

A stylized illustration of a road with cars, trees, and a lake. The road is grey with a dashed white center line. There are several red and blue cars on the road. The road is flanked by green trees with brown trunks. On the left side, there is a large cyan lake. In the bottom left corner, there is a black symbol resembling a cross with a diagonal line through it. In the bottom right corner, there is a traffic light with red, yellow, and green lights.

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

**ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ**

**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

**ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ**

**ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ**



## ΦΑΝΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Ακόμη και κατά τη διάρκεια που υπήρχαν τα αλόγα και τα ιππήλατα αμαξάκια, η κυκλοφορία στις μεγάλες πόλεις ήταν συχνά βαριά. Οι αστυνομικοί έπρεπε να είναι τοποθετημένοι και πλήρους απασχόλησης στη κυκλοφορία κατεύθυνσης στις πολυσύχολες διασταυρώσεις της εποχής.

Ο φάνος κύκλοφορίας δημιουργήθηκε προτού να έρθει το αυτοκίνητο σε χρήση και η κυκλοφορία αποτελούνταν μόνο από τους πεζούς, τα ιππήλατα αμαξάκια και τα βαγόνια εμπορευμάτων. Εγκατεστημένο σε μια διασταύρωση στο Λονδίνο το 1868,



ήταν ένα φανάρι με κόκκινα και πράσινα σήματα. Με κόκκινο "στάση" και πράσινο "προσοχή." Το φανάρι, που ήταν με αέριο, γύριζαν με τη βοήθεια ενός μοχλού στη βάση του έτσι ώστε το κατάλληλο φως να ρύθμιζε την κυκλοφορία. Στις 2 Ιανουαρίου ..1869, αυτός ο φάνος κυκλοφορίας εξεργάγη, τραυματίζοντας τον αστυνομικό που το λειτουργούσε.

Και με τον ερχομό των αυτοκινήτων, η κυκλοφορία αυξήθηκε περισσότερο. Ο αστυνομικός William Potts του Νητρόιτ, Μίτσιγκαν, αποφάσισε να κάνει κάτι για αυτό το πρόβλημα. Αυτό που είχε κατά νου ήταν να έβρισκε έναν τρόπο να προσαρμοστούν τα σήματα σιδηροδρόμου για τη χρήση των οδών. Οι σιδηροδρόμοι χρησιμοποιούσαν ήδη τους αυτόματους ελέγχους. Αλλά η κυκλοφορία σιδηροδρόμου ήταν σύμφωνα με τις παράλληλες γραμμές. Στην κυκλοφορία των οδών υπάρχουν όλες οι κατεύθυνσεις.

Ο Potts χρησιμοποίησε τα κόκκινα, κίτρινα, και πράσινα φώτα σιδηροδρόμου, περίπου αξίας 37(τριάντα επτά) δολαρίων καλώδιο και ηλεκτρικούς ελέγχους για να κάνει τον πρώτο παγκόσμιο φάνο κυκλοφορίας 3(τριών) χρωμάτων. Εγκαταστάθηκε το 1920 στη γωνία των λεωφόρων Woodward και του Μίτσιγκαν στο Νητρόιτ. Μέσα σε ένα έτος, το Νητρόιτ είχε εγκαταστήσει συνολικά δεκαπέντε από τα νέα αυτόματα φώτα.

Στο σχεδόν ίδιο χρόνο ο Garrett Morgan από τις Ηνωμένες Πολιτείες πραγματοποίησε την ανάγκη να ελεγχθεί η ροή της κυκλοφορίας. Ένας ταλαντούχος εφευρέτης και σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες ο πρώτος Αφρικανικός Αμερικανός που είχε αυτοκίνητο στο Κλήβελαντ, Οχάιο, έφηυρε το ηλεκτρικό αυτόματο φάνο κυκλοφορίας. Αν και φάνηκε περισσότερο όπως τα σήματα σιδηροδρόμου που βλέπετε στις διασταυρώσεις τρένων σήμερα, παρείχε την έννοια στην οποία οι σύγχρονοι four-way φάνοι κυκλοφορίας είναι βασισμένοι.

Τα χρώματα κόκκινο και πράσινο ήταν τυποποιημένα στην ηλεκτρική βιομηχανία. Οι κατασκευαστές των σημάτων σιδηροδρόμου και των φανών κυκλοφορίας υιοθέτησαν απλά τα γνωστά χρώματα.

Μπορούμε μόνο να σκεφτούμε ως προς το γιατί αυτά τα χρώματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στη βιομηχανία. Τα διαφορετικά χρώματα προκαλούν τις διαφορετικές συγκινήσεις στους ανθρώπους. Το **κόκκινο** γενικά συμβολίζει τον κίνδυνο ή την προειδοποίηση, έτσι το κάνει μια καλή επιλογή για "τη στάση". Το **πράσινο** λειτουργεί ως ηρεμηστικό σε μας, πιθανώς επειδή υπάρχει σε ποσότητα στη φύση και είναι ένα σημάδι της υγείας και της αφθονίας, έτσι το κάνει μια καλή επιλογή στο συμβολισμό του "προχώρα".



Το **κίτρινο ή ηλεκτρικό**, συνδέεται με τη ζεστασιά, την ευτυχία, και τον ήλιο. Παρά αυτές τις υποδηλώσεις, επιλέχτηκε να συμβολισεί την "προσοχή". Ίσως επειδή αντιπαραβάλλεται πολύ καλά με το πράσινο και κόκκινο, και είναι ιδιαίτερα ορατό χωρίς να είναι πολύ σκληρό για τα μάτια των οδηγών αυτοκινήτων. Σήμερα το κίτρινο χρησιμοποιείται συνήθως ως σύμβολο προειδοποίησης και για τους φάνους κυκλοφορίας και για τα συστήματα ασφαλείας.

## Ηλιακή ενέργεια.

Η ενέργεια που παρέχεται στον άνθρωπο από την ηλιακή ακτινοβολία έχει δύο μορφές, θερμική ενέργεια (θερμικά ηλιακά συστήματα) και ηλεκτρική ενέργεια (φωτοβολταϊκά συστήματα)

Όσον αφορά την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία οι μέθοδοι και τα αποτελέσματα είναι γνωστά. Μιλάμε για τους ηλιακούς θερμοσίφωνες που συλλέγουν ακτινοβολία με απώτερο σκοπό την θέρμανση μικρών ποσοτήτων νερού που προορίζονται για οικιακή χρήση: λουτρό, λάντζα κ.τ.λ. ή μεγάλων ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες, σε θερμαινόμενες πισίνες κ.α.

Μπορούμε να πούμε ότι ειδικά για την Ελλάδα η οποία έχει μακρές και έντονες περιόδους ηλιοφάνειας το ζεστό νερό είναι ταυτισμένο με τον ηλιακό θερμοσίφωνα και άρα άμεσα συνδεδεμένο με την ηλιακή ακτινοβολία.

Ο δεύτερος τρόπος συνεισφοράς της ηλιακής ακτινοβολίας στην ενεργειακή παραγωγή και κατανάλωση είναι μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Διακρίνονται στα ΦΒ στοιχεία ημιαγωγών, που έχουν υψηλή απόδοση και κυριαρχούν στην αγορά και στα οργανικά ΦΒ στοιχεία, τα οποία βρίσκονται ακόμη σε στάδιο έρευνας, με χαμηλή απόδοση.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο (photovoltaic cell) ημιαγωγών είναι, γενικά, ένα σύστημα δύο ημιαγωγών σε επαφή, που όταν φωτίζεται, παράγει στα δύο άκρα του, συνεχή ηλεκτρική τάση. Τα δύο στρώματα αποτελούνται από το ίδιο βασικό υλικό, συνήθως Πυρίτιο (Si), το ένα στρώμα είναι ημιαγωγός τύπου n και το άλλο τύπου p. Εξωτερικά τοποθετούνται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Η κατασκευή έχει τη μορφή μιας σχεδόν τετράγωνης πλάκας, ώστε η εσωτερική επαφή των ημιαγωγών να καταλαμβάνει όλη την επιφάνεια του πλακιδίου. Όταν το στοιχείο αυτό φωτίζεται, ένα ποσοστό φωτονίων που απορροφούνται, κυρίως στην περιοχή της επαφής, παράγουν επιπλέον ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές. Το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο της επαφής ωθεί τους φορείς αυτούς στους χώρους που επικρατούν οι όμοιοί τους φορείς, δηλαδή τα ηλεκτρόνια στη μεριά του ημιαγωγού τύπου n και τις οπές στη μεριά του ημιαγωγού τύπου p. Το συνολικό ρεύμα των φορέων αυτών αποτελεί το φωτόρευμα. Όταν οι εξωτερικές επαφές του ΦΒ στοιχείου, συνδεθούν σε αντίσταση κατανάλωσης, διέρχεται μέσα απ' αυτήν μέρος του φωτορεύματος. Το ρεύμα μέσα απ' την εξωτερική αντίσταση και η τάση στα άκρα της, έχουν τιμές που επιτρέπουν να θεωρήσουμε το ΦΒ στοιχείο ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.

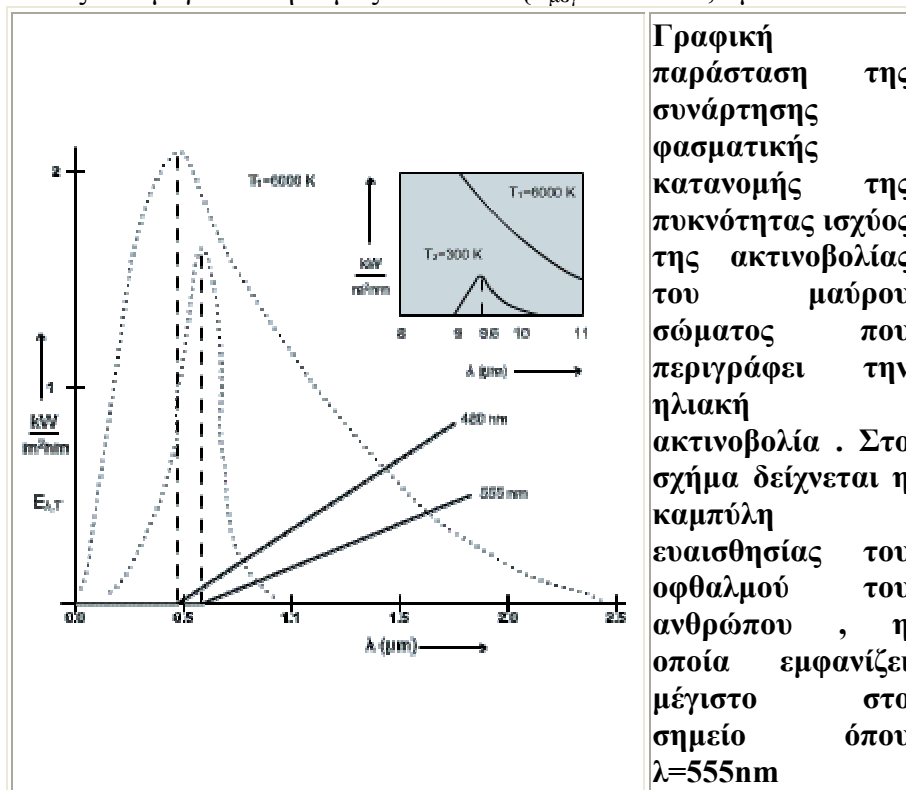
Πριν προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων και συστημάτων θα πρέπει να αναφέρουμε μερικά χαρακτηριστικά της ηλιακής ακτινοβολίας που καταδεικνύουν και την σημασία της στον ενεργειακό τομέα.

## Ηλεκτρομαγνητική (Η/Μ) ακτινοβολία

Η ακτινοβολουμένη από ένα σώμα, ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα περιοχής μηκών κύματος ( $w/m^2 \cdot nm$ ), που συμβολίζεται ως  $E_{\lambda,T}$  ονομάζεται, συνάρτηση της φασματικής κατανομής της πυκνότητας ισχύος, εξαρτάται από το μήκος κύματος,  $\lambda$ , τη θερμοκρασία του σώματος,  $T$  και τη φύση του σώματος. Ο Μ. Planck, μελέτησε την ακτινοβολουμένη από τα σώματα ΗΜ ακτινοβολία, θεωρώντας ένα ιδανικό σώμα - πρότυπο, το μέλαν σώμα. Χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα, να απορροφά πλήρως κάθε ακτινοβολία που προσπίπτει επάνω του, οποιουδήποτε μήκους κύματος. Ταυτόχρονα, το φάσμα της Η-Μ ακτινοβολίας, που το ίδιο το σώμα εκπέμπει, παρουσιάζει ένα μέγιστο, η θέση και το μέγεθος του οποίου εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του. Η αναλυτική έκφραση της  $E_{\lambda,T}$  στην οποία κατέληξε ο Planck, έχει την μορφή:

$$E_{\lambda,T} = \frac{2\pi^5 h c^2}{15 \lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k T}\right) - 1}$$

Η εξάρτηση της κατανομής στην περίπτωση του πραγματικού σώματος υπεισέρχεται με ένα συντελεστή,  $\epsilon_{\lambda,T}$ , που ονομάζεται συντελεστής εκπομπής (emissivity). Σύμφωνα με το θεώρημα του Kirchhoff:  $\{ E_{\text{πραγμ}*\lambda,T} = \epsilon_{\lambda,T} \cdot E_{\text{μέλανος}\lambda,T} \}$ . Η προσαρμογή της θεωρητικής καμπύλης του μέλανος σώματος στην πραγματική καμπύλη του ηλιακού φωτός, δίδει ως θερμοκρασία επιφάνειας του ήλιου, την  $T \sim 5800 \text{ K}$ . Όταν η θερμοκρασία του μέλανος σώματος αυξάνει τότε, η τιμή του μεγίστου αυξάνει και ταυτόχρονα, το μήκος κύματος  $\lambda_{\text{μεγ}}$ , που αντιστοιχεί στο μέγιστο εκπομπής, μετατοπίζεται ακολουθώντας ένα νόμο, που αναφέρεται ως νόμος μετατοπίσεως των μεγίστων ή νόμος του Wien  $\{ \lambda_{\text{μεγ}} \cdot T = 2.897,8 \mu m \cdot K = \text{σταθερή} \}$ .



## Ηλιακή Σταθερά

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, που αφορά αποκλειστικά την Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μετρούμενη σε απόσταση 1 AU από τον Ήλιο λέγεται ηλιακή σταθερά. Η αποδεκτή τιμή της είναι  $1367 \text{ W/m}^2$  (1970) και συμβολίζεται με την συντεταγμένη μορφή AM0 (Air Mass 0). Μετρήσεις από δορυφόρους έχουν δώσει ελαφρώς διαφορετικές τιμές, στην περιοχή  $1363 - 1371 \text{ W/m}^2$ . Σε κάθε περίπτωση απαιτείται τελική αναγωγή των τιμών αυτών στις συνθήκες ορισμού της ηλιακής σταθεράς, δηλαδή, αναγωγή στη συγκεκριμένη μέση απόσταση Γης - Ήλιου 1 AU .

## Το Φάσμα Της Ηλιακής Ακτινοβολίας

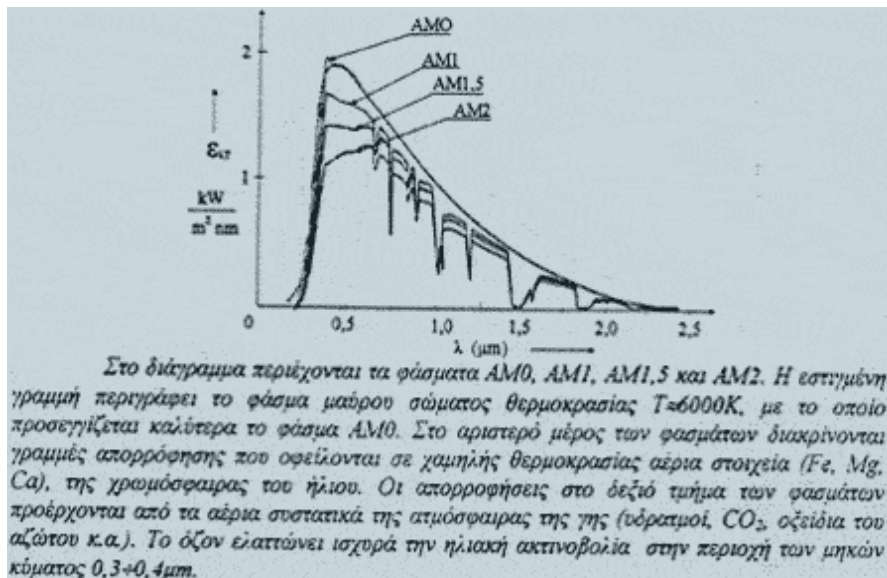
Το φάσμα του ηλιακού φωτός, πριν αυτό εισέλθει στην ατμόσφαιρα της γης και το οποίο χαρακτηρίζεται, ως AM0, εκτείνεται πρακτικά από  $0,1 \mu\text{m}$  (ακτίνες  $\chi$ ) μέχρι  $100 \text{ m}$  (μακρά ραδιοκύματα). Το τμήμα του που αφορά τις πρακτικές εφαρμογές στη γη, περιορίζεται στο διάστημα  $0,3 - 3 \mu\text{m}$ , μέρος δε αυτού αποτελεί η περιοχή του ορατού φάσματος ( $0,4 - 0,75 \mu\text{m}$ ). Το ηλιακό φάσμα έξω από την ατμόσφαιρα της γης προσεγγίζεται με το φάσμα μέλανος σώματος θερμοκρασίας  $T_H \sim 5800 \text{ K}$ , με μέγιστο στο μήκος κύματος  $\lambda_{\text{μεγ}} \sim 480 \text{ nm}$ .

