



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ»

"ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟ
ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΛΑΜΙΑΣ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΑΡΙΣΤΟΓΕΙΤΟΝΑ Π. ΤΣΕΛΙΚΑ

Επιβλέπων : Χαρίλαος Γ. Σανδαλίδης,

Επ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΛΑΜΙΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017

ΑΡΙΣΤΟΓΕΙΤΩΝ Π. ΤΣΕΛΙΚΑΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

MBA (Τεχνοοικονομικά Συστήματα - Διοίκηση Συστημάτων Παραγωγής)

Προϊστάμενος Υποδιεύθυνσης Τεχνικού Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας

Copyright © Αριστογείτων Τσελίκας, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τριμελής Επιτροπή:

Σανδαλίδης Χαρίλαος, Επ. Καθηγητής (επιβλέπων)

Αναγνωστόπουλος Ιωάννης, Αν. Καθηγητής

Κακαρούντας Αθανάσιος, Επ. Καθηγητής

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο "Μεταφορά ηλιακού φωτός μέσω συστημάτων φωτισμού οπτικών ινών για την εξοικονόμηση ενέργειας τεχνοοικονομική μελέτη εφαρμογής στο Γενικό Νοσοκομείο Λαμίας" αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

Αριστογείτων Τσελίκας

Αφιερώνεται στους γονείς μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	9
1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	9
2^ο ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ – ΘΕΩΡΙΑ ΦΩΤΟΣ	11
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	11
2.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΦΩΣ.....	14
3^ο ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΊΝΕΣ	17
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
3.2 Το ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ “HIMAWARI”.....	22
3.3 Το ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ “PARANS SOLAR LIGHTING”.....	25
4 ^ο ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	42
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	42
4.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	42
5^ο ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	44
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΩΡΟΥ.....	45
5.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	46
5.4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	47
5.5. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	49
5.6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	50
5.7. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ - Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂	65
5.7.1 Εισαγωγή.....	65
5.7.2 Συντελεστή CO ₂ – Υπολογισμός μείωσης παραγωγής CO ₂	65
5.8. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	69
6^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	71
6.1 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	71
6.2 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71

6.3. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76
ΣΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΕΣ.....	78
ΠΙΝΑΚΕΣ	80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή αποτελεί τη Διπλωματική Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Διατμηματικό Πρόγραμμα Σπουδών «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ» στην κατεύθυνση «Υπολογιστική Ιατρική και Βιολογία», της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αντικείμενο της Διατριβής είναι η μελέτη, η κατανόηση και η παρουσίαση της τεχνολογίας Συλλογής και Μεταφοράς Ηλιακού Φωτός μέσω Συστημάτων Φωτισμού Οπτικών Ινών, δια της οποίας επιτυγχάνεται η βέλτιστη αξιοποίηση του ηλιακού φωτός για το φωτισμό μη άμεσα ηλιοφωτιζόμενων χώρων καθώς και η εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας (κυρίως ηλεκτρικής), ο περιορισμός της σπατάλης και η επίτευξη υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας. Διερευνάται η διερεύνηση της αναγκαιότητας φωτισμού άμεσα με ηλιακό φως των χώρων εργασίας και των ωφελειών και πλεονεκτημάτων που προσφέρει τόσο στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και στην υγεία των εργαζομένων όσο και στην βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων. Επιχειρείται τεχνοοικονομική αξιολόγηση των συστημάτων μεταφοράς ηλιακού φωτός με οπτικές ίνες και ο φωτισμός εσωτερικών χώρων μέσω αυτών και ο τρόπος επιλογής και προώθησής τους. Τέλος παρουσιάζεται η μελέτη εφαρμογής για τη προμήθεια και εγκατάσταση ενός από τα πιο εξελιγμένα συστήματα μεταφοράς ηλιακού φωτός με οπτικές ίνες για το φωτισμό ημιυπόγειου χώρου στις εγκαταστάσεις του νέου κτιριακού συγκροτήματος του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας.

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2016 - 2017 υπό την επίβλεψη του κ. Χαρίλαου Σανδαλίδη, Επίκουρου καθηγητή της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλους όσους συνέβαλλαν για την εκπόνησή της και την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα, και ειδικότερα:

Τον κ. Χαρίλαο Σανδαλίδη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε από το ξεκίνημα της εργασίας μέχρι την ολοκλήρωσή της.

Τους συναδέλφους μου και προϊσταμένους μου στο χώρο εργασίας μου, οι οποίοι με τη στήριξη τους μου έδωσαν τον απαραίτητο χρόνο προκειμένου να ολοκληρώσω το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα καθώς και το συνάδελφο κ. Χαράλαμπο Κουκλίδη, Μηχανολόγο Μηχανικό για τη πολύτιμη βοήθεια του με το υλικό που μου έδωσε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τη σύζυγό μου για την ανοχή της, την πολύτιμη βοήθεια και τη στήριξή της επί δύο και πλέον χρόνια, προκειμένου να ολοκληρώσω τόσο την Διπλωματική αυτή εργασία όσο και το Μεταπτυχιακό αυτό Πρόγραμμα.

Λέξεις Κλειδιά : Οπτική Ίνα, Συλλογή Ηλιακού Φωτός, Μεταφορά Ηλιακού Φωτός

1^ο Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα διατριβή αποτελεί τη Διπλωματική Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Διατμηματικό Πρόγραμμα Σπουδών «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ» το οποίο διενεργείται από τη σχολή Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη, η κατανόηση και η παρουσίαση της τεχνολογίας συλλογής και μεταφοράς ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών, δια της οποίας επιτυγχάνεται κυρίως εξοικονόμηση και η ορθολογική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και η εξασφάλιση των απαραίτητων συνθηκών υγιεινής και ασφάλειας για τους εργαζομένους κυρίως σε εργασιακούς και οικιακούς χώρους με μικρή έκθεση σε ηλιακό φως.

Διερευνάται η καταγραφή των μέχρι σήμερα δεδομένων και εφαρμογών με την εν λόγω τεχνολογία στον διεθνή και ελληνικό χώρο καθώς και οι προοπτικές της επόμενης ημέρας.

Επιχειρείται τεχνοοικονομική αξιολόγηση των συστημάτων μετάδοσης ηλιακού φωτός και ο τρόπος επιλογής και προώθησής τους.

Τέλος παρουσιάζεται η μελέτη εφαρμογής της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας για την προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων συλλογής και μετάδοσης ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών σε ημιυπόγειο χώρο στις εγκαταστάσεις του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας.

1.2 Δομή εργασίας

Η εργασία αποτελείται από δύο μέρη:

- Το θεωρητικό μέρος στο οποίο γίνεται αναφορά στο τι είναι οπτική ίνα, που χρησιμοποιείται και ποια η σχέση της με το φως, ενώ στη συνέχεια περιγράφεται η νέα τεχνολογία με την οποία απασχολείται η συγκεκριμένη εργασία.
- Το πρακτικό μέρος το οποίο αφορά την τεχνοοικονομική μελέτη εφαρμογής της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας, που έγινε στα πλαίσια της εργασίας, σε χώρο του 1ου υπογείου του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας, για την προμήθεια και εγκατάσταση

συστήματος συλλογής και μετάδοσης ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών προκειμένου να επιτευχθεί ο φωτισμός του εν λόγω χώρου.

Πιο συγκεκριμένα:

Στο **1^ο Κεφάλαιο** γίνεται μια εισαγωγή και γενική αναφορά στο αντικείμενο και τη δομή της εργασίας.

Στο **2^ο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά α) στην τεχνολογία και τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών, β) της χρήσης αυτών στο φωτισμό εσωτερικών χώρων και γ) στα οφέλη και τις ευεργετικές συνέπειες του ηλιακού φωτός τόσο στην υγεία του ανθρώπου όσο και γενικότερα πόσο επηρεάζει αυτό την αποδοτικότητα του και τη συμπεριφορά του.

Στο **3^ο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στα συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες, την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, τα μέρη από τα οποία αποτελούνται, και τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών, τον τρόπο λειτουργίας τους, και που αυτά χρησιμοποιούνται και με ποια αποτελέσματα. Δίνεται ειδικό βάρος ειδικά στα συστήματα αυτά που συλλέγουν και μεταφέρουν ηλιακό φως για το φωτισμό εσωτερικών χώρων, με ειδικότερη αναφορά στα συστήματα των εταιρειών “HIMAWARI SOLAR LIGHTING SYSTEM”, με έδρα το Τόκυο της Ιαπωνίας και “PARANS SOLAR LIGHTING” είναι ευρωπαϊκή με έδρα το Γκέτεμποργκ της Σουηδίας,

Στο **4^ο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στην οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων μεταφοράς ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών και στην αξιολόγηση μιας επένδυσης σε τέτοια συστήματα, με χρήση διαφόρων οικονομικών δεικτών όπως η καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης.

Στο **5^ο Κεφάλαιο** αναπτύσσεται η μελέτη εφαρμογής, βάσει των όσων αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και κυρίως στο 3^ο Κεφάλαιο, για την προμήθεια και εγκατάσταση ενός συστήματος μεταφοράς ηλιακού φωτός και φωτισμού συγκεκριμένου χώρου στις εγκαταστάσεις του νέου κτιριακού συγκροτήματος του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας.

Στο **6^ο Κεφάλαιο** παρατίθενται τα Συμπεράσματα και οι Προτάσεις για την στήριξη και την ανάπτυξη των συστημάτων μεταφοράς ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών για το φωτισμό χώρων.

2^ο Συστήματα Οπτικών Ινών – Θεωρία Φωτός

2.1 Συστήματα οπτικών ινών.

Οι οπτικές ίνες εκτός από τη μεταφορά τηλεπικοινωνιακής κίνησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και ως πρωτότυπη λύση φωτισμού μεταφέροντας ηλιακό φως σε κοντινά σημεία και αποστάσεις εσωτερικού χώρου.

Ένα τυπικό σύστημα φωτισμού με οπτικές ίνες αποτελείται από μία φωτεινή πηγή, τις οπτικές ίνες και τα φωτιστικά σώματα. Στα κοινά συστήματα η φωτεινή πηγή είναι συνήθως ένας λαμπτήρας αλογόνου, είτε LED. Στα συστήματα μεταφοράς ηλιακού φωτός η φωτεινή πηγή αποτελείται από ένα συλλέκτη, ο οποίος παρακολουθεί τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο οποίος συλλέγει το φως του ήλιου. Ο συλλέκτης συνήθως τοποθετείται στην οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου ενώ το ηλιακό φως οδηγείται στη συνέχεια στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω οπτικών ινών σε δωμάτια με ανεπαρκή ή καθόλου φυσικό φως.

Ως οπτικές ίνες καλούμε διαφανείς ράβδους με μικρή διάμετρο, κατασκευασμένες από γυαλί ή πλαστικό, που επιτρέπουν τη μετάδοση φωτός από το εσωτερικό τους. Η λειτουργία τους στηρίζεται στα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός. Για τη δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών ενώνονται χιλιάδες δέσμες οπτικών ινών [1].



Εικόνα 1. Οπτική Ίνα.¹

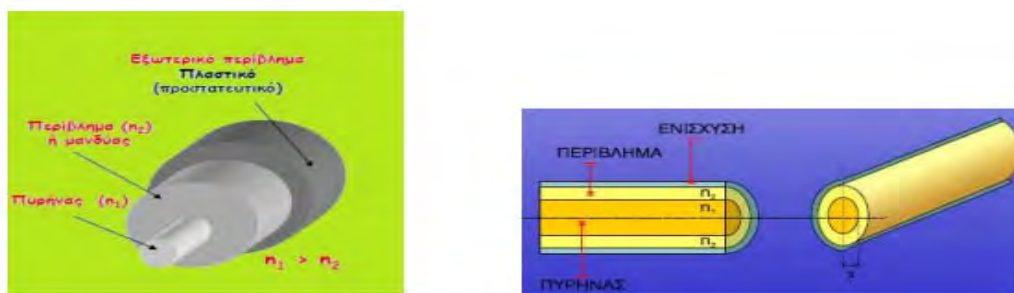
1

<https://www.google.gr/search?q=%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82&hl=el&gbv=2&prmd=ivns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj206yPrabUAhULa1AKHbJhAwcQsAQIGQ>

Ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένες παρουσιάζουν απώλειες με αποτέλεσμα η ισχύς του φωτός να εξασθενεί με την απόσταση. Ανάλογα με το πάχος του καλωδίου, οι απώλειες πλέον, με τη ραγδαία ανάπτυξη και εξέλιξη των οπτικών καλωδίων, κυμαίνονται μεταξύ 5% και 10% ανά χιλιόμετρο.²

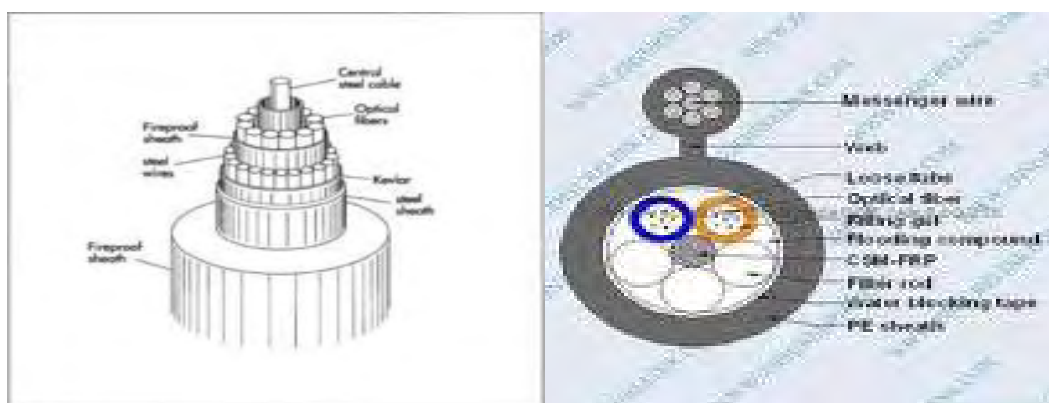
Η δομή ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι τέτοια, ώστε να αποτρέπει τις εξωτερικές φθορές, αλλά και την απώλεια σήματος, που θα προέκυπτε κατά τη διαρροή της φωτεινής ακτινοβολίας στο εξωτερικό του. Αν κόψουμε στη μέση ένα οπτικό καλώδιο, συναντάμε, από το κέντρο προς το εξωτερικό του, τον πυρήνα, την εσωτερική επένδυση-περίβλημα και το εξωτερικό περίβλημα-μανδύα

Στη παρακάτω Εικόνα 2 φαίνεται η εγκάρσια τομή μιας οπτικής ίνας:



Εικόνα 2. Εγκάρσια τομή οπτικής ίνας [2]

Στη παρακάτω Εικόνα 3 φαίνεται η δομή ενός οπτικού καλωδίου που περιλαμβάνει συνήθως δεκάδες ή και εκατοντάδες Οπτικές Ίνες, ενωμένες μεταξύ τους σε μορφή δέσμης:



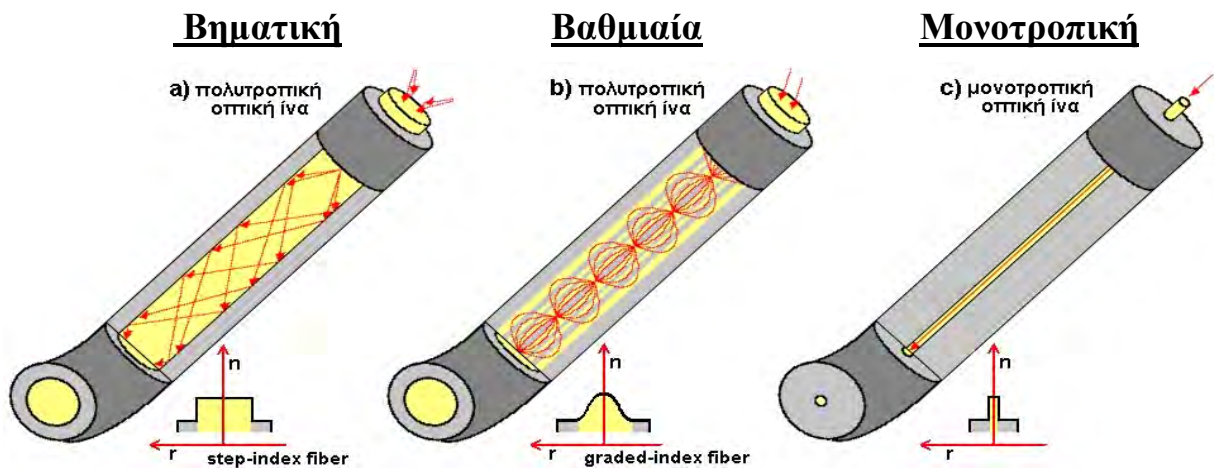
Εικόνα 3. Η δομή ενός οπτικού καλωδίου Εγκάρσια τομή οπτικού καλωδίου³

²

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%AF%CE%BD%CE%B1

³ <https://sptecnologikaepitevgmata1.wikispaces.com-> Αικατερίνη – Μαρία Δελιτζα

Οι κατηγορίες των ινών και ο τρόπος διάδοσής τους στο εσωτερικό τους φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 4. Κατηγορίες οπτικών ινών και τρόποι διάδοσης τους

Οι διαφορές των κατηγοριών των οπτικών ινών φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Χαρακτηριστικά	Πολυτροπικές	Μονοτροπικές
Διάμετρος πυρήνα	50–100 μm	2–10 μm
Τρόποι Διάδοσης	Εκατοντάδες ή χιλιάδες	Μικρός αριθμός
Κατανομή του δ.δ	Βηματική ή βαθμιαία	Βηματική
Ποσοστό εξασθένησης	Υψηλό	Χαμηλό
Ποιότητα διάδοσης παλμών	Χαμηλή (λόγω <u>διασποράς</u>)	Υψηλή
Δυνατότητα σύζευξης	Εύκολη	Δύσκολη
Κόστος αγοράς	Χαμηλό	Υψηλό

Πίνακας 1. Διαφορές Οπτικών Ινών [2]

2.2 Τι είναι το φως

Ως φως ορίζεται το μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που είναι ορατό στο ανθρώπινο μάτι (μήκη κύματος από 380 nm έως 780 nm). Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι ο ανθρώπινος οφθαλμός παρουσιάζει ευαισθησία στο φως η οποία μεταβάλλεται με το μήκος κύματος. Έτσι μια πηγή που εκπέμπει ακτινοβολία π.χ. στο πράσινο χρώμα φαίνεται πιο λαμπρή σε σχέση με μια πηγή που εκπέμπει το ίδιο ποσό ακτινοβολίας στο κόκκινο ή στο μπλε χρώμα. Η ευαισθησία του ανθρώπινου οφθαλμού όμως επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως η σταθερότητα ή το τρεμόπαιγμα του φωτός, ο περιβάλλον χώρος κλπ. Για τη μέτρησή του φωτός χρησιμοποιούμε τις φωτομετρικές μονάδες και τα φωτομετρικά μεγέθη [3].

Οι κυριότερες φωτομετρικές μονάδες είναι:

- Candela (Cd). Ορίζεται ως το 1/60 της φωτοβολίας που εκπέμπεται κάθετα από επιφάνεια λευκόχρυσου εμβαδού 1 cm² στη θερμοκρασία τήξης του (1769° C).
- Lumen (Lm). Ορίζεται ως η φωτεινή ροή που εκπέμπεται από ισότροπη πηγή φωτοβολίας 1 Cd, μέσα σε στερεά γωνία 1 Sterad και είναι η μονάδα της φωτεινής ροής. Ισχύει : 1 Lumen = 1 Cd x 1 Sterad
- Lux (Lx). Ορίζεται ως ο ομοιόμορφος φωτισμός επιφάνειας 1 m² από φωτεινή ροή 1 Lumen και είναι μονάδα φωτισμού. Ισχύει: 1 Lux = 1 Lumen/m²

Τα κυριότερα φωτομετρικά μεγέθη είναι:

- Φωτεινή ροή [lumen, lm] είναι η συνολική ακτινοβολία από μια πηγή φωτός, στην οποία έχει ληφθεί υπόψη η μεταβαλλόμενη ευαισθησία του ματιού, που αναφέρθηκε παραπάνω. Η φωτεινή ροή μετριέται σε lumen [4].
- Φωτισμός [lux, lx = lm/m²] Όταν το φως κατανέμεται σε μια επιφάνεια, ο φωτισμός της επιφάνειας αυτής μετριέται σε lux. Ένα lux ορίζεται ως 1 lm που κατανέμεται σε 1 m². Άμεσο ηλιακό φως σε μια ηλιόλουστη ημέρα μετρά περίπου 100.000 lux. Άλλες τιμές τυπικού φωτισμού αναφέρονται στο Πίνακα 2, παρακάτω[4].
- Φωτεινή απόδοση[Lm / W] μέτρα πόσο αποτελεσματικά η ενέργεια μετατρέπεται σε οπτικό φάσμα και πόσο έντονα γίνεται αντιληπτή από ένα ανθρώπινο μάτι [4].
- Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (Color Rendering Index - CRI) είναι η ποσοτική μέτρηση της ικανότητας μίας πηγής φωτός να εμφανίζει τα χρώματα, σε σύγκριση με

μια ιδανική πηγή φωτός ή με το φυσικό φως (ηλιακό φως ή φως ημέρας). Το CRI ορίζεται ως 100 για το πλήρες φάσμα του φωτός, όπως το φως της ημέρας. Για να συγκριθούν σωστά δύο διαφορετικές πηγές φωτός από το CRI τους θα πρέπει να έχουν την ίδια θερμοκρασία χρώματος [4].

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι δεν υπάρχει ακόμη τεχνητή πηγή φωτός που να μπορεί να προσομοιώνει τέλεια το φως της ημέρας. Αυτό σημαίνει, ότι καμία τεχνητή πηγή φωτός δεν έχει σήμερα τις ιδιότητες του πραγματικού ηλιακού φωτός.

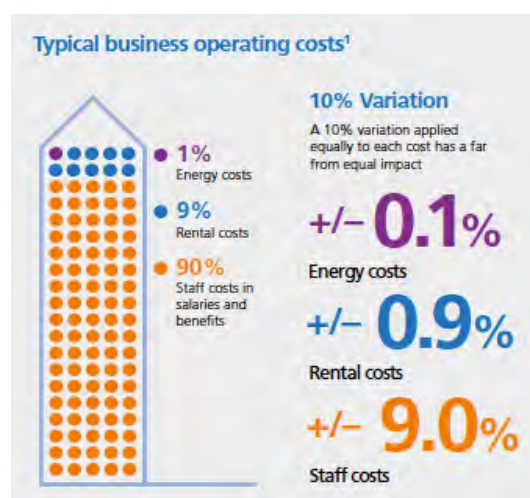
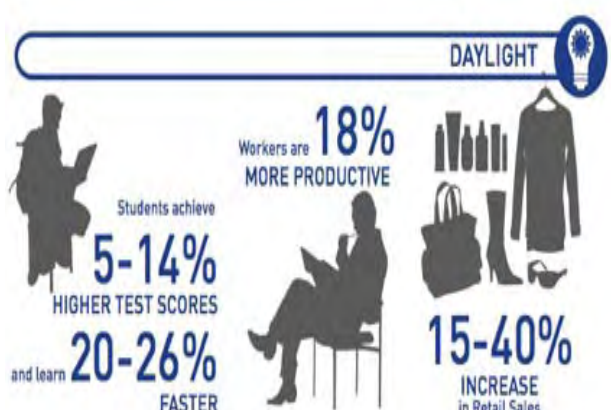
Το φως έχει σημαντική επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό. Η σωστή πρόσληψή του σχετίζεται με

- Το βιολογικό ρολόι (the biological clock) το φως δεν είναι μόνο ένα μέσο για την απεικόνιση του κόσμου γύρω μας, αλλά βρίσκεται επίσης σε στενή επαφή με το βιολογικό ρολόι του ανθρώπινου οργανισμού. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να είμαστε επιλεκτικοί για το φως στο οποίο εκτιθέμεθα.
- Τρεμόσβυμα (Flicker) Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, διερεύνησαν τη διαφορά μεταξύ της εργασίας σε 50 Hz και 30 kHz φωτισμού και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα επίπεδα άγχους ήταν ελαφρώς υψηλότερα με το σύστημα χαμηλής συχνότητας 50Hz. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι το τρεμόσβυμα (Flicker) του φωτισμού επηρεάζει σημαντικά την υγεία του ανθρώπου.
- Εποχιακή Συναισθηματική Διαταραχή (Seasonal Affective Disorder (SAD)) Έχει διαπιστωθεί μια εποχιακή συναισθηματική διαταραχή ως μια μορφή εποχιακής κατάθλιψης κυρίως σε ανθρώπους που ζουν σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος, η οποία ταυτίζεται με την έλλειψη φυσικού φωτός στις περιοχές αυτές.
- Αυξημένη μάθηση υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ της παρουσίας του φωτός ημέρας και της καλύτερης απόδοσης των μαθητών στο σχολείο οι οποίοι πετύχαιναν σημαντικά καλύτερες βαθμολογίες σε σχέση με άλλους μαθητές σχολείων που δεν είχαν ανάλογη πρόσβαση σε φυσικό φως για αρκετές ώρες της ημέρας [5], [4].
- Αύξηση της παραγωγικότητας Ο σωστός φωτισμός και η πρόσβαση στο φως της ημέρας έχουν ως αποτέλεσμα μια σειρά θετικών επιδράσεων στους εργαζομένους αλλά και τους εργοδότες-επιχειρήσεις τους, όπως η γενική ευημερία, η μικρότερη απουσία, η καλύτερη υγεία, καθώς και η αύξηση της παραγωγικότητας με

αποτέλεσμα και τη μείωση του κόστους, κάνοντας ταυτόχρονα τους ανθρώπους να απολαύσουν τον χώρο εργασίας τους [6], [4].

- Αύξηση των πωλήσεων Ο καλός φωτισμός είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την εμφάνιση των προϊόντων και το φυσικό φως έχει πολλά οφέλη τα οποία οδηγούν έμμεσα σε αυξημένες πωλήσεις. Η απόδοση των καταστημάτων μπορεί να αυξηθεί από 31 έως και 49% αν προστεθούν φεγγίτες σε ένα κατάστημα για να φέρουν στο χώρο φυσικό φως [6], [3], [4].

Τα προαναφερόμενα αποτυπώνονται παραστατικά στις παρακάτω Εικόνες.



