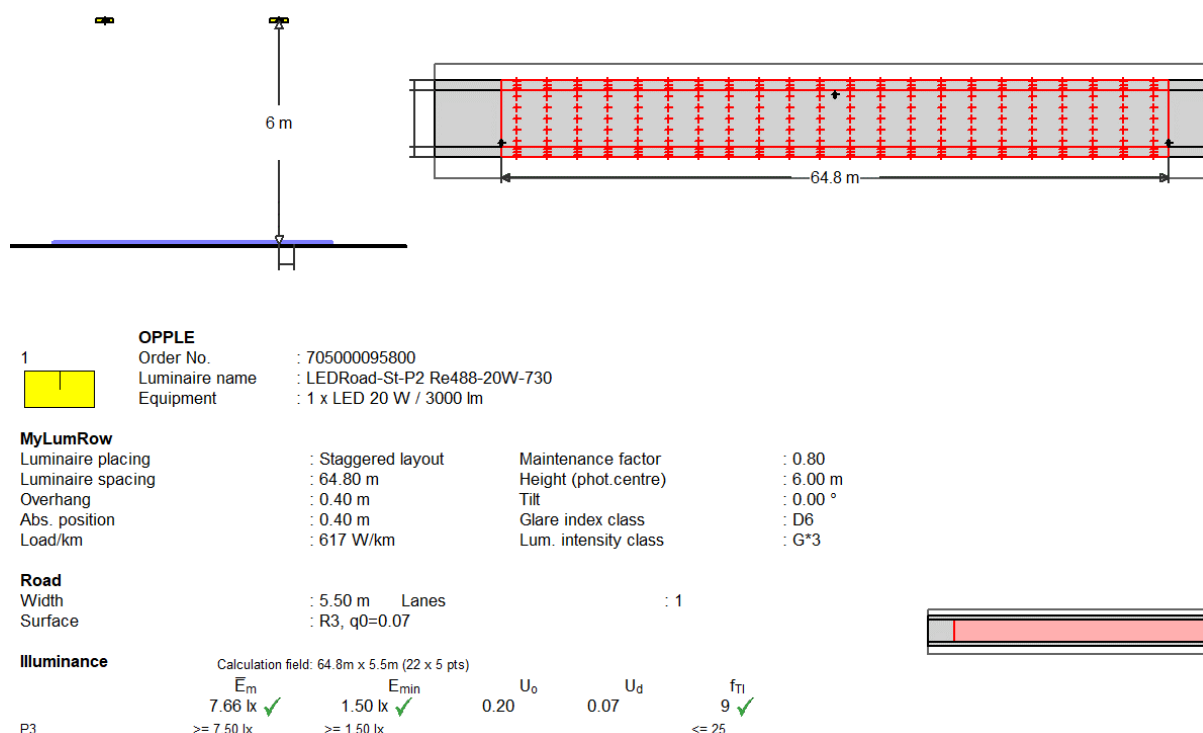
Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού		
	Δρόμος	Προδιαγραφές (P3)
Μέση ένταση φωτισμού E_m (lx)	7,50	≥7,5
Ελάχιστη ένταση φωτισμού E_{min} (lx)	1,60	≥1,5
Θάμβωση TI	10	≤25



Εικόνα 53) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux

3.2.5 Φωτομετρική μελέτη με τα φωτιστικά της επιλογής 5

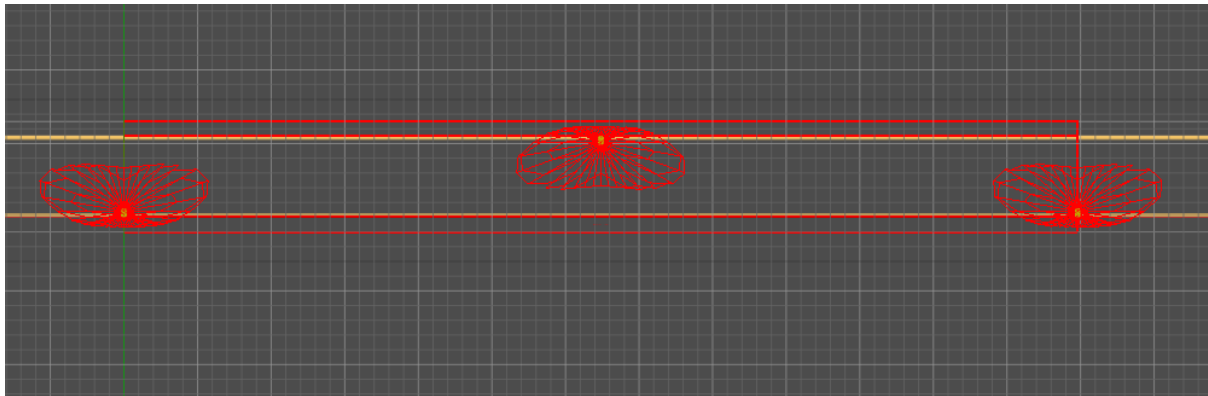
Στην συγκεκριμένη επιλογή έχει επιλεγεί το φωτιστικό OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1.5. Έχουν χρησιμοποιηθεί ιστοί ύψους 6m με βραχίονα μήκους 40cm (Εικόνα 54). Οι ιστοί είναι τοποθετημένοι σε διάταξη χιαστή και από τις δυο πλευρές του δρόμου όπως φαίνεται στην Εικόνα 55. Από κάθε πλευρά οι ιστοί έχουν απόσταση μεταξύ τους 64,8m (32,4m από τον απέναντι).



Εικόνα 54) Στοιχεία δρόμου μέσω Relux

Πίνακας 40) Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού 5

Αποτελέσματα Μελέτης Φωτισμού		
	Δρόμος	Προδιαγραφές (P3)
Μέση ένταση φωτισμού E_m (lx)	7,66	$\geq 7,5$
Ελάχιστη ένταση φωτισμού E_{min} (lx)	1,50	$\geq 1,5$
Θάμβωση TI	9	≤ 25



Εικόνα 55) Κάτοψη θέσης φωτιστικών μέσω Relux

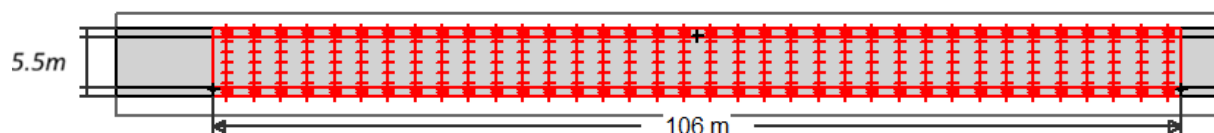
3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη δρόμου ήπιας κυκλοφορίας

Στην ενότητα αυτή θα γίνει τεχνοοικονομική μελέτη για τις παραπάνω φωτομετρικές μελέτες. Στην τεχνοοικονομική μελέτη θα ληφθεί υπόψιν η κατανάλωση που θα έχει η εγκατάσταση, το κόστος των υλικών που διαφέρουν ανά περίπτωση και το κόστος εγκατάστασης.

3.3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 1

3.3.1.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 56. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 56) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,090 \text{ kW} \cdot 4000 \text{ h}}{(106 \cdot 5.5) \text{ m}^2} = 0.62 \text{ kWh/m}^2$$

3.3.1.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 56. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 7.82lx.

$$PDI = \frac{P}{E \cdot A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{90 \text{ W}}{7.82 \text{ lx} \cdot 583 \text{ m}^2} = 0.019 \text{ W/lxm}^2$$

3.3.1.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 19 φωτιστικά των 45W, άρα 0.855kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 0.855kW * 0.15€/kWh = 513€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 1.

Πίνακας 41) Τεχνοοικονομική Μελέτη 1

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST	75,70
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 7 μέτρων	400
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 19 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 1 φωτιστικό άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

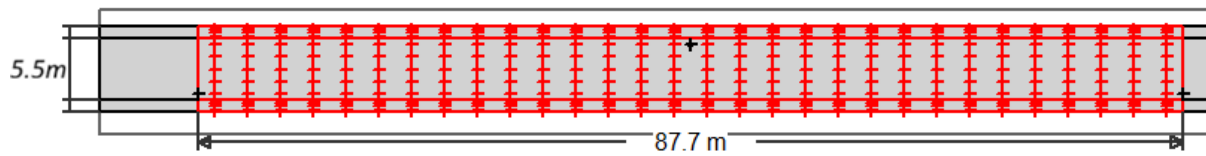
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((75,7 + 400 + 800) * 19 \text{ ιστοί}) + (10 + 15) * 1000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 49.238,30€$$

3.3.2 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 2

3.3.2.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 57. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 57) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,060kW * 4000h}{(87.7 * 5.5)m^2} = 0.49 \text{ kWh/m}^2$$

3.3.2.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 57. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 7.50lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{60W}{7.50lx * 482.35m^2} = 0.016 \text{ W/lxm}^2$$

3.3.2.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 23 φωτιστικά των 30W, άρα 0.690kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 0.690kW * 0.15€/kWh = 414€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 2.