Όταν οι ηλιακές ακτίνες διαγράφουν διαφορετική πορεία μέσα στην ατμόσφαιρα προκύπτει και διαφορετικό φάσμα. Σε αυτήν την περίπτωση η ποσοτική δράση της ατμόσφαιρας είναι διαφορετική. Σαν παράδειγμα παίρνουμε τα φάσματα AM1, AM1,5 και AM2 που αφορούν το ηλιακό φως, όπως αυτό καταμετρείται στην επιφάνεια της γης και αφού το φως διατρέξει μια φορά, μια και μισό (περίπου) και δύο φορές αντίστοιχα, το πάχος της ατμόσφαιρας. Γεωμετρικά, στις τρεις περιπτώσεις αυτές, οι ακτίνες διαπερνούν την ατμόσφαιρα, με γωνίες  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  και  $60^\circ$  ως προς την κατακόρυφη του τύπου.

Γενικά, ο αριθμός που ακολουθεί τα αρκτικόλεξα AM, δηλώνει πόσες φορές χωράει το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας, στο μήκος που διανύει το φως μέσα στην ατμόσφαιρα, τη δεδομένη χρονική στιγμή που αναφέρεται η ένταση της απ' ευθείας ακτινοβολίας. Μ' άλλα λόγια εκφράζει την απόσταση που διανύει η απ' ευθείας συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας, με μονάδα μήκους το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας.

Όταν το ηλιακό φάσμα λαμβάνεται και καταγράφεται σε διάταξη, από την επιφάνεια της γης, εμφανίζει, εκτός από τις απορροφήσεις που οφείλονται στον ίδιο τον ήλιο, αφ' ενός μια γενικότερη ελάττωση της έντασης του σ' όλα τα μήκη κύματος, αφ' ετέρου νέες χαρακτηριστικές περιοχές απορρόφησης, οι οποίες δεν εμφανίζονται σε φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, εκτός ατμόσφαιρας. Άρα, αυτές οι απορροφήσεις οφείλονται στη δράση των μορίων των αερίων συστατικών της ατμόσφαιρας της γης. Αναλυτικότερα, η ελάττωση της έντασης του ηλιακού φωτός, κατά την αρχική κατεύθυνση του, καθώς αυτό διαπερνά την γήινη ατμόσφαιρα, οφείλεται σε δύο αιτίες:

- 1° στη σκέδαση του φωτός, η οποία χαρακτηρίζεται από απουσία γραμμών απορρόφησης
- 2° σε μοριακές διεγέρσεις, με χαρακτηριστικές γραμμές ή ταινίες (περιοχές) απορρόφησης.



## Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Η Ηλιακή ακτινοβολία μεταφέρει στην επιφάνεια της Γης ενέργεια με ρυθμό, περίπου  $1000 \text{ Watt/m}^2$  που μπορεί να μετατραπεί άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια, με βάση το ΦΒ φαινόμενο. Η μετατροπή της Ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται μέσα σε ηλιακές κυψέλες κατασκευασμένες από κρυσταλλικό πυρίτιο. Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός. Προσθέτοντας όμως στο πλέγμα του άτομα άλλων στοιχείων μπορούμε να το μετατρέψουμε σε αγωγό αρνητικών φορτίων (πυρίτιο τύπου n, με προσθήκη ατόμων φωσφόρου) και θετικών φορτίων (πυρίτιο τύπου p, με προσθήκη ατόμων βορίου).

Εναποθέτοντας λεπτά στρώματα των δύο τύπων πυριτίου είναι δυνατή η «ένωση p-n». Η απορρόφηση ενός φωτονίου της ηλιακής ακτινοβολίας από άτομο πυριτίου, προκαλεί την απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου από το άτομο του πυριτίου, στο εσωτερικό των σε επαφή ημιαγωγών. Η έλλειψη ενός ηλεκτρονίου δημιουργεί μια οπή. Όσα ζεύγη δημιουργούνται κοντά και μέσα στο χώρο της επαφής, όπου υπάρχει το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο της περιοχής απογύμνωσης, ωθούνται από το πεδίο στις περιοχές των όμοιων φορέων. Τα ηλεκτρόνια ωθούνται προς την περιοχή τύπου n και οι οπές προς την περιοχή τύπου p.

Η κίνηση αυτών των ελεύθερων φορέων δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα που ονομάζεται φωτόρευμα. Αυτό το φαινόμενο παρατηρήθηκε αρχικά από τον Γάλλο φυσικό Becquerel τον περασμένο αιώνα



## Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία των φωτοβολταϊκών ξεκίνησε το 1839 από τον Γάλλο επιστήμονα Becquerel. Ήταν τότε μόλις 19 ετών. Κάνοντας πειράματα πάνω στις χημικές αντιδράσεις διαφόρων στοιχείων παρατήρησε ότι τα διάφορα μίγματα απέδιδαν μεγαλύτερη ηλεκτρική έξοδο όταν τα εξέθετε στο ηλιακό φως. Το επόμενο βήμα μπροστά έγινε το 1870 όταν ο Γερμανός φυσικός Χερτς μελέτησε το φαινόμενο στα στερεά υλικά και συγκεκριμένα στο Σελήνιο και βρήκε αποδόσεις του υλικού της τάξης του 1 - 2 %.

Το 1937 κατασκευάστηκε φωτοβολταϊκό στοιχείο από θειούχο μόλυβδο (PbS) από τους Fischer & Godden. Το 1939 κατασκευάστηκε φωτοβολταϊκό στοιχείο από Σελήνιο (Se) με απόδοση 1 %. Το 1941 κατασκευάστηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο από πυρίτιο (Si).

Στην δεκαετία 1940 – 1950 ο Τσοχράλσκι ανέπτυξε τη διαδικασία παραγωγής μονοκρυστάλλων πυριτίου υψηλής καθαρότητας που έφτανε σε απόδοση κοντά στο 4 %. Τα επόμενα χρόνια οι εξελίξεις ήταν ραγδαίες και έφεραν την επιστήμη των φωτοβολταϊκών πολύ κοντά στην σημερινή της κατάσταση. Το 1954 οι Fuller, Pearson, Charin ανακοίνωσαν την πρώτη κατασκευή ΦΒ στοιχείου Si με σχηματισμό επαφής p – n , με διάχυση και απόδοση 6 %. Εκείνη την περίοδο τα φωτοβολταϊκά “βγήκαν” ουσιαστικά από τα εργαστήρια και άρχισε σιγά – σιγά να διευρύνεται η χρήση τους. Το 1956 έγιναν εμπορικές κατασκευές κυρίως από κρυσταλλικό πυρίτιο (c – Si ). Αυτές οι κατασκευές είχαν μικρή απόδοση της τάξης του 5 – 10 % και πολύ μεγάλο κόστος, περίπου 1000 \$ το Wp.

Η πρώτη εφαρμογή των φωτοβολταϊκών στοιχείων έγινε στην τέχνη της φωτογραφίας και συγκεκριμένα στην υλοποίηση του φωτόμετρου. Το 1958 χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά φωτοβολταϊκά στοιχεία για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς στον αμερικάνικο διαστημικό δορυφόρο Vanguard. Την ίδια χρονιά εκτοξεύτηκε Ρώσικος δορυφόρος με μοναδική πηγή ενέργειας τα ηλιακά στοιχεία. Σήμερα αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται σε όλους τους δορυφόρους.

Το 1959 κατασκευάστηκε φωτοβολταϊκό στοιχείο από CdS με απόδοση 5%, το 1972 έχουμε την κατασκευή ιώδους ηλιακού στοιχείου Si με απόδοση 14% από τους Lindmayer & Allison και το 1977 την κατασκευή ηλιακού στοιχείου από GaAs με απόδοση 16% από τον Kameth.

Το 1981 γίνεται η πτήση πάνω από την Μάγλη του αεροπλάνου Solar Challenger εξοπλισμένου με 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία Si συνολικής ισχύος 2,7kW και το 1983 έχουμε την έναρξη λειτουργίας φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 1MW στην Βικτροβίλ. Η χρήση φωτοβολταϊκών γεννητριών άνοιξε κατά τη διάρκεια της κρίσης πετρελαίου το 73/74, και αυτό το γεγονός οδήγησε έκτοτε στην παρουσία πολυάριθμων ερευνητικών και αναπτυξιακών έργων.

## Το Ηλεκτρικό Πεδίο Στην Περιοχή Της Επαφής Δύο Σωμάτων

Όταν δύο σώματα έλθουν σε στενή επαφή μεταξύ τους, αναπτύσσεται σ' αυτά μια τάση, η οποία λέγεται τάση επαφής. Οφείλεται στο πέρασμα ηλεκτρονίων απ' το ένα σώμα στο άλλο, εξ αιτίας της τάσης των φορέων να περάσουν σε χώρο όπου η συγκέντρωσή τους είναι μικρότερη (Διάχυση). Επειδή η πυκνότητα τους στην αρχική περιοχή ελαττώνεται, καταστρέφεται η αρχική ηλεκτρική ουδετερότητα στην περιοχή αυτή, στην οποία πια παραμένουν ακάλυπτα ιόντα. Ανάμεσα στα δύο σώματα δημιουργείται μια περιοχή απογυμνωμένη από ηλεκτρικούς φορείς, η περιοχή φορτίου χώρου ή περιοχή απογύμνωσης. Κατά συνέπεια εμφανίζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ και μέσα στα δύο απογυμνωμένα τμήματα, δεξιά κι αριστερά της επαφής.

Η φορά είναι τέτοια που περιορίζει τον παραπέρα διαχωρισμό των φορέων λόγω διάχυσης, δηλαδή αποτελεί ένα ηλεκτρικό φραγμό για τους φορείς που επιχειρούν το πέρασμα στην απέναντι μεριά. Το ύψος του φραγμού αυξάνει όσο περισσότεροι από τους ευκίνητους φορείς φορτίου περνούν στις απέναντι τους περιοχές. Τα αντίρροπα εξελισσόμενα φαινόμενα, η διάχυση και η ανάπτυξη ανασταλτικού ηλεκτρικού φραγμού για κάθε ηλεκτρικό φορέα, οδεύουν σε μια κατάσταση ισορροπίας, στη δεδομένη θερμοκρασία, όπου το ηλεκτρικό πεδίο επαφής που αναπτύχθηκε, διακόπτει πλήρως τις αντίθετες φοράς ροές των ευκίνητων ηλεκτρικών φορέων, λόγω διάχυσης. Το εύρος της περιοχής απογύμνωσης και η ηλεκτρική τάση επαφής είναι χαρακτηριστικά για το ζεύγος των σε επαφή σωμάτων.

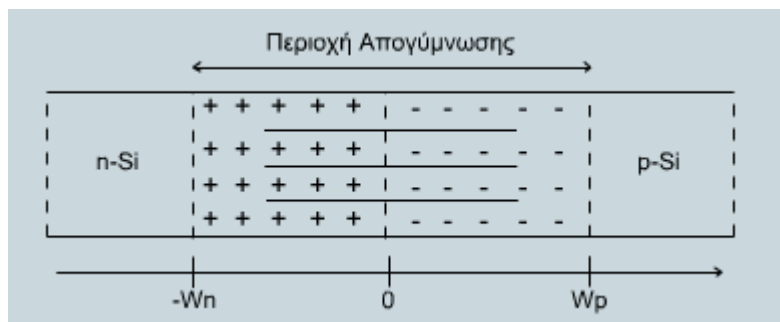
### Επαφή p-n Ημιαγωγών

Όταν δημιουργηθεί επαφή μεταξύ δύο ημιαγωγών, τύπου n και p αντίστοιχα, του ίδιου κυρίως υλικού π.χ. Si, τότε, ηλεκτρόνια από το n-Si μεταβαίνουν, με διάχυση στον ημιαγωγό p-Si. Αυτό σημαίνει ότι, στο τμήμα n-Si κι εκεί απ' όπου έφυγαν τα ηλεκτρόνια, παραμένουν θετικά φορτισμένα ιόντα.

Ομοίως, σπές του χώρου p, περνούν, με διάχυση, στην άλλη μεριά αφήνοντας ακάλυπτα τα αντίστοιχα αρνητικά ιόντα του χώρου τους. Έτσι δημιουργείται η περιοχή φορτίων χώρου (space charge region) ή περιοχή απογύμνωσης (depletion region ή depletion layer), δηλαδή, περιοχή απογυμνωμένη από ελεύθερα ηλεκτρόνια και σπές.

Το συνολικό μήκος απογύμνωσης W, που περιλαμβάνει τμήμα μέσα στην περιοχή p και αντίστοιχο στην περιοχή n, έχει έκταση από κλάσμα του μm, μέχρι αρκετές δεκάδες μm (π.χ. 0,1 - 10 μm, για το Si), εξαρτώμενη, από το υλικό, τις πυκνότητες των προσμείξεων και την εφαρμοζόμενη τάση.

Παρακάτω βλέπουμε παραστατικά την επαφή ημιαγωγών τύπων p και n. Διακρίνεται η περιοχή απογύμνωσης ή περιοχή φορτίου χώρου. Τα θετικά ή αρνητικά ιόντα δημιουργούν το ισχυρό πεδίο της επαφής.



## Διάκριση Των Υλικών Ανάλογα Με Την Αγωγιμότητα Τους

Σε μια συγκεκριμένη κατάσταση του στερεού, οι ενεργειακές ζώνες μπορεί να είναι: α) πλήρως κατειλημμένες από ηλεκτρόνια, β) μερικά κατειλημμένες και γ) άδειες.

Σύμφωνα με την θεωρία των ζωνών, μέταλλο χαρακτηρίζεται ένα στερεό που διαθέτει μερικά συμπληρωμένες ενεργειακές ζώνες. Μονωτής είναι ένα στερεό το οποίο διαθέτει πλήρως γεμάτες και πλήρως άδειες ζώνες. Ημιαγωγός είναι ένα στερεό το οποίο, κοντά στο απόλυτο μηδέν, διαθέτει γεμάτες ζώνες, εκ των οποίων η υψηλότερη εποικισμένη απ' αυτές, βρίσκεται σε μικρή ενεργειακά απόσταση από την επόμενη άδεια ζώνη. Στον ημιαγωγό, το ενεργειακό χάσμα μεταξύ της ανώτατης συμπληρωμένης ζώνης και της επόμενης άδειας, είναι αισθητά μικρότερο σε σύγκριση με το αντίστοιχο των άλλων κατηγοριών υλικών. Έτσι, καθώς η θερμοκρασία του ημιαγωγού αυξάνεται, ολοένα και περισσότερα ηλεκτρόνια από την γεμάτη ζώνη, διεγείρονται στην επόμενη άδεια, που έχουν τώρα την δυνατότητα συμμετοχής σε ηλεκτρικό ρεύμα, με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου. Δηλαδή, ο ημιαγωγός, ο οποίος στην θερμοκρασία 0 °K συμπεριφέρεται ως μονωτής, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μετατρέπεται σε ένα "κακό αγωγό" αλλά με πολύ ιδιότητες.

Στα επόμενα, θα περιοριστούμε μόνο σε ότι αφορά τους ημιαγωγούς.

Απ' όλες τις ζώνες που αντιστοιχούν σ' ένα στερεό, σχεδιάζουμε συνήθως μόνο δύο. Μία στην οποία εντάσσονται τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων των ατόμων του στερεού, δηλαδή τα ηλεκτρόνια σθένους, την οποία ονομάζουμε ζώνη σθένους (ΖΣ, Valence Band) και την επόμενη, στην οποία, εντάσσονται εκείνα τα ηλεκτρόνια σθένους, τα οποία, στην δεδομένη θερμοκρασία του υλικού, μπορούν να συμμετάσχουν, ως «ελεύθερα», στην αγωγιμότητα του υλικού. Την ζώνη αυτή την ονομάζουμε ζώνη αγωγιμότητας (ΖΑ, Conduction Band. Το χαμηλότερο ενεργειακό επίπεδο της ζώνης αγωγιμότητας (πυθμένας) συμβολίζεται με  $E_c$ . Αντίστοιχα το υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο της ζώνης σθένους (κορυφή ή οροφή), συμβολίζεται με  $E_v$ . Για κρυσταλλικούς ημιαγωγούς, το ενεργειακό χάσμα  $E_g = E_c - E_v$ , παίρνει τιμές γύρω από το 1eV. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, 300 K, οι τιμές του ενεργειακού χάσματος για διάφορα κρυσταλλικά υλικά είναι: Ge: 0,66 eV, Si: 1,12eV, GaAs: 1,42eV.

## Ημιαγωγοί Πρόσμειξης

Μεταξύ των ημιαγωγών, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι λεγόμενοι ημιαγωγοί πρόσμειξης (Extrinsic semiconductors) που μέσα στο κρυσταλλικό τους πλέγμα περιέχουν διασπαρμένα άτομα από επιλεγμένο διαφορετικό υλικό. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων ημιαγωγών: τύπου n και τύπου p.