Εικόνα 5. Τα πλεονεκτήματα του ηλιακού φωτός⁴

Εικόνα 6. Ανάλυση δαπανών τυπικής εταιρείας (Οι Δαπάνες Προσωπικού ανέρχονται στο 90% του Λειτουργικού Κόστους)⁵

⁴ <http://www.parans.com/inspiration.cfm>

⁵ <http://www.parans.com/inspiration.cfm>

3^ο Συστήματα Φωτισμού με Οπτικές Ύνες

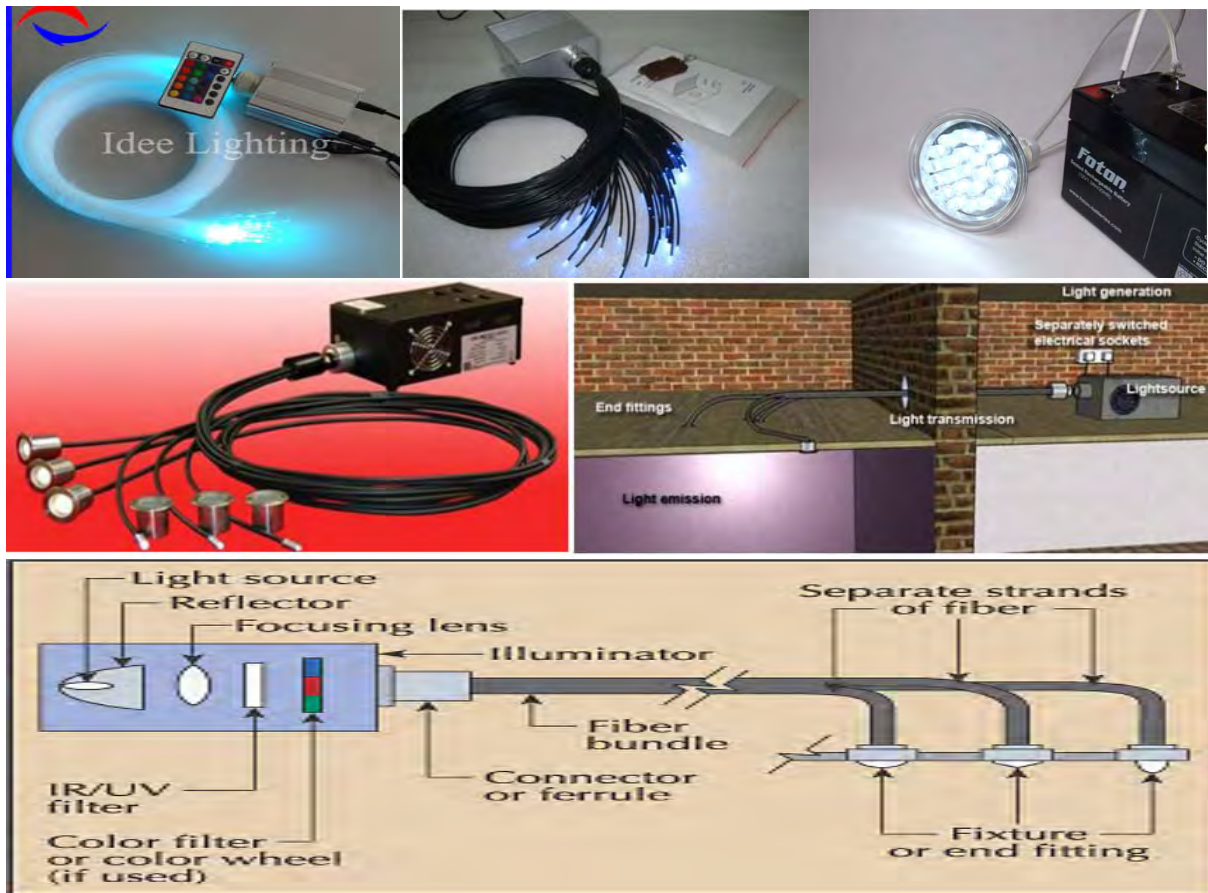
3.1. Εισαγωγή

Ένα τυπικό σύστημα φωτισμού με οπτικές ίνες αποτελείται από (Εικόνα 7)

- Μια ειδική συσκευή με την φωτεινή πηγή (λαμπτήρα) ή συλλέκτη ηλιακού φωτός που αποτελείται από μερικές δεκάδες φακούς Fresnel): περιέχει ένα κατοπτρικό ανακλαστήρα, ένα δίσκο εναλλαγής χρωμάτων, και διάφορα άλλα εξαρτήματα όπως dimmer, σύστημα απαγωγής θερμοκρασίας με ανεμιστήρα, ασφάλεια και θερμική προστασία.
- Μια δεσμίδα οπτικών ινών (συμβατή με την συσκευή και τον εξοπλισμό της) που μπορεί να είναι σημειακού ή πλάγιου φωτισμού. Οι οπτικές είναι κατασκευάζονται συνήθως από γυαλί ή πλαστικό (Εικόνες 8, 9).
- Τερματικά φωτιστικά σώματα (σταθερά, κινητά, διακοσμητικά) Πρόκειται για φωτιστικά σώματα μινιατούρες και προσαρμόζονται στις καταλήξεις των υάλινων οπτικών ινών σημειακού φωτισμού. Δεν χρειάζονται ντουί και λαμπτήρα κάτι που συμβάλει στο εντυπωσιακά μικρό μέγεθός τους. Τα συναντάμε σε πολύ μεγάλη ποικιλία ως σποτς σταθερά ή κινητά, διακοσμητικά σε μικρό διαμαντέ κρύσταλλο, πολύφωτα συστήματα, ενδοδαπέδια και εξωτερικού φωτισμού (Εικόνα 10).

Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε δύο κύριες χρήσεις ή εφαρμογές των συστημάτων φωτισμού με οπτικές ίνες:

- Αρχιτεκτονικός ή έμμεσος ή ειδικός φωτισμός.
- Άμεσος φωτισμός.



Εικόνα 7. Συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες, συσκευές φωτισμού, οπτικές ίνες και τερματικά φωτιστικά, διαφόρων ειδών ⁶, [7]



Εικόνα 8. Πλαστικές οπτικές ίνες Συμπαγείς, Μονές και Περιπλεγμένες ⁷, [8]

6

<https://www.google.gr/search?q=%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82&hl=el&gbv=2&prmd=ivns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj206yPrabUAhULA1AKHbJhAwcQsAQIGQ>

7

<https://www.google.gr/search?q=%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82&hl=el&gbv=2&prmd=ivns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj206yPrabUAhULA1AKHbJhAwcQsAQIGQ>



Εικόνα 9. Υάλινες οπτικές ίνες και οπτικές ίνες side-glow με διαφανές και χρωματιστό περίβλημα από PVC ⁸



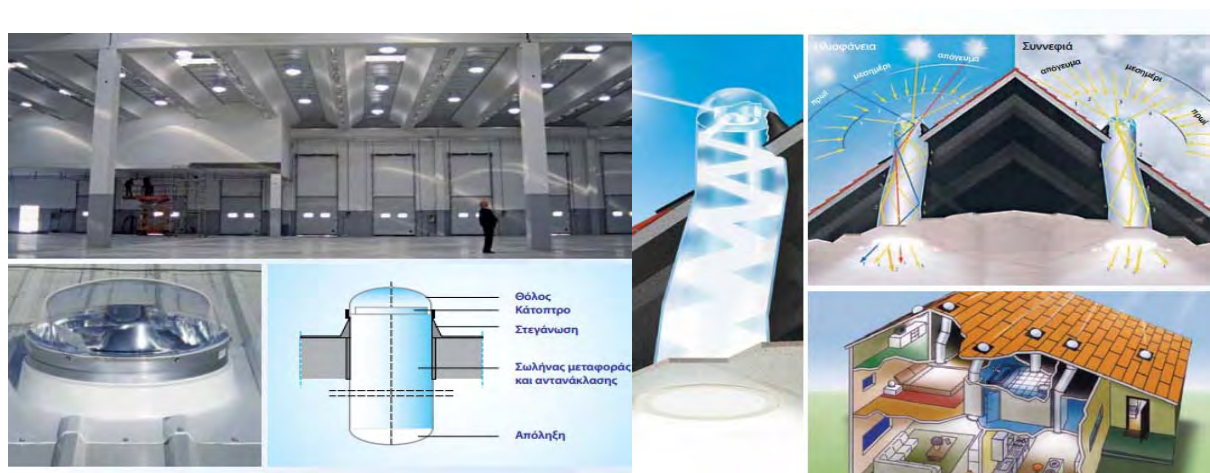
Εικόνα 10. Καταλήξεις Υάλινων οπτικών ινών- Τερματικά φωτιστικά ⁹

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι πριν λίγα χρόνια η μεταφορά φωτός, όπως παραπάνω αναφέρθηκε, γινόταν κυρίως με σωληνοειδείς φεγγίτες, οι οποίοι παρέχουν ένα πολύ καλό

⁸<https://www.google.gr/search?q=%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82&hl=el&gbv=2&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj206yPrabUAhULa1AKHbJhAwcQsAQIGQ>

⁹ <https://www.google.gr/search?q=fiber+optic+light+fixtures&espv>

τρόπο για να μεταφερθεί ο φυσικός φωτισμός στο εσωτερικό των σπιτιών και εργασιακών χώρων (γραφεία, διαδρόμους, μπάνια και άλλους χώρους). Πρόκειται για σωλήνες από αλουμίνιο που είναι ιδιαίτερα αντανακλαστικοί στο εσωτερικό τους και μεταδίδουν φως προς τα κάτω μέσα από ανοίγματα στις οροφές των κτιρίων κατάλληλα διαμορφωμένα, καταλήγοντας σε ένα τύπο φωτιστικού διάχυσης του φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Είναι μια απλή και ταυτόχρονα μεγάλη τεχνολογία, με σχετικά χαμηλό κόστος, αλλά έχει κάποιους περιορισμούς. Χρειάζεται μια σχετικά ευθεία βολή, και είναι δύσκολο να επεκτείνει τις σωλήνες μέσα στο χώρο των κτιρίων για να φθάσουν σε χώρους στο πυρήνα των κτιρίων ειδικά σε πολυώροφα κτίρια.



Εικόνα 11. Συστήματα φωτοσωλήνων ¹⁰

Σήμερα, ύστερα από αρκετά χρόνια έρευνας, δοκιμών και εφαρμογών, έχει επιτευχθεί η μεταφορά φωτός, ικανού να φωτίσει πιστοποιημένα και σύμφωνα με τις απαιτήσεις, κάθε χώρο, μέσω οπτικών ινών σε βάθος 30 ορόφων και σε μήκος έως και 100m από την οροφή των κτιρίων από όπου, κυρίως, γίνεται η συλλογή του. Σε πάρα πολλά κτίρια πλέον σε όλο τον κόσμο υπάρχουν εγκατεστημένα τέτοια συστήματα φωτισμού.

Αρκετές εταιρείες ανά τον κόσμο δραστηριοποιούνται στο αντικείμενο αυτό πλέον. Ανάμεσά τους και ταυτόχρονα από τις πιο σημαντικές είναι η εταιρεία **“PARANS SOLAR LIGHTING AB”** ¹¹, με έδρα το Γκέτεμποργκ της Σουηδίας όπως επίσης και η εταιρεία **“HIMAWARI SOLAR LIGHTING SYSTEM”** ¹², με έδρα το Τόκιο της Ιαπωνίας.

¹⁰ http://tsialos.gr/uploads/24-12page_solartubes.pdf

¹¹ <http://www.parans.com/index.cfm>

¹² <http://www.HIMAWARI-net.co.jp>

Οι συγκεκριμένες εταιρείες είναι από τις πρωτοπόρες στο αντικείμενο και έχουν επιτύχει τεράστια πρόοδο τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζοντας διαχρονικά νέα προϊόντα και εξελίσσοντας και πιστοποιώντας συνεχώς εξοπλισμό ικανό να μεταφέρει πλέον το ηλιακό φως σε μεγάλες αποστάσεις, δίνοντας νόημα και αξία στο αντικείμενο. Ενώ συνεχώς εγκαθιστούν τέτοια συστήματα και εφαρμογές σε όλο τον κόσμο και ειδικά σε προηγμένες τεχνολογικά χώρες.

Τα συστήματα που κατασκευάζουν και εξελίσσουν και οι δύο αυτές εταιρείες, στηρίζονται στη σύλληψη του ηλιακού φωτός μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων συλλεκτών, οι οποίοι χρησιμοποιούν φακούς και καθρέφτες διαφόρων σχημάτων (παραβολικά, επίπεδα) ως ανακλαστήρες για να εστιάσουν, συγκεντρώσουν και να κατευθύνουν αυτό στα επιθυμητά σημεία, τοποθετημένων στην οροφή ή την πρόσοψη των κτιρίων, και της μεταφοράς του μέσω οπτικών ινών, στο εσωτερικό των κτιρίων, σε δωμάτια και χώρους βαθιά μέσα στα κτίρια, με ανεπαρκή ή καθόλου φυσικό φως μακριά από παράθυρα και αίθρια, όπου καταλήγουν σε ειδικά διαμορφωμένα φωτιστικά που στην ουσία διασκορπίζουν το ηλιακό φως στο χώρο. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα των εταιρειών είναι πλέον υβριδικά, συνδυάζοντας φωτιστικά που λειτουργούν με οπτικές ίνες με κοινούς λαμπτήρες τεχνολογίας led (πλέον), έτσι ώστε να είναι δυνατός ο φωτισμός του εκάστοτε χώρου τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου υπάρχει ηλιοφάνεια, όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας αλλά και όταν το φως του ήλιου δεν είναι επαρκές και κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η λειτουργία τους στηρίζεται τόσο στην εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και στη μείωση των εκπεμπόμενων ρίπων αλλά και κυρίως στην ευημερία και εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής και άνεσης στην εργασία χωρίς να είναι απαραίτητες μεγάλες κτιριακές παρεμβάσεις και ανακατασκευές στα κτίρια και κυρίως στα υφιστάμενα.^{13, 14, 15, 16}

¹³ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

¹⁴ <http://www.HIMAWARI-net.co.jp/>

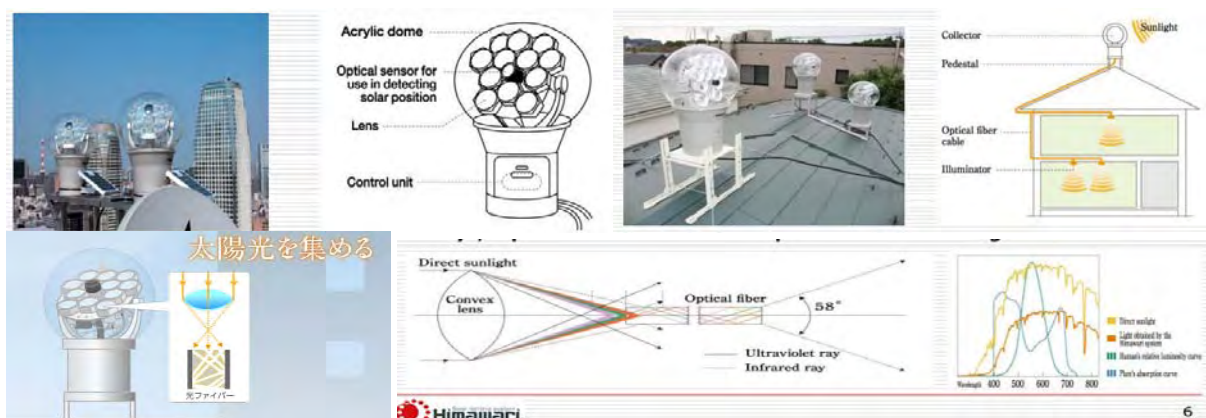
¹⁵ <http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e-pdf/New-HIMAWARI-Catalogue-140331-1.pdf>

¹⁶ <http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e-pdf/HIMAWARI-Proposal-New-140207.pdf>

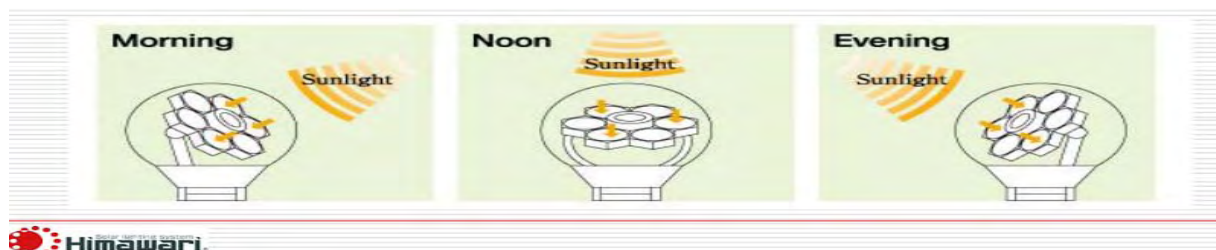
3.2 Το Σύστημα της “HIMAWARI”

Το σύστημα μεταφοράς ηλιακού φωτός της “HIMAWARI” αποτελείται από τρία τμήματα/μηχανισμούς, οι οποίοι αναπτύσσονται παρακάτω:

- Το συλλέκτη ηλιακού φωτός, ο οποίος αποτελείται από πολλαπλούς ειδικούς φακούς που συλλέγουν, φιλτράρουν και ταυτόχρονα συμπυκνώνουν το ηλιακό φως και το κατευθύνουν στις οπτικές ίνες που είναι προσαρμοσμένες σε αυτόν. Ο συλλέκτης διαθέτει ενσωματωμένο σύστημα αυτόματης παρακολούθησης του ήλιου από την ανατολή έως τη δύση του ήλιου, με τη βοήθεια ενός αισθητήρα, ο οποίος ρυθμίζει κατάλληλα την γωνία των φακών ώστε να συγκεντρώνεται η μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε να δίνει σταθερό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σε περίπτωση συννεφιάς, το σύστημα είναι εξοπλισμένο με έναν εσωτερικό μηχανισμό, ο οποίος υπολογίζει τη θέση του ήλιου και ρυθμίζει κατάλληλα την γωνία των φακών.



Εικόνα 12. Συλλέκτες ηλιακών συστημάτων φωτισμού της εταιρείας “HIMAWARI”¹⁷



Εικόνα 13. Συλλέκτης ηλιακού φωτός στα συστήματα της «HIMAWARI», παρακολούθηση της πορείας του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας¹⁸

¹⁷ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

¹⁸ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

SPECIFICATIONS OF THE HIMAWARI/SOLAR LIGHTING SYSTEM



XD-100S/36AS

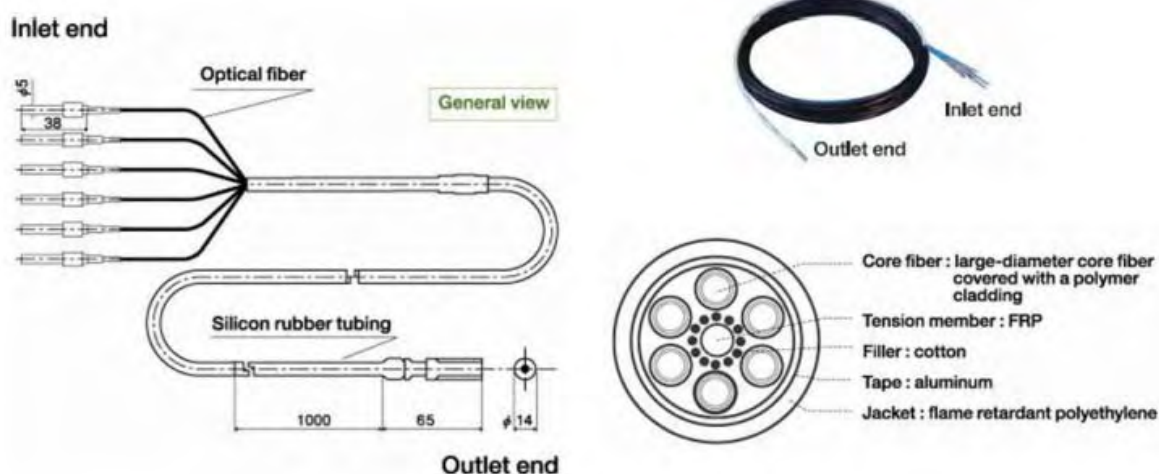


XD-50S/12AS

Type	Number of lenses	Lens size(mm)	Light receiving area(cm ²)	Dome diameter (mm)	Height (mm)	Weight (kg)	Number of cables	Total luminous flux(lm)	Electric power supply	Power consumption
XD-100S /36AS	36	95	2,552	1,000	1,475	88	6	11,520	AC85V~264V	5W
XD-50S /12AS	12	95	851	520	810	14	2	3,840	AC85V~264V	2W

Εικόνα 14. Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακών συστημάτων φωτισμού HIMAWARI τύπου «XD-100S/36AS» και «XD-50S/12AS»¹⁹

- **Τα οπτικά καλώδια**, τα οποία αποτελούνται από οπτικές ίνες υψηλής ποιότητας κατασκευασμένες από γυαλί χαλαζία υψηλής καθαρότητας, που χαρακτηρίζονται από χαμηλή απώλεια φωτός λόγω μεταφοράς σε σχέση με το μήκος τους, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η εξασφάλιση επαρκούς φωτεινότητας ακόμη και σε χώρους όπως τα υπόγεια των πολυώροφων κτιρίων τα οποία βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τους εξωτερικούς χώρους συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.

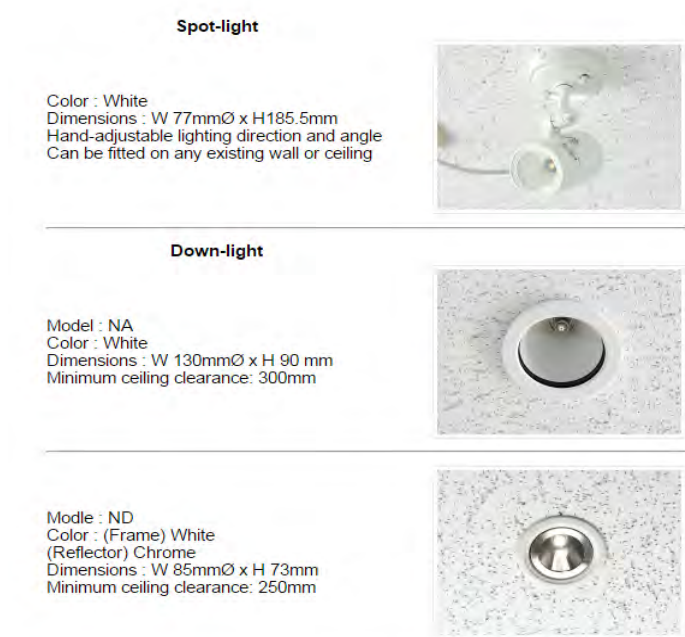


Εικόνα 15. Καλώδιο οπτικών ινών συστημάτων φωτισμού “HIMAWARI”²⁰

¹⁹ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

²⁰ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

- Τα **τερματικά φωτιστικά σώματα**, που διανέμουν το φως στον εσωτερικό χώρο των κτηρίων.



Εικόνα 16. Τερματικά φωτιστικά των συστημάτων φωτισμού “HIMAWARI”²¹

Με το σύστημα της “HIMAWARI” φως του ήλιου συμπυκνώνεται περίπου 10.000 φορές μέσα από τους ειδικούς φακούς που χρησιμοποιεί στην είσοδο-άκρο των καλωδίων οπτικής ίνας, τα οποία είναι τοποθετημένα στα σημεία εστίασης των φακών. Το φως του ήλιου μπαίνει στο καλώδιο μέσα από την είσοδο και προχωρά μέσα από το καλώδιο οπτικών ινών, επαναλαμβάνοντας την πλήρη αντανάκλαση του, και εκπέμπεται από την έξοδο του καλωδίου οπτικών ινών στα τερματικά φωτιστικά. Οι συλλέκτες διαθέτουν επίσης φακούς απορρόφησης της επικίνδυνης υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας του ήλιου με αποτέλεσμα το φως του ήλιου που φτάνει στους χώρους να είναι καθαρό από αυτές και να εκπέμπει χαμηλότερη θερμότητα στο χώρο.

Κάθε καλώδιο οπτικών ινών αποτελείται από μια δέσμη 6 οπτικών ινών, διαμέτρου πυρήνα 1mm και κάθε μια από αυτές συνδέεται στο σημείο εστίασης ενός φακού. Με τη μέθοδο αυτή ένα καλώδιο οπτικών ινών μεταφέρει ηλιακό φως που συλλέγεται από 6 φακούς.

²¹ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

Οι κύριοι τύποι συστημάτων που χρησιμοποιεί και προτείνει η εταιρεία είναι το “**XD-50S/12AS**” το οποίο τροφοδοτεί έως 2 τερματικά φωτιστικά σώματα, το “**XD-100S/36 AS**” το οποίο τροφοδοτεί έως 6 τερματικά φωτιστικά σώματα, το “**XF-110S/90 AS**” το οποίο τροφοδοτεί έως 15 και το “**XF-160S/198 AS**” το οποίο τροφοδοτεί έως και 33 τερματικά φωτιστικά σώματα.²²

Παρακάτω παρουσιάζονται τυπικές εγκαταστάσεις συστημάτων μεταφοράς ηλιακού φωτός της “HIMAWARI” για τυπικά κτίρια (οικία και γραφειακούς χώρους).



Εικόνα 17. Τυπικά συστήματα φωτισμού “HIMAWARI” για οικία και γραφείο^{23,24}

3.3 Το Σύστημα της “PARANS SOLAR LIGHTING”

Η εταιρεία “PARANS SOLAR LIGHTING” είναι ευρωπαϊκή με έδρα το Γκέτεμποργκ της Σουηδίας, χρησιμοποιεί συστηματικά και επίμονα καινοτόμο τεχνολογία για τη συλλογή και μεταφορά ηλιακού φωτός μέσω οπτικών ινών και έχει εξελίξει σημαντικά συστήματα μεταφοράς ηλιακού φωτός τα τελευταία χρόνια, ενώ παράλληλα τα συστήματα που εισάγει

²² http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

²³ http://www.HIMAWARI-net.co.jp/e_page-index01.html

²⁴ <https://youtu.be/LMshtWtEnPI>

και προωθεί στο εμπόριο, σε σχέση με τον ανταγωνισμό, έχουν καλύτερο design, είναι πιο φιλικά αισθητικά στο περιβάλλον και προσφέρουν περισσότερες λύσεις όσον αφορά τα φωτιστικά στα οποία καταλήγουν τα οπτικά καλώδια των συστημάτων της. Για το λόγο αυτό θα ασχοληθούμε πιο αναλυτικά με τα συστήματά της ενώ στα πλαίσια της διατριβής έγινε και μια μελέτη εφαρμογής των εν λόγω συστημάτων η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

Σχετικά με την εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING”



Εικόνα 18. Παρουσίαση της εταιρείας “Parans Solar Light”, στην ηλεκτρονική σελίδα της εταιρείας.²⁵

Η εταιρεία “PARANS SOLAR LIGHTING” ιδρύθηκε το 2003 με την επιθυμία και το όραμα να φέρει το φως του ήλιου σε εσωτερικούς χώρους.