Πίνακας 42) Τεχνοοικονομική Μελέτη 2

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST	83,80
Ιστός	Σιδηροϊστός ύψους 6 μέτρων	350
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνων φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 23 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 1 φωτιστικό άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

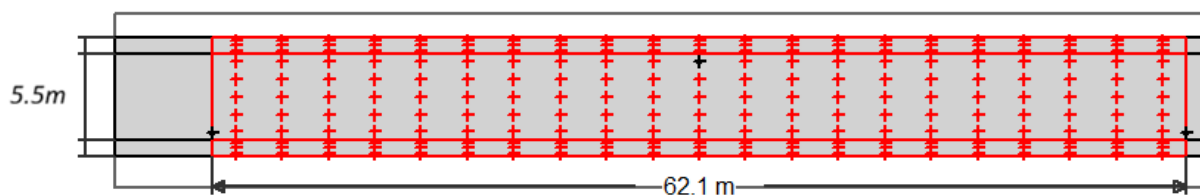
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((83.8 + 350 + 800) * 23 \text{ ιστοί}) + (10 + 15) * 1000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 53.377,40 \text{ €}$$

3.3.3 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 3

3.3.3.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 58. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 58) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,042kW * 4000h}{(62.1 * 5.5)m^2} = 0.49 kWh/m^2$$

3.3.3.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 58. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 7.51lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} W/lxm^2$$

$$PDI = \frac{42W}{7.51lx * 341.55m^2} = 0.016 W/lxm^2$$

3.3.3.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 32 φωτιστικά των 21W, άρα 0.672kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 0.672kw * 0.15€/kWh = 403.2€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 3.

Πίνακας 43) Τεχνοοικονομική Μελέτη 3

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	PHILIPS UniStreet gen2 BGP281 LED30-4S/830	183
Πυλώνας	Σιδηροϊστός ύψους 4.5 μέτρων	300
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 32 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 1 φωτιστικό άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

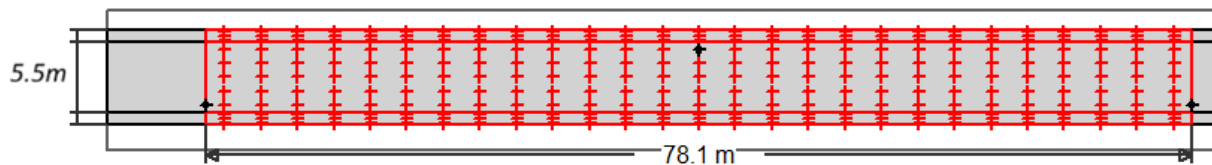
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((183 + 300 + 800) * 32 \text{ ιστοί}) + (10 + 15) * 1000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 66.056,00 €$$

3.3.4 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 4

3.3.4.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 59. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 59) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P t}{A} kWh/m^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,070kW * 4000h}{(78.1 * 5.5)m^2} = 0.65 kWh/m^2$$

3.3.4.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 59. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 7.50lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} W/lxm^2$$

$$PDI = \frac{70W}{7.50lx * 429.55m^2} = 0.021 W/lxm^2$$

3.3.4.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 26 φωτιστικά των 35W, άρα 0.910kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 0.910kW * 0.15€/kWh = 546€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 4.

Πίνακας 44) Τεχνοοικονομική Μελέτη 4

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W	320
Πυλώνας	Σιδηροϊστός ύψους 7 μέτρων	400
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 26 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 1 φωτιστικό άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

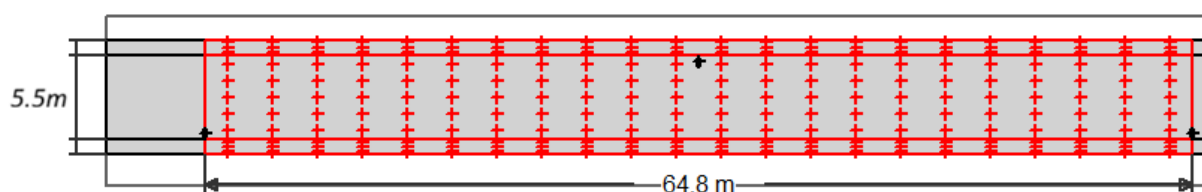
$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((320 + 400 + 800) * 26 \text{ ιστοί}) + (10 + 15) * 1000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 64.520,00 €$$

3.3.5 Τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης με τα φωτιστικά επιλογής 5

3.3.5.1 Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (Annual Energy Consumption Indicator)

Ο υπολογισμός της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI) υπολογίζεται για την περιοχή που απεικονίζεται στην Εικόνα 60. Ο συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας του φωτισμού υπολογίζεται στις 4000 ώρες.



Εικόνα 60) Περιοχή υπολογισμού AECI (από Relux)

$$AECI = \frac{P \cdot t}{A} \text{ kWh/m}^2$$

Όπου:

P= Ισχύς φωτιστικών που φωτίζουν την περιοχή

t= Χρόνος λειτουργίας φωτισμού

A= Εμβαδόν περιοχής υπολογισμού

Άρα:

$$AECI = \frac{0,040kW * 4000h}{(64.8 * 5.5)m^2} = 0.45 \text{ kWh/m}^2$$

3.3.5.2 Υπολογισμός πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος (Power density factor)

Ο υπολογισμός της πυκνότητας εγκατεστημένης ισχύος γίνεται για την περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 60. Η μέση ένταση φωτισμού υπολογίστηκε από το Relux στα 7.66lx.

$$PDI = \frac{P}{E * A} \text{ W/lxm}^2$$

$$PDI = \frac{40W}{7.66lx * 429.55m^2} = 0.012 \text{ W/lxm}^2$$

3.3.5.3 Υπολογισμός κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού είναι 4000 ώρες. Η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι 30 φωτιστικά των 20W, άρα 0.600kW. Υπολογίζεται ενδεικτική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,15€/kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω:

$$\text{Κόστος ενέργειας} = 4000h * 0.600kW * 0.15€/kWh = 360€$$

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας κόστους για την εγκατάσταση της μελέτης με τα φωτιστικά της επιλογής 5.

Πίνακας 45) Τεχνοοικονομική Μελέτη 5

Είδος	Περιγραφή	Τιμή (€)
Φωτιστικό	OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W	235
Πυλώνας	Σιδηροϊστός ύψους 7 μέτρων	350
Εργασία	Κόστος εγκατάστασης πυλώνα φωτισμού	800
Εργασία	Κόστος υποστηρικτικών εργασιών ανά μέτρο	10
Καλωδίωση	Κόστος καλωδίωσης ανά μέτρο δρόμου	15

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της πρώτης μελέτης, ο οδοφωτισμός απαιτεί 30 ιστούς φωτισμού. Κάθε ιστός έχει 1 φωτιστικό άρα σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής είναι:

$$\text{Κόστος κατασκευής} = ((235 + 350 + 800) * 30 \text{ ιστοί}) + (10 + 15) * 1000m$$

$$\text{Κόστος κατασκευής} = 66.550,00 \text{ €}$$

4. Πολυκριτηριακή αξιολόγηση PROMETHEE

4.1 Εισαγωγή στην μέθοδο PROMETHEE

Η μέθοδος PROMETHEE είναι χρήσιμη για στην διαδικασία λήψης αποφάσεων μεταξύ επιλογών που το κριτήρια επιλογής είναι πολλά άρα και η επιλογή πολύπλοκη. Οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης Preference Ranking Optimization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) των Brans, Mareschal and Vincke (1986), ανήκουν στην οικογένεια των μεθόδων υπεροχής αλλά λόγω της απουσίας βέτο, παραμένουν έξω από τη λογική των μη αντισταθμιστικών μεθόδων τύπου ELECTRE. Οι μέθοδοι υπεροχής, η θεωρία των οποίων αναπτύχθηκε από τον Roy (1968, 1991, 1996), αναπτύσσουν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών. Οι PROMETHEE I και II χαρακτηρίζονται ως μέθοδοι διμερούς σύγκρισης των εναλλακτικών.

4.1.1 Κατώφλια

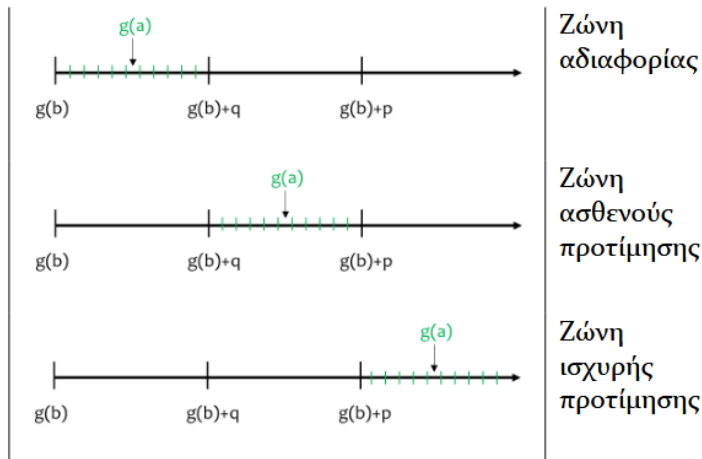
Στις μεθόδους PROMETHEE δίνεται η δυνατότητα χρήσης των κατωφλίων αδιαφορίας (q), προτίμησης (p). Μέσω αυτών των κατωφλίων δημιουργούνται ζώνες προτίμησης και αδιαφορίας αντίστοιχα (Εικόνα 61).