Ο ημιαγωγός τύπου n, προκύπτει από τον αντίστοιχο ενδογενή ημιαγωγό αν αντικατασταθούν μερικά από τα άτομα του, με άτομα άλλου υλικού, με μεγαλύτερο σθένος. Παραδείγματος χάριν, αν μερικά άτομα του κρυσταλλικού πυριτίου Si, τα οποία χαρακτηρίζονται από σθένος 4, αντικατασταθούν, με άτομα Αρσενικού, με σθένος 5 δημιουργείται ο ημιαγωγός τύπου n του πυριτίου. Η αντικατάσταση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να μένει ένα ηλεκτρόνιο, ανά άτομο πρόσμειξης, που δεν συμμετέχει σε δεσμό και το οποίο στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, εύκολα, με ενέργεια της τάξης των 50 meV περίπου, εγκαταλείπει το άτομο του As και γίνεται ελεύθερο. Έτσι ο ημιαγωγός τύπου n, περιέχει περισσότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια σε σχέση με τον ενδογενή. Τα άτομα της 5σθενούς πρόσμειξης ονομάζονται δότες.

Οι ηλεκτρονικές στάθμες των δοτών βρίσκονται λίγο κάτω από την ζώνη αγωγιμότητας, κατά το ποσό της ενέργειας που αναφέρθηκε πριν (~50 meV), με μικρές διακριτές γραμμές, για να τονίσουμε ότι πρόκειται για μεμονωμένα άτομα

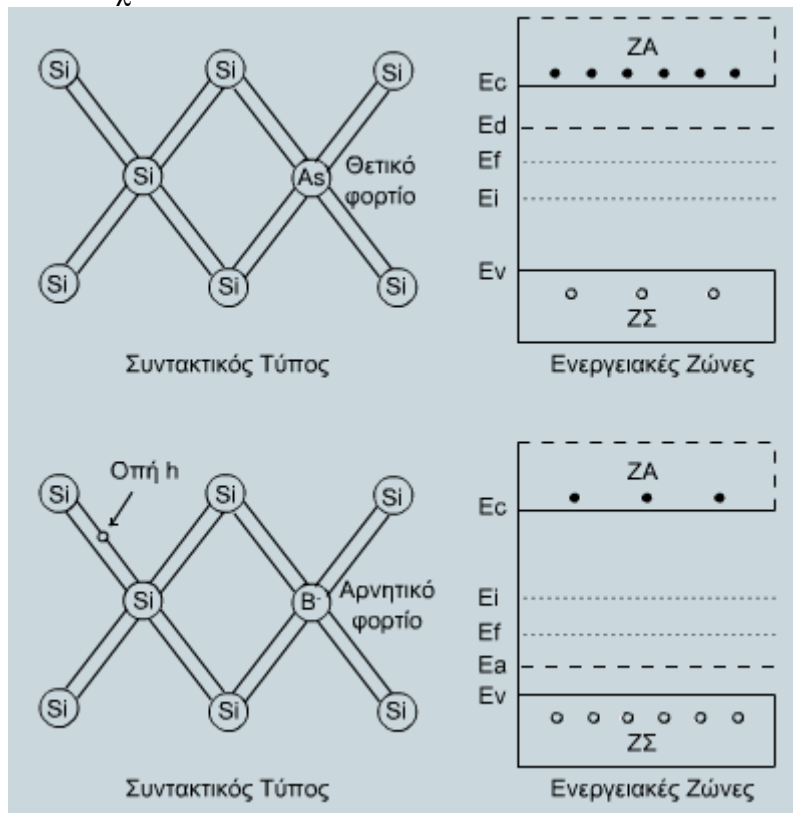
μέσα στο σύνολο των ατόμων του κυρίως υλικού.

Αντίστοιχα ο ημιαγωγός τύπου p, δημιουργείται αν μερικά από τα άτομα του κύριου υλικού αντικατασταθούν με άτομα μικρότερου σθένους (π.χ Βορίου B, Αλουμινίου Al, Γαλλίου Ga ή Ινδίου In). Π.χ. με αντικατάσταση ενός ατόμου πυριτίου Si, με ένα άτομο βορίου B, το οποίο έχει σθένος 3, δημιουργείται υλικό, στο οποίο υπάρχουν άτομα που μπορούν να δεχθούν ένα ηλεκτρόνιο, προκειμένου να συμπληρωθεί ο ελεύθερος δεσμός. Λέμε ότι δημιουργείται μια οπή.

Από τα γειτονικά άτομα Si, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αποσπάται κάποιο απ' τα ηλεκτρόνια σθένους και απορροφώντας ενέργεια  $\sim 50$  meV, μεταβαίνει για κάλυψη του δεσμού στο Βόριο. Στη συνέχεια, η κάλυψη του δημιουργούμενου κενού δεσμού του ατόμου Si, γίνεται με μετάβαση ενός ηλεκτρονίου «σθένους», από άτομο Si, σε άτομο Si. Άρα η εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου, θέτει μερικά από τα ηλεκτρόνια σθένους σε κίνηση, η οποία, ισοδυναμεί με κίνηση της οπής προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι, είναι πιο βολικό, αντί να αναφερόμαστε στην κίνηση των ηλεκτρονίων σθένους, από άτομο σε άτομο, να χρησιμοποιούμε την ισοδύναμη και πολύ πιο πρακτική εικόνα της οπής.

Τα άτομα των προσμείξεων αυτών ονομάζονται αποδέκτες (Acceptors). Οι ηλεκτρονικές στάθμες των αποδεκτών βρίσκονται αμέσως πάνω από την ζώνη σθένους. Σύμφωνα λοιπόν με τα προηγούμενα, οι ηλεκτρικοί φορείς ενός ημιαγωγού, που μπορούν να συμβάλλουν σε ρεύμα είναι: τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ζώνης αγωγιμότητας και οι οπές της ζώνης σθένους.

Παρακάτω θα δούμε δύο απεικονίσεις του πυριτίου τυπου - n και τύπου - p αντίστοιχα.



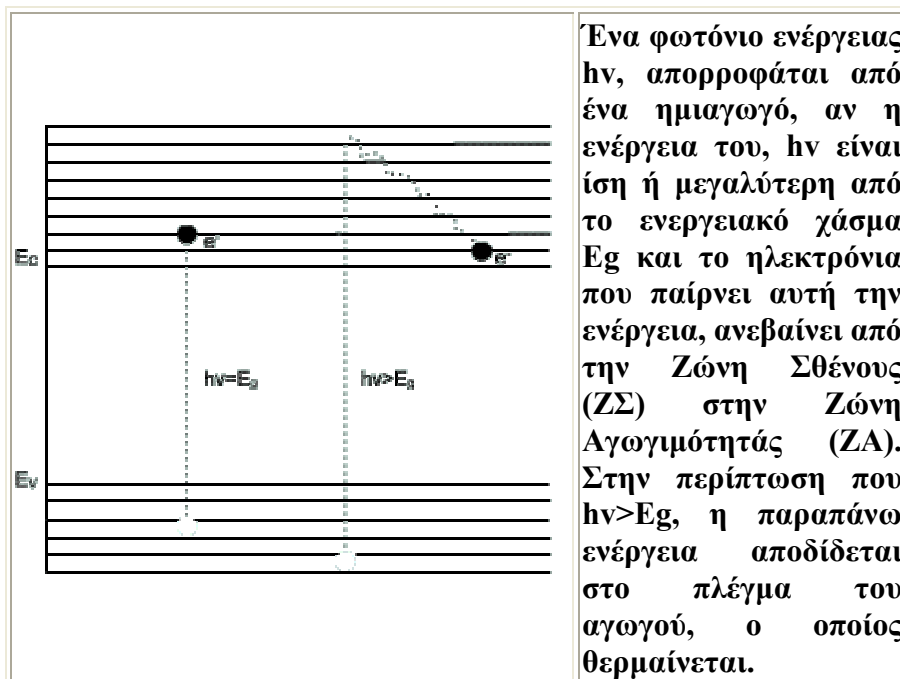
## Δράση Της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας Στην Επαφή p-n

Σε αυτό το σημείο θα εξετάσουμε το εξαιρετικά σημαντικό φαινόμενο της απορρόφησης του φωτός μέσα στο χώρο της ημιαγωγικής επαφής. Το φωτόνιο, έννοια που εισήχθη από τον Einstein, είναι το ελάχιστο ποσό (quantum) μεταβολής των ενεργειών των ηλεκτρικών διπολικών ταλαντωτών της ύλης, σε κάθε συχνότητα  $\nu$  και ταυτόχρονα το ελάχιστο ποσό ενέργειας ηλεκτρομαγνητικού κύματος συχνότητας  $\nu$ . Η ενέργεια ενός φωτονίου είναι ίση με  $E = h \cdot \nu$ , όπου  $h$  η σταθερή του Planck και  $\nu$  η συχνότητα του κύματος, που περιγράφει το φωτόνιο. Το φως γενικά, συνίσταται από κύματα διαφόρων συχνοτήτων, κάθ' ένα απ' τα οποία αποτελείται από μεγάλο πλήθος φωτονίων αντίστοιχης συχνότητας, π.χ. το ηλιακό φως.

Γενικά, η απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα σ' ένα υλικό οφείλεται στην παρουσία των ηλεκτρικών διπολικών ροπών των δομικών λίθων του υλικού, που σχετίζονται με ταλαντώσεις των ατόμων μέσα στα μόρια, με περιστροφές των μορίων, με διεγέρσεις ηλεκτρονίων στα άτομα και με ελαστική απορρόφηση και σφαιρική επανεκπομπή (χωρίς διέγερση του ηλεκτρονίου).

Στην περίπτωση των ημιαγωγών, η περισσότερο σημαντική απορρόφηση του φωτός, μπορεί να γίνει από τα ηλεκτρόνια σθένους του υλικού. Αν η επιπλέον ενέργεια,  $h\nu$ , δεν καλύπτει το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού ( $h\nu < E_g$ ) το φωτόνιο δεν απορροφάται και κατά συνέπεια διαπερνά την μάζα του υλικού. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν  $h\nu > E_g$ , το ηλεκτρόνιο «ανεβαίνει» ενεργειακά στην ζώνη αγωγιμότητας.

Ειδικότερα, αν η ενέργεια του φωτονίου ισούται ακριβώς με το ενεργειακό χάσμα, η απορρόφηση δημιουργεί απλώς ζεύγος ελεύθερου ηλεκτρονίου - οπής. Στην περίπτωση φωτονίων με ενέργεια μεγαλύτερη από την  $E_g$ , η γένεση του ζεύγους ηλεκτρονίου-οπής, συνοδεύεται από θέρμανση του υλικού. Το επί πλέον του  $E_g$ , ποσό ενέργειας,  $h\nu - E_g$ , αποδίδεται από τα αντίστοιχα ηλεκτρόνια της ζώνης αγωγιμότητας στο πλέγμα του κρυστάλλου, συμβάλλοντας στην αύξηση της θερμοκρασίας του.



Το χαρακτηριστικό μήκος κύματος, από το οποίο και κάτω αρχίζει η απορρόφηση προσδιορίζει προφανώς το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού. Χρησιμοποιώντας την σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών,  $E$  και  $\lambda$ , με δεδομένο το κρίσιμο  $\lambda$  στο οποίο ο

ημιαγωγός γίνεται διαπερατός, προσδιορίζουμε την ενέργεια χάσματος. Παραδείγματος χάριν, από το μηδενισμό του  $\alpha_L$  στο  $\lambda = 1,1 \mu\text{m}$ , του πυριτίου Si, προκύπτει ότι το ενεργειακό του χάσμα είναι  $E_g = 1,13 \text{ eV}$ . Για τις ακτινοβολίες με μήκη κύματος μεγαλύτερα των σχετιζομένων με το ενεργειακό χάσμα ( $hc/E_g$ ), το υλικό παρουσιάζεται πλήρως διαφανές.

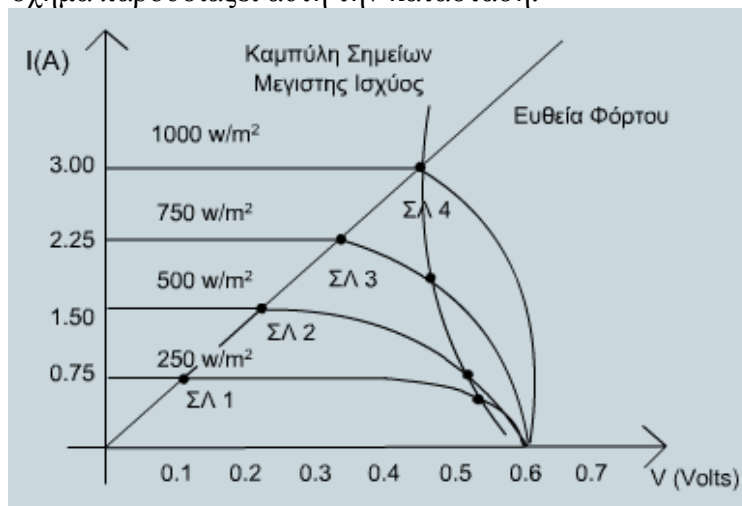
### Η Καμπύλη I - V Ενός Φωτοβολταϊκού Στοιχείου

Για τον έλεγχο της αποδοτικής λειτουργίας ενός ΦΒ στοιχείου αλλά και για τον σχεδιασμό των ηλεκτρονικών που συνδυάζονται μ' αυτό, προσδιορίζουμε τα σημεία μέγιστης ισχύος, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας του στοιχείου. Επιδιώκουμε το σημείο λειτουργίας του σε κάθε διαφορετική κατάσταση που θα προκύψει π.χ. από αλλαγή της πυκνότητας ισχύος ακτινοβολίας,  $E$ , να αποτελεί και το σημείο μέγιστης ισχύος,  $P_m$  για τη δεδομένη κατάσταση (Σχήμα, για την καμπύλη I-V, με  $E = 1 \text{ kW/m}^2$ ).

Στις υπόλοιπες καμπύλες I-V, τα δύο σημεία δεν συμπίπτουν. Για να συμβεί κάτι τέτοιο, πρέπει ο φόρτος να αλλάζει, έτσι ώστε η νέα ευθεία φόρτου (θεωρούμε ωμικό φόρτο), να περνά από το αντίστοιχο σημείο μέγιστης ισχύος της νέας καμπύλης I-V. Αν τη θέση του φόρτου πάρει ο ηλεκτρικός συσσωρευτής, συμβαίνουν αντίστοιχα φαινόμενα απόκλισης από την κατάσταση μέγιστης ισχύος. Γίνεται λοιπόν φανερή η ανάγκη να προσαρμόζεται το σημείο λειτουργίας του συστήματος με το σημείο μέγιστης ισχύος από το ΦΒ στοιχείο. Την διαδικασία αυτή, δηλαδή την μετακίνηση του σημείου λειτουργίας καθώς αλλάζουν οι συνθήκες καθορισμού της I-V, επιτυγχάνουμε με ειδική ηλεκτρονική διάταξη παρακολούθησης του ΣΜΙ.

Το σημείο αυτό μπορεί να προσδιοριστεί πειραματικά, αν παραστήσουμε γραφικά την παρεχόμενη από το ΦΒ στοιχείο, ηλεκτρική ισχύ,  $P = I \cdot V$ , υπό δεδομένη πυκνότητα ισχύος,  $E$ , πάνω σε μία μεταβλητή ηλεκτρική αντίσταση, σαν συνάρτηση της τάσης  $V$ , στα άκρα της αντίστασης. Το μέγιστο αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύος αντιστοιχεί στο "γόνατο" της I-V. Οι τιμές ρεύματος - τάσης, στο σημείο μέγιστης ισχύος, συμβολίζονται με  $I_m$  και  $V_m$ . Η μέγιστη δυνατή ισχύς, που μπορεί να δώσει το ΦΒ στοιχείο, υπό δεδομένη προσπίπτουσα πυκνότητα ακτινοβολίας,  $E$ , ισούται με:  $P_m = I_m \cdot V_m$ .

Όταν αλλάζει ο φωτισμός ενός ΦΒ στοιχείου το οποίο τροφοδοτεί μια ηλεκτρική αντίσταση, το σημείο λειτουργίας μετατοπίζεται. Στην αντίσταση τότε αποδίδεται μικρότερη από την μέγιστη ισχύ, σε κάθε περίπτωση. ΣΛ1, ΣΛ2, ΣΛ3 και ΣΛ4: τέσσερα σημεία λειτουργίας, αντίστοιχα των τεσσάρων φωτισμών. Το ΣΛ4 συμπίπτει με το ΣΜΙ της I-V, που αντιστοιχεί σε πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας  $E = 1 \text{ kW/m}^2$ . Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει αυτή την κατάσταση.



## Η Έννοια Της Ισχύος Αιχμής

Για τον χαρακτηρισμό της ικανότητας ενός ΦΒ στοιχείου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, προσδιορίζεται η αποδιδόμενη από το ΦΒ στοιχείο ηλεκτρική ισχύς, σε εντελώς καθορισμένες και εργαστηριακά επαναλήψιμες, συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας. Για το σκοπό αυτό, εισάγεται η έννοια της ισχύος αιχμής,  $P_p$ , η δε μονάδα της στο SI, γράφεται εμφατικά  $W_p$  (peak Watt, Watt αιχμής).

Ας θεωρήσουμε ένα ΦΒ στοιχείο το οποίο χαρακτηρίζεται από ισχύ αιχμής  $1W_p$ . Αυτό σημαίνει ότι, όταν στην επιφάνεια του προσπίπτει κάθετα ΗΜ ακτινοβολία, πυκνότητας ισχύος  $E = 1kW/m^2$  και φάσματος AM 1,5 και η θερμοκρασία του στοιχείου είναι  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , τότε η παραγόμενη απ' αυτό ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται με ισχύ  $1\text{ W}$ .

Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται και στην περίπτωση της ΦΒ γεννήτριας, η οποία αποτελεί την εμπορική μορφή της μονάδας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Οι υπολογισμοί που θα οδηγήσουν στον προσδιορισμό του αναγκαίου πλήθους ΦΒ πλαισίων ενός ΦΒ συστήματος, βασίζονται στην έννοια της ισχύος αιχμής.

## Τρόποι Σύνδεσης Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

Τα ΦΒ στοιχεία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και παράλληλα, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό, κατά τρόπο ανάλογο της σύνδεσης των ηλεκτρικών πηγών. Η σύνδεση σε σειρά  $N$ , καθ' όλα όμοιων ΦΒ στοιχείων, οδηγεί σε σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{t_{oc}}=NV_{oc}$ ). Το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός ( $I_{t_{sc}}=I_{sc}$ ). Η παράλληλη σύνδεση  $N$  όμοιων ΦΒ στοιχείων, δίδει ένα σύνολο με την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{t_{oc}}=V_{oc}$ ), ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ισούται με  $N$  φορές το ρεύμα βραχυκύκλωσης εκάστου ( $I_{t_{sc}}=NI_{sc}$ ).



## Οι Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές

Η παραγόμενη από το σύστημα των ΦΒ γεννητριών, ηλεκτρική ενέργεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απ' ευθείας είτε σε χρόνο μεταγενέστερο της παραγωγής της, π.χ. κατά την διάρκεια της νύκτας. Άρα, παρουσιάζεται η ανάγκη μιας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Μέχρι στιγμής, η καλύτερη λύση, από πλευράς κόστους πυκνότητας αποταμιευμένης ενέργειας ανά κιλό και όγκο της διάταξης, είναι οι διάφοροι τύποι ηλεκτρικών συσσωρευτών, μεταξύ δε αυτών, οι συσσωρευτές θείου-μολύβδου και οι συσσωρευτές NiCd κ.α.



Προς την κατεύθυνση αυτή, εξελίσσονται σχετικά ερευνητικά προγράμματα, κυρίως στον τομέα της βιομηχανίας ηλεκτρικών οχημάτων, για βελτίωση των διατάξεων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές, που ονομάζονται και ηλεκτρικά στοιχεία δεύτερης τάξεως, υπάρχουν και εκείνα τα οποία προσφέρουν την δυναμική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο εσωτερικό τους, κατά το χρόνο εξέλιξης των χημικών αντιδράσεων, μεταξύ των χημικών ενώσεων ή στοιχείων που τέθηκαν σε επαφή. Διακρίνονται από τους συσσωρευτές από το ότι δεν έχουν την δυνατότητα επαναφόρτισης τους (Αποτελούν τα ηλεκτρικά στοιχεία πρώτης κλάσεως) και ως εκ τούτου δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για ΦΒ εφαρμογές.

## Χαρακτηριστικά Στοιχεία Ενός Ηλεκτρικού Συσσωρευτή

Τα στοιχεία που προσδιορίζουν τις δυνατότητες ενός ηλεκτρικού συσσωρευτή είναι, η ονομαστική τάση στους πόλους του, που εκφράζεται με την έννοια της Ηλεκτρ.Εγερτικής Δύναμης (ΗΕΔ) και η ονομαστική χωρητικότητα του. Η ΗΕΔ μετρείται σε Volt και ισούται με την πολική τάση του συσσωρευτή, όταν δεν είναι συνδεδεμένος σε καταναλωτή. Η χωρητικότητα, Q, ενός συσσωρευτή αφορά το ηλεκτρικό φορτίο, που είναι αποθηκευμένο στο εσωτερικό του, με τη μορφή χημικής ενέργειας και εκφράζεται σε Ah (Αμπερώριο -α). Κατά το στάδιο της φόρτισης του συσσωρευτή, το ηλεκτρικό πεδίο, που επέβαλε στο εσωτερικό του μια άλλη ηλεκτρική πηγή, συνδεδεμένη στα άκρα του, διατηρούσε σε κίνηση τα ευκίνητα ιόντα του ηλεκτρολύτη, προς τους αντίθετα πολωμένους πόλους του συσσωρευτή (+ και -) ανάλογα με το φορτίο τους. Εκεί, τα ιόντα εκφορτίζονται και κατά τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα μεταλλικά ηλεκτρόδια, αυτά αλλοιώνονται επιφανειακά, μετατρέπονται σε νέα, διαφορετικά μεταξύ τους σώματα. Τα αλλοιωμένα ηλεκτρόδια εμφανίζουν διαφορετικά χημικά δυναμικά ως προς το διάλυμα, η δε διαφορά μεταξύ τους αποτελεί την ΗΕΔ του συσσωρευτή.

Οι τιμές ΗΕΔ των διαφόρων τύπων συσσωρευτών (Pb-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NiCd, Ni-Fe, Ni-Zn, Sodium-Sulphur, Zinc-Bromide, Zinc-Chloride, Lithium-Metal Sulphide, Nickel-Hydrogen) κυμαίνονται μεταξύ 1V και ~4V ανά στοιχείο. Για να προκύψει μια διάταξη συσσώρευσης σε υψηλότερη ΗΕΔ, όμοια ηλεκτρικά στοιχεία συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους. Η ονομαστική τάση ενός στοιχείου συσσωρευτή μολύβδου είναι 2,25V. Έτσι, οι τυπικές (ονομαστικές) τάσεις με τις οποίες κυκλοφορούν, με την τυπική εμπορική τους μορφή, οι συσσωρευτές μολύβδου, είναι 6V, 12V και 24V.



Το στοιχείο NiCd χαρακτηρίζεται από ονομαστική τάση 1,3V και η συνήθης μορφή με την οποία κυκλοφορεί στο εμπόριο χαρακτηρίζεται από τάση της τάξης των 14,5V. Οι συσσωρευτές NiCd χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα τους να δέχονται βαθιές εκφορτίσεις, χωρίς ουσιαστικό πρόβλημα, σε αντίθεση με τους συσσωρευτές Pb-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Παρουσιάζουν όμως το πρόβλημα της «μνήμης» κατά την φόρτιση, αν αυτή διακοπεί, πριν ολοκληρωθεί η διεργασία. Το πρόβλημα συνίσταται στην αδυναμία του συσσωρευτή NiCd σε επόμενες προσπάθειες συνέχισης της φόρτισης, να αποκτήσει την αρχική του χωρητικότητα και πολική τάση. Αίρεται, αν υποβάλουμε τον συσσωρευτή σε πλήρη εκφόρτιση, μέσω κατάλληλης αντίστασης και στη συνέχεια τον φορτίσουμε πλήρως, χωρίς ενδιάμεση διακοπή.

### Χρόνος Ζωής Συσσωρευτή

Οι συσσωρευτές δεν πρέπει να υφίστανται παρατεταμένη φόρτιση σε πολλή υψηλή τάση γι' αυτούς (overcharging), ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο (overdischarging). Ο κανόνας αυτός είναι πολύ σημαντικός και καθορίζει το χρόνο ζωής τους. Η υπερφόρτωση έχει ως αποτέλεσμα την ηλεκτρόλυση και συνακόλουθα, την παραγωγή υδρογόνου, με ταυτόχρονη έντονη ελάττωση της στάθμης του ηλεκτρολυτικού διαλύματος (απώλεια νερού). Ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών εκφράζεται σε κύκλους λειτουργίας.

*Το γινόμενο βάθους εκφόρτισης επί τους κύκλους λειτουργίας είναι, με καλή προσέγγιση, σταθερό*

### Ρεύμα Φόρτισης Συσσωρευτή

Πολύ σημαντική παράμετρος για την διατήρηση του συσσωρευτή σε καλή κατάσταση είναι, η ήπια φόρτιση του. Όσο μακρύτερη είναι η περίοδος φόρτισης μέχρι την οροφή, τόσο υψηλότερη η τελική στάθμη χωρητικότητας. Ο κανόνας που προτείνεται, για μια σωστή μεταχείριση των συσσωρευτών κατά την φόρτιση είναι:

*Το ρεύμα φόρτισης να μη ξεπερνά το 1/10 της τιμής της ονομαστικής χωρητικότητας του συσσωρευτή, εκφρασμένης σε Ampere.*

### Αυτοεκφόρτιση Συσσωρευτή

Ένας φορτισμένος συσσωρευτής εκφορτίζεται ακόμη και αν δεν είναι συνδεδεμένος σε καμιά κατανάλωση (αυτόεκφόρτιση). Οφείλεται στη συνεχή δράση του H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> στα ηλεκτρόδια, κατά την οποία ο Pb και ο PbO<sub>2</sub>, μετατρέπονται σε PbSO<sub>4</sub>, εκλυόμενων των αερίων H<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Αποτέλεσμα της μείωσης των ποσοτήτων Η αυτόεκφόρτιση αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του συσσωρευτή. Τυπικοί ρυθμοί αυτοεκφόρτισης ενός συσσωρευτή, είναι :

σε θερμοκρασία 5 °C, το ηλεκτρικό φορτίο, ελαττώνεται κατά 2 % ανά μήνα  
σε θερμοκρασία 15 °C, το ηλεκτρικό φορτίο ελαττώνεται κατά 4 % ανά μήνα.  
σε θερμοκρασία 25 °C, το ηλεκτρικό φορτίο ελαττώνεται κατά 10 % ανά μήνα.

### **Ενέργεια Που Αποδίδει Ένας Συσσωρευτής Κατά Την Λειτουργία Του Με Ορισμένο Βάθος Εκφόρτισης**

Αν η τάση εκφόρτισης ενός συσσωρευτή, χωρητικότητας  $Q$ , είναι  $U_B$ , το βάθος εκφόρτισης  $\beta$ , και η ενεργειακή κατανάλωση στο φορτίο του καταναλωτή, με  $E_{κατ}$ , τότε η διατήρηση της ενέργειας επιβάλλει την ισότητα:  $E_{κατ} = \alpha \cdot \beta \cdot Q \cdot U_B$  όπου  $\alpha$  οι απώλειες κατά τη ροή του ρεύματος στο κύκλωμα (εκτός του καταναλωτή).

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

### Ορισμοί

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (Programmable Logical Controller) είναι ένας υπολογιστής που έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί σε μηχανήματα. Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τον προσωπικό υπολογιστή, έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε βιομηχανικό περιβάλλον και είναι εφοδιασμένος με ειδικές εισόδους/εξόδους και με γλώσσα προγραμματισμού ελέγχων. Οι κατασκευαστές ονομάζουν τις μονάδες τους PLC, που είναι η σύντμηση του **προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή** (programmable logic counter).

Αρχικά το PLC χρησιμοποιήθηκε για αντικατάσταση της λογικής των ηλεκτρονόμων, αλλά η διαρκώς αυξανόμενη περιοχή λειτουργιών του σημαίνει ότι την βρίσκουμε σε πολλές και περισσότερο πολύπλοκες εφαρμογές. Το PLC, επειδή η δομή του βασίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τις αρχές που χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών, έχει την ικανότητα να εκτελεί όχι μόνο εργασίας μεταγωγής ηλεκτρονόμων, αλλά και άλλες εφαρμογές όπως η καταμέτρηση, οι υπολογισμοί, οι συγκρίσεις και η επεξεργασία αναλογικών σημάτων.

Οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τον συμβατικό τρόπο ελέγχου με ηλεκτρονόμους. Οι ηλεκτρονόμοι πρέπει να είναι καλωδιωμένοι για να εκτελέσουν μια συγκεκριμένη λειτουργία.



Αυτό σημαίνει ότι όταν οι απαιτήσεις του συστήματος μεταβάλλονται, πρέπει να αλλάξουν ή να τροποποιηθούν οι καλωδιώσεις του ηλεκτρονόμου, πράγμα που χρειάζεται χρόνο. Υπήρχαν και οι ακραίες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα στην βιομηχανία κατασκευής αυτοκινήτων όπου έπρεπε να γίνει αντικατάσταση ολόκληρων πινάκων ελέγχου, επειδή δεν ήταν οικονομική η επανακαλωδίωση των παλιών πινάκων με κάθε αλλαγή μοντέλου αυτοκινήτου.

Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής έχει εξαφανίσει τις περισσότερες από τις καλωδιώσεις που γίνονταν με το χέρι και είχαν σχέση με τα συμβατικά κυκλώματα ελέγχου ηλεκτρονόμων. Είναι μικρός σε μέγεθος και φτηνός σε σύγκριση με ισοδύναμα συστήματα ελέγχου διεργασιών που βασίζονται σε ηλεκτρονόμους. Οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές προσφέρουν ακόμα ηλεκτρονική αξιοπιστία, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και ευκολία στην επέκτασή τους.

Ένας προσωπικός υπολογιστής μπορεί να γίνει προγραμματιζόμενος ελεγκτής αν βρούμε κάποιο τρόπο να δέχεται πληροφορίες από συσκευές όπως είναι τα πλήκτρα ή οι διακόπτες. Χρειαζόμαστε ακόμη ένα πρόγραμμα που θα επεξεργάζεται τις εισόδους και θα αποφασίζει τους τρόπους λειτουργίας και διακοπής λειτουργίας των συσκευών φορτίου.

Η τεχνική του λογικού ελέγχου βασιζόταν μέχρι πρόσφατα κυρίως στα συστήματα ενσύρματης λογικής. Η λειτουργία δηλαδή του αυτοματισμού γινόταν με την συρμάτωση ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία (π.χ. επαφές, ρελέ, χρονικά, πύλες κ.λ.π.). Επομένως για να κατασκευαστεί ένας πίνακας αυτοματισμού έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί η μελέτη. Επιπλέον κάθε τροποποίηση στην συνέχεια συνεπάγεται αλλαγή στην συρμάτωση (δηλ. τροποποίηση του πίνακα), με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλά προβλήματα, όπως αν φθάνουν ή όχι οι επαφές, αν υπάρχει χώρος για προσθήκη νέου υλικού κ.λ.π.

Για να ξεπεράσουμε όλα αυτά τα προβλήματα, που να σημειώσουμε ότι εντεινόταν συνεχώς αφού οι απαιτούμενοι αυτοματισμοί ήταν όλο και πιο σύνθετοι, προχωρήσαμε σε αυτοματισμούς με εντελώς διαφορετική λογική. Περνώντας πρώτα από αυτοματισμούς με ηλεκτρονικά κυκλώματα με χρήση τρανζίστορς, διόδων, πυλών, κ.λ.π (που έλυσαν βέβαια κάποια προβλήματα), και με δεδομένη την συνεχώς αυξανόμενη χρήση των Η/Υ (άρα και την ελάττωση του κόστους τους που αρχικά ήταν εξαιρετικά υψηλό), φθάσαμε στους αυτοματισμούς με βάση την προγραμματιζόμενη λογική.

Οι αυτοματισμοί αυτοί υλοποιούνταν με την χρήση κυρίως μικροεπεξεργαστή, μνημών ROM - RAM και I/O CHIPS. Το κύριο πρόβλημα που δημιουργήθηκε ήταν ότι τόσο η κατασκευή του κυκλώματος, όσο και ο προγραμματισμός του μικροεπεξεργαστή απαιτεί πολύ υψηλή τεχνογνωσία. Επιπλέον οι κάρτες των μικροεπεξεργαστών παρουσιάζουν προβλήματα όταν δουλεύουν σε περιβάλλον με μεγάλο βιομηχανικό θόρυβο, υγρασία, κ.λ.π.

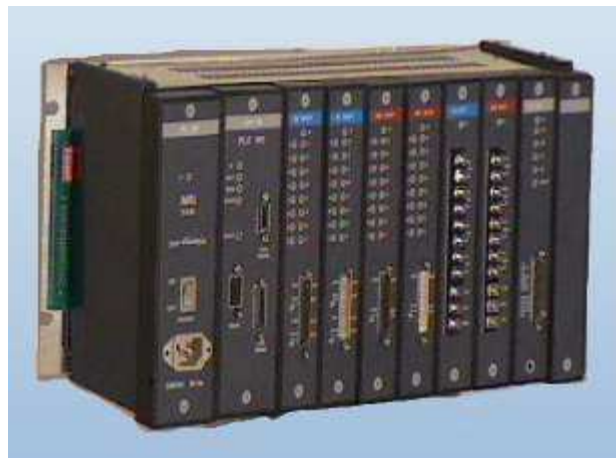
Η λύση τελικά που γεφύρωσε το χάσμα ανάμεσα στα δύο συστήματα υλοποίησης αυτοματισμών ήταν ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής - PLC. Πρόκειται για μια συσκευή, που δέχεται εισόδους και οδηγεί εξόδους με βάση ένα πρόγραμμα που γράφεται σε μια ιδιαίτερα απλή γλώσσα και αποθηκεύεται στην συσκευή.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτού του τύπου αυτοματισμού είναι συνοπτικά τα εξής:

- Στο στάδιο της μελέτης δεν υπάρχει το πρόβλημα για το αν φθάνουν οι επαφές των ρελέ, των χρονικών ή των εξωτερικών τερματικών.
- Η λειτουργία του αυτοματισμού μπορεί να αλλάξει πολύ εύκολα σε οποιοδήποτε στάδιο (μελέτη, κατασκευή, λειτουργία).
- Ο εντοπισμός των βλαβών διευκολύνεται, γιατί για κάθε έξοδο υπάρχει το αντίστοιχο ενδεικτικό LED (όχι σε όλες τις εταιρείες). Επίσης η ροή του αυτοματισμού μπορεί εύκολα να παρακολουθηθεί, με την βοήθεια μιας συσκευής προγραμματισμού.
- Ο αυτοματισμός ολοκληρώνεται συντομότερα, γιατί η μελέτη (προγραμματισμός) μπορεί να γίνει παράλληλα με την τοποθέτηση και συρμάτωση του PLC.
- Δεν υπάρχει το πρόβλημα των "μη ενημερωμένων" σχεδίων του πίνακα αυτοματισμού μετά από λίγο καιρό. Το PLC έχει πάντα αποθηκευμένο το

τελευταίο πρόγραμμα, που μπορεί να διαβαστεί με μια συσκευή προγραμματισμού ή να τυπωθεί σε χαρτί.