«...Η ιδέα ήταν να χρησιμοποιήσει φακούς και οπτικές ίνες για τη μεταφορά φωτός σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων που αυτό δεν μπορεί να φτάσει μέσω των παραθύρων, όπως είναι οι αίθουσες διδασκαλίας, χώροι νοσοκομείων, ημιυπόγειοι και υπόγειοι χώροι κλπ, και η βελτίωση του περιβάλλοντος των εσωτερικών αυτών χώρων, αλλά και ταυτόχρονα να βοηθήσει τον κλάδο των κατασκευών να χρησιμοποιούν υλικά αποτελεσματικά στην κατασκευή μεγάλων κτιρίων, χωρίς να θυσιάζεται το φως του ήλιου στο εσωτερικό του κτιρίου. Σήμερα, όταν ο κόσμος προσπαθεί να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα του, η τεχνολογία και οι εφαρμογές της εταιρείας είναι μια λύση πιο επίκαιρη παρά ποτέ καθώς η χρήση του ήλιου ως πηγή φωτός είναι υγιής, βιώσιμη και έξυπνη..»²⁶, [4].

²⁵ <http://www.parans.com/index.cfm>

²⁶ <http://www.parans.com/index.cfm>

Η πρώτη γενιά πατενταρισμένου συστήματος ηλιακού φωτισμού της “PARANS” στο εμπόριο ήταν το 2004, μετά την έρευνα και την ανάπτυξη του σε συνεργασία με το Chalmers University of Technology. Την άνοιξη του 2011, ξεκίνησαν οι πωλήσεις για το ηλιακό σύστημα φωτισμού 3^{ης} γενιάς, “SP3”. Από το 2016 η εταιρεία έχει εισάγει πλέον το ηλιακό σύστημα 4^{ης} γενιάς το “SP4” το οποίο είναι σπονδυλωτό (μπορεί να αυξομειωθεί ανάλογα με τις ανάγκες φωτισμού), μεταφέρει το ηλιακό φως σε μεγάλες αποστάσεις (πλέον των 100m), αλλά μπορεί και να συνδυαστεί με υβριδικά φωτιστικά τα οποία συνδυάζουν τη τεχνολογία οπτικών ινών και λαμπτήρων LED προκειμένου να εξασφαλιστεί σταθερός φωτισμός, οι διαστάσεις των οποίων είναι συμβατές με τις ήδη εγκατεστημένες ψευδοροφές των κτιρίων.

Τόσο το “SP3” όσο και το “SP4” αντιπροσωπεύουν την βούληση της εταιρείας να αυξήσει τη παραγωγή φωτός σε κάθε δέκτη και σε μεγαλύτερη απόσταση από το σημείο συλλογής, και ταυτόχρονα να μειωθεί το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των συστημάτων ώστε να προωθηθεί και διευκολυνθεί η ζήτηση από περισσότερους χρήστες και η εφαρμογή τους σε περισσότερα έργα.

Τρόπος λειτουργίας

Το σύστημα μεταφοράς ηλιακού φωτός της “PARANS” λειτουργεί με ανάλογο τρόπο όπως αυτό της εταιρείας “HIMAWARI”.

Μια κατασκευή που αντιγράφοντας τη λειτουργία του φυτού ηλιοτρόπιο, παρακολουθεί τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας και μέσω καλωδίων οπτικών ινών μεταφέρει το πολύτιμο φως του ήλιου στο εσωτερικό των κτιρίων σε κάθε πιθανό χώρο. Μόνο το οπτικό μέρος του φάσματος φωτός μεταφέρεται στο εσωτερικό των χώρων, η υπέρυθη ακτινοβολία ((InfraRed-IR) και η υπεριώδης ακτινοβολία (UltraViolet-UV) φιλτράρονται. Αυτό σημαίνει ότι ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ενέργειας στην ηλιακή ακτινοβολία αποκλείεται και τα φωτιστικά της “PARANS” δεν ξεθωριάζουν τα χρώματα και τα υλικά των χώρων τους οποίους φωτίζουν, προβλήματα που δημιουργεί η υπεριώδης ακτινοβολία.

Τα πιο εξελιγμένα μοντέλα της εταιρείας είναι ικανά να μεταφέρουν το φως σε απόσταση άνω των 100m από το σημείο τοποθέτησης του ηλιακού συλλέκτη, απόσταση που αντιστοιχεί σε βάθος έως και 30 ορόφους από την οροφή σε μεγάλα κτίρια. Η διαφορά τους από τα συστήματα της “HIMAWARI” είναι κυρίως ο σχεδιασμό των συλλεκτών ο οποίος έχει πιο φιλικό design, τεχνικά και αισθητικά, στο περιβάλλον ενώ επίσης προσφέρουν περισσότερες

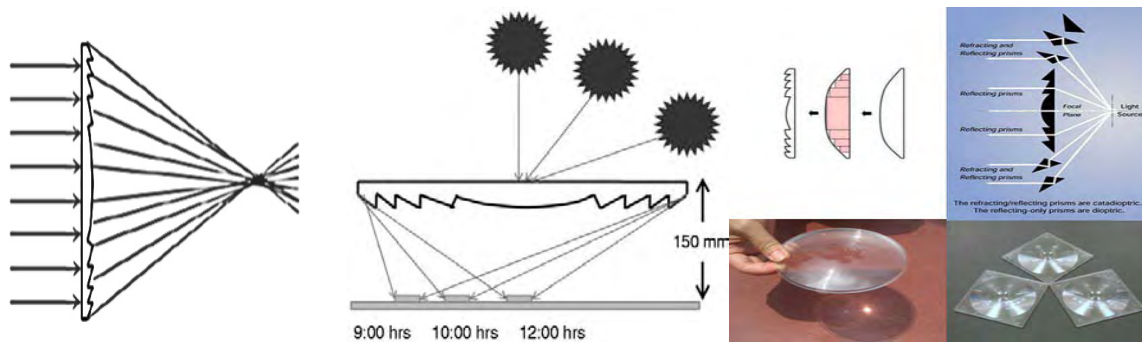
λύσεις όσον αφορά τα φωτιστικά στα οποία καταλήγουν τα οπτικά καλώδια των συστημάτων της.

Όπως και τα συστήματα της “HIMAWARI” έτσι και τα συστήματα της “PARANS” αποτελούνται από τρία τμήματα/μηχανισμούς, τα οποία αναλύονται παρακάτω και αφορούν τα συστήματα “SP3” & “SP4” που είναι και τα πιο εξελιγμένα:

- **Τον ηλιακό δέκτη/συλλέκτη.** Ο οποίος γενικά αποτελείται από κοίλα σωληνωτά σώματα από αλουμίνιο με εξώθηση, στη πίσω πλευρά των οποίων καταλήγουν οι οπτικές ίνες σε ξεχωριστά μεταλλικά στηρίγματα. Η μπροστινή πλευρά τους καλύπτεται από γυάλινη πλάκα με μήτρες φακών Fresnel. Ο φακός Fresnel είναι ένα λεπτό διαφανές υλικό με πρισματικές κυκλικές εσοχές ή μια αλυσίδα από πρίσματα, εφαρμόζεται γενικά για την ηλιακή συγκέντρωση και συλλογή θερμικής ενέργειας, αξιοποιώντας το φως της ημέρας. Οι φακοί εστιάζουν το εισερχόμενο φως σε κάθε ένα από τα άκρα των οπτικών ινών που καταλήγουν στο συλλέκτη. Είναι κατασκευασμένοι από σιλικόνη και είναι αποτυπωμένοι επάνω στην εσωτερική πλευρά του υαλοπίνακα μπροστά από το συλλέκτη. Με τη χρήση ενός φακού Fresnel, μια σημειακή πηγή που είναι πολύ μακριά, όπως ο ήλιος μπορεί να εστιάσει το φως της σε ένα σημείο πίσω από το φακό. βέλτιστης ποσότητας του ηλιακού φωτός σε οπτικές ίνες, οι οποίες αθροιζόμενες δημιουργούν συστοιχίες οπτικών καλωδίων που μεταφέρουν το ηλιακό φως στο εσωτερικό των χώρων. Λόγω της περιορισμένης γωνίας υποδοχής των φακών, χρειάζεται ένα σύστημα παρακολούθησης του ήλιου στην πορεία του στον ουρανό, για να προσανατολιστούν οι φακοί με τον ήλιο και να βρει τη θέση του εστιακού σημείου τους.²⁷ Για το λόγο αυτό ο συλλέκτης έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από δύο άξονες. Περιστρέφεται σε 360° στο οριζόντιο επίπεδο και κατά 180° στο κατακόρυφο επίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23 αλλά και στις εικόνες παρακάτω, ώστε να παρακολουθεί τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, μέσω ενός κατάλληλου λογισμικού προγράμματος το οποίο συνεργάζεται με ηλεκτρικά τροφοδοτούμενα μοτέρ τα οποία έχουν προσαρμοστεί σε αυτόν, μέχρι κάθε φορά να ευθυγραμμίζεται κάθετα προς τις παράλληλες ακτίνες του ηλιακού φωτός, οι οποίες χρησιμοποιούνται από το σύστημα. Το λογισμικό

²⁷ Nair, Ramamurthy, & Ganesan, 2013

πρόγραμμα προγραμματίζεται και προσαρμόζεται για κάθε θέση εγκατάστασης ειδικά, ώστε να παρακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδρομή του ήλιου. Μετά την εγκατάσταση η διαδρομή διορθώνεται με τη βοήθεια ενός κατευθυντικού αισθητήρα φωτός ο οποίος προσαρμόζεται στο κέντρο του συλλέκτη περίπου. Τα δύο συστήματα συνεργάζονται έτσι ώστε ο συλλέκτης να ακολουθεί τον ήλιο με ακρίβεια, προκειμένου να συγκεντρώνει κάθε φορά όσο το δυνατόν περισσότερο φως. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας του συλλέκτη είναι 0-7W για το “SP3” και 0-12W για το “SP4”. Το σύστημα “SP4”, που είναι και το πιο εξελιγμένο, παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα για να προστεθούν ή και να αφαιρεθούν συστοιχίες των φακών ανάλογα με το πόσα καλώδια είναι απαραίτητα για να φωτιστεί ένα ορισμένο τμήμα του κτιρίου.



Εικόνα 19. Φακοί Fresnel λειτουργία.^{28, 29}



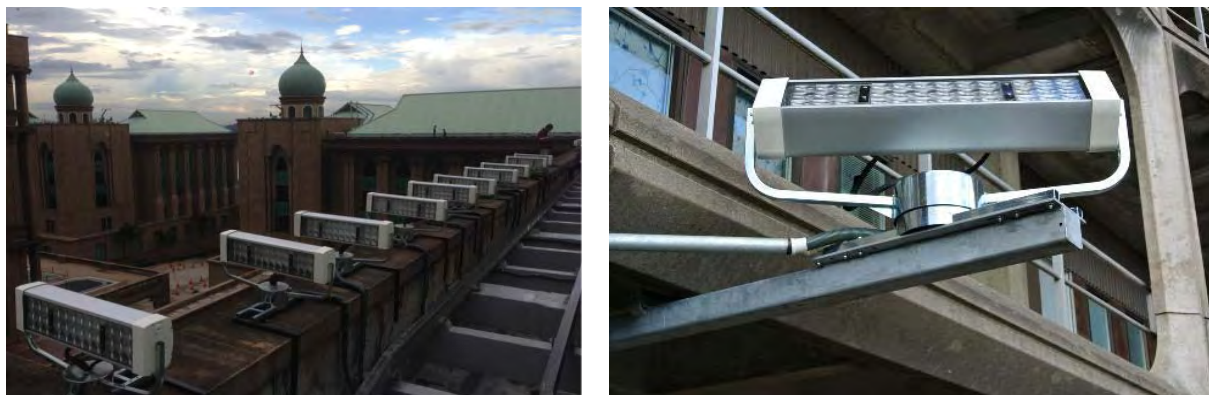
Εικόνα 20. Εικόνες από διάφορες θέσεις των φακών fresnel του ηλιακού συλλέκτη της “Parans”³⁰, από το «Parans Fiber Optic Skylight - Sun Tracking Demo» της εταιρείας στο youtube.

²⁸ Fresnel lens. (MG Nair, K Ramamurthy, & Ganesan, 2013) MG Nair, MTech, AR Ganesan, PhD, K Ramamurthy, PhD First Published June 16, 2014

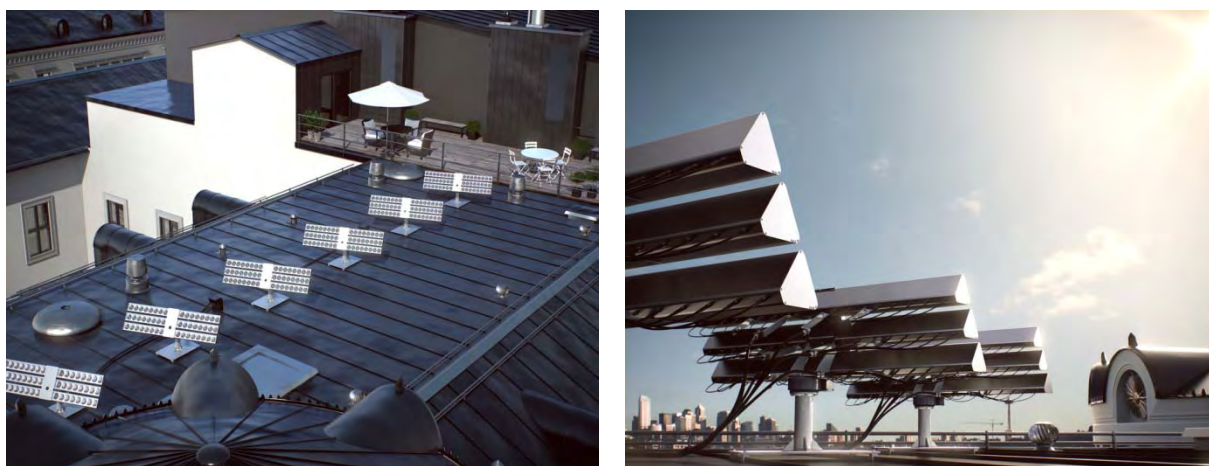
²⁹ <https://allflavors.net/faki-fresnel-katoptra-ke-michanes-stirling-efarmoges-se-iliaka-ke-alla/>

³⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=q59f2LPHX3g>

Με τον τρόπο αυτό μέσω των φακών Fresnel γίνεται η σύλληψη και συμπύκνωση της



Εικόνα 21. Συλλέκτες Συστημάτων PARANS “SP3”, εγκατεστημένοι σε οροφές κτιρίων ³¹



Εικόνα 22. Συλλέκτες Συστημάτων “PARANS SP4”, εγκατεστημένοι σε οροφές κτιρίων ³²

- **Τα οπτικά καλώδια.** Τα οποία αποτελούνται από οπτικές ίνες (POF – Plastic Optical Fibers), υψηλής ποιότητας κατασκευασμένες από πλαστικό PMMA (Polymethyl methacrylate) ή γυαλί, διατομής 1,5mm. Οι πλαστικές οπτικές ίνες προτιμώνται λόγω της ελαστικότητάς τους, της μικρότερης ακτίνας κάμψης αλλά και της χαμηλότερης τιμής τους σε σχέση με τις συγκρίσιμες ίνες ύαλου. Τα μειονεκτήματά τους είναι η υψηλότερη απορρόφηση του φωτός που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της

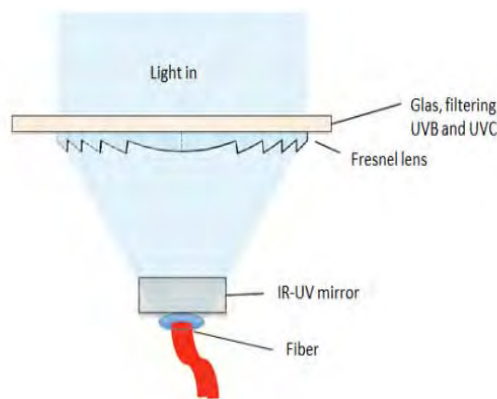
³¹ http://www.parans.com/the_product-en.cfm

³² http://www.parans.com/the_product-en.cfm

εξασθένησης σε περίπου 4,5% ανά μέτρο. Αυτό σημαίνει ότι περίπου μόνο το 40% των εισπραττόμενων φωτός παραμένει μετά από 20m [4]. Το σύστημα “SP3” έχει τη δυνατότητα να συλλέξει 6.000lm από ένα επίπεδο υπαίθριου φωτισμού 100.000LX, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο επίπεδο για μια τυπική ηλιόλουστη ημέρα, σύμφωνα και με το Πίνακα 2. Στην πραγματικότητα, τα επίπεδα φωτός είναι δυνατό να βρεθούν μέχρι περίπου 120.000LX [10], (γίνεται αναφορά για το θέμα και στο 2^ο κεφάλαιο). Η τιμή δίδεται κατά την έναρξη της ίνας στο συλλέκτη, και στη συνέχεια κάθε μέτρο καλωδίου ινών σημαίνει απώλεια του φωτός, λόγω της εξασθένησης που αναφέρθηκε προηγουμένως. Η έξοδος φωτός στο άκρο της ίνας εξαρτάται από το μήκος των ινών. Οι οπτικές ίνες ξεκινώντας από το συλλέκτη συγκεντρώνονται **ανά 6** και δημιουργούν οπτικά καλώδια. Για το σύστημα “SP3” για παράδειγμα, **36 ίνες δημιουργούν 6 οπτικά καλώδια**. Κάθε οπτικό καλώδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη ενός φωτιστικού, καθώς η φωτεινή ροή από αυτό είναι 350lm-700lm, ανάλογα με το μήκος του καλωδίου, για 100.000 lx υπαίθριου φωτισμού. Για να γίνει αντιληπτό το επίπεδο φωτισμού που παρέχεται θα πρέπει να αναλογιστούμε ότι ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας πυρακτώσεως 40W έχει φωτεινή ροή περίπου 500lm και ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως 60W περίπου 800lm, ενώ ένας λαμπτήρας φθορισμού 36W έχει φωτεινή ροή 3.450 lm, ένας λαμπτήρας ιωδίου 300W περίπου 5.000 lm και ένας λαμπτήρας HQI 150 W περίπου 12.000 lm **Από τα προαναφερόμενα γίνεται κατανοητό ότι κάθε οπτικό καλώδιο μπορεί να φωτίσει επαρκώς ένα κοινό χώρο (π.χ. γραφείων) 10-15m².**

Το φως του ήλιου παρέχει ένα πλήρες φάσμα του φωτός, το οποίο περιέχει όλα τα χρώματα. Ωστόσο, περιέχει επίσης υπέρυθη (IR) και υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, η οποία δεν είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι. Στα συστήματα φωτισμού της “PARANS” όλη η μη ορατή ακτινοβολία φιλτράρεται χρησιμοποιώντας κάτοπτρα IR-UV στην κορυφή της ίνας, έτσι δεν μεταφέρεται στο εσωτερικό των φωτιζόμενων χώρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μεταφέρεται και θερμότητα στο εσωτερικό του χώρου μαζί με το φως, οπότε μειώνει την ανάγκη για ψύξη του εσωτερικού περιβάλλοντος και εξαλείφει τους κινδύνους για την υγεία που συνδέονται με την ακτινοβολία UV.

Στην **Εικόνα 23 φαίνεται η λειτουργία του συλλέκτη** από τη στιγμή που το φως του ήλιου πέφτει επάνω σε αυτόν και μέχρι αυτό να συγκεντρωθεί στην οπτική ίνα για να μεταδοθεί.



Εικόνα 23. Η διαδικασία από το φως του ήλιου ως την οπτική ίνα. [11]

Στην περίπτωση του **συστήματος “SP4”**, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι και το πιο εξελιγμένο, τα οπτικά καλώδια αποτελούνται από εξελιγμένες ίνες γυαλιού, υλικό που περιορίζει στο ελάχιστο πλέον τις απώλειες φωτός σε σχέση με το μήκος των καλωδίων με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η μεταφορά ηλιακού φωτός σε μήκος πλέον έως 100m ή 30 ορόφους κάτω από τη σημείο λήψης. Κάθε οπτικό καλώδιο αποτελείται από ομάδα **4 ινών**. Το άκρο της ίνας έχει μία γωνία $57,6^\circ$, και τα φωτιστικά σώματα μπορούν να προστεθούν σε κάθε δεσμίδα καλωδίων, το οποίο επιτρέπει τη διάδοση του φωτός σε ευρύτερη ή στενότερη γωνία ανάλογα με την εφαρμογή.

Κάθε οπτικό καλώδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη ενός φωτιστικού, καθώς η φωτεινή ροή από αυτό είναι 1.000lm-1.300lm, ανάλογα με το μήκος του καλωδίου, για 100.000 lx υπαίθριου φωτισμού.

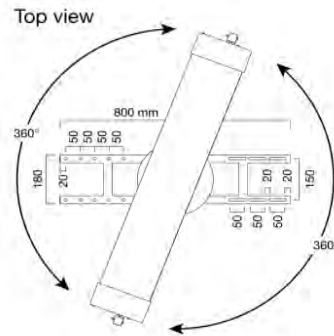
Τα καλώδια του “SP4” είναι λεπτά και εύκαμπτα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να οδεύσουν τόσο κάθετα όσο και οριζόντια, με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι διαρθρωτικές παρεμβάσεις στις ιδιοκτησίες για την εγκατάστασή τους.

Επιπλέον στο “SP4” υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής των οπτικών καλωδίων καθώς κάθε καλώδιο είναι ανεξάρτητο και μπορεί να προσαρμοστεί το μήκος του ανάλογα με τις ανάγκες φωτισμού. Αντίθετα με ότι ισχύει με το “SP3” όπου 6 καλώδια έχουν αναγκαστικά το ίδιο μήκος.

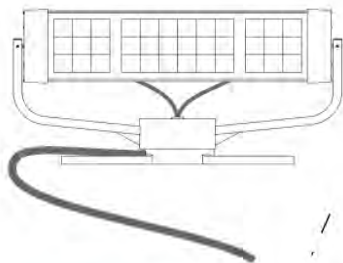
SP3 - receiver

Dimensions	1140 x 570 x 270 mm
Weight	32 kg
Power supply	AC 100 – 240 V, 50-60 Hz
Power consumption	0 – 10 W, average 7 W
Operating temperature	-20°C – 40°C
Light output	5500 +/- 300 lm*
Materials	Aluminium, Tempered glass Zinc/nickel steel, Acrylic

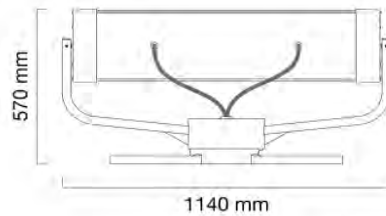
* All values based on solar illuminance of 100 000 Lux



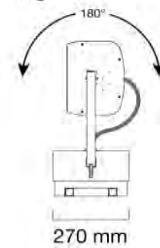
Front view



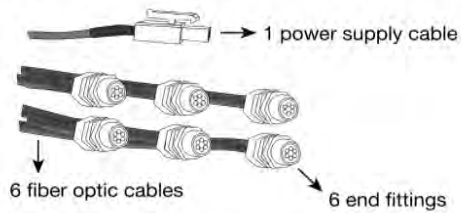
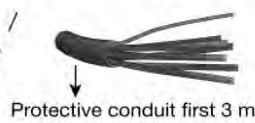
Rear view



Right view



PATENTED TECHNOLOGY



Parans System	SP3 5	SP3 10	SP3 15	SP3 20
Length	5 m	10 m	15 m	20 m
Fiber optic cable	6 pcs	6 pcs	6 pcs	6 pcs
Power supply cable	1 pcs	1 pcs	1 pcs	1 pcs
Protective conduit, length	first 3 m	first 3 m	first 3 m	first 3 m
Protective conduit, diameter	43 mm	43 mm	43 mm	43 mm
Protective conduit, internal diameter	35 mm	35 mm	35 mm	35 mm
Protective conduit, material	PA6	PA6	PA6	PA6
Fiber optic cable diameter	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
End fitting diameter	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Material, fiber optic	Acrylic	Acrylic	Acrylic	Acrylic
Material, protective coating	PE	PE	PE	PE
Light transmission	96 %/m	96 %/m	96 %/m	96 %/m
Light output	4360 lm	3670 lm	3090 lm	2590 lm
Light output for each cable	730 lm	610 lm	510 lm	430 lm
Light spreading angle	approx. 60°	approx. 60°	approx. 60°	approx. 60°
Maximum bend radius	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Εικόνα 24. Τεχνικά Χαρακτηριστικά SP3³³

³³ <http://www.parans.com/products.cfm>

Parans SP4

The Parans SP4 system consists of three parts - the foot, the panels and the cables – which can be shipped, stored and installed individually.

SP4 basic specifications:

	SP4 - 4	SP4 - 6	SP4 - 8	SP4 - 12	SP4 - 20
Width (mm)	1100	1100	1950	1950	1950
Height (mm)	880	1180	880	1180	1180
Weight (kg) (without cables)	50	55	55	65	85
Power supply ¹	100-250 V AC, 50-60 Hz				
Power consumption	0-12 W				
Operating Temperature	-20°C - 50°C				
Light Output	4000-26000 lm				
Materials	Aluminum, Stainless steel, Glass, Acrylic				
Bending radius (optical cable) ²	150 mm				

¹ A power supply is needed within 20 meters from the collecting-unit

² During installation smaller bend radius is accepted. The stated value is for long-term installation. A smaller bend radius leads to light-losses and potentially damaged fibers.

Table 1: Basic parameters of the Parans SP4 system

The foot

The foot consists of a bottom plate, a "leg", a gear and arms for holding the panels. The standard bottom plate measures 50x50 cm with 44 mm center-to-center for the four anchoring holes. This plate can be tailor made for each installation.