Έστω g μια συνάρτηση κριτηρίου και $g(a) \geq g(b)$:

$$g(b) \leq g(a) \leq g(b) + q[g(b)] \Leftrightarrow aIb$$

$$g(b) + q[g(b)] < g(a) \leq g(b) + p[g(b)] \Leftrightarrow aQb$$

$$g(a) > g(b) + p[g(b)] \Leftrightarrow aPb$$



Εικόνα 61) Ζώνες προτίμησης και αδιαφορίας PROMETHEE, πηγή:

<https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2020-10/%CE%A0%CE%A3%CE%A5%CE%91%20-%20%CE%A32.%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%202.pdf>

4.1.2 Στάδια μεθοδολογίας PROMETHEE

4.1.2.1 Υπολογισμός βαρών κριτηρίων

Από τα πιο κρίσιμα κομμάτια της μεθόδου PROMETHEE είναι η επιλογή της βαρύτητας των κριτηρίων. Οι τιμές του βάρους του κάθε κριτηρίου επιλέγεται βάση τη σημασία του κάθε κριτηρίου. Για τα βάρη ισχύει πάντα ο περιορισμός:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

όπου w_j το βάρος του j -οστού κριτηρίου.

4.1.2.2 Υπολογισμός συνάρτησης προτίμησης

Η PROMETHEE χρησιμοποιεί την έννοια του γενικευμένου κριτηρίου με σκοπό την μοντελοποίηση της αξίας που αποδίδει ο αποφασίζοντας στο εύρος της διαφοράς $g_j(a) - g_j(b)$, στο κριτήριο j για το ζεύγος δράσεων (a, b) . Αυτό γίνεται μέσω της συνάρτησης προτίμησης:

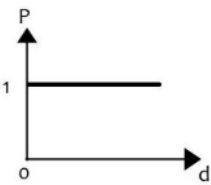
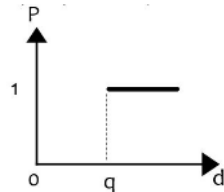
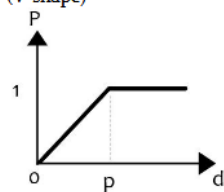
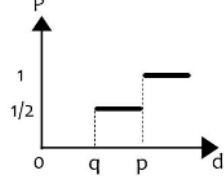
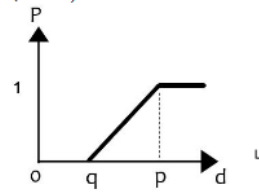
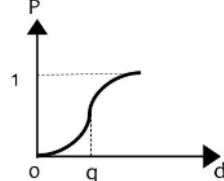
$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad \forall (a, b) \in A$$

Όπου:

- $d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b)$
- $0 \leq P_j(a, b) \leq 1$
- $P_j(a, b) = 0$, όταν $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$

Στην περίπτωση όπου $g_j(a) - g_j(b) > 0$ επιλογή συνάρτησης

Για τον σαφή καθορισμό της μορφής της συνάρτησης προτίμησης, χρησιμοποιούνται έξι είδη κριτηρίων (Εικόνα 62), τα οποία καλύπτουν στις περισσότερες πρακτικές περιπτώσεις.

Γενικευμένο Κριτήριο	Συνάρτηση Προτίμησης	Απαραίτητες παράμετροι
1. Κοινό κριτήριο (Usual)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	
2. Κριτήριο U-καμπύλης	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$	q
3. Κριτήριο V-καμπύλης (V-shape)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 \leq d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p
4. Κριτήριο επιπέδων (level)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p, q
5. Κριτήριο V-καμπύλης με κατώφλι αδιαφορίας (Linear)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p, q
6. Κριτήριο Gauss	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$	s

Εικόνα 62) Ήδη κριτηρίων μεθόδου PROMETHEE, πηγή:

<https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2020-10/%CE%A0%CE%A3%CE%A5%CE%91%20-%20%CE%A32.%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%202.pdf>

4.1.2.3 Υπολογισμός του πολυκριτηρίου δείκτη προτίμησης

Ο δείκτης αυτός εκφράζει τον βαθμό ολικής προτίμησης της a έναντι της b . Για κάθε ζεύγος δράσεων (a,b) ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b)$$

Όπου: w_j : βάρος j -οστού κριτηρίου και

$P_j(a,b)$: Αποτέλεσμα συνάρτησης προτίμησης για το j -οστό κριτήριο μεταξύ των δράσεων a, b

4.1.2.4 Υπολογισμός ροών υπεροχής

Για n εναλλακτικές:

- Θετική ροή (positive outranking flow)

Ή αλλιώς η ροή εξόδου, δείχνει την υπεροχή της εναλλακτικής a ως προς όλες τις υπόλοιπες μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

- Αρνητική ροή (negative outranking flow)

Ή αλλιώς η ροή εισόδου, δείχνει την υπεροχή όλων των υπόλοιπων εναλλακτικών έναντι της a μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

- Καθαρή ροή (net outranking flow)

Αποτελεί ένα συνολικό μέγεθος αξιολόγησης της εναλλακτικής a έναντι όλων των υπολοίπων και εκφράζεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi(a) = \varphi(a)^+ - \varphi(a)^-$$

4.1.2.5 Κατάταξη

- Μερική κατάταξη των δράσεων μέσω PROMETHEE I

Πλήρης κατάταξη (Z1) ως προς τις θετικές ροές (όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)

Πλήρης κατάταξη (Z2) ως προς τις αρνητικές ροές (όσο μικρότερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)

- Πλήρης κατάταξη των δράσεων μέσω PROMETHEE II

Πλήρης κατάταξη ($Z=Z1 \cap Z2$) ως προς τις καθαρές ροές (όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)

4.2 Πολυκριτηριακή αξιολόγηση μελέτης φωτισμού αυτοκινητοδρόμου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η πολυκριτηριακή αξιολόγηση της μελέτης φωτισμού του αυτοκινητοδρόμου με την μέθοδο PROMETHEE που αναλύθηκε στην παραπάνω ενότητα. Η αξιολόγηση θα γίνει με την βοήθεια του προγράμματος “Visual PROMETHEE”. Η αξιολόγηση θα βασιστεί σε έξι κριτήρια. Τα κριτήρια περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό τιμής κατασκευής, τον υπολογισμό ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI), την ομοιομορφία φωτισμού, την διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, το CRI των φωτιστικών και την θάμβωση του φωτισμού. Το βάρος του κάθε κριτηρίου δείχνει πόσο σημαντικό είναι κάθε κριτήριο για την αξιολόγηση.

4.2.1 Αξιολόγηση με ισορροπημένα βάρη κριτηρίων

Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση τα βάρη επιλέχθηκαν κρίνοντας ότι τα οικονομικά αλλά και τα ποιοτικά στοιχεία του φωτισμού είναι εξίσου σημαντικά. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε τα οικονομικά κριτήρια έχουν βάρος 0,5 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,5. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 46) ακολουθεί αναλυτικά η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

Πίνακας 46) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,25
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,25
Ομοιομορφία λαμπρότητας U_0	0,1
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,2
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,1
Θάμβωση (TI)	0,1

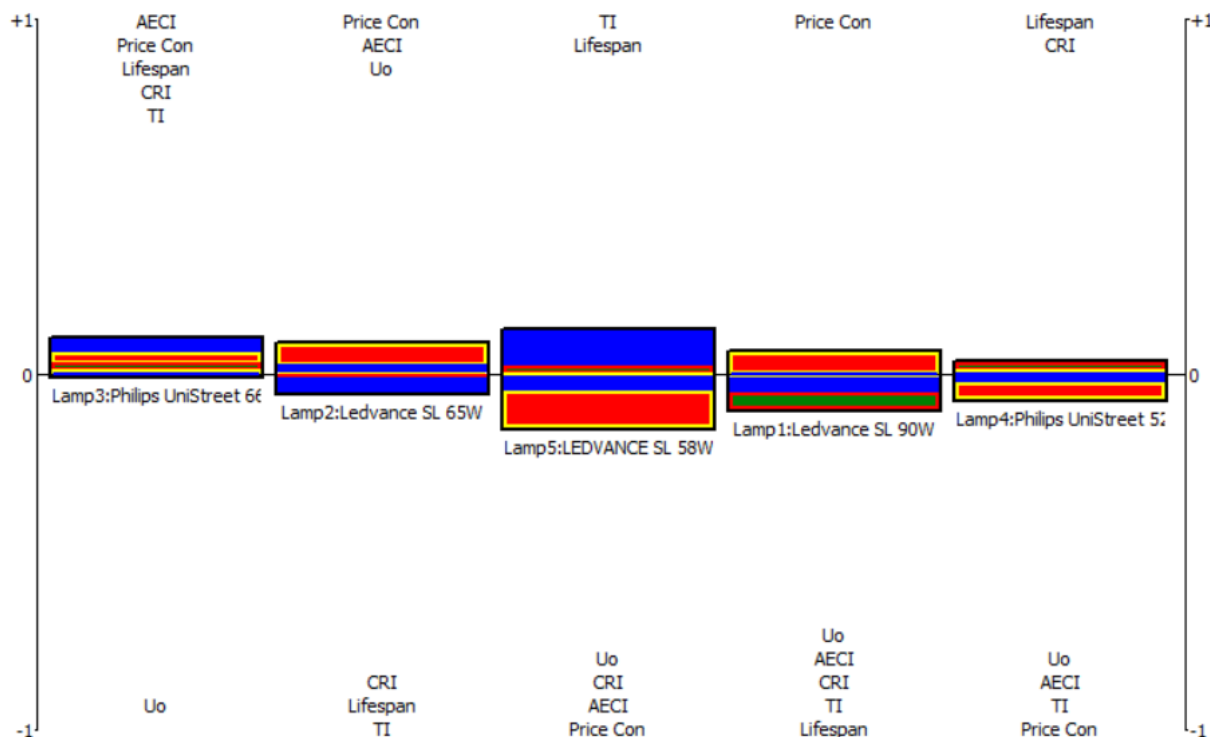
Για την αξιολόγηση μέσω της μεθόδου PROMETHEE χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα κριτήρια η V-καμπύλη. Η συγκεκριμένη καμπύλη αυξάνει αναλογικά όσο πλησιάζει το κάθε κριτήριο στην επιθυμητή τιμή. Η V-καμπύλη κρίθηκε η καταλληλότερη σε αυτές τις περιπτώσεις. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας δεδομένων που τροφοδοτήθηκαν στο πρόγραμμα Visual PROMETHEE (Εικόνα 78).