- Υπάρχει σημαντική οικονομία στον χώρο, την συντήρηση και την κατανάλωση ενέργειας. Η οικονομία στο ανά επαφή κόστος δεν είναι ιδιαίτερα χαμηλή, όμως συνεχώς βελτιώνεται.
- Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει χωρίς κίνδυνο και μέσα σε πεδία ισχύος.
- Ένα PLC μπορεί να συνδεθεί με περιφερειακές μονάδες για έλεγχο-επιτήρηση της εγκατάστασης (οθόνη, εκτυπωτής, πληκτρολόγιο, modem), καταργώντας τον κλασικό πίνακα χειρισμών. Μπορεί επίσης να συνδεθεί με Η/Υ για ανταλλαγή στοιχείων, στατιστικές αναλύσεις, κ.λ.π.
- Η γλώσσα προγραμματισμού είναι προσαρμοσμένη στον βιομηχανικό αυτοματισμό και επομένως είναι προσιτή στο προσωπικό που μέχρι σήμερα συντηρούσε τους κλασικούς πίνακες.
- Υπάρχει δυνατότητα αντιγραφής. Όταν ο ίδιος αυτοματισμός χρησιμοποιείται σε πολλές μηχανές, "κατασκευάζεται" (δηλ. γράφεται το αντίστοιχο πρόγραμμα) μόνο μία φορά και κατόπιν μπορεί να αντιγραφεί όσες φορές θέλουμε με μία μόνο εντολή (copy).



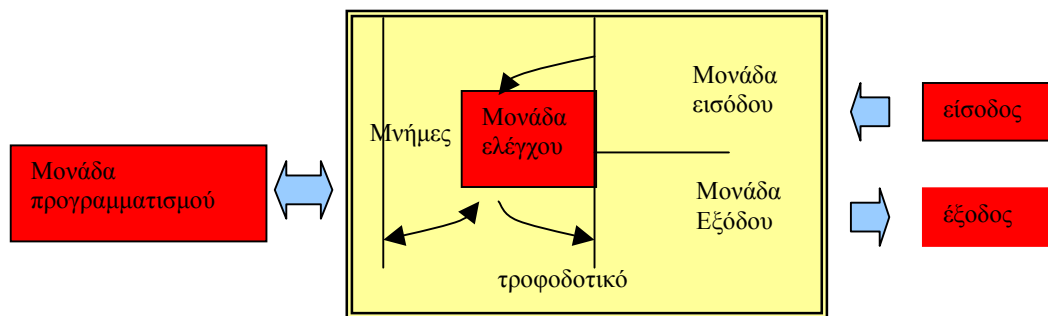
## ΔΟΜΗ ΤΟΥ PLC

Ας εξετάσουμε τώρα τις μονάδες από τις οποίες αποτελείται ένα PLC.

Ένα PLC είναι ένας μικροϋπολογιστής ειδικού τύπου. Επομένως το hardware του θα μοιάζει με το αντίστοιχο των Η/Υ. Μπορούμε να πούμε ότι ένα PLC αποτελείται από

- Μονάδα εισόδων - εξόδων (I/O μονάδα)
- Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)
- Μνήμες (RAM – ROM – EPROM - EEPROM)
- Τροφοδοτικό
- Πλαίσια τοποθέτησης – επέκτασης
- Διάφορες άλλες βοηθητικές μονάδες
- Θύρα επικοινωνίας

Στο σχήμα εικονίζεται η δομή ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή



Ας δούμε αναλυτικά τις μονάδες από τις οποίες αποτελείται ένα PLC.

### **A1) Μονάδα εισόδων**

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι τέτοιων μονάδων.

**Ψηφιακές**, (ON-OFF), στις οποίες η είσοδος μπορεί να έχει δύο μόνο τιμές τάσης (υψηλή, έστω X - χαμηλή, σχεδόν 0). Ένα PLC αντιλαμβάνεται ότι ένα μπουτόν START πατήθηκε, όταν στην αντίστοιχη θέση εισόδου, εμφανίζεται η τάση X. Η τάση αυτή μπορεί να δημιουργείται είτε από το τροφοδοτικό του PLC, είτε από δικό μας εξωτερικό τροφοδοτικό. Η τιμή της στα περισσότερα PLC είναι 24 VDC ή και 220VAC.

**Αναλογικές**, στις οποίες το σήμα εισόδου μπορεί να είναι ένα αναλογικό σήμα. Συνήθως τα σήματα αυτά είναι έχουν τάση 0...10V ή -10V...10V, ή ένταση ρεύματος 0...20mA ή 4...20mA. Στην αναλογική μονάδα εισόδων συνδεσμολογούνται όλα τα αναλογικά σήματα που προέρχονται από αισθητήρια (sensors) (π.χ. θερμοστοιχεία που ελέγχουν συνεχώς την θερμοκρασία ενός κλιβάνου, υπερηχητικό σταθμόμετρο που ελέγχει το ύψος της στάθμης μιας δεξαμενής, δυναμοκυψέλη που μετρά βάρος μιας πλατφόρμας).

Μια μονάδα εισόδου μπορεί να περιλαμβάνει 4, 8, 16 ή 32 ψηφιακές εισόδους, ανάλογα με τον τύπο του PLC, ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει πολλές τέτοιες μονάδες. Ο μέγιστος αριθμός των αναλογικών εισόδων που μπορεί να διαθέτει ο ελεγκτής δίνεται από τον κατασκευαστή και διαφέρει από εταιρεία σε εταιρεία, αλλά ακόμη και σε μοντέλα της ίδιας εταιρείας.

### **A2) Μονάδα εξόδων**

Και οι μονάδες εξόδου διακρίνονται σε ψηφιακές και αναλογικές. Τυπικές τιμές τάσης εξόδου ψηφιακών εξόδων είναι 24 VDC, 115 VAC, 220 VAC. Τα τυποποιημένα ηλεκτρικά σήματα που παίρνουμε από μία μονάδα αναλογικών εξόδων έχουν συνήθως τάση -10 V...+10V, 0...10V ή ένταση ρεύματος 0...20 mA, 4...20mA. Μια μονάδα ψηφιακών εξόδων περιλαμβάνει 4, 8, 16, ή 32 εξόδους.

Ένα PLC περιλαμβάνει έναν καθορισμένο μέγιστο αριθμό μονάδων εισόδων και εξόδων που εξαρτάται από τις δυνατότητες της CPU. Τον αριθμό αυτό τον καθορίζει ο εκάστοτε κατασκευαστής.

## B) Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Στην μονάδα αυτή γίνεται η επεξεργασία του προγράμματος και η εκτέλεση των εντολών με βάση τις καταστάσεις των σημάτων εισόδου - εξόδου. Ανάλογα με τα σήματα που δέχεται από το περιβάλλον και τα δεδομένα που παίρνει από την μνήμη, παράγει διάφορα σήματα εξόδου.

Μία CPU αποτελείται από

- Αριθμητική λογική μονάδα (ALU). Εκτελεί όλες τις αριθμητικές, αλλά και τις λογικές (AND, OR, NOT) πράξεις.

- Καταχωρητές (Registers). Χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν τα δεδομένα που οδηγούνται από την ALU για να χρησιμοποιηθούν αργότερα. Εκτός από τα δεδομένα στους καταχωρητές αποθηκεύονται και οι κώδικες των εντολών που θα δράσουν πάνω στα δεδομένα.

- Αποκωδικοποιητή εντολών ελέγχου. Ενεργοποιεί τα σήματα ελέγχου (control signals) που χρησιμοποιούνται για να έχει η CPU άμεση επαφή με το περιβάλλον. Έτσι αναγνωρίζονται από τις εξωτερικές μονάδες οι προθέσεις της CPU. Αν π.χ. θέλει να γράψει στην μνήμη ή να διαβάσει, αν έγινε επιτυχημένη ανταλλαγή δεδομένων ή ανάν για κάποιο λόγο θέλει να σταματήσει η διαδικασία που εκτελείται με σήμα προς την CPU.

- Ακροδέκτες τροφοδοσίας και ρολόι. Συνήθως η τροφοδοσία στους επεξεργαστές του εμπορίου είναι +5 V, -5 V και GND, αλλά μπορεί να υπάρχουν και άλλες. Όταν ο επεξεργαστής έχει ενσωματωμένο ρολόι, τότε χρειάζεται ένας ακροδέκτης συγχρονισμού με τις άλλες μονάδες (SYNC). Αν δεν υπάρχει ενσωματωμένο ρολόι, τότε χρειάζονται ακροδέκτες σύνδεσης με αυτό.

- Αρτηρίες δεδομένων και διευθύνσεων (Data και Address bus). Όταν η CPU θέλει να διαβάσει δεδομένα από την μηχανή, τότε πρέπει μετά τα σήματα ελέγχου να στείλει μια διεύθυνση (address) στην μνήμη. Αυτή η διεύθυνση θα σταλεί μέσω του address bus. Η μνήμη, αφού αναγνωρίσει την διεύθυνση, θα στείλει τα δεδομένα (data) που χρειάζεται η CPU μέσω του data bus. Στους συνηθισμένους επεξεργαστές των 8 bits έχουμε address bus των 16 bits και data bus των 8 bits. Ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούν τα δύο buses αυξάνει στους πιο σύγχρονους επεξεργαστές των 16 ή των 32 bits. Να σημειώσουμε εδώ ότι επειδή τα δύο buses δεν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, πολυπλέκονται ώστε να μειωθεί ο αριθμός των αγωγών.



### Γ) Μνήμες

- Μνήμη προγράμματος (τύπου RAM). Εδώ αποθηκεύεται το πρόγραμμα που αναπτύσσουμε. Το ότι είναι μια μνήμη RAM, επιτρέπει γρήγορες αλλαγές στο πρόγραμμα. Συνδέεται με μπαταρία (διάρκειας περίπου 1 χρόνο), ώστε να διατηρεί το περιεχόμενό της ακόμη και όταν το PLC αποσυνδεθεί από την τροφοδοσία.
- Μνήμη συστήματος (συνήθως τύπου ROM ή PROM). Είναι η μνήμη στην οποία βρίσκεται αποθηκευμένο (από τον κατασκευαστή) το λογισμικό ανάπτυξης (κέλυφος) του PLC.
- Μνήμη δεδομένων (τύπου RAM). Στην μνήμη αυτή μεταφέρονται τα σήματα εισόδου και γίνονται οι λειτουργίες που καθορίζει το πρόγραμμα.
- Προαιρετική μνήμη EPROM (ή στα τελευταία μοντέλα φλας EEPROM). Σε αυτή μπορεί να αποθηκευτεί το πρόγραμμα αφού πάρει την τελική του μορφή απελευθερώνοντας έτσι την μνήμη RAM.

### Δ) Τροφοδοτικό

Δημιουργεί τις απαραίτητες τάσεις για την λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του PLC, καθώς επίσης και για να διατηρήσει το περιεχόμενο της μνήμης RAM.

### Ε) Πλαίσια τοποθέτησης-επέκτασης

Τα PLC χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (ανεξάρτητα εταιρειών). Τα compact και τα modular.

Τα πρώτα είναι μία συμπαγής συσκευή με CPU, τροφοδοτικό και συγκεκριμένο αριθμό I/O (που ποικίλει ανάλογα με την εταιρεία). Τα δεύτερα αποτελούνται από μία βάση, στην οποία "κουμπώνουν" βαθμίδες επεξεργασίας, τροφοδοσίας, εισόδων, εξόδων. Μια μονάδα PLC μπορεί να διαθέτει περισσότερες από μια βαθμίδες εισόδου και εξόδου, ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό εισόδων ή εξόδων. Επομένως αν σε κάποιο αυτοματισμό, προκειμένου να τον επεκτείνουμε, χρειαστούμε κι άλλες εισόδους ή εξόδους, που δεν υπάρχουν στην αρχική κατασκευή, έχουμε την δυνατότητα να προσθέσουμε μία ή περισσότερες βαθμίδες εισόδων ή εξόδων, διατηρώντας την ίδια CPU και το ίδιο τροφοδοτικό.

### ΣΤ) Βοηθητικές μονάδες

Πρόκειται για συσκευές που δεν είναι απαραίτητες για την λειτουργία του PLC, σίγουρα όμως δίνουν καλύτερη εποπτεία και έλεγχο του αυτοματισμού. Οι κυριότερες είναι

- Εξομοιωτής. Είναι μία σειρά από διακόπτες με τους οποίους μπορούμε να κάνουμε εργαστηριακό έλεγχο του αυτοματισμού.
- Μονάδες απαλοιφής (σβησίματος) του περιεχομένου μνημών.
- Modem. Είναι συσκευές με τις οποίες μπορούμε να διαβιβάσουμε πληροφορίες μέσω τηλεφωνικής γραμμής.
- Μονάδες απεικόνισης (monitors) για έγχρωμες απεικονίσεις μιμικών διαγραμμάτων υψηλής ακρίβειας.
- Εκτυπωτές όλων των τύπων.

## Ζ) Θύρα επικοινωνίας

Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ χρήστη και συσκευής μπορεί να γίνει είτε παράλληλα είτε σειριακά.

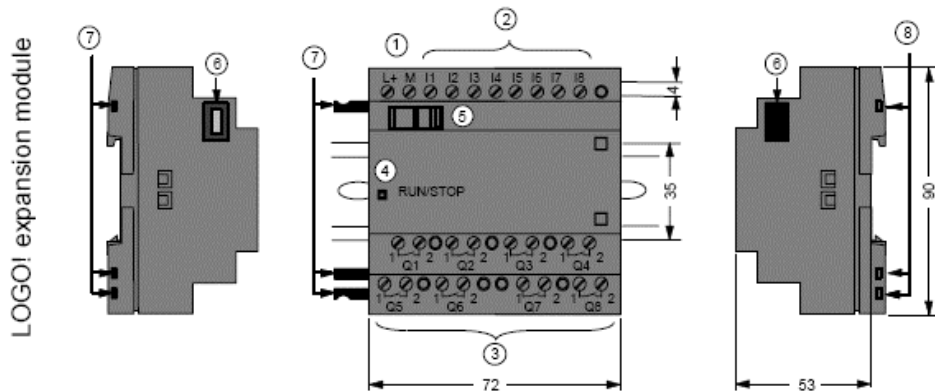
- Παράλληλα. Το μήνυμά μας στέλνεται κατά ομάδες των 8bits - byte (ένα bit σε κάθε γραμμή μεταφοράς) στην συσκευή, η οποία και το επεξεργάζεται. Σ' αυτήν την περίπτωση η επικοινωνία είναι ταχύτερη.

- Σειριακά. Σ' αυτήν την περίπτωση τα bits μεταδίδονται ένα-ένα οπότε μειώνεται η ταχύτητα επικοινωνίας. Η σημαντικότερη σειριακή θύρα είναι η RS 232C.

Τα PLC χρησιμοποιούν σειριακή ανταλλαγή πληροφοριών με θύρα RS 232C. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνονται μερικά είδη προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.



Στη διαχείριση σηματοδοτών κυκλοφορίας χρησιμοποιήσαμε το LOGO της σειράς OBA.0 της Siemens



- |                |                       |                             |
|----------------|-----------------------|-----------------------------|
| ① Power supply | ④ RUN/STOP indicator  | ⑦ Mechanical coding pins    |
| ② Inputs       | ⑤ Slide               | ⑧ Mechanical coding sockets |
| ③ Outputs      | ⑥ Expansion interface |                             |

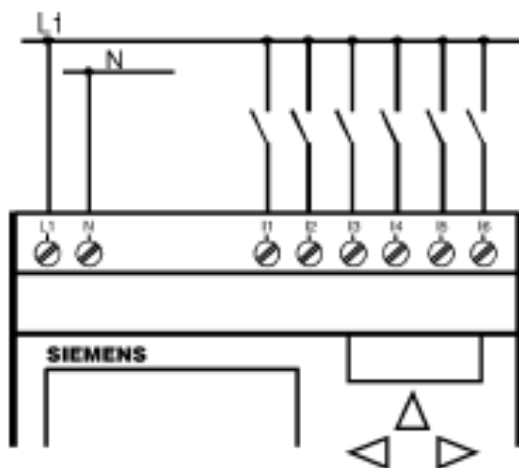
Το LOGO! είναι η νέα μικρή μονάδα λογικής από τη SIEMENS.