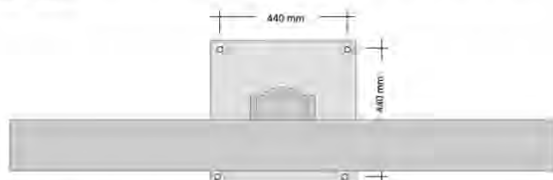


Figure 1: Base plate dimensions

Installation on a tilted roof is OK. If the tilt is less than 5 degrees no modifications are needed. For larger angles either a flat surface is needed to be constructed or a tilted foot is needed. See figure 2 below.

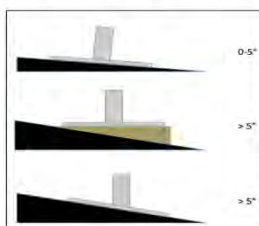


Figure 2:
If the angle of the roof exceeds five degrees either a flat part needs to be constructed or the foot needs to be welded in a correct angle. If so a proper angle measurement is needed for each receiver placement.

The panels

The panels are mounted by a Parans technician and the widths are describe in Table 1 above.

The cable

For every 6 cables a conduit with the outer dimension Ø50 mm is provided but if the cables are to penetrate the wall or roof individually the cable diameter is 7 mm while the cable head has a diameter of 12 mm.

Roof or wall penetration

The easiest way to make a roof penetration waterproof is to use a so called swan- or goose neck cable flashing. For this solution the minimum bending radius needs to be taken into consideration.

If a swan neck is not suitable and a high level of waterproofness is needed there are several solutions available for both circular and rectangular holes. Hugro, Boxco, Frank, Nelco and MCT Brattberg are five companies providing several solution.

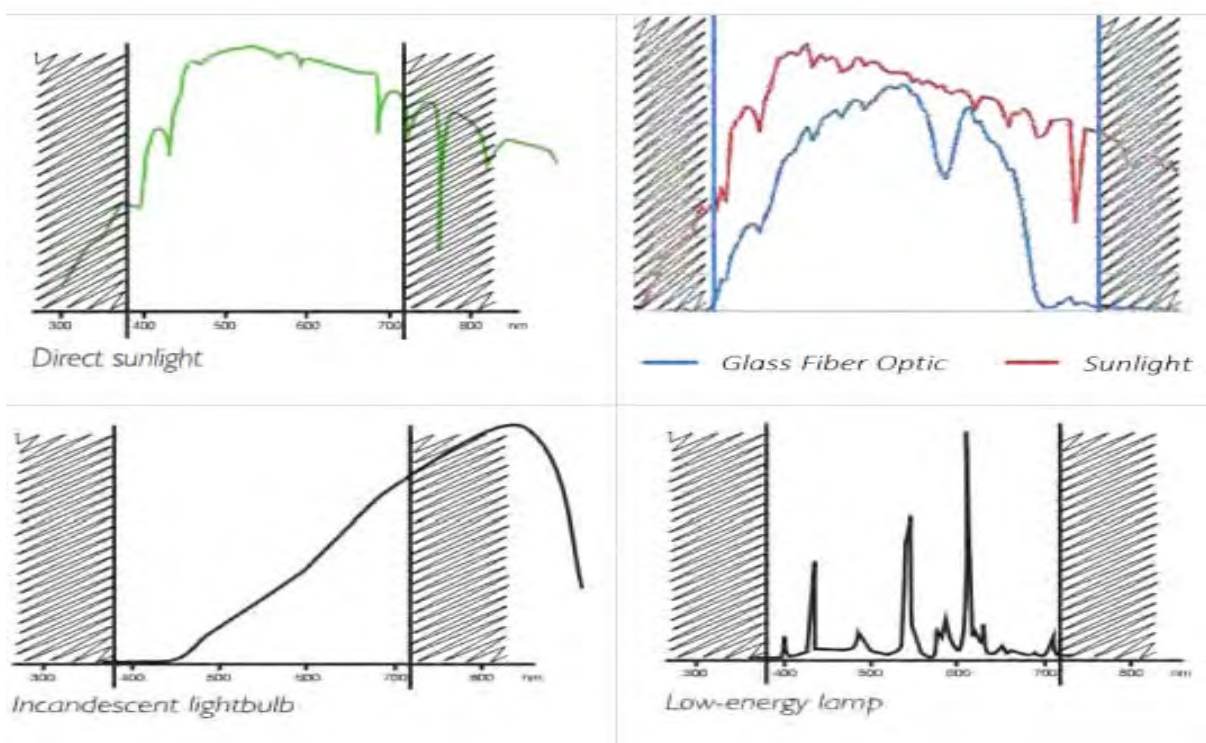


Εικόνα 25. Τεχνικά Χαρακτηριστικά SP4 ³⁴

- **Το παρεχόμενο φως** Το προκύπτον φως από το άκρο της ίνας εξαπλώνεται σε σχήμα κώνου 60°. Ακριβώς όπως και το άμεσο ηλιακό φως, το φως είναι κατευθυντικό και δημιουργεί έντονες σκιές. Όπως προαναφέρθηκε το υπέρυθρο (IR) φως και το φως υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) δεν μεταφέρονται μέσω του συστήματος. Αυτά τα μήκη κύματος φιλτράρονται στο δέκτη, πριν την είσοδο των οπτικών ινών. Το φως που εκπέμπεται είναι επομένως μόνο το ορατό φάσμα. Το φως εξόδου είναι πλήρες φάσμα και ακολουθεί τα χαρακτηριστικά του ηλιακού φωτός, δηλαδή εμφανίζει παραλλαγές σε ένταση και χρώμα. Ωστόσο, η ίνα έχει μια υψηλότερη εξασθένηση στο κόκκινο φάσμα, με κορυφές σε δύο συγκεκριμένα μήκη κύματος: 627nm και 736nm [12], τα οποία είναι και τα δύο στο κόκκινο φάσμα. Η εξασθένηση οφείλεται στις αρμονικές δονήσεις στα μόρια δημιουργίας του υλικού PMMA. Αυτό σημαίνει ότι το φως εξόδου έχει μια ελαφρώς πιο ψυχρή απόχρωση, η οποία είναι περισσότερο

³⁴ <http://www.parans.com/products.cfm>

ορατή σε χαμηλά επίπεδα φωτισμού. Στο πιο μακρύ μήκος καλωδίου, που προβλέπεται, και υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν ο ήλιος είναι χαμηλά, το φως μπορεί να πάρει ένα αχνό υδάτινο πράσινο τόνο. Στην Εικόνα 26, φαίνονται τα προφίλ ακτινοβολίας για το φως του ήλιου, τις οπτικές ίνες γυαλιού, μια λάμπα πυράκτωσης και μια λυχνία χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Οι σκιασμένες περιοχές δείχνουν την μη ορατή ακτινοβολία. Οι οπτικές ίνες γυαλιού είναι εμφανώς πιο κοντά στο ηλιακό φως σε σύγκριση με τις άλλες πηγές φωτός.



Εικόνα 26. Προφίλ ακτινοβολίας για άμεσο ηλιακό φως, οπτικές ίνες γυαλιού, λαμπτήρα πυρακτώσεως και λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. [11] [Parans, 2014] [MLL, 2012]

Στον Πίνακα 2, φαίνονται τυπικές τιμές για μερικούς κοινούς λαμπτήρες σε σύγκριση με το φως του ήλιου και μια ηλιόλουστη ημέρα, ενώ στον Πίνακα 4, αποτυπώνονται διάφορες τιμές φωτεινότητας και απαιτήσεις φωτισμού.

Lamp	Electrical input	Light output	Luminous efficacy
Incandescent lamp	100 W	1360 lm	13.6 lm/W
Fluorescent tube	58 W	5200 lm	90 lm/W
High-pressure sodium lamp	400 W	48 000 lm	120 lm/W
Sunlight (solar altitude: 7.5 – 25°)			90 – 117 lm/W
Daylight (overcast – very clear)			110 – 175 lm/W

Πίνακας 2. Τυπικές τιμές για μερικές κοινούς λαμπτήρες συγκρινόμενους με το φως του ήλιου και μια ηλιοφώτιστη ημέρα [13]

From a candle 1 m away	1 lx
On desks in a general office	500 lx
On the ground from an overcast sky	10 000 lx
On the ground from the sun and bright sky in summer	100 000 lx

Πίνακας 3. Τυπικές τιμές φωτεινότητας, [13]

- Υβριδικά Φωτιστικά** Δεδομένου ότι οι φακοί χρησιμοποιούνται για να επικεντρωθεί το φως, η τεχνολογία μπορεί να λειτουργήσει μόνο για παράλληλες ακτίνες φωτός, όπως το άμεσο ηλιακό φως. Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος και ο αέρας είναι ομιχλώδης, με αποτέλεσμα ο συλλέκτης να μην μπορεί να δει τον ήλιο, το φως δεν μπορεί να επικεντρωθεί στο τέλος των ινών και το φως που μεταφέρει το σύστημα σβήνει. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος η εταιρεία “PARANS” τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργήσει πλέον υβριδικά φωτιστικά. Τα φωτιστικά είναι συνδεδεμένα με τα οπτικά καλώδια αλλά ταυτόχρονα διαθέτουν και λυχνίες τεχνολογίας LED οι οποίες τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτιστικά συνεργάζονται με ειδικούς αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν το επίπεδο φωτισμού κάθε φωτιζόμενου χώρου και με ειδικά dimmer ελέγχουν το επίπεδο φωτισμού των λαμπτήρων LED, έτσι ώστε να διατηρείται σταθερό το επίπεδο φωτισμού του χώρου, είτε κάνοντας χρήση του ηλιακού φωτός είτε του φωτός που παρέχουν οι λαμπτήρες led είτε με συνδυασμό των δύο.
- Τα τερματικά φωτιστικά σώματα**³⁵ Σήμερα, η εταιρεία διαθέτει πλέον πέντε φωτιστικά σώματα:
 - Το “L1 Small”** Το φωτιστικό “L1 Small”, έχει μικρό πλάτος και είναι κατασκευασμένο από σατινέ διαφανή πλάκα PMMA, με μία τομή πρίσματος,

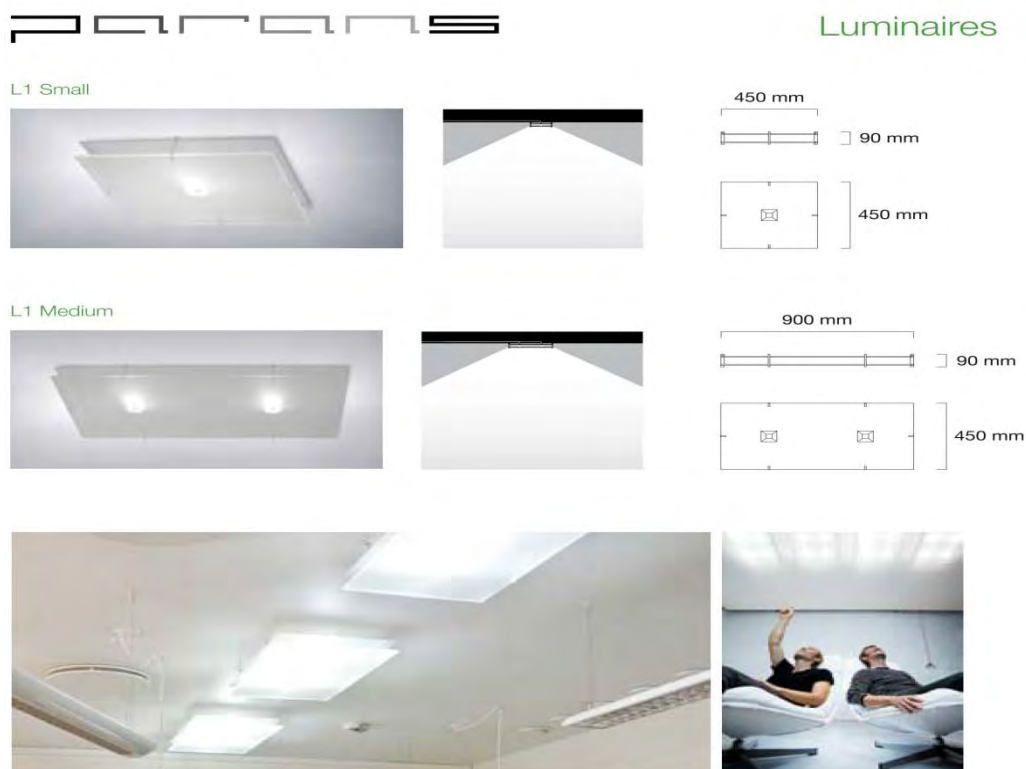
³⁵ <http://www.parans.com/products.cfm>

η οποία διαχέει μέρος του φωτός που καταλήγει σε αυτή. Στη μέση του πρίσματος ένα τετράγωνο άνοιγμα αφήνει το φως να περάσει και να προβάλλει μια πλατεία δέσμη φωτός περίπου 25 μοίρες. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία ενός φωτεινού τετραγώνου ακριβώς κάτω από το φωτιστικό σώμα. Το υπόλοιπο του φωτός απλώνεται και διαχέεται στην πλάκα PMMA, στους τοίχους και στην οροφή. Το “L1 Small” χρησιμοποιεί ένα καλώδιο οπτικών ινών, έτσι για παράδειγμα για ένα σύστημα “SP3”, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι και έξι φωτιστικά L1.

- **To “L1 Medium”** Το “L1 Medium” είναι παρόμοιο με το “L1 Small”, αλλά είναι διπλάσιο σε μέγεθος και χρησιμοποιεί δύο καλώδια οπτικών ινών. Έτσι για παράδειγμα για ένα σύστημα “SP3”, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μέχρι και τρία “L1 Medium”.
- **To “L3 Spotlight”** Το “L3 Spotlight”, πρόκειται για ένα φωτιστικό τύπου spot αλουμινίου με περιστρεφόμενο φακό, το οποίο συνδέεται με το άκρο του καλωδίου ινών. Ο φακός εστιάζει το φως σε μια επιφάνεια ακτίνας 30 μοιρών κυκλικού φωτός.
- **To “L2 Pure”** Το “L2 Pure”, είναι ένα παθητικό φωτιστικό με εσοχή, είναι κατασκευασμένο από σατινέ διαφανή πλάκα PMMA και μπορεί να τοποθετηθεί σε τυποποιημένες ψευδοροφές με συγκεκριμένες διαστάσεις (60x60 cm), οι οποίες τοποθετούνται σε χώρους γραφείων, σχολεία, επαγγελματικούς χώρους και άλλα παρόμοια. Για τη λειτουργία του απαιτούνται 2 οπτικά καλώδια ανά φωτιστικό.
- **To “L2 Hybrid”** Το “L2 Hybrid”, είναι το τελευταίο μοντέλο φωτιστικών της εταιρείας “PARANS”. Είναι ένα υβριδικό φωτιστικό το οποίο συνδυάζει το ηλιακό φως με το τεχνητό φως που παράγουν λαμπτήρες Led. Είναι κατασκευασμένο από σατινέ διαφανή πλάκα PMMA. Το φωτιστικό τροφοδοτείται τόσο από οπτικά καλώδια που μεταφέρουν το ηλιακό φως (2 ανά φωτιστικό) όσο και από ηλεκτρικά καλώδια τα οποία τροφοδοτούν τους λαμπτήρες LED. Το φωτιστικό έχει εσοχή, και μπορεί και αυτό να τοποθετηθεί σε τυποποιημένες ψευδοροφές με συγκεκριμένες διαστάσεις (60x60 cm). Συνεργάζεται δε με ειδικό λειτουργικό πρόγραμμα, αισθητήρες που επιτηρούν το επίπεδο φωτισμού των διαφόρων φωτιζόμενων χώρων και

dimmer τα οποία ελέγχουν τους λαμπτήρες LED έτσι ώστε το φωτιστικό στο σύνολό του να αποδίδει σταθερό επίπεδο φωτός, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε χώρου, κάνοντας χρήση είτε μόνο του ηλιακού φωτός, είτε μόνο του τεχνητού φωτός, είτε και των 2 πηγών σε συνδυασμό.

Στις παρακάτω εικόνες, παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών της εταιρείας “PARANS”:

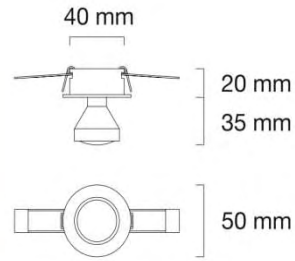
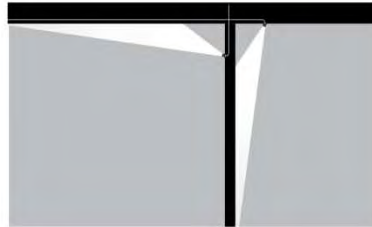


Luminaires	L1 Small	L1 Medium
Dimensions	450 x 450 x 90 mm	450 x 900 x 90 mm
Weight	3,6 kg	7,2 kg
Material	Acrylic	Acrylic
Luminaires for each receiver	6	3
Sunlight output with 5 m cable	730 lm / luminaire	1460 lm / luminaire
Sunlight output with 10 m cable	610 lm / luminaire	1220 lm / luminaire
Sunlight output with 15 m cable	510 lm / luminaire	1020 lm / luminaire
Sunlight output with 20 m cable	430 lm / luminaire	860 lm / luminaire

Εικόνα 27. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L1 της εταιρείας Parans.³⁶

³⁶ <http://www.parans.com/products.cfm>

L3 Spotlight



Luminares	L3 Spotlight
Dimensions	50 x 50 x 55 mm
Weight	53 g
Material	Aluminium, Glass, Steel
Luminares for each receiver	6
Sunlight output with 5 m cable	730 lm / luminaire
Sunlight output with 10 m cable	610 lm / luminaire
Sunlight output with 15 m cable	510 lm / luminaire
Sunlight output with 20 m cable	430 lm / luminaire

Εικόνα 28. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L3 της εταιρείας Parans.³⁷



Can be complemented with DALI/DSI driver for use with these control systems. See separate specification and instruction.

Luminaires	L2 Pure	L2 Hybrid
Dimensions	595 x 595 x 140 mm	595 x 595 x 140 mm
Weight	6 kg	6,5 kg
Material	PMMA, ABS, PC, Steel	PMMA, ABS, PC, Steel, LED
Luminaires for each receiver	3	3
Sunlight output with 5 m cable	1460 lm / luminaire	1460 lm / luminaire
Sunlight output with 10 m cable	1220 lm / luminaire	1220 lm / luminaire
Sunlight output with 15 m cable	1020 lm / luminaire	1020 lm / luminaire
Sunlight output with 20 m cable	860 lm / luminaire	860 lm / luminaire
LED light output		990 lm / luminaire
LED power consumption		15 W

Εικόνα 29. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L2 της εταιρείας Parans.

³⁷ <http://www.parans.com/products.cfm>

Parans L2 Hybrid, configurations for controlling LED

Parans L2 Hybrid LED component consist of a series of LED strips, which is fed by a Talexx power supply unit, mounted on the the luminaire. If used with a dimmer or control systems such as DALI, DSI or similar, this power supply unit is exchanged.

Please consider the following specification in such a case.

Specifications

The LED component consumes 15 W.

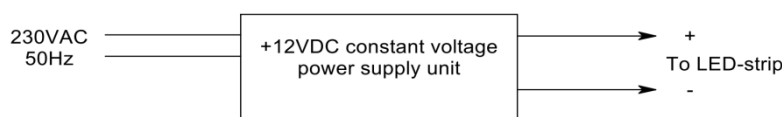
The LED component supply voltage: 12VDC \pm 5%, constant voltage. Constant current sources must NEVER be used. Never connect the LED component with power supply on. Make sure mains power is always interrupted when connecting/disconnecting the LED component. Always make sure polarity is correct from power supply to LED-strip. Reversed polarity will damage the LED component beyond repair.

The LED component can only be dimmed with a power supply unit that uses PWM (Pulse Width Modulation). PWM-frequency used should be 150Hz-20kHz.

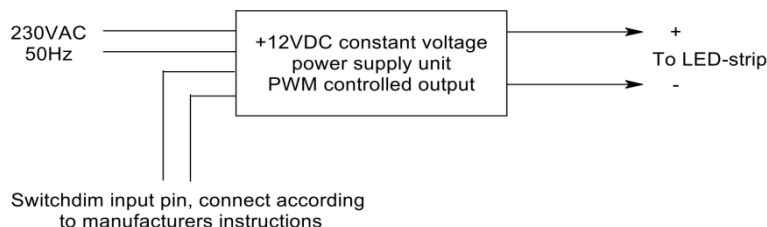
Typical dimming scenarios

Typical dimming scenarios are shown below for i) Undimmed, ii) Switch dimmed, iii) DALI-controlled. Each case requires the correct power supply unit, delivering 12VDC output, and in case of dimming has support for the actual dimming method required.

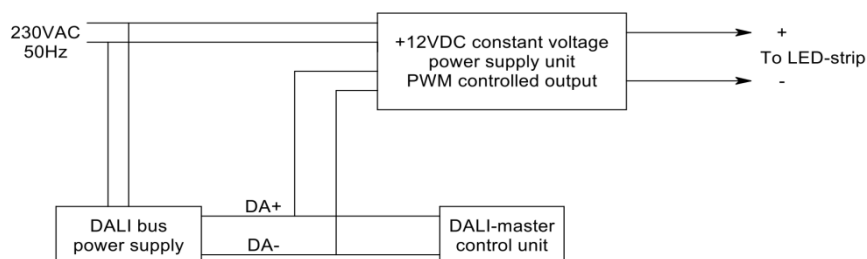
i) Undimmed configuration



ii) Switchdim configuration



iii) DALI configuration



Εικόνα 30. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L2, διαμορφώσεις για τον έλεγχο των λαμπτήρων LED.³⁸

³⁸ <http://www.parans.com/products.cfm>

4^ο Οικονομική Βιωσιμότητα Συστημάτων Φωτισμού Οπτικών Ινών

4.1. Εισαγωγή

Προκειμένου να οριστικοποιηθεί η επένδυση για ένα σύστημα φωτισμού οπτικών ινών, εκτός από τη ενεργειακή μελέτη, θα πρέπει να εκπονηθεί και μελέτη για την αξιολόγηση της επένδυσης με τεchnοοικονομικά κριτήρια, έτσι ώστε να διακριβωθεί η οικονομική της επιβίωση και αν αυτή τελικά θα αποδειχτεί οικονομικά συμφέρουσα για τον επενδυτή. Παρακάτω αναπτύσσεται μια απλοποιημένη μεθοδολογία προκειμένου να αξιολογηθούν επενδυτικά συστήματα φωτισμού οπτικών ινών.

Για την αξιολόγηση μιας επένδυσης, γενικά, χρησιμοποιούνται διάφοροι οικονομικοί δείκτες όπως: η **Καθαρή Παρούσα Αξία**, η απόδοση κεφαλαίου, ο λόγος οφέλους/κόστους, η έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ο **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης** κ.λπ. Προκειμένου να υπάρξει ένα ορατό αποτέλεσμα θα πρέπει να θεωρηθεί και ένα σύστημα αναφοράς με το οποίο συγκρίνεται αυτό της επένδυσης. Για τη περίπτωση επένδυσης που αφορά την εγκατάσταση ενός συστήματος φωτισμού συγκεκριμένου χώρου με συστήματα μεταφοράς φωτός με Οπτικές Ίνες, θεωρείται ως σύστημα αναφοράς, ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, δηλαδή η αγορά ηλεκτρισμού από τη Δ.Ε.Η..

4.2. Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης

Ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) μιας επένδυσης βασίζεται στην έννοια της παρούσας αξίας του χρήματος. Η παρούσα αξία των διαχρονικών εισροών μείον την παρούσα αξία των διαχρονικών δαπανών είναι η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης, η οποία εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{ΚΠΑ}(d) = \sum_{t=1}^N \left[\frac{F_t}{(1+d)^t} \right] - K_{\sigma} \quad (1)$$

όπου:

d: το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία πάνω από το γενικό πληθωρισμό (συνήθως χρησιμοποιείται το επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίου). Σαν χρονικό σημείο αναφοράς λαμβάνεται ο χρόνος έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

F_t: Καθαρή χρηματική ροή της επένδυσης για τη χρονική περίοδο t (έσοδα μείον λειτουργικές δαπάνες).

N: η διάρκεια οικονομικής ζωής της επένδυσης

K₀: το συνολικό κόστος επένδυσης ανοιγμένο στο χρόνο αναφοράς.

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Αν **K.Π.Α.** > 0 τότε η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικός κύκλος ζωής N και βαθμός απόδοσης ίσος με d)
- Αν **K.Π.Α.** = 0 τότε η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d.
- Αν **K.Π.Α.** < 0 τότε η επένδυση είναι αντιοικονομική

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA) μιας επένδυσης βασίζεται, όπως και ο δείκτης ΚΠΑ, στην έννοια της παρούσας αξίας. Ο EBA είναι το επιτόκιο προεξόφλησης πάνω από το γενικό πληθωρισμό, το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των αναμενόμενων εισροών με την παρούσα αξία των δαπανών. Η μέθοδος υπολογισμού του EBA είναι ίδια με αυτή της ΚΠΑ, με την διαφορά ότι αποφεύγεται η αυθαίρετη επιλογή ή η αβεβαιότητα που υπάρχει στο επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία μιας επένδυσης. Το ζητούμενο λοιπόν είναι να βρεθεί ένα επιτόκιο d το οποίο να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$K.Π.Α._{(d=EBA)} = 0 \quad (2)$$

Όπου Κ.Π.Α. η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη d=EBA υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς d, ίσο με το επιτόκιο πληθωρισμού.

Η οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων σε συστήματα φωτισμού οπτικών ινών εξαρτάται από:

- Τα ετήσια λειτουργικά οφέλη που προκύπτουν από την υποκατάσταση αγοράς ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού, τόσο για το φωτισμό των χώρων όσο και για τη ψύξη τους
- Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος φωτισμού οπτικών ινών.

5^ο Μελέτη Εφαρμογής



Εικόνα 31. Γενική άποψη Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας.

5.1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εφαρμογή μελέτης φωτισμού με συστήματα μεταφοράς ηλιακού φωτός της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING” και ειδικότερα του εξελιγμένου συστήματος “SP4”, σε συγκεκριμένους χώρους του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας. Καθώς και κοστολόγηση και η αξιολόγηση της επένδυσης με τεχνοοικονομικά κριτήρια, έτσι ώστε να διακριβωθεί η οικονομική επιβίωση μιας τέτοιας επένδυσης και αν αυτή τελικά θα αποδειχτεί οικονομικά συμφέρουσα για τον επενδυτή.