Bertrand	Price Con	AECI	Uo	Lifespan	CRI	TI
Unit	€	kwh/m^2		hours	CRI	%
Cluster/Group						
Preferences						
Min/Max	min	min	max	max	max	min
Weight	0,25	0,25	0,10	0,20	0,10	0,10
Preference Fn.	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	€ 400.000,00	0,50	0,80	120000	80	5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Minimum	€ 578.026,72	0,79	0,40	70000	70	8
Maximum	€ 778.200,00	0,92	0,46	100000	80	15
Average	€ 651.833,68	0,85	0,42	91600	74	13
Standard Dev.	€ 79.246,43	0,04	0,02	11758	5	3
Evaluations						
☒ Lamp1:Ledvance...	€ 578.026,72	0,86	0,40	70000	70	15
☒ Lamp2:Ledvance...	€ 580.849,20	0,82	0,46	88000	70	15
☒ Lamp3:Philips Uni...	€ 612.181,50	0,79	0,40	100000	80	13
☒ Lamp4:Philips Uni...	€ 709.911,00	0,86	0,41	100000	80	14
☒ Lamp5:LEDVANC...	€ 778.200,00	0,92	0,41	100000	70	8

Εικόνα 63) Δεδομένα αξιολόγησης (Visual PROMETHEE) για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου



Εικόνα 64) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 65) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ως βέλτιστη λύση φωτιστικού για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου αξιολογήθηκε η επιλογή 3 (Εικόνα 79). Η επιλογή 3 ήταν φωτιστικό της PHILIPS και συγκριμένα το UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830. Δεν είναι έκπληξη που κρίνεται η επιλογή 3 ως καλύτερη επιλογή καθώς έχει τις καλύτερες τιμές σε κατανάλωση, διάρκεια ζωής φωτιστικών και απόδοση χρωμάτων, ενώ στην τιμή κατασκευής και την θάμβωση τιμές κοντά στον μέσο όρο των επιλογών.

Ως δεύτερη καλύτερη επιλογή υπολογίσθηκε η δεύτερη επιλογή φωτιστικού, και συγκεκριμένα το LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W. Θετικά κρίθηκαν η χαμηλή τιμή προϋπολογισμού κατασκευής, η κατανάλωση και η ομοιομορφία φωτισμού. Αρνητικά κρίθηκαν η διάρκεια ζωής του φωτισμού, το CRI των φωτιστικών και η θάμβωση του φωτισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρώτη επιλογή φωτιστικού, δηλαδή το φωτιστικό LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W, που υπολογίσθηκε ως τέταρτη καλύτερη επιλογή. Η συγκεκριμένη επιλογή έχει τον χαμηλότερο προϋπολογισμό κατασκευής, κάτι που θα την έκρινε αυτόματα εκ των επικρατέστερων επιλογών. Η χαμηλή επίδοση στις υπόλοιπες κατηγορίες όμως την κατατάσσουν την προτελευταία ανάμεσα στα υπόλοιπα φωτιστικά της εργασίας.

4.2.2 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα οικονομικά δεδομένα

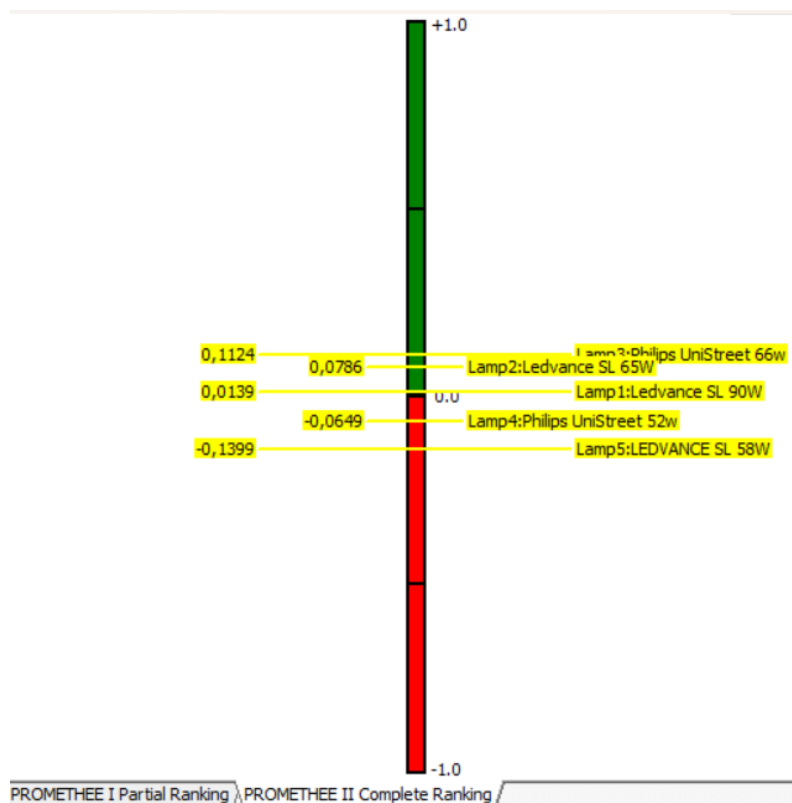
Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα οικονομικά στοιχεία της μελέτης. Έτσι σημαντικότερα κρίνονται τα κριτήρια του κόστους κατασκευής και της κατανάλωσης. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε

στα οικονομικά κριτήρια δίνεται βάρος 0,7 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,3. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 47) ακολουθεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

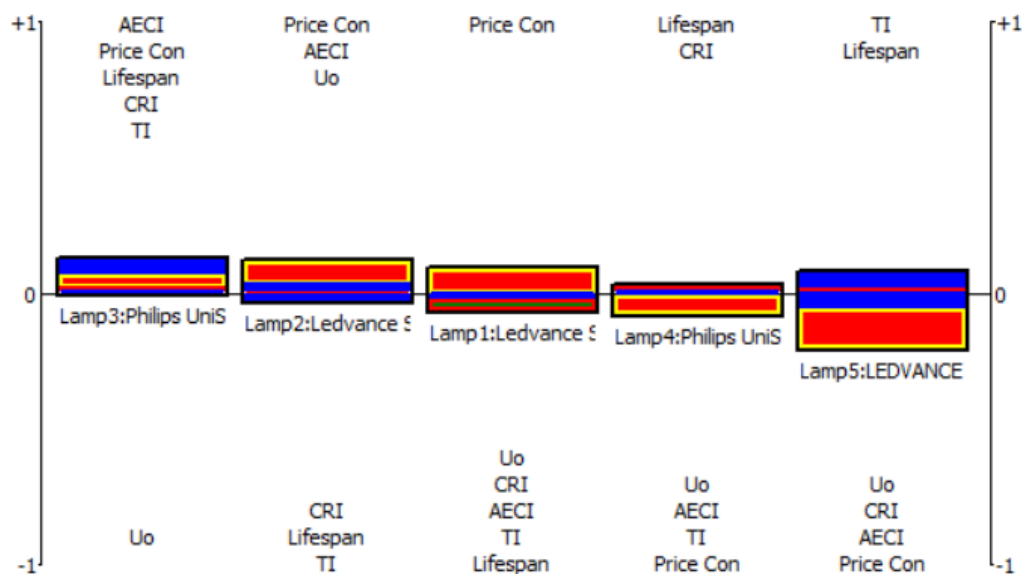
Πίνακας 47) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,35
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,35
Ομοιομορφία λαμπρότητας U_0	0,05
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,15
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,05
Θάμβωση (TI)	0,05

Στην αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια στοιχεία με την αξιολόγηση της ενότητας 4.2.1 με μόνη αλλαγή την βαρύτητα των κριτηρίων.



Εικόνα 66) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 67) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

Με τα νέα δεδομένα, δηλαδή την αύξηση σημαντικότητας των οικονομικών κριτηρίων, η Τρίτη επιλογή φωτιστικού (PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830) παραμένει η καλύτερη επιλογή για τους ίδιους λόγους με την πρώτη αξιολόγηση. Ίδια θέση και για την δεύτερη επιλογή φωτιστικού (LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W) που κρίνεται ως δεύτερη καλύτερη επιλογή.