Το LOGO! Παρέχει

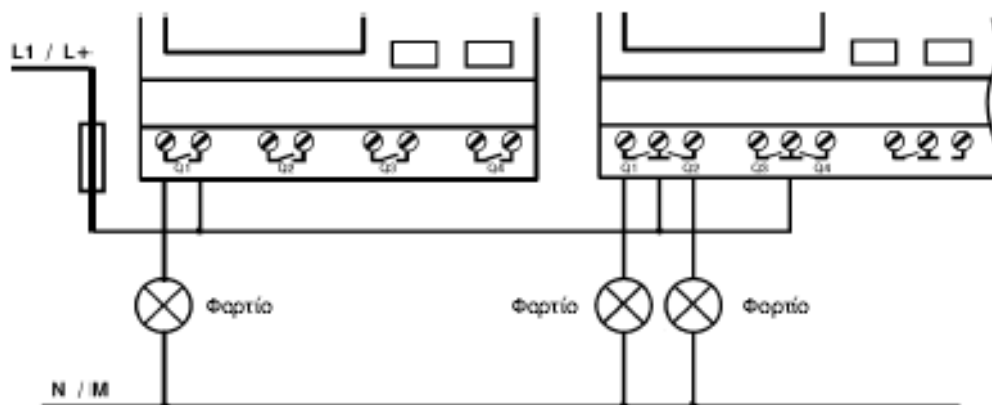
- ενσωματωμένα πλήκτρα χειρισμών και οθόνη
- τροφοδοτικό
- υποδοχή για εξωτερική μονάδα μνήμης και σύνδεση με Η/Υ
- δυνατότητα σύνδεσης μονάδων επέκτασης
- ενσωματωμένες τις λειτουργίες που συνήθως απαιτούνται στην πράξη (όπως διάφορους τύπους χρονικών, επαφές αυτοσυγκράτησης, απαριθμητές κλπ).
- ρολόι πραγματικού χρόνου
- βοηθητικά
- εισόδους και εξόδους ανάλογα με τον τύπο της συσκευής

### LOGO! 230:

#### Συνδεσμολογία Εισόδων



### LOGO230! με εξόδους ρελέ

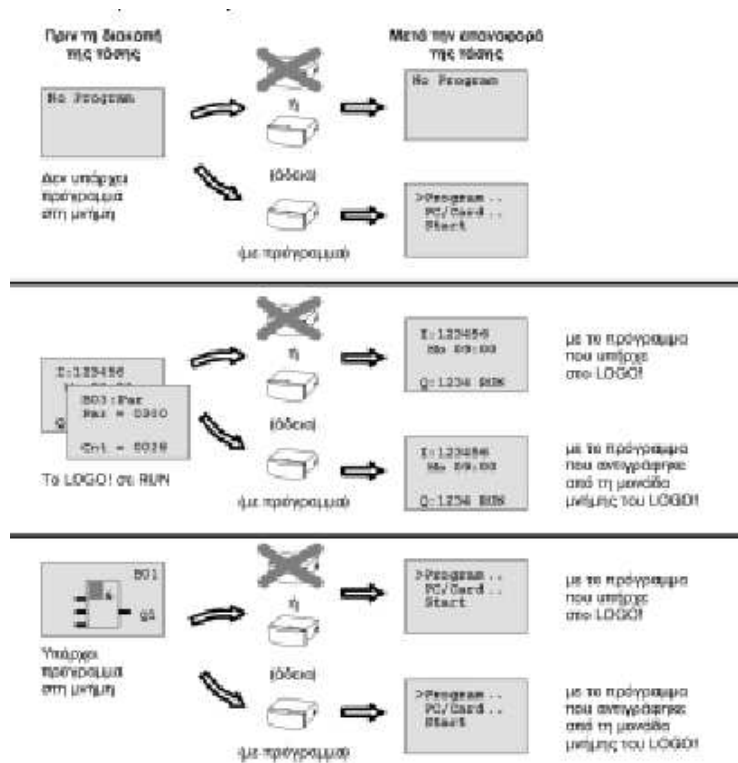


## ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ LOGO!

Το LOGO! δεν έχει διακόπτη ON/OFF. Το πως συμπεριφέρεται όταν τροφοδοτηθεί με τάση εξαρτάται από τα εξής:

- αν υπάρχει φορτωμένο πρόγραμμα
- αν υπάρχει τοποθετημένη στο LOGO εξωτερική μονάδα μνήμης
- αν είναι μοντέλο χωρίς οθόνη (LOGO!...Rco)
- την κατάσταση στην οποία βρισκόταν η συσκευή πριν διακοπεί η τροφοδοσία.

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται όλες οι πιθανές περιπτώσεις:



Ωστόσο θα πρέπει να θυμάται κανείς 4 βασικούς κανόνες:

- Αν δεν υπάρχει πρόγραμμα στο LOGO! ή στην εξωτερική μονάδα μνήμης τότε στα LOGO! με οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα:

### No Program

- Αν υπάρχει πρόγραμμα στη μονάδα μνήμης αυτό μεταφέρεται αυτόματα στο LOGO!. Αν υπήρχε πρόγραμμα στο LOGO! σβήνεται από το νέο πρόγραμμα.
- Αν υπήρχε πρόγραμμα στο LOGO! ή στη μονάδα μνήμης το LOGO! πηγαίνει στην κατάσταση λειτουργίας που είχε πριν τη διακοπή τάσης. Στα μοντέλα χωρίς οθόνη αλλάζει αυτόματα κατάσταση λειτουργίας από STOP σε RUN και το ενδεικτικό LED γίνεται από κόκκινο σε πράσινο.
- Αν έχει γίνει επιλογή διατήρησης τιμών τότε οι τρέχουσες τιμές διατηρούνται κατά τη διάρκεια διακοπής τάσης.

Οπώς αναφέρθηκε πριν το LOGO! έχει 2 καταστάσεις λειτουργίας: **STOP** και **RUN**.

Το LOGO! σε STOP	Το LOGO! σε RUN
Το LOGO! είναι σε κατάσταση STOP όταν εμφανίζεται το μήνυμα No Program ή κατά τη διάρκεια εισαγωγής προγράμματος ή στα μοντέλα χωρίς οθόνη όταν το LED είναι κόκκινο.	Το LOGO! είναι σε κατάσταση RUN όταν μετά την επιλογή START το μήνυμα RUN εμφανίζεται στην οθόνη ή στη διάρκεια αλλαγής παραμέτρων ή στα μοντέλα χωρίς οθόνη όταν το LED είναι πράσινο.
<p>Τότε:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν ανιχνεύεται η κατάσταση των εισόδων.</li> <li>• Το πρόγραμμα δεν εκτελείται.</li> <li>• Οι επαφές ρελέ των εξόδων είναι πάντα ανοιχτές ή οι εξοδοί τρανζίστορ είναι απενεργοποιημένες.</li> </ul>	<p>Τότε:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ανιχνεύεται η κατάσταση των εισόδων.</li> <li>• Υπολογίζεται βάσει του προγράμματος η κατάσταση των εξόδων.</li> <li>• Οι επαφές των εξόδων ανοίγουν ή κλείνουν.</li> </ul>

\*Περισσότερες πληροφορίες παρέχονται στο Παράρτημα όπου παραθέτουμε το manual του LOGO σειράς 4.

## ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ- ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ

### Ορισμοί

**Αισθητήρια (sensors)** είναι κυκλώματα που δέχονται ένα σήμα ή μια διέγερση από το περιβάλλον και απαντούν με ένα ηλεκτρικό σήμα.

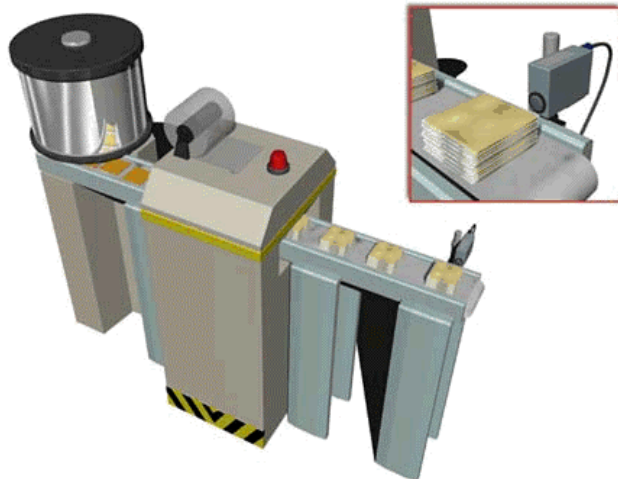
Μπορούμε να πούμε δηλαδή ότι τα αισθητήρια είναι ένα είδος "μετατροπέων" μη ηλεκτρικών μεγεθών σε ηλεκτρικά. Όταν μιλάμε για ηλεκτρικό σήμα, εννοούμε ένα σήμα που μπορεί να συλλεχθεί, να ενισχυθεί και να διαμορφωθεί από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Η μορφή ενός τέτοιου σήματος μπορεί να είναι τάση, ρεύμα ή φορτίο. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του είναι πλάτος, συχνότητα και φάση. Έτσι, ένα αισθητήριο έχει χαρακτηριστικά εισόδου που οφείλονται στο φυσικό μέγεθος ή γεγονός που τον επηρεάζει και χαρακτηριστικά εξόδου, που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού σήματος εξόδου.

Ο όρος *αισθητήριο* (sensor) πρέπει να διακρίνεται από το όρο *μετατροπέας* (transducer). Ο πρώτος χαρακτηρίζει συσκευές που μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική, ενώ ο δεύτερος χαρακτηρίζει συσκευές που μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη μορφή, όχι απαραίτητα ηλεκτρική. Παράδειγμα αισθητηρίου είναι το μικρόφωνο, ενώ μετατροπέα το μεγάφωνο.

Τα αισθητήρια είναι πάντα μονάδες ενός γενικότερου συστήματος συλλογής δεδομένων (data acquisition system). Κατά την επιλογή ενός αισθητηρίου βασικός παράγων είναι η λειτουργία του να μην επηρεάζει την λειτουργία του υπολοίπου συστήματος.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες αισθητηρίων: τα παθητικά και τα ενεργά. Τα παθητικά αισθητήρια δημιουργούν απ' ευθείας ένα ηλεκτρικό σήμα, αποκρινόμενα στην εξωτερική διέγερση. Δεν έχουν δηλαδή ανάγκη εξωτερικής τροφοδοσίας. Αντίθετα τα ενεργά για να λειτουργήσουν χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία. Παράδειγμα παθητικού αισθητηρίου είναι το θερμοζεύγος και ενεργού το θερμίστορ. Και τα δύο έχουν είσοδο τη φωτεινή ακτινοβολία. Το πρώτο όμως έχει έξοδο μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση, ενώ το δεύτερο έχει σαν έξοδο μεταβαλλόμενη αντίσταση. Δεν δημιουργεί δηλαδή μόνο του ηλεκτρικό σήμα, αλλά χρειάζεται εξωτερική τροφοδοσία.

Μια κατηγορία ενεργού αισθητηρίου είναι οι ανιχνευτές (detectors). Τα αισθητήρια αυτά έχουν συνήθως έξοδο μορφής διακόπτη, που αλλάζει κατάσταση, όταν αντιλαμβάνεται κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Με σύνδεση εξωτερικής τάσης, έχει τη δυνατότητα να εμφανίζει στην έξοδό του ηλεκτρικό σήμα. Ακολουθούν μερικές εφαρμογές αυτοματισμών που περιλαμβάνουν διάφορα είδη αισθητηρίων.







## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ

Από την είσοδο μέχρι την έξοδο, ένα αισθητήριο μπορεί να πραγματοποιήσει αρκετές μετατροπές, πριν παράγει το ηλεκτρικό σήμα. Θα παρατηρήσουμε λοιπόν τα χαρακτηριστικά μεγέθη των αισθητηρίων, αδιαφορώντας για τη φυσική τους λειτουργία ή για τα στάδια των μετατροπών που απαιτούνται, μέχρι να παραχθεί το ηλεκτρικό σήμα. Θα εξετάσουμε δηλαδή το αισθητήριο σαν ένα "μαύρο κουτί", όπου ενδιαφερόμαστε μόνο για τη σχέση μεταξύ των σημάτων εισόδου και εξόδου.

### 1. Συνάρτηση μεταφοράς (transfer function)

Σαν συνάρτηση μεταφοράς ορίζεται η ιδανική σχέση (θεωρητική), μεταξύ του σήματος εισόδου (διέγερση) και του σήματος εξόδου του αισθητηρίου. Αν  $R$  είναι το σήμα εξόδου, που αντιστοιχεί στην διέγερση  $r$  τότε :

$$R = f(r) \quad (1)$$

Η εξίσωση αυτή μπορεί να είναι γραμμική, λογαριθμική, εκθετική ή πολυωνυμική. Στα περισσότερα αισθητήρια επιδιώκεται να είναι γραμμική. Επιδιώκεται δηλαδή να είναι της μορφής:

$$R = br \quad (2)$$

Ο συντελεστής  $b$  ονομάζεται και ευαισθησία (sensitivity) του αισθητηρίου.

### 2. Εύρος εισόδου (input full scale-FS)

Εύρος εισόδου ονομάζεται η δυναμική στάθμη της διέγερσης, που μπορεί να υποστεί μετατροπή από ένα αισθητήριο. Αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη δυνατή τιμή της εισόδου που μπορεί να εφαρμοστεί στο αισθητήριο, χωρίς να προκαλέσει ανεπιθύμητη ανακρίβεια. Οι μονάδες της είναι αυτές της διέγερσης. Αν το σήμα εισόδου είναι μη γραμμικό, τότε για να αποφύγουμε μεγάλες τιμές του εύρους, το εκφράζουμε σε dB.

### 3. Εύρος εξόδου (full scale output-FSO)

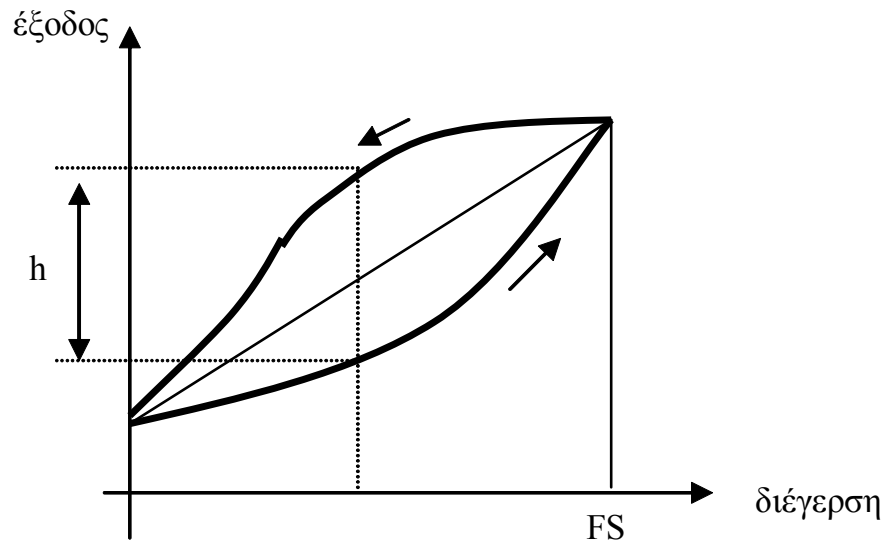
Εύρος εξόδου ονομάζεται η διαφορά των τιμών που δίνει η έξοδος του αισθητηρίου, όταν σ' αυτό εφαρμοστεί η μεγαλύτερη και η χαμηλότερη διέγερση.

### 4. Ακρίβεια (accuracy-a)

Ακρίβεια ονομάζεται η μεγαλύτερη απόκλιση της τιμής της εξόδου του αισθητηρίου για μια συγκεκριμένη διέγερση, από την ιδανική. Ιδανική απόκριση θεωρείται αυτή που θεωρητικά υπολογίζεται από την ιδανική συνάρτηση μεταφοράς του.

## 5. Σφάλμα υστέρησης

Το σφάλμα υστέρησης είναι η απόκλιση που παρουσιάζει το σήμα εξόδου του αισθητηρίου για την ίδια τιμή της διέγερσης, όταν η είσοδος είναι σε αύξουσα κατάσταση και όταν είναι σε φθίνουσα κατάσταση.



Σχήμα Χαρακτηριστική υστέρησης

## 6. Σφάλμα ρύθμισης (calibration error)

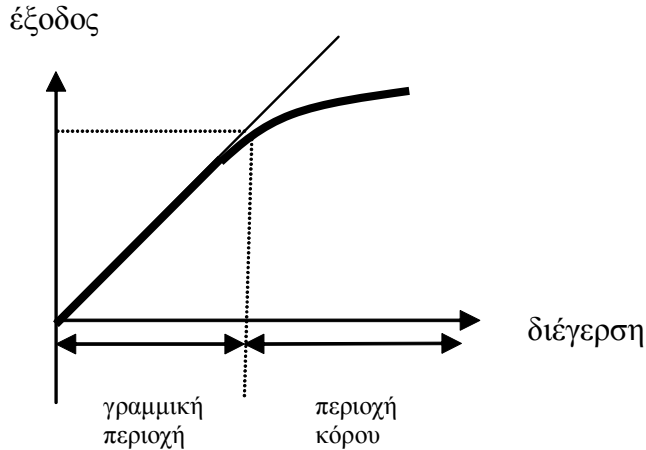
Οφείλεται στην τριβή και σε ανισοτροπίες που παρουσιάζουν τα υλικά.