Η μελέτη φωτισμού του χώρου έγινε σε συνεργασία από τον συντάξαντα την παρούσα εργασία και του κ. Johan Lundmark (johan.lundmark@parans.com), Sales Director της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB”, στη Σουηδία.

5.2. Περιγραφή χώρου

Πρόκειται για ημιυπόγειο χώρο του Κτιρίου του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας. Ο χώρος χαρακτηρίζεται ως 1ο Υπόγειο του Κτιρίου. Έχει δε πρόσβαση στο φως ημέρας μόνο από αίθριους χώρο στη Νότια πλευρά του, με αποτέλεσμα ο φωτισμός του να γίνεται μόνο με χρήση τεχνικού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ο χώρος απέχει κατακόρυφα από το δώμα του συγκεκριμένου τμήματος του κτιρίου 25m. Στο συγκεκριμένο χώρο στεγάζονται τα γραφεία-εργαστήρια της Τεχνικής Υπηρεσίας του Νοσοκομείου. Για τη πραγματοποίηση της Μελέτης θεωρήσαμε ένα χώρο εμβαδού περίπου 100m², ο οποίος περιλαμβάνει 4 γραφεία-εργαστήρια. Το εμβαδό κάθε γραφείου-εργαστηρίου είναι περίπου 27m² (διαστάσεις: (7,45m x 3,6m) (Μ x Π)). Η οροφή είναι κατασκευασμένη από ορυκτές ίνες διαστάσεων 60 x 60cm και απέχει 2,20m από το δάπεδο ενώ οι τοίχοι είναι κοινοί και το δάπεδο από μωσαϊκό. Το ύψος του επιπέδου εργασίας είναι 0,85m από το έδαφος. Στα γραφεία-εργαστήρια αυτά οι εργαζόμενοι (τεχνικοί και μηχανικοί) εργάζονται από 8 έως 24 ώρες ανά ημέρα.



Εικόνα 32. Εσωτερική και εξωτερική όψη των χώρων των Γραφείων – Εργαστηρίων των υπό μελέτη χώρων της Τ.Υ. του Γ.Ν. Λαμίας

Η επιλογή των χώρων έγινε για τους παρακάτω λόγους:

- Τα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών συνίστανται για χώρους γραφείων-εργαστηρίων οι οποίοι δεν φωτίζονται επαρκώς από φυσικό φωτισμό και επομένως οι εργαζόμενοι σε αυτά απασχολούνται για πολλές ώρες της ημέρα κάτω από συστήματα τεχνητού φωτισμού.
- Τα συστήματα αυτά συνίστανται και έχουν μεγαλύτερη απόδοση για χώρους όπου το φως του ήλιου έχει μικρή ή και καθόλου παρουσία.
- Οι υπό μελέτη χώροι αποτελούν μέρος ενός Δημοσίου Κτιρίου και ταυτόχρονα χώρο παροχής υπηρεσιών υγείας, όπου η ευαισθησία σε θέματα ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων είναι αυξημένη.
- Υπήρχε εύκολη πρόσβαση σε Τεχνικές Μελέτες και Σχέδια των χώρων, λόγω της άμεσης σχέσης του Μελετητή με τους χώρους και το αντικείμενο.

5.3. Απαιτήσεις φωτισμού του χώρου

Σύμφωνα με τα διεθνή standard και το Ευρωπαϊκό πρότυπο για το φωτισμό ανάλογων χώρων απαιτείται επίπεδο φωτισμού 300-500Lux στο επίπεδο εργασίας, προκειμένου να εξασφαλίζονται οι απαιτήσεις που πρέπει το σύστημα φωτισμού να ικανοποιεί και σχετίζονται με τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης με την επίτευξη συγκεκριμένων τιμών φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας, ανάλογα με τη δραστηριότητα, τη διαβάθμιση αυτών των τιμών σε αυτή, τον περιορισμό της θάμβωσης με τον καθορισμό ανώτατης τιμής για τον δείκτη θάμβωσης καθώς επίσης και τον καθορισμό ελάχιστης τιμής για τον δείκτη χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων.

Αυτό φαίνεται και από τους παρακάτω Πίνακες:

Domestic kitchens, working area/general	500 lx/200 lx
Elementary schools, class room	300 lx
Schools, adult education, class room	500 lx
Offices, computer workplace, working area/general	750 lx/300 lx
Football fields, required in Sweden's highest league	800 lx

Πίνακας 4. Τυπικές τιμές φωτεινότητας. [14]

Κατηγορία : Γραφεία				
	E_m (lux)	UGR	R_a	Σχόλια
Δραστηριότητα: Γραφή, ανάγνωση, επεξεργασία δεδομένων	500	19	80	Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται σθόνες υπάρχει περιορισμός της λαμπρότητας του φωτιστικού

Πίνακας 5. Τυπικές τιμές φωτεινότητας για χώρους γραφείων, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12464-1. [15]

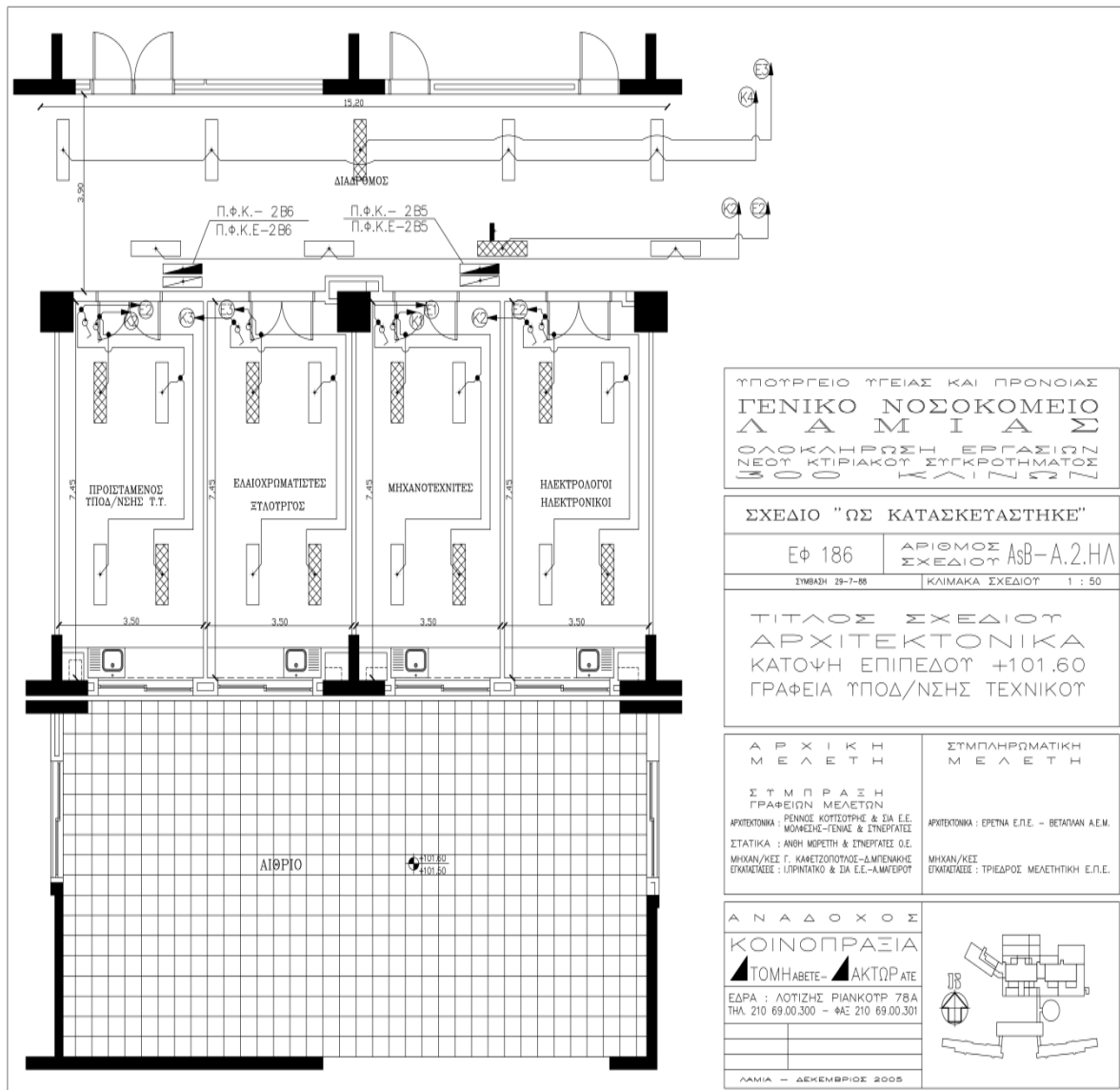
Θα πρέπει να τονιστεί ότι μόνο η επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης φωτισμού δεν συνεπάγεται μονοσήμαντα και καλύτερη ποιότητα σχεδιασμού. Η συγκεκριμένη ποιότητα δεν πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά σε φωτομετρικούς όρους αλλά και από την ευχαρίστηση που προκαλεί το εσωτερικό περιβάλλον στον χρήστη και την συμβατότητά της στο είδος δραστηριότητας που αυτός εκτελεί. Επιπρόσθετα θα πρέπει να τονισθούν και οι βιολογικές επιδράσεις του φωτισμού (για παράδειγμα η επίδραση στον κερκαδιανό ρυθμό).

Σε επίπεδο κόστους, η δαπάνη για την αγορά, εγκατάσταση και λειτουργία συστήματος φωτισμού σε γραφεία αντιπροσωπεύει ένα ελάχιστο ποσοστό σε σχέση με την δαπάνη για μισθοδοσία, 0.3% σύμφωνα με τον Fontoyntont M. "Long term assessment of costs associated with lighting and daylighting techniques", Light & Engineering, 2008, [19]. Επηρεάζει όμως την παραγωγικότητα σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό. Άρα οι λανθασμένες επιλογές σχεδιασμού, που πιθανόν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση στο σύστημα φωτισμού, εξανεμίζονται από απώλειες λόγω παραγωγικότητας. Σε γενικές γραμμές η σύνδεση μεταξύ φωτισμού και παραγωγικότητας δεν μπορεί να καθορισθεί με ευκολία λόγω ενός μεγάλου αριθμού παραγόντων (πέραν του φωτισμού) που επηρεάζουν την απόδοση.

5.4. Υφιστάμενη Εγκατάσταση Φωτισμού

Η μελέτη φωτισμού των χώρων, η οποία και εφαρμόστηκε κατά τη κατασκευή του κτιρίου, περιλαμβάνει την εγκατάσταση 4 φωτιστικών φθορισμού 2X36W ανά χώρο, όπως φαίνεται και στο σχέδιο.

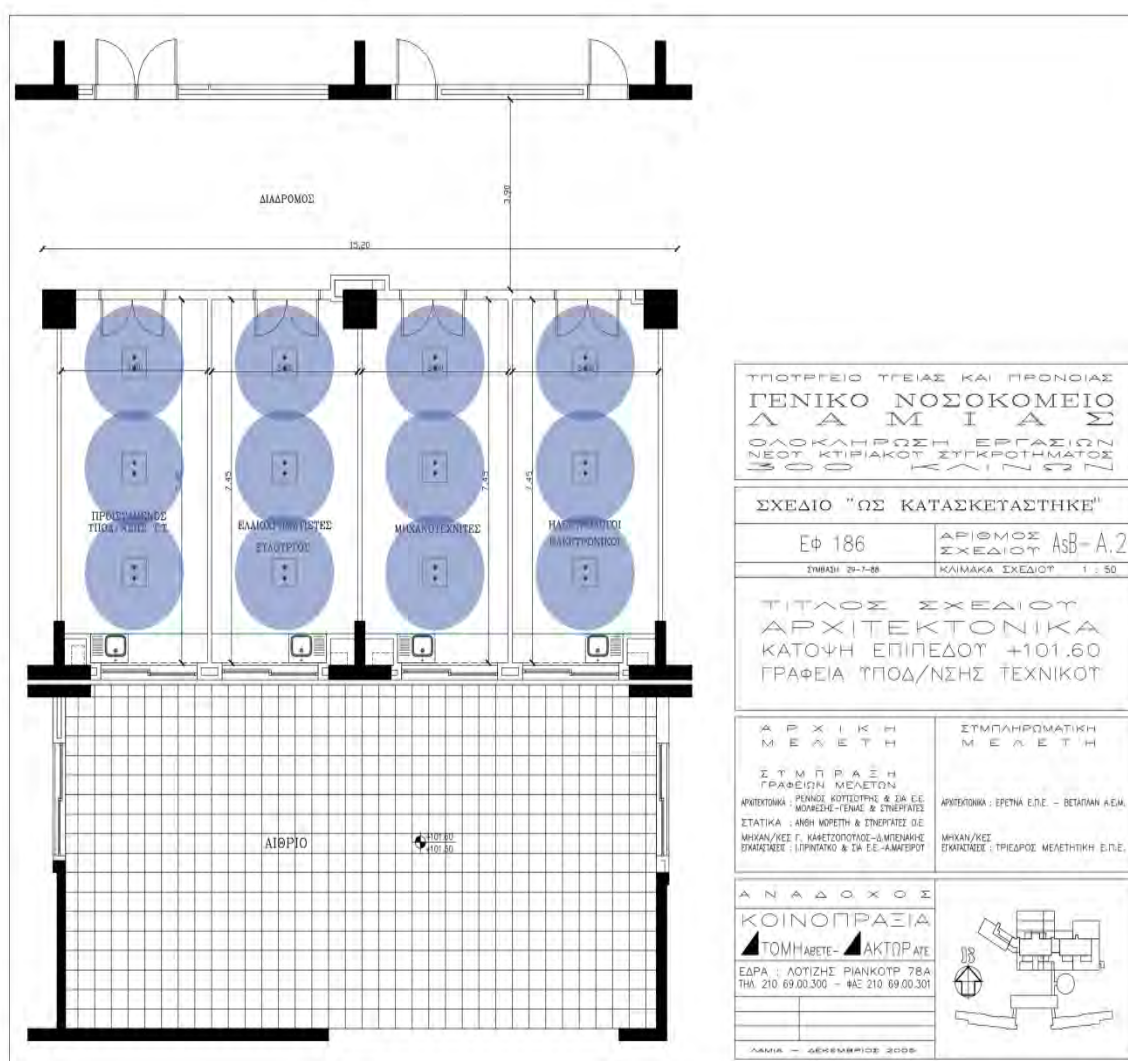
Το κατασκευαστικό ηλεκτρολογικό σχέδιο φωτισμού της εγκατάστασης φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 33. Σχέδιο Φωτισμού «ΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΘΗΚΕ» των υπό διερεύνηση χώρων του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας. Ο φωτισμός των χώρων επιτυγχάνεται με χρήση φωτιστικών ψευδοροφής με χρήση 2 λαμπτήρων φθορισμού 36w έκαστο. [16]

Η υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού περιλαμβάνει 16 φωτιστικά οροφής ορυκτών ινών 2X36Watt, των οποίων οι λαμπτήρες πρόσφατα αντικαταστάθηκαν με λαμπτήρες τεχνολογίας led ισχύος 20watt/τεμ, προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό στη Μελέτη γίνεται χρήση και υπολογισμοί με αυτό το δεδομένο. Κάθε χώρος εμβαδού περίπου 27m² και διαστάσεων 7,45m x 3,6m (Μ x Π), καλύπτεται από 4 φωτιστικά όπως προαναφέρθηκε.

5.5. Προτεινόμενη Εγκατάσταση Φωτισμού



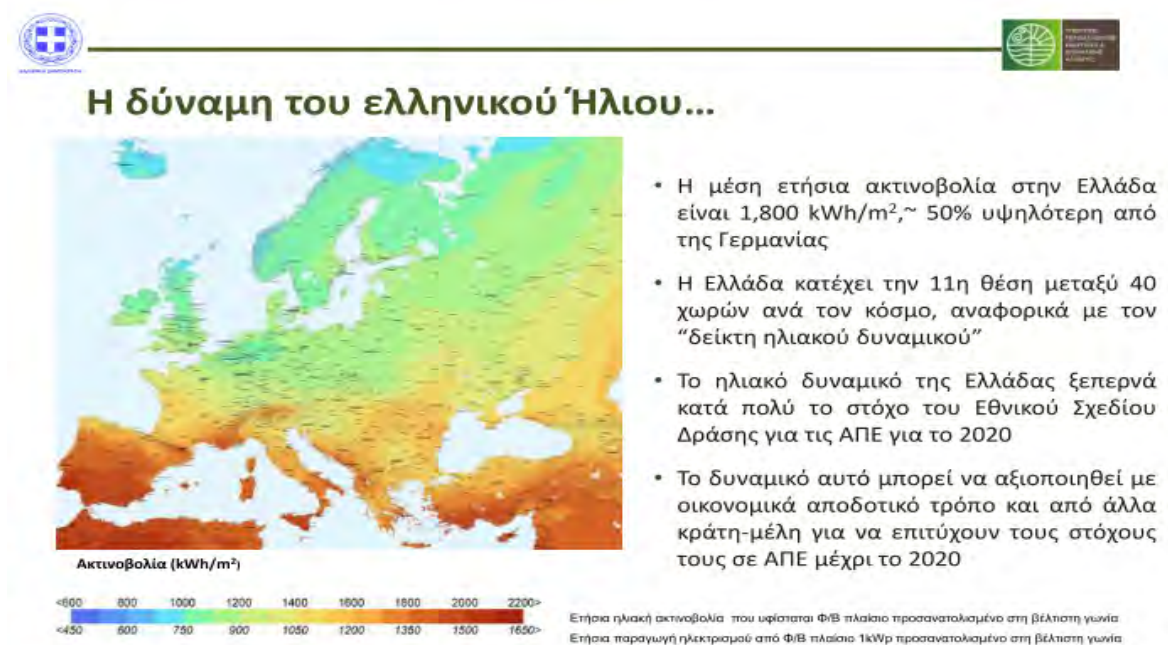
Εικόνα 34. Σχέδιο φωτισμού σύμφωνα με την Τεχνική πρόταση της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB”, για τη μελέτη εφαρμογής

Σύμφωνα με τη Μελέτη της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB”, στην οποία στάλθηκαν τα σχέδια, φωτογραφίες και λεπτομέρειες των χώρων (χρήση, απόσταση από δώμα κλπ), οι χώροι θα καλύπτονται με 12 τεμ. Υβριδικών Φωτιστικών Parans system - L2 Hybrid 60X60cm, 3 ανά χώρο, τα οποία θα τροφοδοτούνται από 2 τεμ. Συστημάτων Συλλογής Ηλιακού Φωτός Parans system - SP4 XL (12 cable), τα οποία θα εγκατασταθούν στο δώμα του κτιρίου στο 2^ο όροφο, σε απόσταση περίπου 25m κατακόρυφα. Το σχέδιο της πρότασης φαίνεται παραπάνω, **Εικόνα 34**.

5.6. Οικονομική Αξιολόγηση Επένδυσης

Προκειμένου να γίνει η οικονομική αξιολόγηση της προτεινόμενης επένδυσης έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

- Η διάρκεια ζωής της εγκατάστασης θεωρήθηκε να είναι 20 χρόνια. Οι ημέρες ηλιοφάνειας με μέγιστη απόδοση θεωρήθηκαν 250 (<365) κατά μέσο όρο ανά έτος. Στις ώρες αυτές η εγκατάσταση θα αποδίδει για 8 ώρες ημερησίως. Η προσέγγιση αυτή είναι συντηρητική και συμπεριλαμβάνει και διάφορες αστοχίες του συστήματος όπως μη σωστή λειτουργία του, πιθανή βλάβη, επικάθιση σκόνης στους συλλέκτες κλπ, δεδομένου ότι σύμφωνα με μελέτες που έχουν διενεργηθεί, το μεγαλύτερο τμήμα της χώρας μας έχει ηλιοφάνεια από 2.700 έως 3.000 ώρες το χρόνο, που αντιστοιχούν σε 7,3 έως 8,2 ώρες ανά ημέρα για 365 ημέρες, ενώ ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο για το ηλιακό δυναμικό της χώρας είναι πως η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από 5.000 έως 6.100 MJ ανά τετραγωνικό μέτρο, ³⁹, ⁴⁰ & [9], με αποτέλεσμα η χώρα μας να είναι 11η μεταξύ 40 χωρών ανά τον κόσμο στον δείκτη ηλιακού δυναμικού, όπως φαίνεται και στη παρακάτω Εικόνα:



Εικόνα 35. Χάρτης Ηλιακής Ακτινοβολίας στην Ευρώπη σε KWh/m² [36]

³⁹ <https://allflavors.net/faki-fresnel-katoptra-ke-michanes-stirling-efarmoges-se-iliaka-ke-alla/>

⁴⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=q59f2LPHX3g>

Ενδεικτικά αναφέρονται οι ημέρες ηλιοφάνειας σε κάποιες άλλες πόλεις σε ολόκληρο τον κόσμο [37] , για να γίνει κατανοητό πόσο αυξάνουν την απόδοσή τους τα εν λόγω συστήματα στη χώρα μας :

1. Τόρσχαβν (Νησιά Φερόες, Δανία): 37 μέρες
2. Κολωνία (Γερμανία): 65 μέρες
3. Μόσχα (Ρωσία): 114 μέρες
4. Λονδίνο (Μεγάλη Βρετανία): 142 μέρες
5. Νέα Υόρκη (ΗΠΑ): 184 μέρες
6. Τόκιο (Ιαπωνία): 197 μέρες
7. Πεκίνο (Κίνα): 228 μέρες
8. Βαλένθια (Ισπανία): 300 μέρες
9. Τελ Αβίβ (Ισραήλ): 330 μέρες
10. Αθήνα (Ελλάδα): 336 μέρες
11. Ακαπούλκο (Μεξικό): 338 μέρες

- Το κόστος προμήθειας ρεύματος θεωρήθηκε 0,20€/Kwh και για τα 20 έτη, δεδομένου ότι σήμερα το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 0,13-0,15 €/Kwh, σύμφωνα με τα τιμολόγια της ΔΕΗ για το συγκεκριμένο κτίριο και εγκατάσταση, που έχει παροχή Μέσης Τάσης. Επισημαίνεται ότι το κόστος προμήθειας ρεύματος για Χαμηλή Τάση είναι αρκετά μεγαλύτερο και κυμαίνεται στα επίπεδα των 0,20€/Kwh σήμερα.
- Για την σύγκριση της κατανάλωσης ρεύματος για τα 20 έτη λειτουργίας κάθε συστήματος, θεωρήθηκε ότι και τα 2 θα χρησιμοποιούν, το μεν υφιστάμενο λαμπτήρες led των 20w έκαστος (και όχι φθορισμού των 36w), το δε υπό μελέτη υβριδικό σύστημα της “PARANS” επίσης λαμπτήρες led των 20w για τη ρύθμιση και την ενίσχυση των επιπέδων φωτισμού.
- Στη διάρκεια των 20 ετών, θεωρήθηκε στο υφιστάμενο σύστημα ότι οι λαμπτήρες θα αντικατασταθούν 6 φορές συνολικά (άρα θα απαιτηθούν συνολικά 192 τεμ), αφού κάθε λαμπτήρας Led έχει ένα όριο ζωής 3.000 ωρών περίπου.
- Στη διάρκεια των 20 ετών, στο υπό μελέτη σύστημα οι λαμπτήρες θα αντικατασταθούν 1,5 φορές συνολικά (άρα θα απαιτηθούν συνολικά 18 τεμ), στη διάρκεια των 20 ετών, περίπου, λόγω του μικρότερου χρόνου λειτουργίας τους.

- Η μετρούμενη κατανάλωση ρεύματος του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, θεωρήθηκε λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια λειτουργία 16 φωτιστικών, το καθένα από τα οποία περιλαμβάνει 2 λαμπτήρες των 20Watt έκαστο, για 8 ώρες ημερησίως για 250 ημέρες ανά έτος για χρονικό διάστημα **20 ετών**. Από τον υπολογισμό προέκυψε κατανάλωση **25.600 Kwh συνολικά ή 1.280 Kwh ανά έτος**.
- Η μετρούμενη κατανάλωση ρεύματος με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού, θεωρήθηκε λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια λειτουργία 2 συστημάτων παρακολούθησης και συγκέντρωσης των ηλιακών ακτινών PARANS SP4, καθένα από τα οποία έχει κατανάλωση 12Watt/ώρα για μία ώρα πλήρους λειτουργίας ημερησίως (σύμφωνα με το prospectus της εταιρείας) για 250 ημέρες ανά έτος για χρονικό διάστημα 20 ετών. Από τον υπολογισμό προέκυψε κατανάλωση **960Kwh συνολικά ή 48Kwh ανά έτος**.
- Το κόστος συντήρησης είναι ένα μέγεθος οικονομικό το οποίο λαμβάνουμε επίσης υπόψη μας. Στη περίπτωση μας, αφορά την συντήρηση και έλεγχο των ηλεκτρολογικών κυκλωμάτων και ηλεκτρολογικών πινάκων αλλά και των ίδιων των φωτιστικών, το καθαρισμό τους, την αντικατάσταση λαμπτήρων αλλά και το καθαρισμό και τη συντήρηση της επιφάνειας των συλλεκτών των συστημάτων SP4. Το κόστος θεωρήθηκε ίδιο και για τα 2 συστήματα για τη διάρκεια των 20 ετών, καθώς το καθένα έχει δικές του ιδιαιτερότητες που οδηγούν σε αυξομειώσεις στα κόστη αλλά λήφθηκε υπόψη ότι το Νοσοκομείο διαθέτει σταθερά και σε μόνιμη βάση συντηρητές οπότε το μέγεθος των εγκαταστάσεων δεν μπορεί να επηρεάσει και μεταβάλει σημαντικά το συνολικό κόστος συντήρησης των Ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου.
- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των φωτιστικών του υφιστάμενου συστήματος, ύστερα από έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε και τη σχετική εμπειρία που υπάρχει από ανάλογες κατασκευές, ανέρχεται στα **1.800,00€**. Περιλαμβάνει δε ότι αφορά την εγκατάσταση, προμήθεια υλικών και μικροϋλικών, εργασία εγκατάστασης και παράδοση προς χρήση.
- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό του συγκεκριμένου χώρου, σύμφωνα με την Τεχνοοικονομική Προσφορά της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB”, η οποία παρατίθεται παρακάτω και η οποία προήλθε μετά από αλληλογραφία με την εταιρεία και σχετική συνεργασία

με το κο Johan Lundmark (johan.lundmark@parans.com), Sales Director της εταιρείας στη Σουηδία, ανέρχεται στις **37.282,00€**, συμπεριλαμβανομένου και κάποιας έκπτωσης η οποία γίνεται, της τάξης των 1.500 € περίπου. Σημειώνεται ότι η εγκατάσταση προβλέπεται να γίνει από την ίδια την εταιρεία με τεχνικούς της που θα μεταβούν για το σκοπό αυτό από τη Σουηδία στην Ελλάδα. Το κόστος περιλαμβάνει τη προμήθεια υλικών και μικροϋλικών, εργασία εγκατάστασης και παράδοση προς χρήση.