Η πρώτη επιλογή φωτιστικού (LEDVANCE STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST 90W) που έχει το χαμηλότερο κόστος κατασκευής παραμένει χαμηλά στις επιλογές καθώς παρά την αλλαγή βαρύτητας των οικονομικών στοιχείων κρίνεται μόλις τρίτη καλύτερη επιλογή, από τέταρτη που ήταν με τα πιο ισορροπημένα κριτήρια.

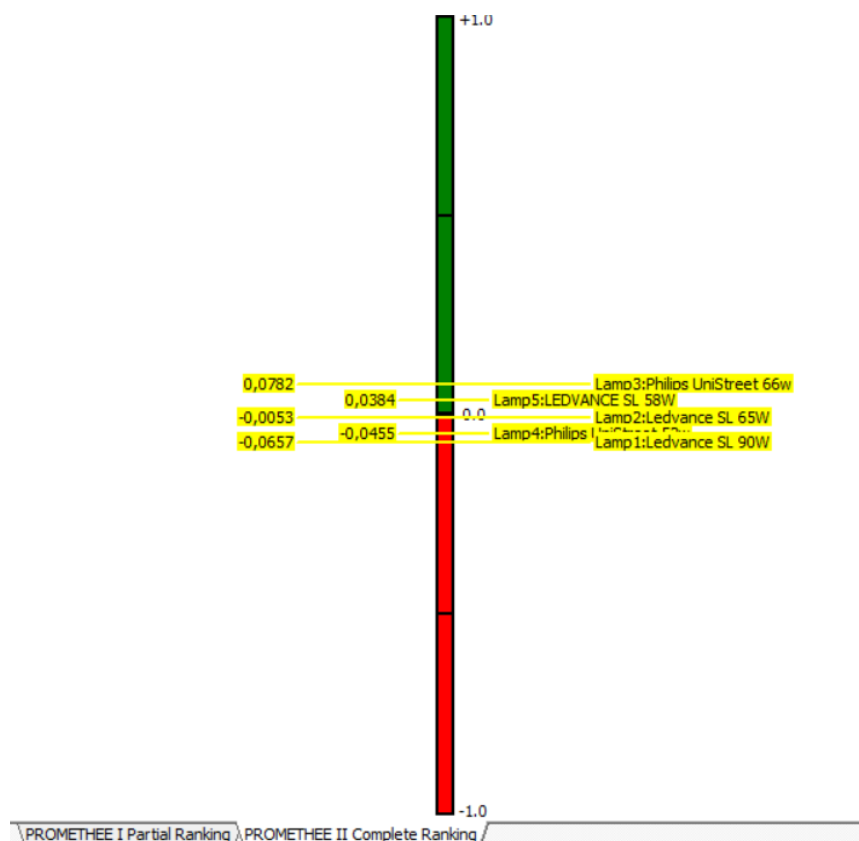
4.2.3 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε στα οικονομικά κριτήρια δίνεται βάρος 0,4 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,6. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 48) ακολουθεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

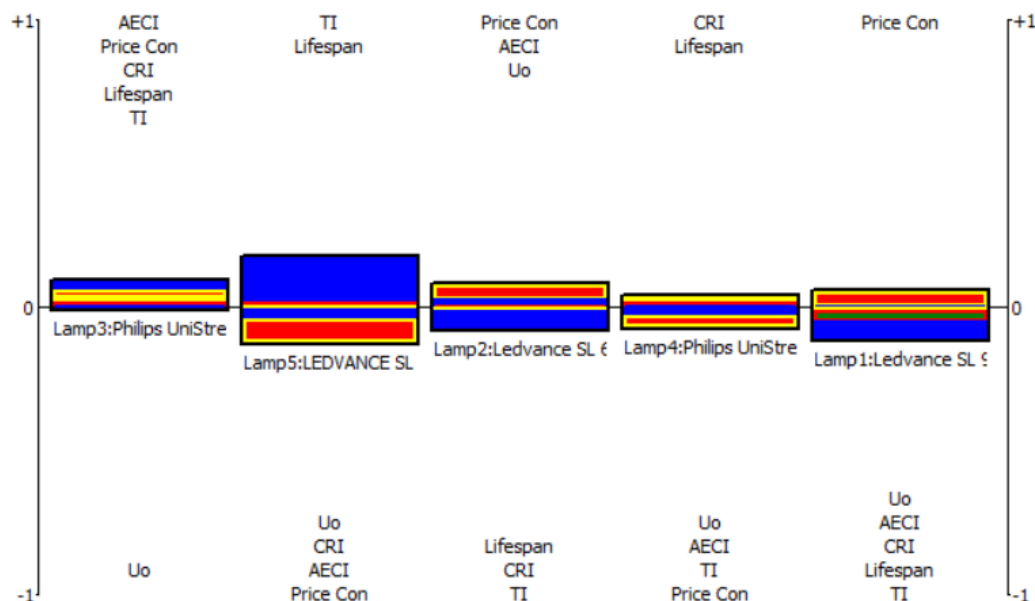
Πίνακας 48) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού αυτοκινητόδρομου

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,20
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,20
Ομοιομορφία λαμπρότητας U_0	0,15
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,15
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,15
Θάμβωση (TI)	0,15

Στην αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια στοιχεία με την αξιολόγηση της ενότητας 4.2.1 με μόνη αλλαγή την βαρύτητα των κριτηρίων.



Εικόνα 68) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 69) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

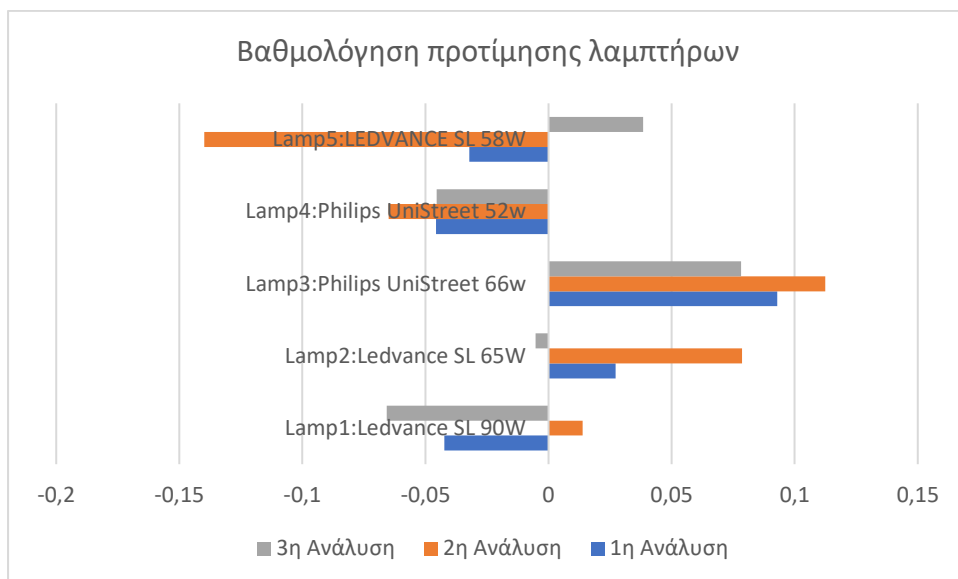
Για άλλη μια φορά η Τρίτη επιλογή φωτιστικού (PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830) κρίθηκε ως καλύτερη επιλογή παρά την αλλαγή στην βαρύτητα των κριτηρίων. Δεύτερη καλύτερη επιλογή κρίνεται η πέμπτη επιλογή φωτιστικού (LEDVANCE SL FLEX MD RV25ST P 58W 730) λόγω της χαμηλής θάμβωσης και της διάρκειας ζωής του φωτιστικού.

4.2.4 Συνολική σύγκριση των αξιολογήσεων

Συνολικά από τις τρεις αναλύσεις που έγιναν με το πρόγραμμα PROMETHEE παραπάνω, καταλήξαμε με τα δεδομένα που φαίνονται στον πίνακα 49. Σύμφωνα με αυτά η καλύτερη λύση είναι ξεκάθαρα η 3^η επιλογή λαμπτήρα (PHILIPS UniStreet gen2 BGP283 LED100-4S/830) αφού παρά την διαφορετική βαρύτητα των κριτηρίων που έγιναν οι αναλύσεις, σε όλες κρίθηκε η πρώτη επιλογή. Δεύτερη καλύτερη επιλογή συνολικά φαίνεται να είναι η 2^η επιλογή λαμπτήρα (LEDVANCE STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST 65W) που κρίθηκε δυο φορές δεύτερη καλύτερη επιλογή και μία Τρίτη.