## 7. Μη γραμμικότητα (nonlinearity-L)

Αναφέρεται στα αισθητήρια, που η συνάρτηση μεταφοράς τους μπορεί να προσεγγιστεί από μια ευθεία γραμμή. Σφάλμα μη γραμμικότητας είναι η μέγιστη απόκλιση της πραγματικής συνάρτησης μεταφοράς από την προσεγγιστική γραμμική απεικόνιση. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσέγγισης της πραγματικής συνάρτησης μεταφοράς από μια ευθεία γραμμή. Οι πιο γνωστές είναι η μέθοδος των *οριακών σημείων*, η μέθοδος των *ελαχίστων τετραγώνων* και η μέθοδος της *ανεξάρτητης γραμμικότητας*.

### 8. Κορεσμός (Saturation)

Σχεδόν κάθε αισθητήριο έχει όρια λειτουργίας. Έτσι, για ένα αισθητήριο που έχει γραμμική συμπεριφορά, υπάρχει κάποια τιμή της διέγερσης πέρα από την οποία το αισθητήριο δεν αποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο. Στο Σχήμα φαίνεται η συμπεριφορά ενός τέτοιου αισθητηρίου.



Σχήμα Χαρακτηριστική κόρου

Στην περιοχή κορεσμού (ή κόρου), περαιτέρω αύξηση της διέγερσης δεν ισοδυναμεί με ανάλογη αύξηση του σήματος εξόδου. Η αύξηση θα είναι μικρότερη και τελικά μηδενική.

### 9. Επαναληψιμότητα (repeatability)

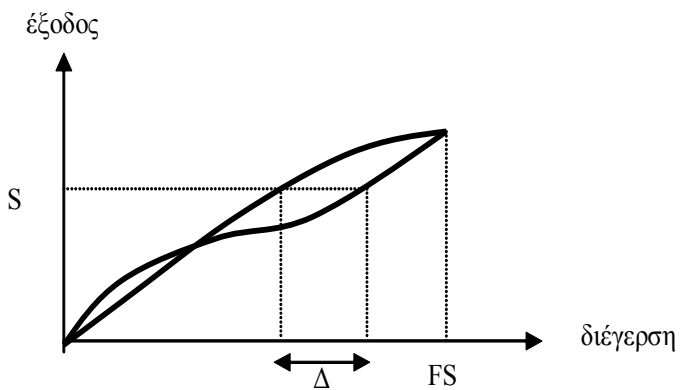
Η απόκριση του αισθητηρίου, για την ίδια διέγερση, δεν είναι πάντα η ίδια. Έτσι, για κάποια τιμή της εξόδου του αισθητηρίου, η διέγερση δεν είναι καθορισμένη. Ορίζεται το σφάλμα επαναληψιμότητας σαν η μέγιστη διαφορά μεταξύ δύο τιμών διέγερσης, που δίνουν την ίδια έξοδο. Στο Σχήμα βλέπουμε την γραφική απεικόνιση του σφάλματος αυτού.

Σχήμα Σφάλμα επαναληψιμότητας

Η

μαθηματική διατύπωση του σφάλματος αυτού είναι

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} 100\% \quad (3)$$

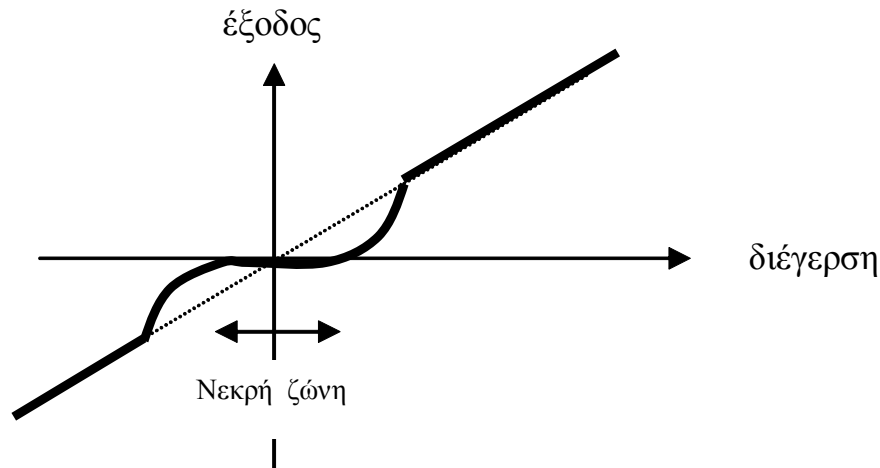


Πιθανές πηγές δημιουργίας του σφάλματος είναι ο θερμικός θόρυβος, η πλαστικότητα των υλικών κ.λ.π.

## 10. Νεκρή ζώνη (dead band)

Νεκρή ζώνη ονομάζεται μια περιοχή αναισθησίας του αισθητηρίου. Στο Σχήμα φαίνεται η σχηματική παράσταση της χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας ενός αισθητηρίου με νεκρή ζώνη.

Στην περιοχή αυτή, ενώ η διέγερση μεταβάλλεται, η έξοδος έχει μια σχεδόν σταθερή τιμή, συνήθως μηδέν.



Σχήμα Χαρακτηριστική με νεκρή ζώνη

## 11. Ευκρίνεια-διακριτική ικανότητα (Resolution)

Σαν ευκρίνεια ορίζεται η μικρότερη μεταβολή στη διέγερση, που μπορεί να γίνει αντιληπτή από το αισθητήριο (δηλαδή να μεταβάλει την έξοδό του). Παρατηρώντας την έξοδο του αισθητηρίου, διαπιστώνεται ότι δεν είναι ακριβώς συνεχής, αλλά αυξάνει με μικρά βήματα. Η μεταβολή της εισόδου, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της εξόδου κατά ένα τέτοιο βήμα, ονομάζεται ακρίβεια σε καθορισμένες συνθήκες.

## 12. Αξιοπιστία (Reliability)

Αξιοπιστία είναι η ικανότητα ενός αισθητηρίου να υλοποιεί τη συνάρτηση μεταφοράς του, κάτω από καθορισμένες συνθήκες, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκφράζεται δε σαν η (στατιστική) πιθανότητα που έχει το αισθητήριο να λειτουργήσει χωρίς σφάλμα, για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, ή για έναν αριθμό χρήσεων.

## 13. Αβεβαιότητα (Uncertainty)

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η τιμή που δίνει στην έξοδο ένα αισθητήριο απέχει από την πραγματική τιμή. Επομένως, η μέτρηση περιέχει μια *αβεβαιότητα*, που οφείλεται στην ύπαρξη διαφόρων σφαλμάτων. Να σημειώσουμε εδώ ότι πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ της έννοιας σφάλμα και της έννοιας αβεβαιότητα. Το σφάλμα μπορεί να μειωθεί, βελτιώνοντας τους παράγοντες που το δημιουργούν. Παρόλα αυτά, η αβεβαιότητα μιας μέτρησης μπορεί να εξακολουθεί να είναι μεγάλη.

Έτσι, σφάλμα είναι το λάθος που κάνουμε κατά τη μέτρηση χωρίς επίγνωση, ενώ αβεβαιότητα είναι η εκτίμηση του σφάλματος αυτού.

## **ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ**

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, κάθε αισθητήριο έχει και μερικά ακόμη χαρακτηριστικά, που σχετίζονται με την κατάσταση του αισθητηρίου και την κατάσταση του περιβάλλοντος, στο οποίο λειτουργεί.

Ορίζονται σαν *συνθήκες αποθήκευσης (storage conditions)* τα όρια παραμέτρων του περιβάλλοντος, στα οποία το αισθητήριο πρέπει να βρίσκεται κατά την λειτουργία του, ώστε να μην επηρεάζεται η συμπεριφορά του. Τέτοιες συνθήκες είναι η υψηλότερη και η χαμηλότερη θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, τα υπάρχοντα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κ.ά. Επίσης ορισμένες συνθήκες που εξαρτώνται από την φύση του υλικού του αισθητηρίου (π.χ. μέγιστη ασκούμενη πίεση).

Ο πλέον σημαντικός παράγοντας του περιβάλλοντος που επηρεάζει την καλή λειτουργία του αισθητηρίου είναι η θερμοκρασία. Συνήθως ο κατασκευαστής δίνει την ανώτερη και κατώτερη θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητηρίου. Είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι στην ανώτερη θερμοκρασία λειτουργίας περιλαμβάνεται και η θέρμανση του αισθητηρίου, λόγω φαινομένου Joule (εφόσον βέβαια διαρρέεται από ρεύμα).

Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την λειτουργία αλλά και το "χρόνο ζωής" του αισθητηρίου, είναι η μεταβολή του ρεύματος που το διαρρέει. Μείωση του ρεύματος τροφοδοσίας οδηγεί σε εσφαλμένη λειτουργία (παροδική βλάβη), ενώ αύξηση του ρεύματος τροφοδοσίας του αισθητηρίου πιθανόν να αλλοιώσει τις ιδιότητες του υλικού κατασκευής, με αποτέλεσμα την εσφαλμένη λειτουργία του και τελικά την καταστροφή του (μόνιμη βλάβη).

Η *βραχύχρονη και μακρόχρονη σταθερότητα (short and long term stabilities)* είναι μέρη του καθορισμού της ακρίβειας. Η βραχύχρονη σταθερότητα σχετίζεται με την αλλαγή της συμπεριφοράς του αισθητηρίου, καθώς αυτό λειτουργεί για λεπτά, ώρες ή ακόμη και ημέρες. Οφείλεται συνήθως σε κακή συναρμολόγηση των μερών του αισθητηρίου ή κακή χρήση του. Η μακρόχρονη σταθερότητα σχετίζεται με την αλλαγή της συμπεριφοράς του μετά από μήνες ή χρόνια λειτουργίας, λόγω "γήρανσης", και οφείλεται στην αλλαγή των ηλεκτρικών, μηχανικών, χημικών, ή θερμικών ιδιοτήτων του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το αισθητήριο.

Η σταθερότητα της λειτουργίας του αισθητηρίου, ανεξάρτητα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, μπορεί να βελτιωθεί, αν το αισθητήριο τοποθετηθεί σε προστατευτικό κουτί και χρησιμοποιηθεί ηλεκτρική και θερμοκρασιακή προστασία.

## ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΦΩΤΟΣ

Οι φωτοανιχνευτές (light detectors) διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: τους κβαντικούς (*quantum*) και τους θερμικούς (*thermal*), ανάλογα αν ενεργοποιούνται με την ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας ή με το θερμικό αποτέλεσμά της. Οι ποσοτικοί ανιχνευτές ενεργοποιούνται στην περιοχή του φάσματος από την υπεριώδη έως το μέσον της υπέρυθρης ακτινοβολίας του φωτός, ενώ οι θερμικοί ανιχνευτές ενεργοποιούνται κυρίως στο μέσον και στην ανώτερη περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι φωτοδιόδοι, τα φωτοτρανζίστορς και οι φωτοαντιστάσεις, ενώ στη δεύτερη τα θερμοστοιχεία, τα πυροηλεκτρικά αισθητήρια και τα AFIR αισθητήρια.

Οι παράμετροι που εξετάζονται κατά την σύγκριση διαφόρων φωτοανιχνευτών είναι:

- **Ισοδύναμη ισχύς θορύβου (noise equivalent power-NEP)**

Είναι η ποσότητα του φωτός, που είναι ισοδύναμη με τον θόρυβο που δημιουργεί ο ανιχνευτής. Δηλαδή η ποσότητα της ακτινοβολίας για την οποία ο λόγος σήμα προς θόρυβο ισούται με ένα. Συμβολίζεται με NEP και μετράται σε  $\text{Watt}/\sqrt{\text{Hz}}$ .

- **Ικανότητα ανίχνευσης (detectivity-D\*)**

Είναι η ικανότητα ανίχνευσης που έχει αισθητήριο περιοχής  $1\text{cm}^2$  για θόρυβο 1Hz.

$$D^* = \frac{\sqrt{\text{περιοχή}(\text{cm}^2)}}{NEP}$$

Η ικανότητα ανίχνευσης είναι ένας άλλος τρόπος μέτρησης του λόγου σήμα-προς-θόρυβο (S/N). Εκφράζεται σε  $\text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$  και, όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο καλύτερο είναι το αισθητήριο.

- **Μήκος κύματος αποκοπής (cutoff wavelength- $\lambda_c$ )**

Είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που πέφτει στο αισθητήριο, για την οποία η ικανότητα ανίχνευσης πέφτει στο 10% της μέγιστης τιμής της.

- **Μέγιστο ρεύμα (maximum current)**

Είναι η μέγιστη τιμή του ρεύματος, στην οποία μπορεί να δουλέψει το αισθητήριο.

- **Μέγιστη ανάστροφη τάση (maximum reverse voltage).** Υπέρβαση της τάσης αυτής μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του αισθητηρίου.

- **Ευαισθησία ακτινοβολίας (radiant responsivity)**

Είναι ο λόγος της εξόδου του αισθητηρίου προς την ισχύ της ακτινοβολίας ενός τυχαίου μήκους κύματος. Εκφράζεται σε A/W ή V/W.

- **Πεδίο ακτινοβολίας (field of view-FOV)**

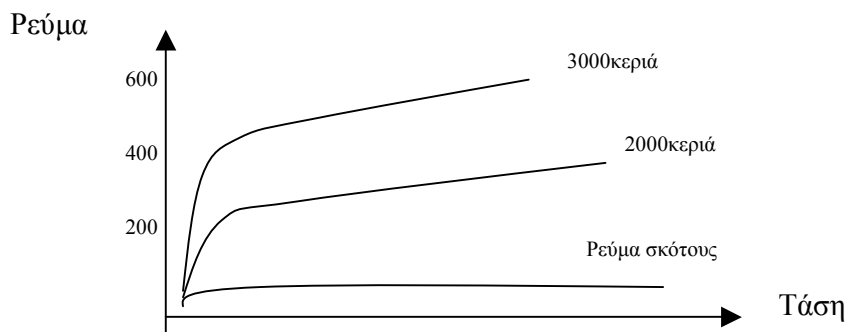
Είναι η γωνία που καλύπτει το χώρο ακτινοβολίας, που μπορεί να ενεργοποιήσει το αισθητήριο.

- **Χωρητικότητα επαφής (junction capacitance- $C_j$ ).**

Είναι η ισοδύναμη χωρητικότητα της επαφής των ημιαγωγών, που σχηματίζουν το αισθητήριο. Σχετίζεται με την ταχύτητα απόκρισης του ανιχνευτή. Τα κυριότερα είδη φωτοανιχνευτών είναι τα παρακάτω.

### 1. Φωτοδιόδος (photodiode)

Η λειτουργία των φωτοδίοδων βασίζεται στη δημιουργία ζευγαριών ηλεκτρονίων-οπών από φωτόνια που προσπίπτουν σε μία επαφή pn. Όταν η δίοδος πολώνεται ορθά, τότε λειτουργεί σαν απλή δίοδος και η μεταβολή του φωτισμού ελάχιστα μεταβάλλει την λειτουργία της. Όταν όμως πολώνεται ανάστροφα, η δίοδος διαρρέεται από ρεύμα, που αυξάνει ανάλογα με την αύξηση του φωτισμού που δέχεται η δίοδος. Για τάση πόλωσης μηδέν και απόλυτο σκοτάδι, περνά ένα ελάχιστο ρεύμα, που ονομάζεται ρεύμα σκότους και οφείλεται στη θερμική δημιουργία ηλεκτρονίων και οπών. Στο σχήμα 1.7.5 φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος - τάσης μιας φωτοδιόδου για διάφορες φωτεινές ροές



Σχήμα 1.7.5 Χαρακτηριστικές καμπύλες I - V μιας φωτοδιόδου για διάφορες τιμές της φωτεινής ροής

### 2. Φωτοτρανζίστορ (phototransistor)

Τα φωτοτρανζίστορ βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με την φωτοδίοδο και επιπλέον, προχωρούν σε ενίσχυση του ρεύματος που εμφανίζεται, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ευαισθησία. Η επαφή βάσης-συλλέκτη είναι μία δίοδος ανάστροφα πολωμένη, που λειτουργεί όπως περιγράφηκε προηγούμενα. Με κατάλληλη πόλωση η επαφή βάσης-εκπομπού πολώνεται ορθά και ενισχύει το ρεύμα του συλλέκτη.

### 3. Φωτοαντίσταση (photoresistor)

Η λειτουργία της φωτοαντίστασης βασίζεται στη μεταβολή της τιμής της, ανάλογα με την ένταση του φωτός που πέφτει πάνω της. Σε απόλυτο σκοτάδι η αντίσταση είναι μέγιστη. Εφαρμόζοντας όμως τάση στα άκρα της, εμφανίζεται ένα ρεύμα που οφείλεται κυρίως σε θερμική λειτουργία (ρεύμα σκότους). Με την αύξηση της έντασης του φωτός, η αντίσταση του υλικού μικραίνει και επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων ρευμάτων.

### 4. Φωτο-μετατροπέας (light to light converter)

Αποτελείται από ένα φωτοτρανζίστορ και μία δίοδο Laser (LD). Ο μετατροπέας αυτός απαιτεί μικρή τάση πόλωσης (4V) και πραγματοποιεί μεγάλη ενίσχυση (πάνω από  $6 \cdot 10^5$ ), μπορεί μάλιστα να ανιχνεύσει ακτινοβολία με πολύ χαμηλή ισχύ (π.χ. 7nW).