Αναλυτικά η Μελέτη της εταιρείας περιλαμβάνει:

- 2 τεμ Συστημάτων Συλλογής Ηλιακού Φωτός Parans system - SP4 XL (12 cable)
- 840 m Καλωδίου οπτικών ινών Parans system - SP4 KABLAGE 24X35
- 12 τεμ Υβριδικών Φωτιστικών Parans system - L2 Hybrid 60X60cm
- Εργασία: 2 τεχνικοί για μια ημέρα (εργασία 8 ωρών/ημέρα)

Τα παραπάνω αποτυπώνονται και στη παρακάτω συνημμένη προσφορά της εταιρείας:

**Quote**Quote no. **167 / 1** Customer code GR-GHL Page 1 / 1

Quote date 10/18/2016 Printout date 10/18/2016

Our reference Johan Lundmark Your reference Aristogeiton Tselikas

Your VAT no. 123xxx Inquiry no.

Delivery address
General Hospital of LamiaMailing address
General Hospital of Lamia

GREECE

GREECE

Terms of delivery

Ex works Höhnö

Delivery method

Collected

Valid through

30 days from quote date

Terms of payment

Net 10 days

Delivery time

10-12 weeks from order confirm

Goods label

Pos	Part no.	Name	Qty	Price each	%	Amount
1	SP4	Parans system SP4 XL (12cable)	2.00 pcs	10,000.00	5.0	19,000.00
2	SP4 KABLAGE	SP4 Kablage24x35	840.00 M	9.00	5.0	7,182.00
3	IOS	Parans Installation On Site Parans installation € 750 / 8h work day Travel and hotel costs are billed at costs plus 10% Excludes piercing, ducting for cable routing and sealing	2.00 pcs	750.00		1,500.00
4	L2 HYBRID	Parans luminaire: L2 Hybrid (60x60)	12.00 pcs	860.00		10,320.00
5	L2 HYBRID 3-PACK	Discount, package of 3 pcs L2 Hybr	4.00 pcs	-180.00		-720.00
Total excl. VAT (EUR)						37,282.00

Art. no. SP3 5/10/15/20/C - HS 8479 89 97 90

Art. no. L1 Small/Medium, L3 Spotlight, L2 Pure - HS 9405 50 00

Art. no. L2 Hybrid - HS 9405 10 40 90

Art. no. CG1 - HS 3925 90 80 00

Art. no. MH1, MH2 - 8302 41 90 00

We apply Orgalime S2012 and SW14 delivery conditions.

Mailing address	Street address	Phone	+46 31 201590
Parans Solar Lighting AB (publ)		Fax	+46 31 201584
Klädressaregatan 1	Klädressaregatan 1	Corp. ID	556628-0649
SE-41105 Göteborg	SE-41105 Göteborg	VAT no.	SE556628064901
SWEDEN		Dom:	Göteborg
order@parans.com	www.parans.com	F-tax sheet available	
		SWIFT	ESSESESS
		Bank account no.	SE24 5000 0000 0593 6827 0260
			SEB (Skandinaviska Enskilda Banken)

Εικόνα 36. Τεχνικοοικονομική Προσφορά της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB” για τη μελέτη εφαρμογής.

Το δε συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται σε **41.830,20€** συμπεριλαμβανομένων όλων των υπολοίπων εργασιών και υλικών για τη πλήρη λειτουργία του υβριδικού συστήματος. Το κόστος αυτό αντιστοιχεί σε **418,00 €/m2 περίπου**, αν λάβουμε υπόψη ότι το εμβαδόν του υπό μελέτη χώρου είναι **100,00 m2**.

Στο Πίνακα 7, που ακολουθεί γίνεται αναλυτική κοστολόγηση για τη προμήθεια και εγκατάσταση φωτισμού στον υπό μελέτη χώρο, με φωτιστικά σώματα τυπικής εγκατάστασης δηλαδή όπως ήδη λειτουργεί ο χώρος και εναλλακτικά με συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών "PARANS L2 YBRID ME SP4 XL", καθώς και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας αυτών για 20 έτη, σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές.

ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ "PARANS L2 YBRID ME SP4 XL" ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ & ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ							
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΟΥΣ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΤΥΠΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ 2Χ20W LED			ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ PARANS			ΕΤΗΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ
	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ [€/τεμ]	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ [€]	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ [€/τεμ]	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ [€]	
ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ	16 ΤΕΜ (ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ 2Χ20W)	50,00	800,00	12 ΤΕΜ (L2 YBRID)	800,00	9.600,00	
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	32x20Watt LED	6,00	192,00	24x20Watt LED			
ΚΑΛΩΔΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ	200m (ΝΥΜΗΥ 3Χ1,5mm2)	0,70	140,00	200m (ΝΥΜΗΥ 3Χ1,5mm2)	0,70	140,00	
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ	8 ΤΕΜ	10,00	80,00	8 ΤΕΜ	10,00	80,00	
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΕΡΓΑΣΙΑ 1ΗΜΕΡΑΣ)	1 ΤΕΜ	600,00	600,00	1 ΤΕΜ	600,00	600,00	
ΜΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			1.812,00			10.420,00	
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ PARANS SP4 XL	-	0,00	0,00	2 ΤΕΜ	9.500,00	19.000,00	
ΚΑΛΩΔΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	-	0,00	0,00	840m (PARANS LABLAGE)	8,55	7.182,00	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ PARANS (2 ΗΜΕΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ)	-	0,00	0,00	2 ΤΕΜ	750,00	1.500,00	
ΕΞΟΔΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΝΗΣ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟΥ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ PARANS	-	0,00	0,00	1 ΤΕΜ		3.728,20	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			1.812,00			41.830,20	
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ (ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ)	192	6,00	1.152,00	18	6,00	108,00	-52,20
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ (ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ, ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ)	20 ΕΤΗ	50,00	1.000,00	20 ΕΤΗ	50,00	1.000,00	0,00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ			2.152,00			1.108,00	-52,20
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 8 ΩΡΕΣ Χ 250 ΗΜΕΡΕΣ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ	(16 ΦΩΤ) Χ (2 ΛΑΜΠΤ) Χ (20Watt) Χ (8 ΩΡΕΣ) Χ (250 ΗΜΕΡΕΣ) Χ (20 ΕΤΗ) = 25.600 Kwh	0,20	5.120,00	(2 ΤΕΜ SP4) Χ (12Watt) Χ (8 ΩΡΕΣ) Χ (250 ΗΜΕΡΕΣ) Χ (20 ΕΤΗ) = 960 Kwh	0,20	192,00	-246,40
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ			9.084,00			43.130,20	-350,80

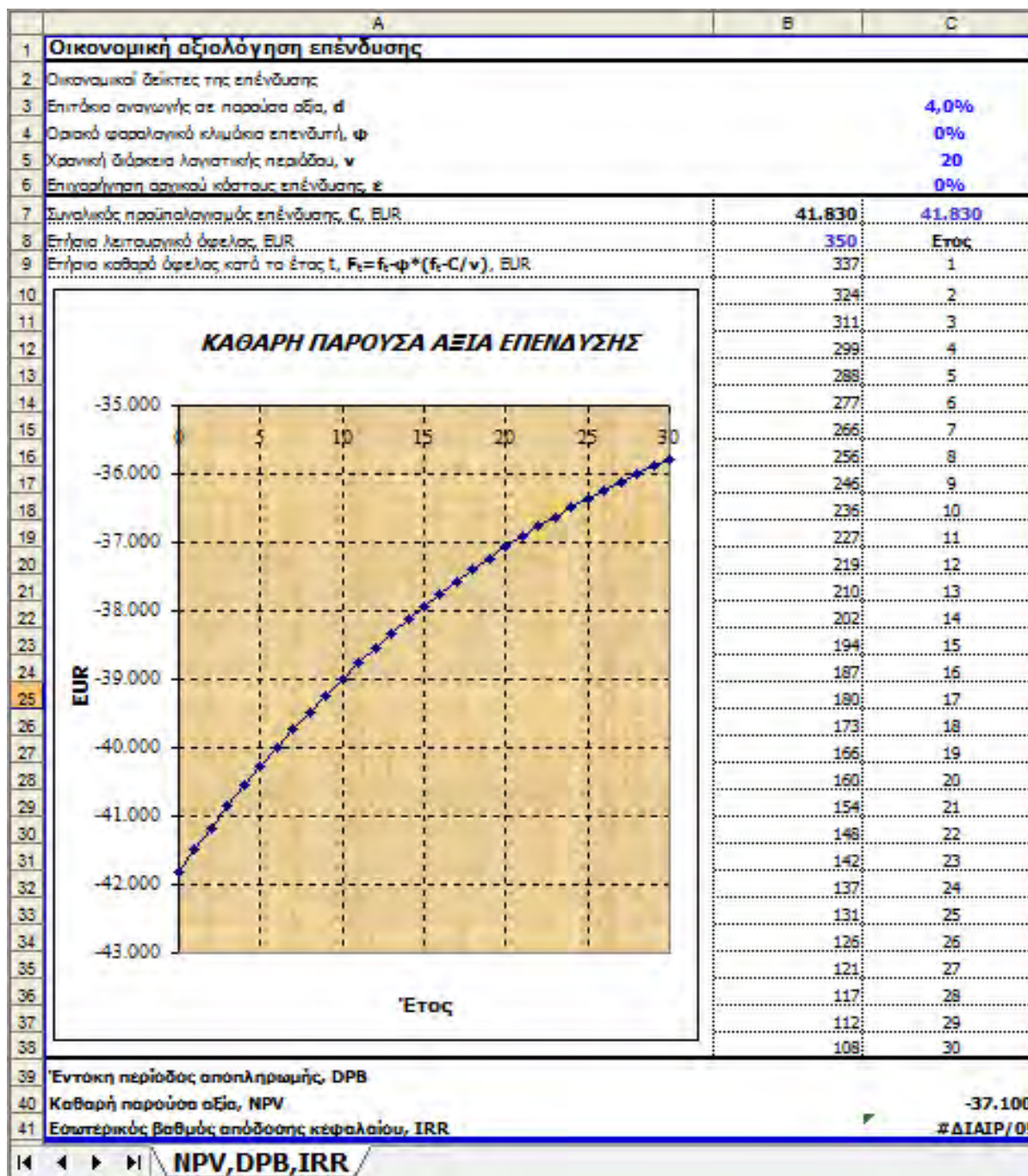
Πίνακας 6. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτισμού με φωτιστικά σώματα τυπικής εγκατάστασης & εγκατάστασης υβριδικού φωτισμού με συστήματα "PARANS L2 YBRID ME SP4 XL" με οπτικές ίνες & κόστος συντήρησης και λειτουργίας για 20 έτη, με κόστος 0,20€/kwh.

- Ως Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, θεωρήθηκε $d=4\%$.
- Ως Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή, θεωρήθηκε $\varphi=0\%$ (καθώς πρόκειται για ΝΠΔΔ)
- Ως Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου, θεωρήθηκε $n=20$ έτη
- Ως Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης, θεωρήθηκε $\varepsilon=0\%$ έως 100%
- Ως Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C , EUR=41.830
- Ως Ετήσιο λειτουργικό όφελος, EUR = 350 (περίπου)
- Ως Ετήσιο καθαρό όφελος κατά το έτος t , $F_t=f_t-\varphi*(f_t-C/n)$, EUR (παρατίθεται στους παρακάτω Πίνακες)

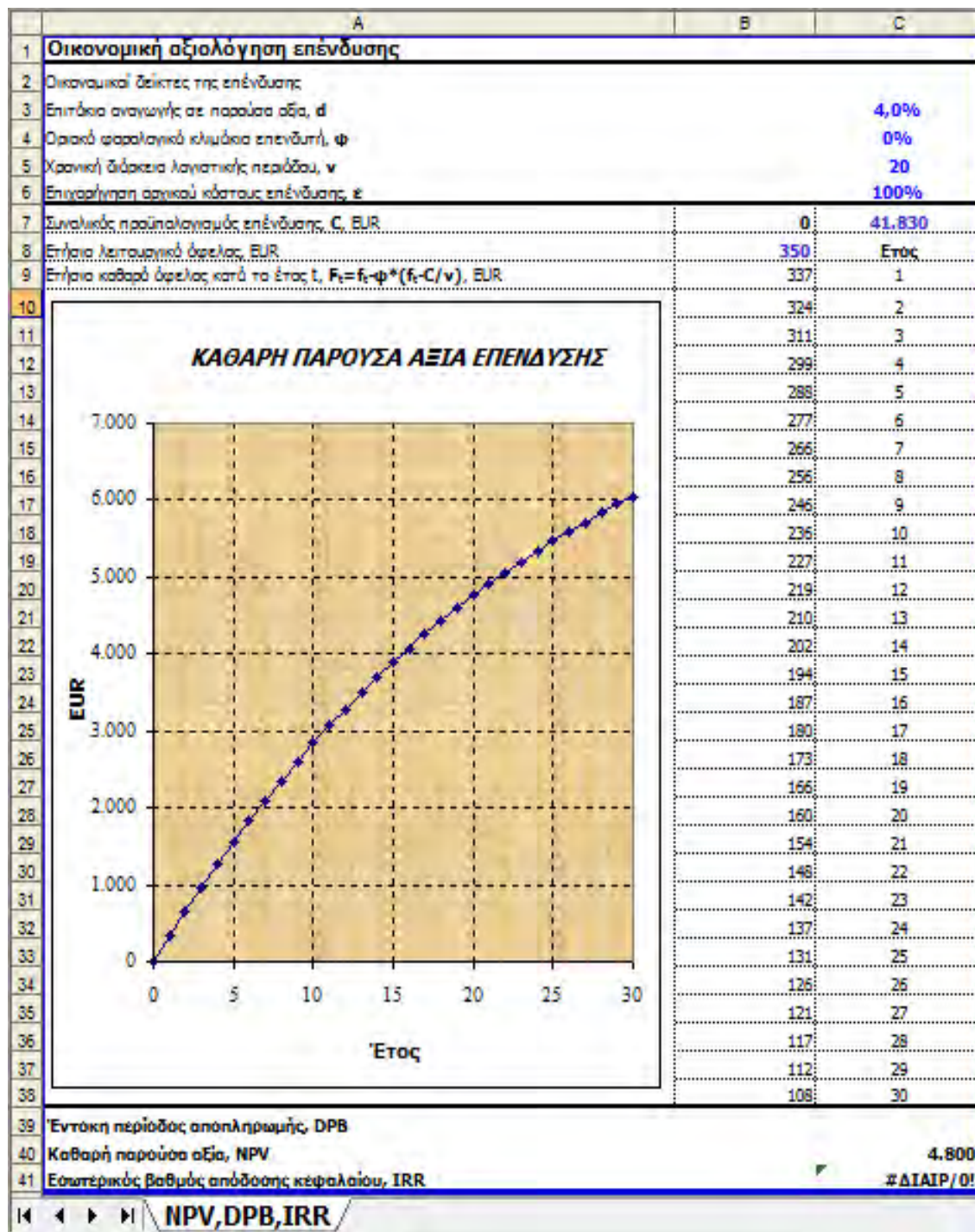
Επισημαίνεται ότι ο χρήστης ενός συστήματος φωτισμού οπτικών ινών θα έχει ετήσιο λειτουργικό όφελος το οποίο υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ της ετήσιας αξίας της ηλεκτρικής ενέργειας που δεν θα καταναλώνεται για το φωτισμό των εγκαταστάσεων (χώρων) και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος, το οποίο για κάθε έτος σύμφωνα με το Πίνακα 7 υπολογίζεται σε 350€ περίπου.

Με την εφαρμογή της σχέσης (1) του 4^{ου} κεφαλαίου, θα έχουμε για τον υπολογισμό του ΚΠΑ:

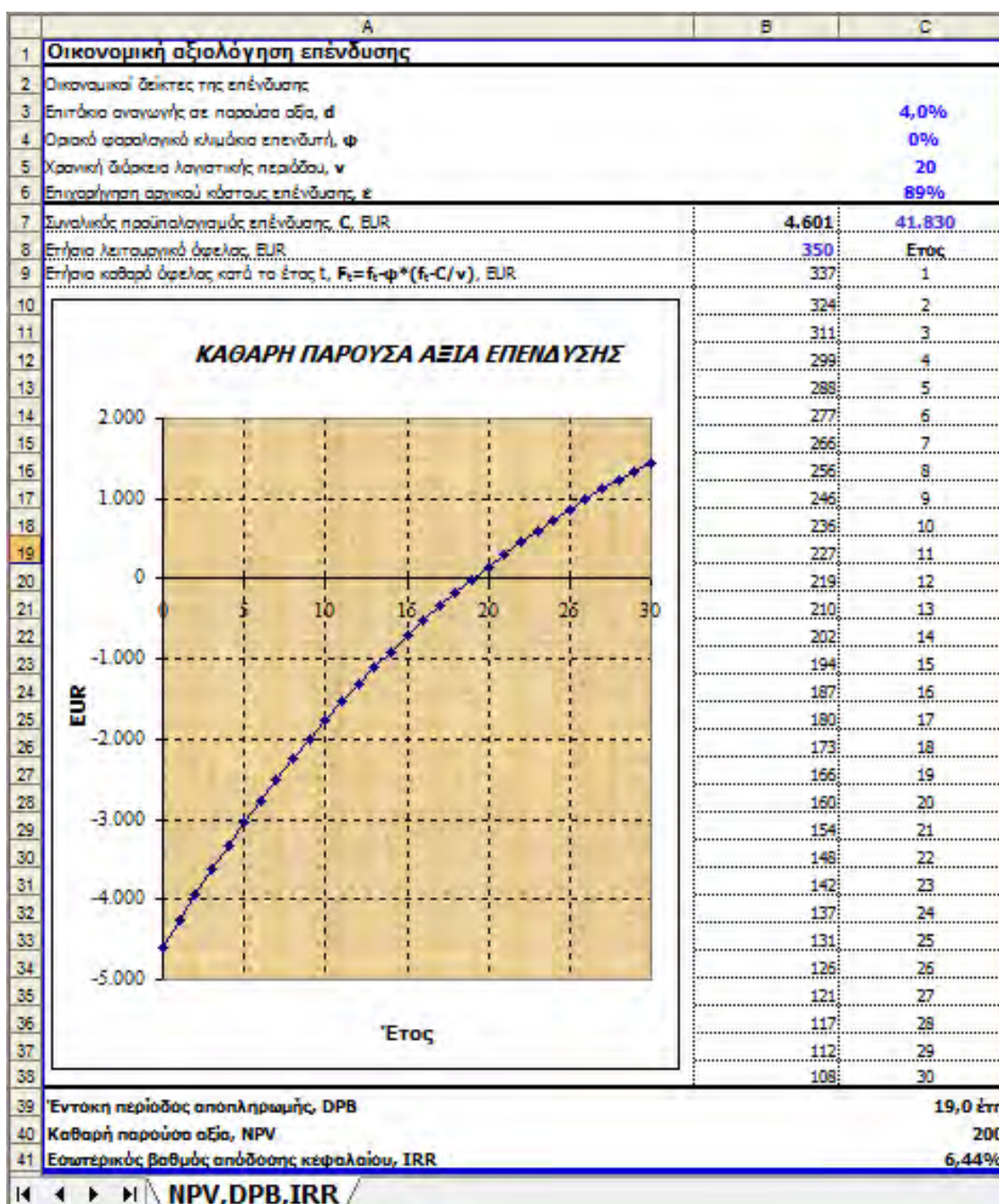
- Για $\epsilon=0\%$ (δηλαδή μηδενική επιχορήγηση της επένδυσης), τότε $KPIA = -37.100 < 0$, επομένως η επένδυση δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα πρέπει να απορριφθεί.



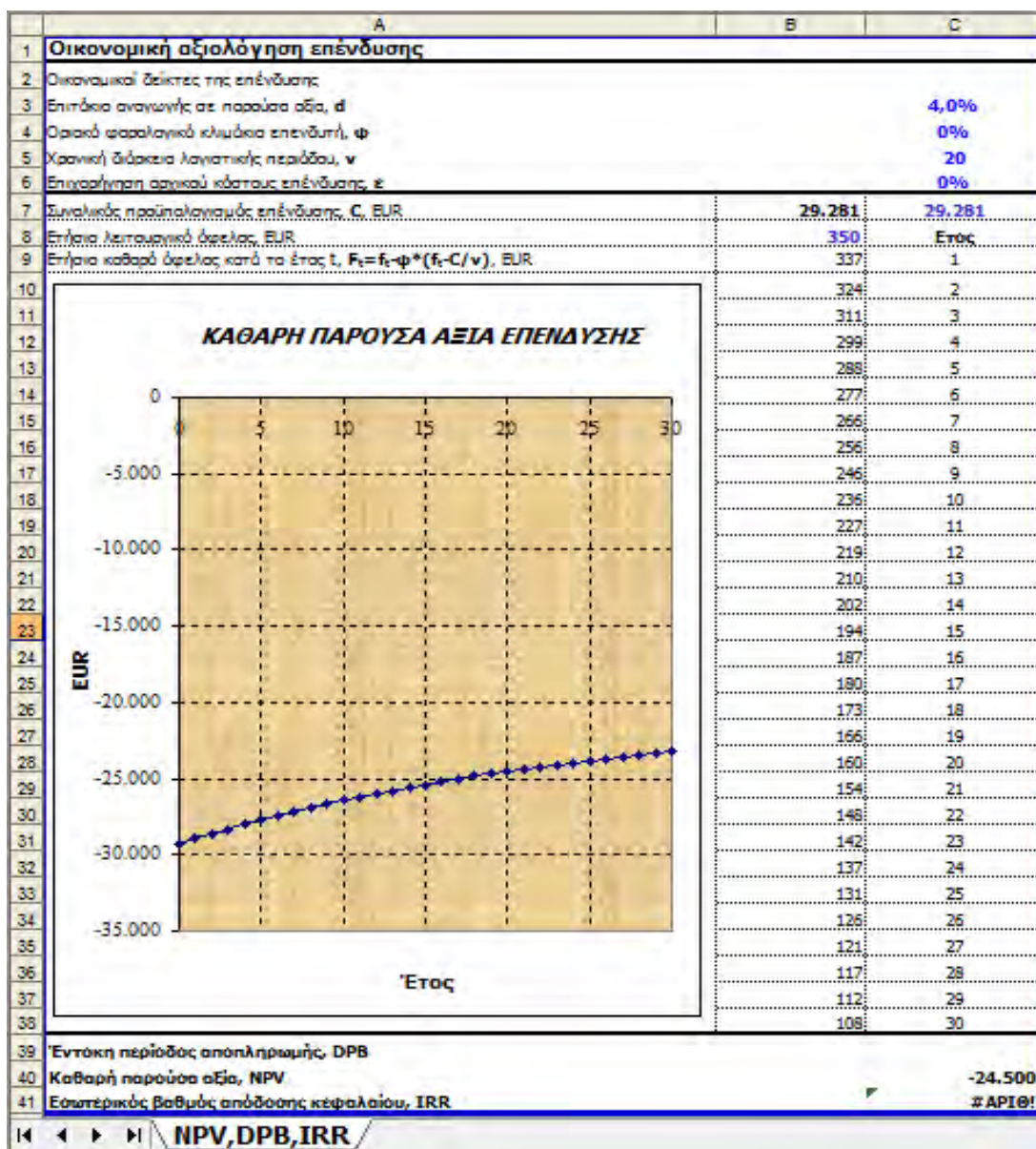
- Για $\epsilon=100\%$ (δηλαδή για εξ ολοκλήρου επιχορήγηση της επένδυσης), τότε $KPIA = 4.200 > 0$, επομένως η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα πρέπει να εγκριθεί.



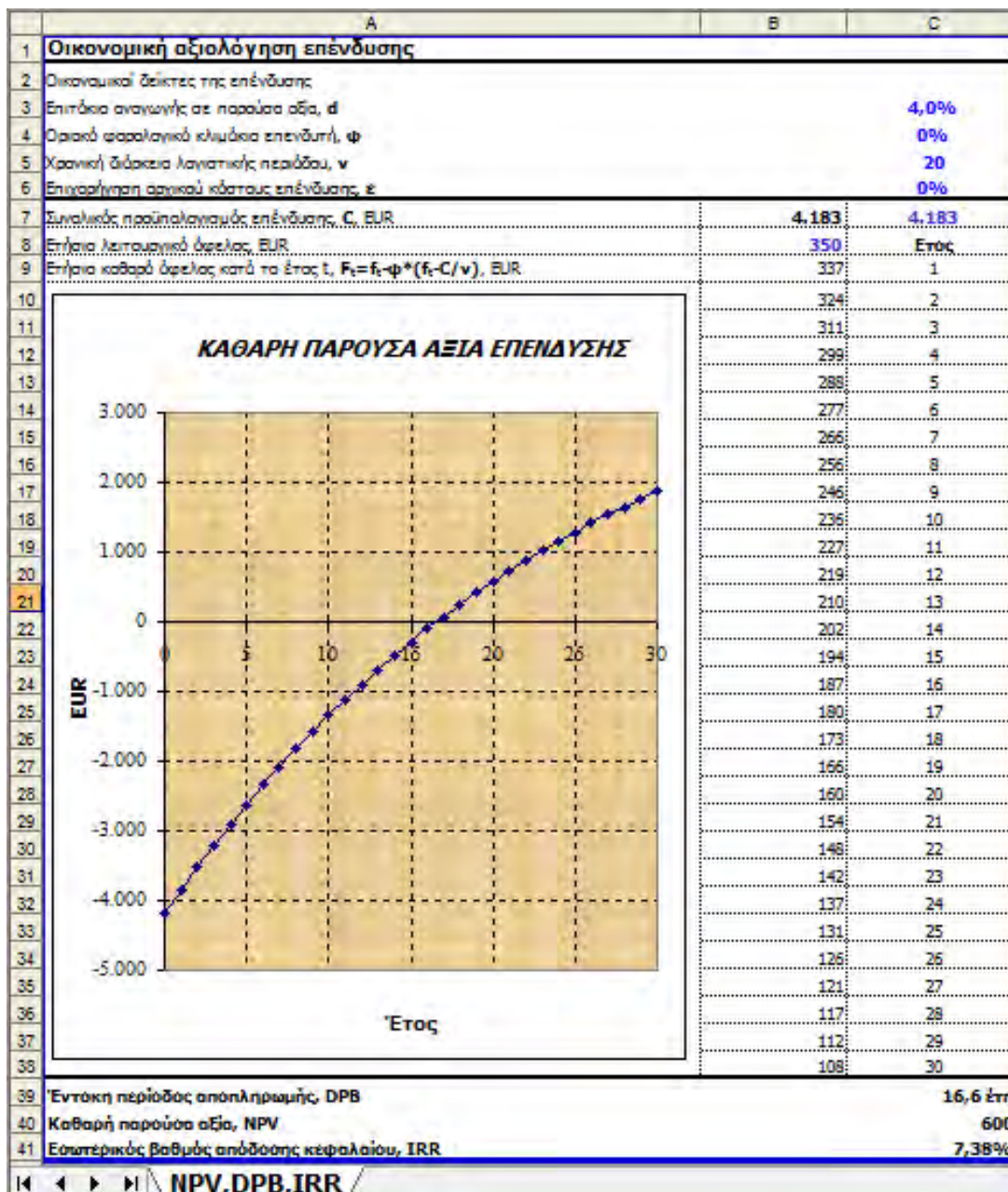
- Για $\epsilon=89\%$ (δηλαδή για επιχορήγηση της επένδυσης της τάξης του 89%), τότε $KPIA = 200 > 0$, (οριακά), εργαζόμενοι αντίστροφα, και επομένως η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα πρέπει να εγκριθεί. Δηλαδή θα πρέπει τουλάχιστον να επιδοτηθεί κατά 89% η επένδυση για να είναι συμφέρουσα για τον ιδιοκτήτη.