Πίνακας 49) Θέσεις κατάταξης λαμπτήρων βάση αναλύσεων από το PROMETHEE

Επιλογή λαμπτήρα	1η Ανάλυση	2η Ανάλυση	3η Ανάλυση
Lamp1:Ledvance SL 90W	4	3	5
Lamp2:Ledvance SL 65W	2	2	3
Lamp3:Philips UniStreet 66w	1	1	1
Lamp4:Philips UniStreet 52w	5	4	4
Lamp5:LEDVANCE SL 58W	3	5	2



Πίνακας 50) Συνολική βαθμολογία προτίμησης των λαμπτήρων από πρόγραμμα PROMETHEE

4.3 Πολυκριτηριακή αξιολόγηση μελέτης φωτισμού δρόμου ήπιας κυκλοφορίας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η πολυκριτηριακή αξιολόγηση της μελέτης φωτισμού του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας με την μέθοδο PROMETHEE που αναλύθηκε στην παραπάνω ενότητα. Η αξιολόγηση θα γίνει με την βοήθεια του προγράμματος “Visual PROMETHEE”. Η αξιολόγηση θα βασιστεί σε έξι κριτήρια. Τα κριτήρια περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό τιμής κατασκευής, τον υπολογισμό ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI), την ελάχιστη ένταση φωτισμού (E_{min}), την διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, το CRI των φωτιστικών και την θάμβωση του φωτισμού. Το βάρος του κάθε κριτηρίου δείχνει πόσο σημαντικό είναι κάθε κριτήριο για την αξιολόγηση.

4.3.1 Αξιολόγηση με ισορροπημένα βάρη κριτηρίων

Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση τα βάρη επιλέχθηκαν κρίνοντας ότι τα οικονομικά αλλά και τα ποιοτικά στοιχεία του φωτισμού είναι σημαντικά. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε τα οικονομικά κριτήρια έχουν βάρος 0,5 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,5. Στον παρακάτω πίνακα (51) ακολουθεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

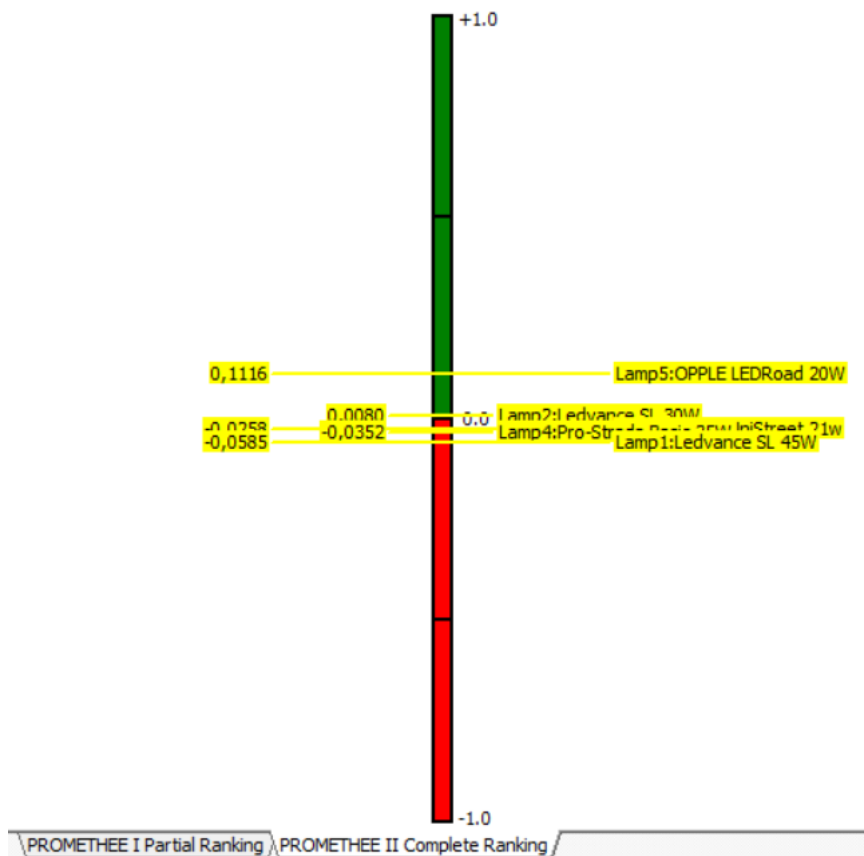
Πίνακας 51) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,25
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,25
Ελάχιστη ένταση φωτισμού (E_{min})	0,1
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,2
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,1
Θάμβωση (TI)	0,1

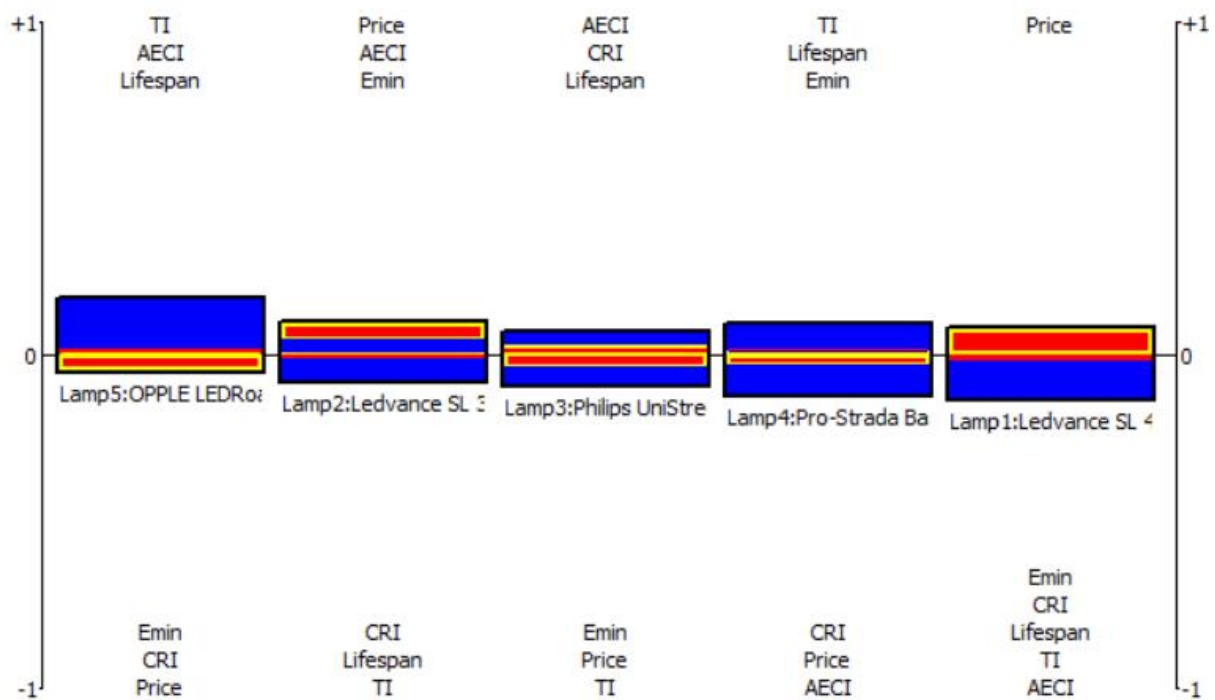
Για την αξιολόγηση μέσω της μεθόδου PROMETHEE χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα κριτήρια η V-καμπύλη. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας δεδομένων που τροφοδοτήθηκαν στο πρόγραμμα Visual PROMETHEE (Εικόνα 70) για την αξιολόγηση του φωτισμού του δρόμου ήπιας κυκλοφορίας.

	Bertrand	Price	AECI	Emin	Lifespan	CRI	TI
Unit		€	kwh/m ²	lx	hours	CRI	%
Cluster/Group							
Preferences							
Min/Max	min	min	max	max	max	max	min
Weight	0,25	0,25	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
Preference Fn.	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	€ 48.000,00	0,400	2,00	120000	80	5	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics							
Minimum	€ 49.238,30	0,450	1,50	88000	70	9	
Maximum	€ 66.550,00	0,650	1,61	100000	80	22	
Average	€ 59.948,34	0,540	1,54	95200	72	17	
Standard Dev.	€ 7.206,49	0,079	0,05	5879	4	6	
Evaluations							
☒ Lamp1:Ledvance...		€ 49.238,30	0,620	1,50	88000	70	21
☒ Lamp2:Ledvance...		€ 53.377,40	0,490	1,61	88000	70	22
☒ Lamp3:Philips Uni...		€ 66.056,00	0,490	1,50	100000	80	21
☒ Lamp4:Pro-Strad...		€ 64.520,00	0,650	1,60	100000	70	10
☒ Lamp5:OPPLE LE...		€ 66.550,00	0,450	1,50	100000	70	9

Εικόνα 70) Δεδομένα αξιολόγησης (Visual PROMETHEE) για τον φωτισμό δρόμου ήπιας κυκλοφορίας



Εικόνα 71) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 72) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ως βέλτιστη λύση φωτιστικού για τον φωτισμό του αυτοκινητοδρόμου αξιολογήθηκε η επιλογή 5 (Εικόνα 72). Η επιλογή 5 ήταν το φωτιστικό OPPL LEDRoad-St-P2 Re488-20W. Η επιλογή κρίνεται ως καλύτερη λόγω της χαμηλής κατανάλωσης της εγκατάστασης, της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων και της χαμηλής θάμβωσης του φωτισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι η ακριβότερη επιλογή ως αναφορά τον προϋπολογισμό της κατασκευής. Επίσης δεν ήταν η καλύτερη επιλογή στα κριτήρια του CRI των φωτιστικών και της ελάχιστης έντασης φωτισμού, κριτήρια όμως που ήταν χαμηλότερης βαρύτητας.

Δεύτερη καλύτερη επιλογή υπολογίστηκε το δεύτερο φωτιστικό της μελέτης, δηλαδή το LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST. Το δεύτερο φωτιστικό έχει την δεύτερη φθηνότερη τιμή κατασκευής, την υψηλότερη τιμή ελάχιστης έντασης φωτισμού και την δεύτερη καλύτερη κατανάλωση.

Η πρώτη επιλογή φωτιστικού, το φωτιστικό LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST, είχε την χαμηλότερη τιμή κατασκευής όμως κρίθηκε η χειρότερη συνολικά επιλογή, λόγω της κακής επίδοσης σε όλες τις άλλες κατηγορίες.

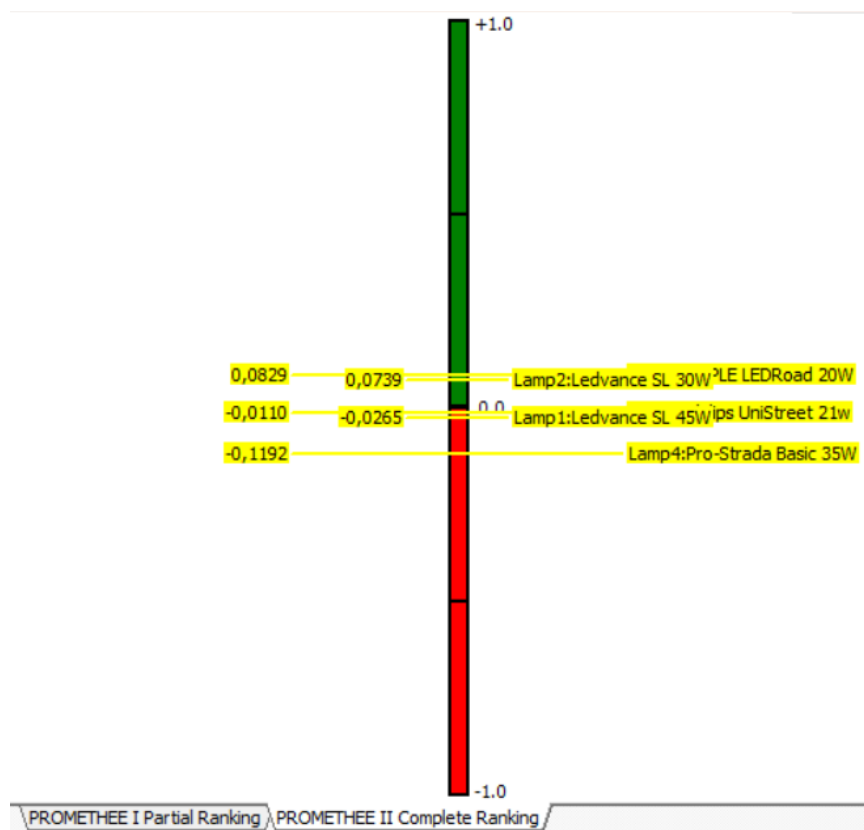
4.3.2 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα οικονομικά δεδομένα

Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα οικονομικά στοιχεία της μελέτης. Έτσι σημαντικότερα κρίνονται τα κριτήρια του κόστους κατασκευής και της κατανάλωσης. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε στα οικονομικά κριτήρια δίνεται βάρος 0,7 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,3. Στον παρακάτω πίνακα (52) ακολουθεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

Πίνακας 52) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,35
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,35
Ελάχιστη ένταση φωτισμού (E_{min})	0,05
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,15
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,05
Θάμβωση (TI)	0,05

Στην αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια στοιχεία με την αξιολόγηση της ενότητας 4.3.1 με μόνη αλλαγή την βαρύτητα των κριτηρίων.



Εικόνα 73) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 74) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

Με τα νέα δεδομένα, δηλαδή την αύξηση της βαρύτητας των οικονομικών κριτηρίων του φωτισμού, δεν υπήρχαν σημαντικές αλλαγές στην κατάταξη προτίμησης των φωτιστικών. Οι πρώτες τρεις καλύτερες επιλογές παραμένουν ίδιες (Εικόνα 74).

Η πρώτη επιλογή φωτιστικού (LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 45W 730 RV20ST) που έχει το χαμηλότερο κόστος κατασκευής παραμένει χαμηλά καθώς από πέμπτη επιλογή, πλέον κρίνεται ως τέταρτη επιλογή.

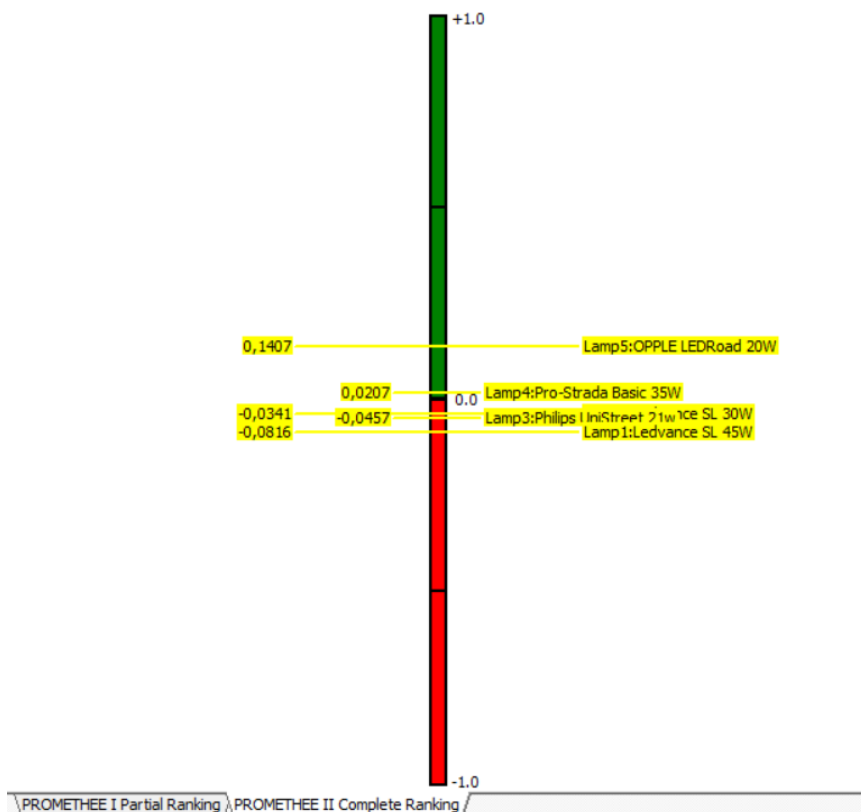
4.3.3 Αξιολόγηση με βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Σε αυτήν την πολυκριτηριακή ανάλυση, δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού. Το σύνολο των τιμών της βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 1, οπότε στα οικονομικά κριτήρια δίνεται βάρος 0,4 και αντίστοιχα τα ποιοτικά κριτήρια βάρος 0,6. Στον παρακάτω πίνακα (53) ακολουθεί η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

Πίνακας 53) Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης φωτισμού ήπιας κυκλοφορίας

Κριτήριο	Βάρος αξιολόγησης
Κόστος κατασκευής	0,20
Υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (AECI)	0,20
Ελάχιστη ένταση φωτισμού (E_{min})	0,15
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων	0,15
Απόδοση χρωμάτων (CRI)	0,15
Θάμβωση (TI)	0,15

Στην αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια στοιχεία με την τη αξιολόγηση της ενότητας 4.3.1 με μόνη αλλαγή την βαρύτητα των κριτηρίων.



Εικόνα 75) Βαθμολόγηση επιλογών με PROMETHEE II



Εικόνα 76) Ταξινόμηση επιλογών φωτιστικού βάση κριτηρίων μέσω Visual PROMETHEE

Με τα καινούργια δεδομένα αυτής της ανάλυσης η 5^η επιλογή φωτιστικού (OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W) παραμένει η καλύτερη επιλογή, όπως φαίνεται και παραπάνω (Εικόνα 76).

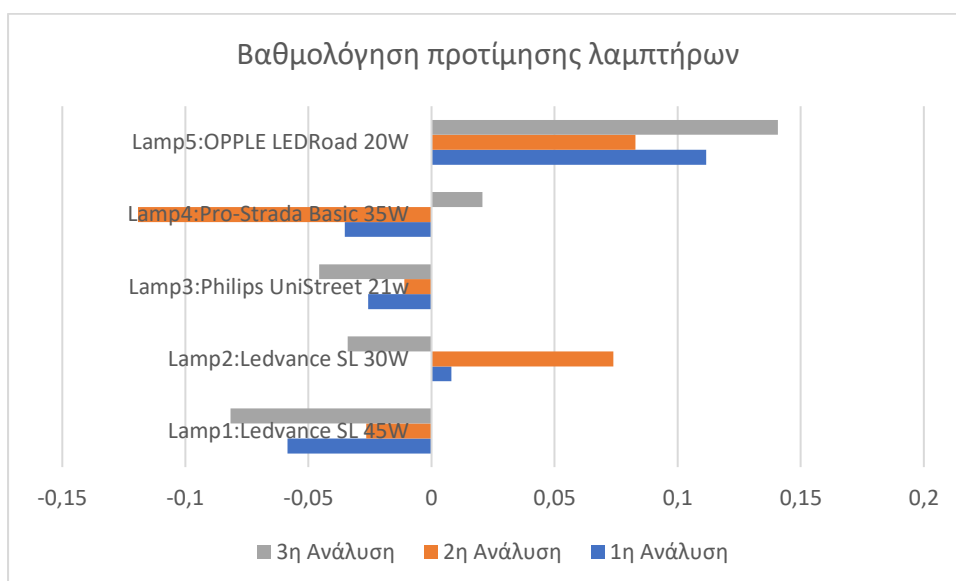
Αξιολογείται θετικά η χαμηλή θάμβωση, η διάρκεια ζωής του λαμπτήρα και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Δεύτερη καλύτερη επιλογή κρίνεται η 4^η επιλογή λαμπτήρα (PRO-STRADA Basic Micro streetlight 35W) κυρίως λόγω της διάρκειας ζωής του λαμπτήρα, της χαμηλής θάμβωσης.