- Σε περίπτωση ενδεικτικής μείωσης του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος (μελλοντικά) σε ποσοστό της τάξης του 30%, δηλαδή συνολικό κόστος: 29.281,00€ θα έχουμε για: $\epsilon=0\%$ (δηλαδή μηδενική επιχορήγηση της επένδυσης), τότε $KPIA = -24.500 < 0$ επομένως η επένδυση ακόμα και σε περίπτωση μελλοντικής μείωσης του κόστους της σε επίπεδο 30% δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια δε θα πρέπει να εγκριθεί.



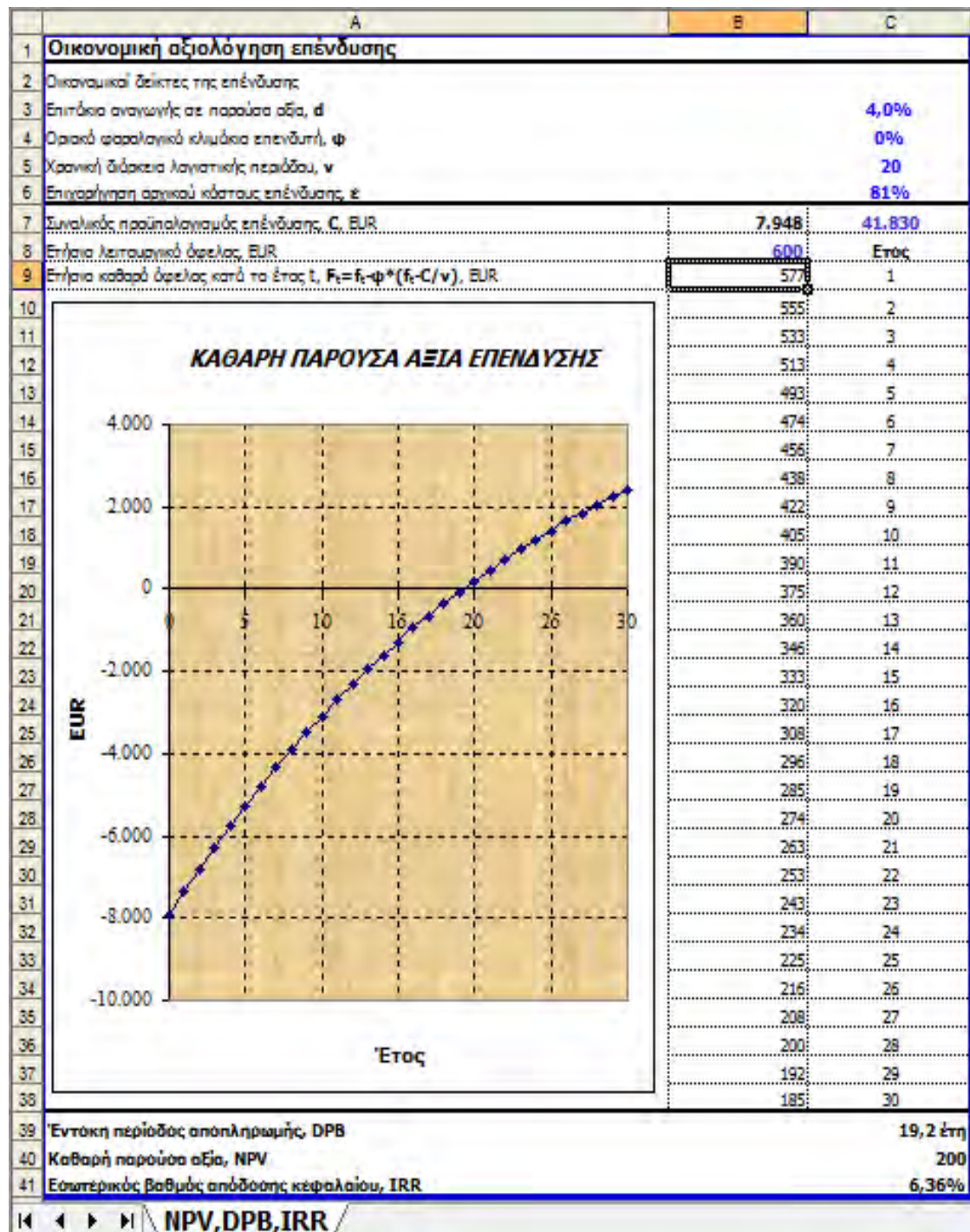
- Σε περίπτωση ενδεικτικής μείωσης του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος (μελλοντικά) σε ποσοστό της τάξης του 90%, δηλαδή συνολικό κόστος: 4.183,00€ θα έχουμε για: $\epsilon=0\%$ (δηλαδή μηδενική επιχορήγηση της επένδυσης), τότε $KPIA = 600 > 0$ επομένως η επένδυση μόνο σε περίπτωση μελλοντικής μείωσης του κόστους της σε επίπεδο 90% είναι οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα μπορεί να εγκριθεί.



- Σε περίπτωση αύξησης του κόστους ηλεκτροδότησης σε επίπεδο της τάξης του +100%, δηλαδή αν θεωρηθεί 0,40€ στη διάρκεια των 20 ετών, τότε το ετήσιο όφελος από την επένδυση με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα είναι ανέρχεται πλέον στα περίπου 600,00€ από 350,00€, όμως και πάλι έχουμε μικρή μεταβολή στο ΚΠΑ, ο οποίος εξαρτάται κυρίως στα επίπεδα αυτά από το κόστος προμήθειας εγκατάστασης των συστημάτων, το οποίο είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με αυτό των συμβατικών. Στη περίπτωση αυτή θα πρέπει $\epsilon=81\%$ (δηλαδή για επιχορήγηση της επένδυσης της τάξης του 81%), τότε $\text{ΚΠΑ} = 200 > 0$ επομένως η επένδυση μόνο σε περίπτωση αύξησης του κόστους ρευματοδότησης κατά 100% και ταυτόχρονα επιχορηγηθεί κατά 81%, μπορεί να θεωρηθεί οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα μπορεί να εγκριθεί.

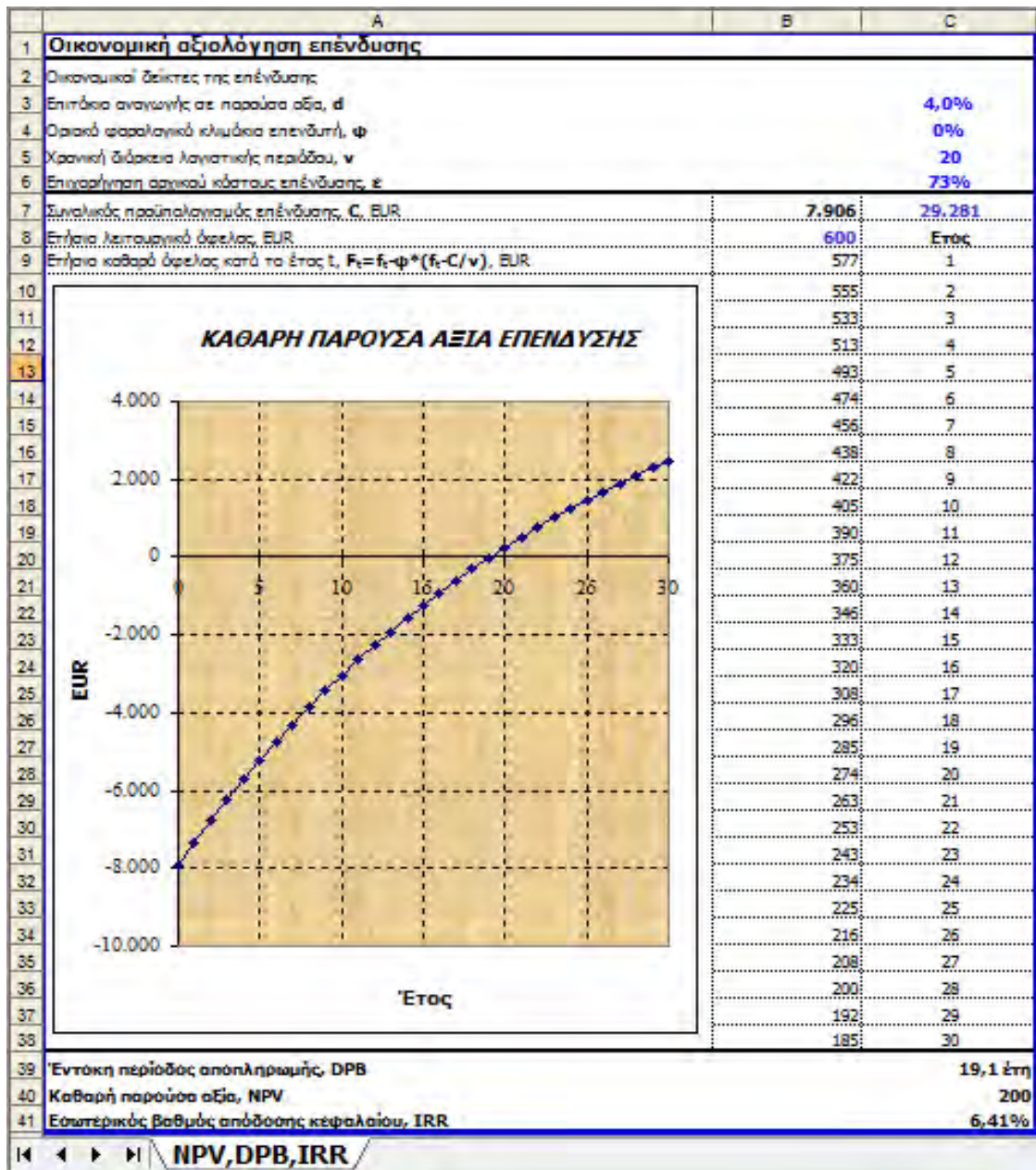
ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ "PARANS L2 YBRID ΜΕ SP4 XL" ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ & ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ							
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΟΥΣ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΤΥΠΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ 2Χ20W LED			ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ PARANS			ΕΤΗΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ
	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ [€/τεμ]	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ [€]	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ [€/τεμ]	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ [€]	
ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ	16 ΤΕΜ (ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ 2Χ20W)	50,00	800,00	12 ΤΕΜ (L2 YBRID)	800,00	9.600,00	
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	32x20Watt LED	6,00	192,00	24x20Watt LED			
ΚΑΛΩΔΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ	200m (ΝΥΜΗΥ 3Χ1,5mm ²)	0,70	140,00	200m (ΝΥΜΗΥ 3Χ1,5mm ²)	0,70	140,00	
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ	8 ΤΕΜ	10,00	80,00	8 ΤΕΜ	10,00	80,00	
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΕΡΓΑΣΙΑ 1ΗΜΕΡΑΣ)	1 ΤΕΜ	600,00	600,00	1 ΤΕΜ	600,00	600,00	
ΜΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			1.812,00			10.420,00	
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ PARANS SP4 XL	-	0,00	0,00	2 ΤΕΜ	9.500,00	19.000,00	
ΚΑΛΩΔΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	-	0,00	0,00	840m (PARANS LABLAGE)	8,55	7.182,00	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ PARANS (2 ΗΜΕΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ)	-	0,00	0,00	2 ΤΕΜ	750,00	1.500,00	
ΕΞΟΔΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΝΗΣ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟΥ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ PARANS	-	0,00	0,00	1 ΤΕΜ		3.728,20	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			1.812,00			41.830,20	
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ (ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ)	192	6,00	1.152,00	18	6,00	108,00	-52,20
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ (ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ, ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ)	20 ΕΤΗ	50,00	1.000,00	20 ΕΤΗ	50,00	1.000,00	0,00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ			2.152,00			1.108,00	-52,20
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 8 ΩΡΕΣ Χ 250 ΗΜΕΡΕΣ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ	(16 ΦΩΤ) Χ (2 ΛΑΜΠΤ) Χ (20Watt) Χ (8 ΩΡΕΣ) Χ (250 ΗΜΕΡΕΣ) Χ (20 ΕΤΗ) = 25.600 Kwh	0,40	10.240,00	(2 ΤΕΜ SP4) Χ (12Watt) Χ (8 ΩΡΕΣ) Χ (250 ΗΜΕΡΕΣ) Χ (20 ΕΤΗ) = 960 Kwh	0,40	384,00	-492,80
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ 20 ΕΤΗ			14.204,00			43.322,20	-597,20

Πίνακας 7. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτισμού με φωτιστικά σώματα τυπικής εγκατάστασης & εγκατάστασης υβριδικού φωτισμού με συστήματα "PARANS L2 YBRID ΜΕ SP4 XL" με οπτικές ίνες & κόστος συντήρησης και λειτουργίας για 20 έτη, με κόστος 0,40€/kwh



- Σε περίπτωση ενδεικτικής μείωσης του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος (μελλοντικά) σε ποσοστό της τάξης του 30%, δηλαδή συνολικό κόστος: 29.281,00€ και ταυτόχρονης αύξησης του κόστους ηλεκτροδότησης σε επίπεδο της τάξης του +100%, δηλαδή αν θεωρηθεί 0,40€ στη διάρκεια των 20 ετών, τότε και πάλι

για να μπορεί να θεωρηθεί οικονομικά συμφέρουσα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια να μπορεί να εγκριθεί η επένδυση θα πρέπει να επιδοτηθεί κατά 73%.



5.7. Περιβαλλοντικά οφέλη - Η επίδραση στην μείωση της εκπομπής CO₂

5.7.1 Εισαγωγή

Εκτός από το αυστηρά οικονομικό όφελος, από την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, όπως προαναφέρθηκε, δημιουργείται και περιβαλλοντικό όφελος καθώς μειώνεται η παραγωγή αερίων ρίπων και κυρίως CO₂.

Η μείωση της παραγωγής CO₂ αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο για τη προστασία του κλίματος και του περιορισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά συνέπεια, αφού όταν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα όπως για παράδειγμα ο άνθρακας (οι μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής ρεύματος στη χώρα μας στηρίζονται στη καύση άνθρακα, 30% περίπου πλέον της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής της χώρας στηρίζονται στη καύση λιγνίτη), παράγεται CO₂. Αντίθετα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι ο ήλιος, ο αέρας, το νερό, η βιομάζα κ.α, δεν εκπέμπει CO₂. Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο συνδυασμό ρευμάτων μιας χώρας, τόσο χαμηλότερη είναι η εκπομπή CO₂. [17]

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στη περίπτωσή μας, δηλαδή με τη χρήση των συστημάτων φωτισμού οπτικών ινών, τα οποία στην ουσία μηδενίζουν τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχουμε παραγωγή ρεύματος από κάποια ανανεώσιμη πηγή αλλά τη πλήρη αντικατάστασή του με μία διαφορετική τεχνολογία η οποία μας δίνει τα ίδια αποτελέσματα, και η οποία είναι «καθαρή», δεν παράγει ρίπους και είναι ανανεώσιμη.

5.7.2 Συντελεστή CO₂ – Υπολογισμός μείωσης παραγωγής CO₂

Μονάδα μέτρησης της παραγωγής CO₂ είναι το 1 kg/kWh και δείχνει πόσο CO₂ δημιουργείται κατά την παραγωγή μιας κιλοβατώρας ρεύματος στη χώρα από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο δείκτης αυτός ποικίλει από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ρεύματος και την απόδοσή τους.[17]

Με βάση έγκυρες επιστημονικές μελέτες και επίσημα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, κατά την ηλεκτροπαραγωγή για το Εθνικό Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής 1 kWh παράγονται

1.100 Kg CO₂, ανάλογα με το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Επίσης, παράγονται μέχρι και 8,3 Kg SO₂, 1,7 Kg NO_x και 0,7 Kg σωματιδίων.

Επομένως με μείωση της κατανάλωσης κατά περίπου 1.250 Kwh/έτος, όπως στη περίπτωση μας, από την εφαρμογή ενός συστήματος φωτισμού με χρήση οπτικών ινών SP4 σύμφωνα με τη μελέτη μας, η ετήσια μείωση παραγωγής CO₂ υπολογίζεται σε 1.400 Kgr περίπου, όπως φαίνεται και από το σχετικό υπολογισμό στην ηλεκτρονική σελίδα της **GREENPEACE**, παρακάτω.⁴¹

Με δεδομένο ότι η τιμή η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής ρύπων (ETS) κυμαίνεται περίπου στα 5,00€ ανά 1.000kgr, τότε έχουμε και εξοικονόμηση περίπου 7,5€ ανά έτος. Ποσό αμελητέο σε σχέση με το συνολικό κόστος, για το λόγο αυτό δεν λήφθηκε και υπόψη στη μελέτη μας, αλλά ενδεικτικό.

GREENPEACE

CO2 Calculator

Υπολογίστε τις εκπομπές σας

Παρακάτω μπορείτε να μάθετε πόσο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) εκλύεται στην ατμόσφαιρα από τις καθημερινές δραστηριότητές σας.

» Στην κατοικία
» Στο αυτοκίνητο

Συμπληρώστε το στοιχείο χωρίς να χρησιμοποιήσετε κόμμα ως διαχωριστικό (π.χ. 1000 κιλά ή 1000.67 kWh).

Κατοικία	Ετήσια κατανάλωση (από λογαριασμούς κοινοχρήστων, ΔΕΗ και αερίου)	Τόνοι CO ₂ ετησίως
	Πετρέλαιο (κιλά ή λίτρα)	
	Φυσικό αέριο (m ³ ή kWh)	
	Υγραέριο	
	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh ή ΩΧΒ)	1250 kWh
	Συνολικές εκπομπές από την κατοικία	Υπολογισμός 1.38 τόνοι CO ₂ ετησίως

Εικόνα 37. Υπολογισμός παραγωγής CO₂ για παραγωγή 1.250kwh ηλεκτρικών⁴²

Ενώ η μείωση παραγωγής CO₂ για 20 έτη υπολογίζεται σε 27,5 ton περίπου, όπως φαίνεται και παρακάτω.

⁴¹ <http://www.greenpeace.org/greece/el/getinvolved/137368/137462/>

⁴² <http://www.greenpeace.org/greece/el/getinvolved/137368/137462/>

Υπολογίστε τις εκπομπές σας

Παρακάτω μπορείτε να μάθετε πόσο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) εκλύεται στην ατμόσφαιρα από τις καθημερινές δραστηριότητές σας.

» Στην κατοικία
» Στο αυτοκίνητο










Συμπληρώστε τα στοιχεία χωρίς να χρησιμοποιήσετε κόμμα ως διαχωριστικό (π.χ. 1000 κιλά ή 1000.67 kWh).

Κατοικία	Ετήσια κατανάλωση (από λογαριασμούς κοινοχρήστων, ΔΕΗ και αερίου)	Τόνοι CO ₂ ετησίως
	Πετρέλαιο (κιλά ή λίτρα)	κιλά λίτρα
	Φυσικό αέριο (m ³ ή kWh)	m ³ kWh
	Υγραέριο	κιλά
	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh ή Ω.Κ.Β.)	25000 kWh
	Συνολικές εκπομπές από την κατοικία	27.50 τόνοι CO₂ ετησίως

Εικόνα 38. Υπολογισμός παραγωγής CO₂ για παραγωγή 25.00kwh ηλεκτρικών ⁴³

Η μείωση αυτή της παραγωγής CO₂ για ένα έτος, αντιστοιχεί πρακτικά, σύμφωνα με το <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2> ⁴⁴ σε:

Απάντηση: 1,38 τόνοι κιλών CO₂ εκπέμπονται από την καύση των ακόλουθων καυσίμων ...

 Ένα μέσο αυτοκίνητο θα μπορούσε να οδηγηθεί για 2,23 ημέρες χωρίς στάση	 Ο λαμπτήρας CF των 13 W θα μπορούσε να ανάψει για 12,12 έτη συνεχώς
 Α 747 θα μπορούσε να πετάξει για 2,61 λεπτά χωρίς στάση	 Μια τηλεόραση LCD 42 ιντσών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για 344 ημέρες συνεχώς
 Η ενεργειακή χρήση ενός μέσου σπιτιού μπορεί να επιτευχθεί για 38,75 ημέρες	 Λαμβάνοντας 0,2706 αυτοκίνητα εκτός δρόμου για ένα χρόνο
 Παραγωγή 0,1038 τόνων βοείου κρέατος	 0,48 τόνοι άνθρακα καίγονται για ηλεκτρική ενέργεια
 0,69 τόνους φυσικού αερίου καίγονται για ηλεκτρική ενέργεια	 0,36 τόνους πετρελαίου που καίγεται για ηλεκτρική ενέργεια

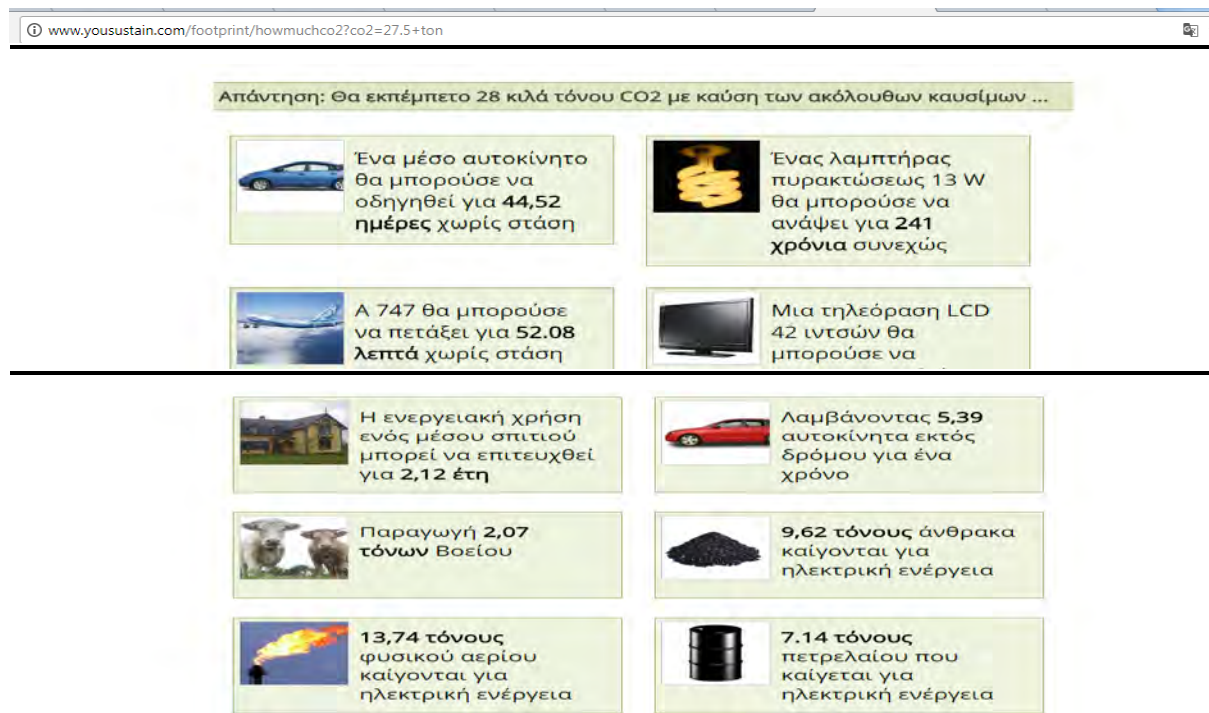
Εικόνα 39. Πρακτική αντιστοιχία παραγωγής CO₂ για παραγωγή 1.250kwh ηλεκτρικών ⁴⁵

⁴³ <http://www.greenpeace.org/greece/el/getinvolved/137368/137462/>

⁴⁴ <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2>

⁴⁵ <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2>

Η μείωση αυτή της παραγωγής CO₂ για είκοσι έτη, αντιστοιχεί πρακτικά, σύμφωνα με το <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2>⁴⁶ σε:



Εικόνα 40. Πρακτική αντιστοιχία παραγωγής CO₂ για παραγωγή 25.000kwh ηλεκτρικών⁴⁷
Όπως επισημάναμε παραπάνω η παραγωγή CO₂ επίσης κοστολογείται και μάλιστα αρκετά υψηλά, ενώ επίσης είναι δεδομένη η ανάγκη για την Ελλάδα να επιτευχθεί ο στόχος για μείωση των εκπομπών αερίων ρίπων κατά 70-75% το 2050 έναντι του 1990, σύμφωνα με το διεθνές και το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη κλιματική αλλαγή (διάσκεψη της Κοπεγχάγης, Νοέμβριος 2009 για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής).