4.3.4 Συνολική σύγκριση των αξιολογήσεων

Συνολικά από τις τρεις αναλύσεις που έγιναν με το πρόγραμμα PROMETHEE παραπάνω, καταλήξαμε με τα δεδομένα που φαίνονται στον πίνακα 54. Σύμφωνα με αυτά η καλύτερη λύση είναι ξεκάθαρα η 5η επιλογή λαμπτήρα (OPPLE LEDRoad-St-P2 Re488-20W) αφού σε όλες τις αναλύσεις κρίθηκε η καλύτερη επιλογή. Δεύτερη καλύτερη επιλογή συνολικά φαίνεται να είναι η 2η επιλογή λαμπτήρα (LEDVANCE Streetlight AREA SPD SM V 30W 730 RV20ST) που κρίθηκε δυο φορές δεύτερη καλύτερη επιλογή και μία Τρίτη.

Πίνακας 54) Θέσεις κατάταξης λαμπτήρων βάση αναλύσεων από το PROMETHEE

Επιλογή λαμπτήρα	1η Ανάλυση	2η Ανάλυση	3η Ανάλυση
Lamp1:Ledvance SL 45W	5	4	5
Lamp2:Ledvance SL 30W	2	2	3
Lamp3:Philips UniStreet 21w	3	3	4
Lamp4:Pro-Strada Basic 35W	4	5	2
Lamp5:OPPLE LEDRoad 20W	1	1	1



Πίνακας 55) Συνολική βαθμολογία προτίμησης των λαμπτήρων από πρόγραμμα PROMETHEE

Συμπεράσματα

Στον κόσμο της σχεδίασης φωτισμού, ένα από τα δυσκολότερα κομμάτια είναι η επιλογή του καταλληλότερου φωτισμού ανάλογα με τους στόχους αλλά και τις απαιτήσεις του κάθε έργου. Οι απαιτήσεις των προτύπων φωτισμού, τα οικονομικά κριτήρια, το αισθητικό αποτέλεσμα αλλά και οι πολλαπλές επιλογές σε φωτιστικά, κάνουν πολύπλοκες τις επιλογές που κάνουμε σε κάθε σχεδιασμό φωτισμού.

Σε αυτήν την εργασία έγινε μια προσπάθεια απάντησης σε αυτά τα προβλήματα. Έγινε χρήση του λογισμικού RELUX για την πραγματοποίηση των φωτομετρικών μελετών. Έγιναν φωτομετρικές μελέτες για δύο είδη δρόμων (αυτοκινητόδρομος και δρόμος ήπιας κυκλοφορίας) με πέντε διαφορετικά φωτιστικά για κάθε δρόμο. Έπειτα έγινε χρήση της μεθόδου PROMETHEE II για την αξιολόγηση και επιλογή της καλύτερης μελέτης για κάθε δρόμο.

Το λογισμικό RELUX είναι ένα πρόγραμμα σχεδιασμού εσωτερικού και εξωτερικού φωτισμού που προσφέρει αξιόπιστα φωτομετρικά αποτελέσματα. Οι περισσότερες μεγάλες εταιρείες παραγωγής φωτιστικών προσφέρουν για τα φωτιστικά τους τα συμβατά με το RELUX αρχεία που απαιτούνται από το λογισμικό για την παραγωγή των αποτελεσμάτων. Το Relux είναι αναμφισβήτητο ένα κρίσιμο εργαλείο στα χέρια ενός σχεδιαστή φωτισμού.

Η μέθοδος PROMETHEE II είναι μια μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Η χρήση της μεθόδου PROMETHEE II στην εργασία, αποδείχθηκε σημαντική για την επιλογή του καλύτερου φωτιστικού στις μελέτες φωτισμού που έγιναν για τις δύο περιπτώσεις δρόμων της εργασίας. Η επιλογή έγινε με βάση οικονομικά και ποιοτικά κριτήρια. Σημαντική κρίθηκε η δυνατότητα επιλογής της βαρύτητας των κριτηρίων. Η επιλογή αυτή μας έδωσε τη δυνατότητα να κρίνουμε την καλύτερη επιλογή ανάλογα με τις προτεραιότητες μας, αν δηλαδή μας ενδιέφεραν περισσότερο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού ή το οικονομικό σκέλος του έργου. Η μέθοδος PROMETHEE II ήταν ένα χρήσιμο και ευέλικτο εργαλείο για την ανάλυση των φωτομετρικών μελετών και την επιλογή της καλύτερης μελέτης, σύμφωνα με τις προτεραιότητες μας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ακριτίδης Π., Γεωργόπουλος Ι., Δούκας Χ., Ηλιόπουλος Γ., Κουρνιότης Κ., Μπουρούσης Κ., Παπαϊωάννου Π., Σεραφίδης Θ., Τοπαλής Φ. (2018). Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ». Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.

LEDVANCE GMBH, 2025 December 5, STREETLIGHT AREA LARGE RV35ST, <https://www.ledvance.de/en-uk/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c262125?productId=242306>

Technomat, 2025 December 5, Street Light Area SPD, <https://www.technomat-shop.com/en/products/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%85-area-spd-la-v-90w-730-rv35st-grey-4099854079825>

LEDVANCE GMBH, 2025 December 5, STREETLIGHT AREA MEDIUM RV20ST <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/luminaires/professional-luminaires/streetlights/light-distribution-for-general-road-lighting/fitting-a-broad-range-of-street-and-area-lighting-applications-c208169?productId=230410>

Technomat, 2025 December 5, Street Light 65W 4000K 8775lm, <https://www.technomat-shop.com/en/products/street-light-65w-4000k-8775lm-100-240v-4058075725454#>

PHILIPS lighting, 2025 December 6, UniStreet gen2, BGP283 LED100-4S/830, https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866776_EU/product

PHILIPS lighting, 2025 December 6, UniStreet gen2, BGP282 LED74-4S,
https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/unistreet-gen2/910925866812_EU/product

LEDVANCE GMBH, 2025 December 6, STREETLIGHT FLEX MEDIUM RV25ST,
<https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/gia-epharmoges-pou-apaitoun-photeine-roe-eos-11000-lm/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo-c145503>

Wydels Electrical Wholesalers, 2026, Lighting Columns & Lamp,
<https://wydels.co.uk/collections/lighting-columns>

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., 2009 Μάρτιος, Εγνατία οδός: Συντήρηση και Λειτουργία του τμήματος από Ηγουμενίτσα μέχρι Α/Κ Παναγιάς (2009-2014), https://egnatia.eu/wp-content/uploads/2019/12/1BG_pin-timon.pdf

Technomat, 2026 January 16, Φωτιστικό Δρόμου Area SPD Small V 45W 730 RV20ST GY,
<https://www.technomat-shop.com/el/products/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%85-eco-area-s-spd-45w-840-4000k-5000lm-ip66>

LEDVANCE GMBH, 2026 January 16, STREETLIGHT AREA SMALL RV20ST,
<https://www.ledvance.gr/epangelmatiko/proionta/photistika/epangelmatika-photistika/photistika-odophotismou/diachyse-photos-gia-geniko-odophotismo/topothetese-se-mia-eureia-nkama-epharmogon-photismou-dromon-kai-periochon-c207683>

Meidanis Store, 2026 January 16, Φωτιστικό Οδοφωτισμού SI Area SPD SMV 30W740 RV20ST, <https://www.meidanis.gr/el/fotistiko-odofotismou-sl-area-spd-smv-30w740-rv20stgyfs1-ledvance-02-54030314.html>

Signify Holding, 2026 January 16, Outdoor luminaires, BGP281 LED30-4S/830 II DM10 DDF2 D18 SRG, https://www.signify.com/global/prof/outdoor-luminaires/road-and-street/philips-unistreet-gen2/910925866725_EU/product

2026 Prolumia, 2026 January 16, Led Public Lighting, Pro-Strada Basic Micro streetlight mount/slider 35W 4550Lm 3000K R, <https://www.prolumia.com/shop/pro-strada-basic-micro-streetlight-mount-slider-35w-4550lm-3000k-r-40312020>

OPPLE Lighting, 2026 January 16, Road Streetlight, LEDRoad-St-P2 Re488-20W-DALI-730-XAS, <https://www.opple.es/en/product/outdoor/roadstreetlight/roadlight-stratus/ledroad-st-p2-re488-20w-dali-730-xas>

Δούκας X., Ψαρράς I., Η μέθοδος PROMETHEE, Πολυκριτήρια Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, <https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2020-10/%CE%A0%CE%A3%CE%A5%CE%91%20-%20%CE%A32.%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%202.pdf>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.