Με τη διαπίστωση ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι ο μεγαλύτερος ρυπαντής του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, θα πρέπει η παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ευρώπη έως το 2050 σχεδόν να μηδενίσει τις εκπομπές της, με ό,τι αυτό συνεπάγεται και για τη χώρα μας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή συστημάτων για τη μεταφορά ηλιακού φωτός με οπτικές ίνες σε ευρεία κλίμακα θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της παραγωγής αερίων ρίπων στη χώρα μας και ευρωπαϊκά.

⁴⁶ <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2>

⁴⁷ <http://www.yousustain.com/footprint/howmuchco2>

5.8. Παρατηρήσεις – Αποτελέσματα

Από την ανάλυση και μελέτη των παραπάνω αποτελεσμάτων καταλήγουμε στα εξής:

- Η εφαρμογή των συστημάτων μεταφοράς ηλιακού φωτός με οπτικές ίνες επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση της εκπομπής αερίων ρίπων που και τα δύο επιφέρουν οικονομικό όφελος πέραν όλων τα άλλων πλεονεκτημάτων των συγκεκριμένων συστημάτων.
- Καθώς με τα μέχρι σήμερα δεδομένα, το κόστος προμήθειας του ρεύματος είναι σε επίπεδα τέτοια που σε αντιδιαστολή με το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων προς αντικατάσταση των συμβατικών, είναι χαμηλό, με καθαρά οικονομικά κριτήρια μια τέτοια επένδυση θα μπορούσε να αποφασιστεί μόνο εάν θα επιδοτούνταν τουλάχιστον σε ποσοστό της τάξης του 90%, καθώς το καθαρό λειτουργικό της όφελος είναι πολύ μικρό, σε σχέση με την αρχική επένδυση. Στην ουσία μιλάμε για τη πλήρη χρηματοδότηση-επιδότησή της.
- Αν μεταβληθεί ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το λειτουργικό όφελος, δηλαδή το κόστος προμήθειας ρεύματος ακόμα και κατά +100% δηλαδή θεωρηθεί 0,40€ στη διάρκεια των 20 ετών, τότε το ετήσιο όφελος από την επένδυση με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα ανέρχεται πλέον στα περίπου 600,00€ από 350,00€, όμως και πάλι έχουμε μικρή μεταβολή στον ΚΠΑ, ο οποίος εξαρτάται κυρίως στα επίπεδα αυτά από το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των συστημάτων, το οποίο είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με αυτό των συμβατικών.
- Ενδεικτικά «παίζοντας» με τις παραμέτρους, ακόμα και αν μειωθεί το κόστος εγκατάστασης κατά 30% και ταυτόχρονα αυξηθεί το κόστος προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος σε ποσοστό της τάξης του 100%, διαπιστώνεται ότι και σε αυτή τη περίπτωση για να είναι επικερδής η επένδυση, με αυστηρά οικονομικά κριτήρια, θα πρέπει να επιδοτηθεί κατά 73%.
- Από τη μελέτη διαπιστώνεται ότι το κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται στα **413,00€/m²**. Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις και όσο πιο μακριά βρίσκονται αυτές από το δώμα των κτιρίων και γενικά το σημείο εγκατάστασης των συλλεκτών τόσο το κόστος μεγαλώνει. Για να μπορέσουν τα συστήματα αυτά να είναι επιλέξιμα με καθαρά οικονομικά κριτήρια θα πρέπει το κόστος εγκατάστασής τους να περιοριστεί

μελλοντικά κάτω από τα **40,00€m²**, αφού μόνο σε αυτά τα επίπεδα ο ΚΠΑ είναι θετικός.

- Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι από την αλληλογραφία με τους υπευθύνους της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB” δεν διαφαίνεται ότι πρόκειται να μειωθεί σημαντικά το κόστος στο άμεσο μέλλον.
- Οι παραδοχές και τα αποτελέσματα της μελέτης μας δεν απέχουν πολύ από αυτά που αναφέρονται στη μελέτη των *M.S. Mayhoub (Al-Azhar University, Faculty of Engineering, Architecture Department, Nasr City Campus, Cairo, Egypt) & Konstantinos Papamichael (Department of Environmental Design, UC Davis, United States, February 2016, “Cost/benefit analysis for building core sunlighting systems”.* [18]
- Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μόνο αν μειωθεί σημαντικά το κόστος προμήθειας των συστημάτων ή αυτά επιδοτηθούν από το κράτος ή Ευρωπαϊκά προγράμματα για λόγους άλλους, όπως η ασφάλεια και η υγιεινή στο χώρο εργασίας, σύμφωνα με αυτά που αναλύσαμε στο κεφάλαιο 3, θα μπορούσε να γίνει ευρεία χρήση και εφαρμογή τέτοιων συστημάτων.

6^ο Συμπεράσματα και Επεκτάσεις

6.1 Επίλογος

Το εργασιακό περιβάλλον αποτελεί σημαντικό μέρος της ευημερίας και της υγείας των εργαζομένων. Ο φωτισμός είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος του εργασιακού μας περιβάλλοντος και τόσο το φως που προσφέρουν τα συστήματα μεταφοράς ηλιακού φωτός με οπτικές ίνες όπως αυτά της εταιρείας PARANS όσο και το φως LED που χρησιμοποιείται στα υβριδικά συστήματα της εν λόγω εταιρείας είναι υψηλής ποιότητας. Το ευρύ φάσμα του ηλιακού φωτός είναι μέχρι στιγμής αδύνατο να μιμηθεί. Τα LED που επιλέχθηκαν για το υβριδικό φωτιστικό με το οποίο ασχοληθήκαμε έχουν υψηλό Δείκτη Αναφοράς Χρώματος, που σημαίνει ότι δίνουν υψηλής ποιότητας φωτισμό για μια ηλεκτρική πηγή. Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και η όλη εγκατάσταση και εξοπλισμός που σχεδιάστηκε στο πλαίσιο αυτού του έργου προέρχεται από μία πρωτοποριακή τεχνολογία που εξοικονομεί ενέργεια και βελτιώνει τον πλανήτη μας.

6.2 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Από την έρευνα που έγινε διαπιστώθηκε ότι τα προϊόντα της εταιρείας PARANS είναι πολύ καλά ποιοτικά και επιτυγχάνουν στη πράξη τα αποτελέσματα που υπόσχονται. Ο αρθρωτός σχεδιασμός τους τα καθιστά ευπροσάρμοστα με αποτέλεσμα τα φωτιστικά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιπτώσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων. Επίσης τα προϊόντα εξελίσσονται με μεγάλη ταχύτητα, βελτιώνονται συνεχώς τόσο όσον αφορά το design αλλά κυρίως όσο αφορά την απόδοσή τους. Είναι πιστοποιημένα ενώ η διάθεσή τους, η εγκατάσταση και η λειτουργία τους υποστηρίζεται σε κάθε επίπεδο από την κατασκευάστρια εταιρεία

Τα συστήματα φωτισμού της εταιρείας PARANS αλλά και τα ανάλογα συστήματα άλλων ομοειδών εταιρειών, παρέχουν έναν αποτελεσματικό τρόπο προκειμένου να μεταφερθεί το φυσικό φως στο εσωτερικό των κτιρίων, κάνοντας μια μικρή διείσδυση από την οροφή των κτιρίων χωρίς αυτή να γεφυρώνει τη θερμότητα ή το κρύο του εξωτερικού περιβάλλοντος με το εσωτερικό των κτιρίων.

Ο φωτισμός χώρων με συστήματα οπτικών ινών παρουσιάζει πάρα πολλά πλεονεκτήματα με αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται συνεχώς οι εφαρμογές τους έτσι ώστε να θεωρούνται από κάποιους τα φωτιστικά του μέλλοντος.

Ένα εξελιγμένο σύστημα μεταφοράς φωτός με Οπτικές Ίνες, παρέχει υψηλή ποιότητα και εξαιρετική απόδοση φωτισμού και ταυτόχρονα εξοικονομεί πολύ περισσότερη ενέργεια από ό,τι τα συστήματα φωτισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης με τεχνητά φώτα, ανάλογα βέβαια με τις καιρικές συνθήκες και τη γεωγραφική θέση κάθε χώρου. Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης έχει σαν επακόλουθο και την αντίστοιχη μείωση των εκπεμπόμενων ρίπων για τη λειτουργία και την εξυπηρέτηση κάθε χώρου.

Κύρια πλεονεκτήματα των συστημάτων φωτισμού εσωτερικών χώρων μέσω οπτικών ινών, εκτός της μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, είναι η βελτίωση των συνθηκών υγιεινής και ποιότητας στην εργασία που συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας των εργαζομένων, αλλά και στη βελτίωση των επιδόσεων (π.χ. μαθητών, φοιτητών κλπ) και στην ανάδειξη και βελτίωση εμφάνισης προϊόντων και χώρων με αποτέλεσμα την αύξηση της επισκεψιμότητάς τους.

Από αρχιτεκτονική άποψη, υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσης της οπτικής ίνας σε δομικά υλικά και στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου ή ενός χώρου, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ελάχιστη δυνατή μορφολογική παρέμβαση.

Από κτιριολογικής απόψεως όσον αφορά τη κατασκευή κτιρίων και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό τους, η χρήση των συστημάτων φωτισμού μέσω οπτικών ινών προσφέρει την δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτός με αποτέλεσμα οι φωτιζόμενοι χώροι να είναι πολύ πιο φυσικοί, φιλικόι, υγιεινοί και ασφαλείς για τον άνθρωπο ενώ επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και μειώνεται σημαντικά το οικονομικό κόστος κατασκευής τους καθώς παρέχεται πλέον η δυνατότητα ενσωμάτωσης των οπτικών ινών σε δομικά υλικά και στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου ή ενός χώρου, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ελάχιστη δυνατή μορφολογική παρέμβαση, καθώς δίνεται η δυνατότητα για τη κατασκευή βαθύτερων κτιρίων με λιγιστούς αίθριους χώρους.

Άλλα πλεονεκτήματα της χρήσης οπτικών ινών στο φωτισμό, και με δεδομένο ότι στο τερματικό τους δεν υπάρχει ούτε θερμοκρασία, ούτε ηλεκτρισμός, ούτε υπεριάδης και υπέρυθρη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται θέματα ασφάλειας και να

μπορούν να έλθουν σε επαφή με νερό, γκάζι και εύφλεκτα υλικά, είναι ότι δίνεται μέσω αυτών, η δυνατότητα φωτισμού οποιασδήποτε επιφάνειας ή χώρου παρουσιάζει δυσκολίες να φωτιστεί με συμβατικό φωτισμό, όπως μικροί χώροι και στενά δωμάτια, χώροι ανεπαρκώς αεριζόμενοι, μικρές προθήκες, έργα τέχνης και πίνακες ζωγραφικής, αρχαιολογικά ευρήματα και εμπορικά εκθέματα και γενικά όλα τα αντικείμενα και υλικά τα οποία παρουσιάζουν ευαισθησία στη θερμοκρασία ή την υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία. Επίσης χώροι υγροί ακόμα και υποβρύχιοι, εύφλεκτοι ή με προβλήματα ηλεκτρικής μόνωσης μπορούν να φωτιστούν με ασφάλεια πλέον μέσω των συστημάτων αυτών.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα τους επίσης είναι η δυνατότητα διαμελισμού μιας φωτεινής πηγής σε μεγάλο αριθμό φωτεινών σημείων τα οποία δημιουργούν το κατάλληλο φωτισμό για ένα αντικείμενο ή για ένα χώρο ή επιτυγχάνουν πρωτότυπα και εντυπωσιακά διακοσμητικά οπτικά εφέ.

Επίσης η δυνατότητα μεταφοράς φωτός από μία συγκεκριμένη θέση σε σημεία μη προσβάσιμα έχει ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση σχεδιασμών φωτισμού που δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν με συμβατικές τεχνικές είτε λόγω τεχνικών δυσκολιών είτε λόγω του υψηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης τέτοιων εγκαταστάσεων.

Το κόστος για τη προμήθεια και εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων είναι πολύ υψηλότερο από τα συμβατικά συστήματα φωτισμού που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και αυτός είναι ένας αρνητικός παράγοντας στην ευρεία εφαρμογή τους άμεσα. Οι εταιρείες κατασκευής τέτοιων συστημάτων στηρίζουν μέχρι σήμερα, τη διάδοση και την εφαρμογή τους ως προϊόντα υψηλής τεχνολογίας και παροχής φωτός υψηλής ποιότητας στοχεύοντας σε εγκαταστάσεις, εταιρείες και ιδιώτες που πιστεύουν και θέλουν να επενδύσουν σε αυτή αναμένοντας μακροχρόνια και οικονομικά οφέλη, τα οποία θα προέλθουν από τη βελτίωση των ποιοτικών δεικτών στους χώρους εργασίας και ζωής. Παρόλα αυτά παρατηρείται ότι σταδιακά και με την εξέλιξη της έρευνας το κόστος αυτό μειώνεται παράλληλα με τη βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών και της απόδοσης αυτών των συστημάτων, ο εξοπλισμός γίνεται προσιτός και περισσότερο προσβάσιμος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μία απότομη αύξηση της τιμής των καυσίμων, πετρελαιοειδών και φυσικού αερίου, που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα βρει τις εταιρείες παραγωγής συστημάτων φωτισμού με οπτικές ίνες σε πλεονεκτικό επίπεδο!

Όσον αφορά την Ελλάδα διαπιστώνεται μικρή διείσδυση τέτοιων συστημάτων σε κτίρια για το φωτισμό χώρων. Η κύρια χρήση των οπτικών ινών στη πατρίδα μας, όσο αφορά το φωτισμό είναι για αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις, οπτικά εφέ και ειδικές κατασκευές όπως μουσεία, υγρούς χώρους και πισίνες.

6.3. Μελλοντικές επεκτάσεις

Προκειμένου να προωθηθεί η διάδοση της εφαρμογής συστημάτων φωτισμού με οπτικές ίνες και οι επενδύσεις στο τομέα αυτό θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες πολιτικές από τα Κράτη, και το Ελληνικό, για τη στήριξη της τεχνολογίας αυτής, με μέτρα ρεαλιστικά και άμεσα εφαρμόσιμα από τους επενδυτές αλλά και το ίδιο, όπως:

- Άμεση δημιουργία και ενσωμάτωση Νομοθεσίας η οποία θα προδιαγράφει και επιβάλει τις απαραίτητες συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας στην εργασία, κυρίως, που θα συμβάλει στην αναγκαστική εφαρμογή τους.
- Άμεση δημιουργία και ενσωμάτωση Νομοθεσίας με κίνητρα όσον αφορά τη κατασκευή των κτιρίων προκειμένου να ενσωματώσουν την εν λόγω τεχνολογία. Επισημαίνεται ότι ο κτιριακός τομέας είναι σήμερα ένας μεγάλος καταναλωτής - ευθύνεται για το 45% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο (έναντι 37% των μεταφορών και 18% της βιομηχανίας) αλλά και για αντίστοιχο ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Διευκόλυνση των πολιτών, των επενδυτών και των επιχειρήσεων αλλά και των κρατικών φορέων, με προσφορά οικονομικών κινήτρων, για την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Ένταξη τους σε χρηματοδοτικά προγράμματα κοινοτικά ή εθνικά όπως το ΕΣΠΑ, το πακέτο Γιούνκερ, τα δάνεια από την ΕΤΕπ (Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων).
- Προώθηση των συστημάτων αυτών ώστε να συμπεριληφθούν στα επιδοτούμενα «μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων», όπως είναι το «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤ' ΟΙΚΟΝ». Σημειώνεται ότι τα εν λόγω συστήματα συνδέονται εύκολα και έχουν χαμηλότερο κόστος για οικιακές εφαρμογές, μια αγορά η οποία έχει μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης.
- Ενίσχυση και επιδότηση των ερευνών των πανεπιστημίων στο τομέα αυτό.

- Σοβαρή μελέτη και παρακολούθηση όλων των θεμάτων που επηρεάζουν την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων σε όλες της φάσεις εφαρμογής της, και συντονισμός ενεργειών για την προώθηση και επίλυση των προβλημάτων και των εμποδίων που προκύπτουν από τους αρμοδίους φορείς.
- Ενθάρρυνση της λειτουργίας εξειδικευμένων εταιρειών παροχής ενεργειακών υπηρεσιών (Energy Service Companies-ESCOs).
- Διάκριση περιοχών στις οποίες η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων φαίνεται να είναι επωφελής τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά π.χ. περιοχές με υψηλό δείκτη ηλιοφάνειας.
- Προσπάθειες ευαισθητοποίησης των Ευρωπαίων και Ελλήνων πολιτών με διαφημιστικές καμπάνιες σχετικά με τη χρήση των νέων τεχνολογιών και των οικονομικών και περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων.
- Εμπειριστατωμένες μελέτες για όλα τα δημόσια τουλάχιστον κτίρια στα οποία ταιριάζει η τεχνολογία αυτή, και επιβολή και επιδότηση της εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων σε αυτά με ταυτόχρονη παρακολούθηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητάς τους.

Βιβλιογραφία

- [1] Κώστας Μαθιός Σύμβουλος Φωτισμού του LUCARTE Περιοδικό ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ 2004 Photos Elinca, Fort
- [2] Σφενδυλάκης Ιωάννης & Βενιαμάκης Ανδρέας ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα επί Οπτικής Ίνας – Τεχνολογία WDM/Πρωτόκολλο SDH
- [3] Heschong, L. (2011) Informal talk about natural light research and application (Conversation) (Personal communication, 19 May 2011).
- [4] Master of Science Thesis in the Master Degree Programme Industrial Design Engineering Development of a HYBRID LUMINAIRE for Parans Solar Lighting
REBECCA HALLQVIST, MAGNUS RENSTRÖM
Department of Product and Production Development, Division of Design and Human Factors Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2011
- [5] Heschong, L., & Wright, R., Okura, S. (2000) Daylighting and Productivity: Elementary School Studies. In 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings - Proceeding.
- [6] Edwards, L. & Torcellini, P. (2002) A Literature Review of the Effects of Natural Light of Building Occupants. Golden: National Renewable Energy Laboratory
- [7] Σαουνάτσου Ελένη Μεταπτυχιακή διατριβή «Έξυπνος φωτισμός εσωτερικών και εξωτερικών χώρων με χρήση οπτικών ινών και διόδων εκπομπής φωτός» ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ – 2016
- [8] Κώστας Μαθιός Σύμβουλος Φωτισμού του LUCARTE Περιοδικό ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ 2004 Photos Elinca, Fort
- [9] Fresnel lens. (MG Nair, K Ramamurthy, & Ganesan, 2013) MG Nair, MTech, AR Ganesan, PhD, K Ramamurthy, PhD First Published June 16, 2014
- [10] Johansson, D. (2011) Ongoing discussions and tutoring with Parans' technical project manager. (Personal communication) Parans Solar Lighting.
- [11] Creating a simulation Script for a fiber optic day lighting System, Master Thesis in Energy-efficient and Environmental Building Design, Lund University, Thorunn Arnardottir & Ariane Hartmann
- [12] Büttner, S. (2009) Diploma Thesis: Analysis and Optimization of a Solar Hybrid Lighting System for Multifunctional Use. München: Institute for

Thermodynamics. Munich: Technical University of Munich.

- [13] Tregenza and Loe, 1998
- [14] Ljuskultur, 1990, Svenska Fotbollförbundet, 2002
- [15] Ευρωπαϊκό πρότυπα που καθορίζουν τις αρχές σχεδιασμού του συστήματος φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους και τις συνιστώμενες τιμές καταναλώσεων: EN 12464-1:2002 και EN 15193:2007 αντίστοιχα
- [16] Μελέτη κατασκευής Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας
- [36] Σχέδιο «ΗΛΙΟΣ» Εθνικό Αναπτυξιακό Πρόγραμμα Εξαγωγής Ηλιακής Ενέργειας στην ΕΕ, ΥΠΕΚΑ, <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=XRwkX7xZK5o%3D&tabid=786&language=el-GR>
- [17] SMA Solar Technology AG
- [18] “Cost/benefit analysis for building core sunlighting systems”, M.S. Mayhoub (Al-Azhar University, Faculty of Engineering, Architecture Department, Nasr City Campus, Cairo, Egypt) & Konstantinos Papamichael (Department of Environmental Design, UC Davis, United States, February 2016
- [19] Fontoynt M. "Long term assessment of costs associated with lighting and daylighting techniques", Light & Engineering, 2008

Σχήματα και Εικόνες

Εικόνα 1. Οπτική Ίνα.

Εικόνα 2. Εγκάρσια τομή οπτικής ίνας

Εικόνα 3. Η δομή ενός οπτικού καλωδίου Εγκάρσια τομή οπτικού καλωδίου

Εικόνα 4. Κατηγορίες οπτικών ινών και τρόποι διάδοσης τους

Εικόνα 5. Τα πλεονεκτήματα του ηλιακού φωτός

Εικόνα 6. Ανάλυση δαπανών τυπικής εταιρείας (Οι Δαπάνες Προσωπικού ανέρχονται στο 90% του Λειτουργικού Κόστους)

Εικόνα 7. Συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες, συσκευές φωτισμού, οπτικές ίνες και τερματικά φωτιστικά, διαφόρων ειδών

Εικόνα 8. Πλαστικές οπτικές ίνες Συμπαγείς, Μονές και Περιπλεγμένες

Εικόνα 9. Υάλινες οπτικές ίνες και οπτικές ίνες side-glow με διαφανές και χρωματιστό περίβλημα από PVC

Εικόνα 10. Καταλήξεις Υάλινων οπτικών ινών- Τερματικά φωτιστικά

Εικόνα 11. Συστήματα φωτοσωλήνων

Εικόνα 12. Συλλέκτες ηλιακών συστημάτων φωτισμού της εταιρείας “HIMAWARI”

Εικόνα 13. Συλλέκτης ηλιακού φωτός στα συστήματα της «HIMAWARI», παρακολούθηση της πορείας του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας

Εικόνα 14. Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακών συστημάτων φωτισμού HIMAWARI τύπου «XD-100S/36AS» και «XD-50S/12AS»

Εικόνα 15. Καλώδιο οπτικών ινών συστημάτων φωτισμού “HIMAWARI”

Εικόνα 16. Τερματικά φωτιστικά των συστημάτων φωτισμού “HIMAWARI”

Εικόνα 17. Τυπικά συστήματα φωτισμού “HIMAWARI” για οικία και γραφείο

Εικόνα 18. Παρουσίαση της εταιρείας “Parans Solar Light”, στην ηλεκτρονική σελίδα της εταιρείας

Εικόνα 19. Φακοί Fresnel λειτουργία

Εικόνα 20. Εικόνες από διάφορες θέσεις των φακών fresnel του ηλιακού συλλέκτη της “Parans” , από το «Parans Fiber Optic Skylight - Sun Tracking Demo» της εταιρείας στο youtube

Εικόνα 21. Συλλέκτες Συστημάτων PARANS “SP3”, εγκατεστημένοι σε οροφές κτιρίων

Εικόνα 22. Συλλέκτες Συστημάτων “PARANS SP4”, εγκατεστημένοι σε οροφές κτιρίων

Εικόνα 23. Η διαδικασία από το φως του ήλιου ως την οπτική ίνα.

Εικόνα 24. Τεχνικά Χαρακτηριστικά SP3

Εικόνα 25. Τεχνικά Χαρακτηριστικά SP4

Εικόνα 26. Προφίλ ακτινοβολίας για άμεσο ηλιακό φως, οπτικές ίνες γυαλιού, λαμπτήρα πυρακτώσεως και λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας

Εικόνα 27. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L1 της εταιρείας Parans

Εικόνα 28. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L3 της εταιρείας Parans

Εικόνα 29. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L2 της εταιρείας Parans

Εικόνα 30. Τεχνικά Χαρακτηριστικά φωτιστικού L2, διαμορφώσεις για τον έλεγχο των λαμπτήρων LED

Εικόνα 31. Γενική άποψη Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας.

Εικόνα 32. Εσωτερική και εξωτερική όψη των χώρων των Γραφείων – Εργαστηρίων των υπό μελέτη χώρων της Τ.Υ. του Γ.Ν. Λαμίας

Εικόνα 33. Σχέδιο Φωτισμού «ΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΘΗΚΕ» των υπό διερεύνηση χώρων του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας. Ο φωτισμός των χώρων επιτυγχάνεται με χρήση φωτιστικών ψευδοροφής με χρήση 2 λαμπτήρων φθορισμού 36w έκαστο

Εικόνα 34. Σχέδιο φωτισμού σύμφωνα με την Τεχνική πρόταση της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB”, για τη μελέτη εφαρμογής

Εικόνα 35. Χάρτης Ηλιακής Ακτινοβολίας στην Ευρώπη σε KWh/m2

Εικόνα 36. Τεχνοοικονομική Προσφορά της εταιρείας “PARANS SOLAR LIGHTING AB” για τη μελέτη εφαρμογής.

Εικόνα 37. Υπολογισμός παραγωγής CO₂ για παραγωγή 1.250kwh ηλεκτρικών

Εικόνα 38. Υπολογισμός παραγωγής CO₂ για παραγωγή 25.00kwh ηλεκτρικών

Εικόνα 39. Αντιστοιχία 1.400Kg CO₂ για παραγωγή 25.00kwh ηλεκτρικών

Εικόνα 40. Υπολογισμός παραγωγής CO₂ για παραγωγή 25.00kwh ηλεκτρικών

Πίνακες

Πίνακας 1. Διαφορές Οπτικών Ινών

Πίνακας 2. Τυπικές τιμές για μερικές κοινούς λαμπτήρες συγκρινόμενους με το φως του ήλιου και μια ηλιοφώτιστη ημέρα

Πίνακας 3 Τυπικές τιμές φωτεινότητας

Πίνακας 4. Τυπικές τιμές φωτεινότητας

Πίνακας 5. Τυπικές τιμές φωτεινότητας για χώρους γραφείων, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12464-1

Πίνακας 6. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτισμού με φωτιστικά σώματα τυπικής εγκατάστασης & εγκατάστασης υβριδικού φωτισμού με συστήματα "PARANS L2 YBRID ME SP4 XL" με οπτικές ίνες & κόστος συντήρησης και λειτουργίας για 20 έτη, με κόστος 0,20€/kwh

Πίνακας 7. Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης φωτισμού με φωτιστικά σώματα τυπικής εγκατάστασης & εγκατάστασης υβριδικού φωτισμού με συστήματα "PARANS L2 YBRID ME SP4 XL" με οπτικές ίνες & κόστος συντήρησης και λειτουργίας για 20 έτη, με κόστος 0,40€/kwh