### 5. Ψυχόμενοι ανιχνευτές (cooled detectors)

Ένας σημαντικός παράγοντας για την καλή λειτουργία ενός ανιχνευτή είναι ο λόγος σήμα προς θόρυβο (signal to noise - S/N). Σε πολλές εφαρμογές (ιδίως όταν η θερμοκρασία λειτουργίας μεγαλώνει) ο θόρυβος αυξάνει, οπότε, στην περίπτωση μεγάλου μήκους κύματος (άρα μικρής συχνότητας και ενέργειας) η ακρίβεια και η ευαισθησία του αισθητηρίου ελαττώνεται κατά πολύ. Αντίθετα, στους ψυχόμενους ανιχνευτές το επίπεδο του θορύβου είναι ιδιαίτερα χαμηλό (αφού μειώνεται ο θερμικός θόρυβος<sup>1</sup>), επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανίχνευση ακτινοβολιών με μεγάλο μήκος κύματος. Οι ανιχνευτές αυτοί έχουν μεγάλη ευαισθησία, έχουν όμως πιο αργή απόκριση, αφού η χωρητικότητα επαφής αυξάνει.

### 6. Θερμοηλεκτρικά αισθητήρια (thermopile sensors)

Η λειτουργία του αισθητηρίου αυτού βασίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο, στο οποίο βασίζεται και η λειτουργία του θερμοζεύγους. Το αισθητήριο περιλαμβάνει μια περιοχή μεγάλης θερμικής μάζας, που αποτελεί τη ψυχρή επαφή, και μια δεύτερη περιοχή, που αποτελεί τη θερμή επαφή. Η περιοχή αυτή καλύπτεται από διαφανή μεμβράνη, που επιτρέπει στην ακτινοβολία να φτάσει στη θερμή περιοχή, αυξάνοντας τη θερμοκρασία της. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στις δύο περιοχές δημιουργεί μια ηλεκτρική τάση. Το αισθητήριο αυτό χαρακτηρίζεται από υψηλή ευαισθησία και χαμηλό θόρυβο. Ο θερμοηλεκτρικός συντελεστής είναι  $230 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ .

### 7. Πυροηλεκτρικά αισθητήρια (pyroelectric sensors)

Η λειτουργία τους βασίζεται στην ιδιότητα κάποιων υλικών να δημιουργούν ηλεκτρική τάση, ανάλογα με τη θερμική ακτινοβολία που δέχονται. Έχουν σχετικά καλή συμπεριφορά στο θόρυβο, αλλά παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη καθυστέρηση στην απόκρισή τους.



**ΕΥΦΥΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ**

Με τον όρο " ευφυές αισθητήριο " προσδιορίζεται ένα αισθητήριο που έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ψηφιακή έξοδο, δηλαδή σήμα με διακριτές χρονικά τιμές και με προκαθορισμένες στάθμες τάσης, το οποίο είναι, συνήθως, κατάλληλο να τροφοδοτήσει τις εισόδους ψηφιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή.
- Αμφίδρομη επικοινωνία, δηλαδή έχει τη δυνατότητα να δίνει σήματα πληροφορίας (ανάλογα με τις τιμές των μετρούμενων φυσικών μεγεθών) και να δέχεται εντολές που σχετίζονται με τη λειτουργία του.
- Δυνατότητα προσπέλασης σε συγκεκριμένη θέση μνήμης του ψηφιακού συστήματος, με το οποίο είναι συνδεδεμένο.
- Δυνατότητα εκτέλεσης εντολών και λογικών ενεργειών, οι οποίες διαβιβάζονται σε αυτό από το ψηφιακό σύστημα (κάποιου είδους ηλεκτρονικό υπολογιστή), με το οποίο είναι συνδεδεμένο.

Επιπλέον, είναι επιθυμητό να περιλαμβάνει εξελιγμένες λειτουργίες, όπως:

- Αντιστάθμιση δευτερευουσών παραμέτρων (όπως θερμοκρασία), δηλαδή τρόπους εξουδετέρωσης των επιπτώσεων των μεταβολών αυτών των παραμέτρων στην ομαλή λειτουργία του.
- Ανίχνευση λάθους, δηλαδή δυνατότητα αντίληψης περί της ορθής λειτουργίας και διάγνωσης μιας πιθανής απόκλισης από αυτήν.
- Αυτοέλεγχο, δηλαδή δυνατότητα αυτοκαθορισμού των τιμών των διαφόρων ιδιοτήτων του, με βάση πληροφορίες ή επιδράσεις του περιβάλλοντος.

Οι λειτουργίες αυτές επιτυγχάνονται είτε με την ενσωμάτωση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στο πακέτο του αισθητηρίου, είτε με την κατασκευή του αισθητηρίου και του αναγκαίου ηλεκτρονικού κυκλώματος στο ίδιο κομμάτι ημιαγωγού.

Τα αισθητήρια εξελίχθηκαν μέσα από διαδοχικές γενεές. Η πρώτη γενεά δεν είχε ηλεκτρονικό κύκλωμα. Η δεύτερη είχε ηλεκτρονικά κυκλώματα, χωριστά όμως από το υπόλοιπο αισθητήριο. Στην τρίτη γενεά, που αφορά τα σημερινά αισθητήρια, στην κατασκευή του αισθητηρίου συνυπάρχει και ηλεκτρονικό κύκλωμα (τουλάχιστον για ενίσχυση του σήματος). Η έξοδος των αισθητηρίων αυτών είναι αναλογικό ηλεκτρικό σήμα και η πληροφορία που μεταφέρουν βρίσκεται είτε στην τάση, είτε στην ένταση, είτε στη συχνότητα του σήματος. Το σήμα αυτό μετατρέπεται σε ψηφιακό στη μονάδα επεξεργασίας.

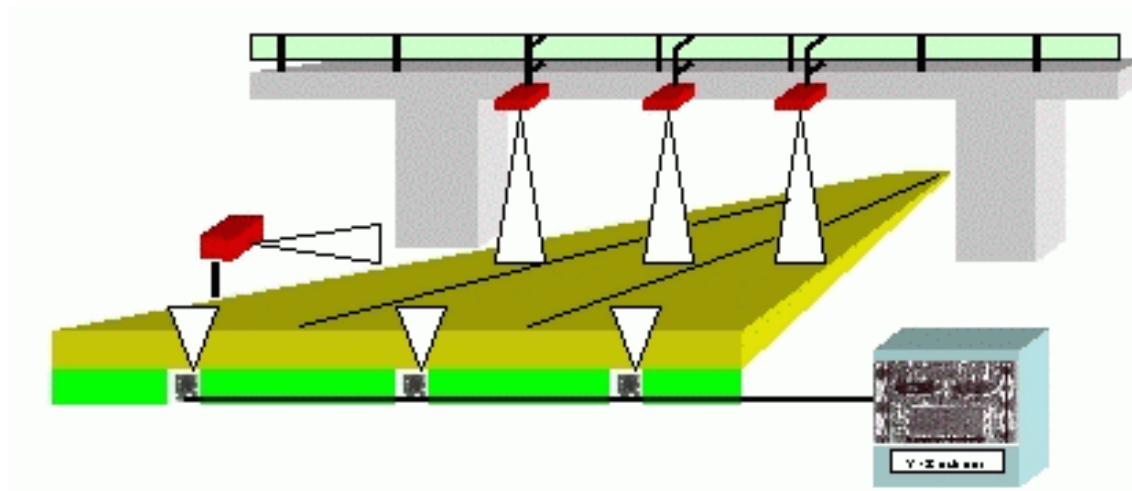
Τα αισθητήρια τέταρτης γενεάς, που κατασκευάζονται σήμερα, περιλαμβάνουν τα ηλεκτρονικά και τα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα στο ίδιο κομμάτι ημιαγωγού με το αισθητήριο, δίνοντας στο αισθητήριο τη δυνατότητα αμφίπλευρης επικοινωνίας με τον υπολογιστή. Τέλος στα αισθητήρια πέμπτης γενεάς, που ήδη σχεδιάζονται, η

μετατροπή των δεδομένων γίνεται στο αισθητήριο, οπότε η αμφίπλευρη επικοινωνία αισθητηρίου και υπολογιστή είναι ψηφιακή.



Τα αισθητήρια αυτά περιέχουν τρία βασικά κυκλώματα :

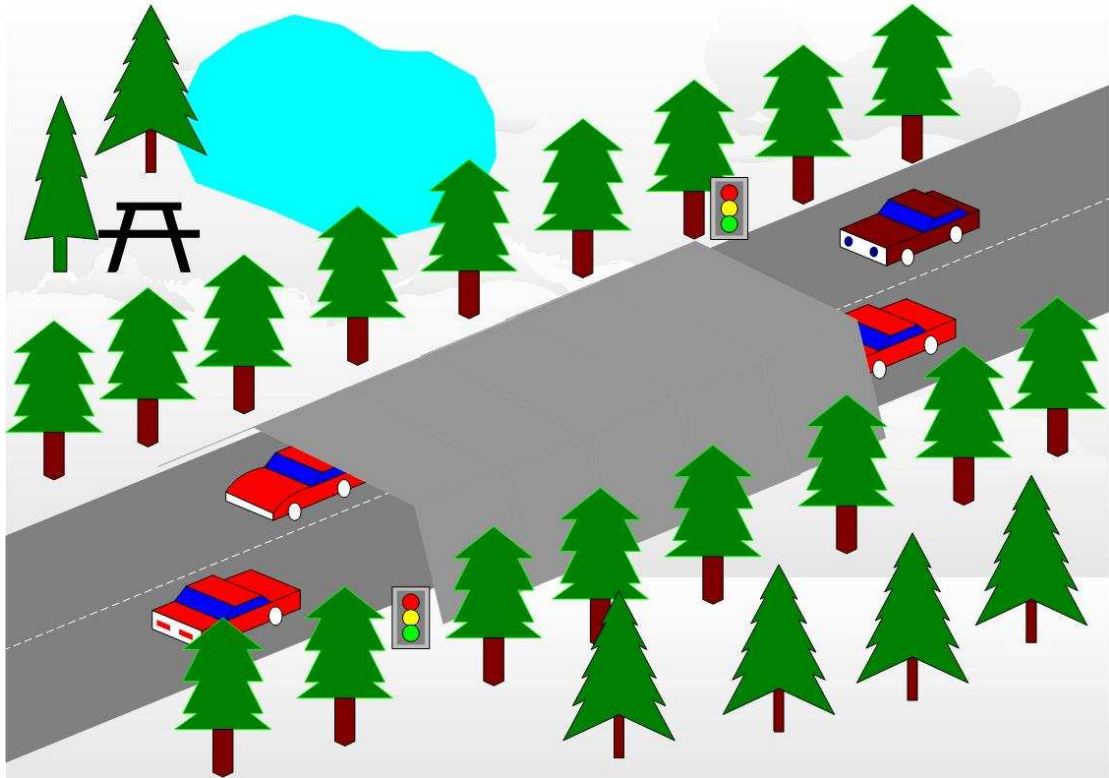
- α) κύκλωμα επεξεργασίας του σήματος (ενίσχυση, φιλτράρισμα, πολυπλεξία)
- β) κύκλωμα ψηφιοποίησης του σήματος
- γ) κύκλωμα προσαρμογής, ώστε τα αισθητήρια να επικοινωνούν με έναν ελεγκτή χωρίς τη μεσολάβηση άλλου κυκλώματος (interface)



## ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

### - Αντικείμενο

Σχεδιασμός αυτονομου Φ/Β συστηματος για την ηλεκτροδοτηση φανών σήμανσης σε μονή δίοδο σύραγγας στα Τοπόλια-Χανίων Κρήτης .



Συμφωνα με την Ελληνικη Νομοθεσια τα απαιριτητα χαρακτηρηστικα των λαμπτηρων ειναι τα εξης:

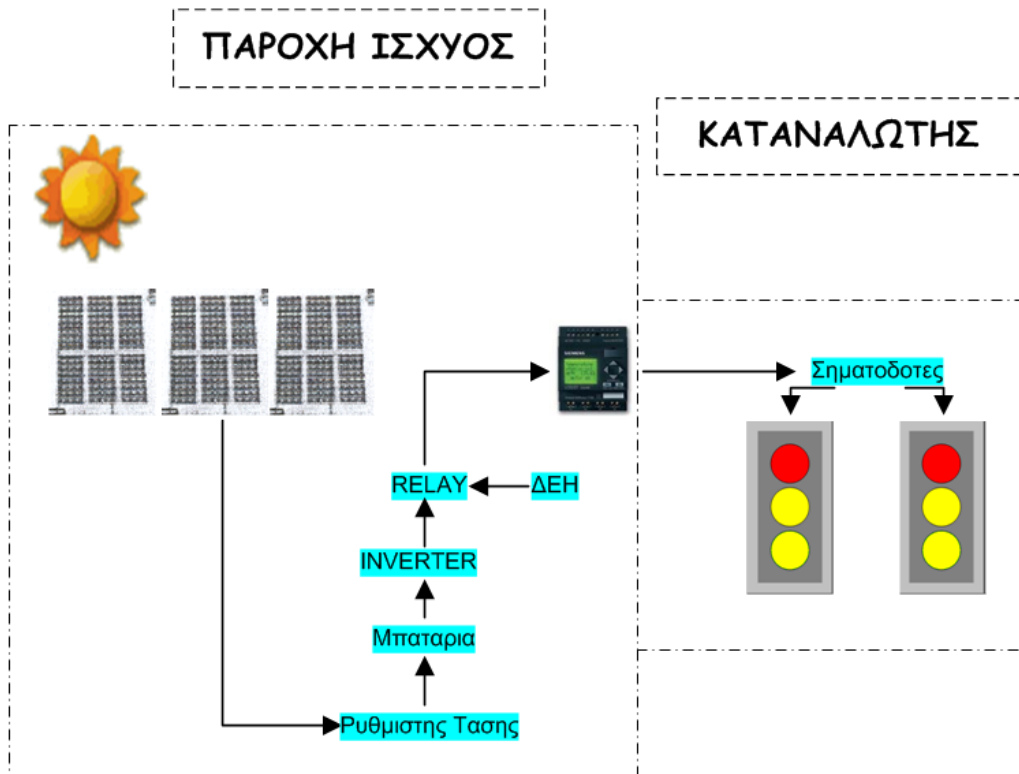
- Ταση 220-230 VAC 50Hz
- Ισχυς 70 Watt

Στο τελος παραθετουμε τις τεχνικες προδιαγραφες των φανων σημανσης.

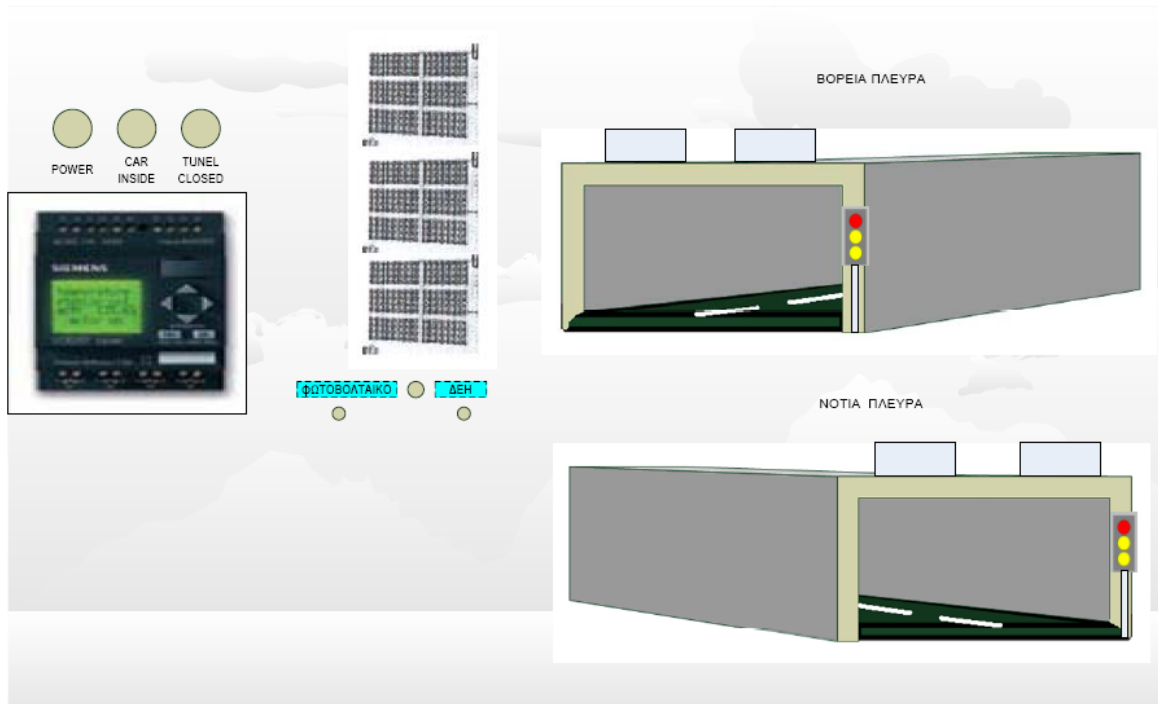
{Εδω θα θελαμε να αναφερουμε οτι εμεις θα χρησιμοιησουμε λαμπτηρες αλλα υπαρχουν Led Cards\* που θα εξηγησουμε παρακατω τα χαρακτηρηστικα τους και τα πλεονεκτηματα τους, ενδεικτικα αναφερουμε οτι εχουν:

- Ταση 200-250 VAC 50(60)Hz
- Ισχυς 20 Watt (Αυτη η ισχυς συμπεριλαμβανει ολοκληρο το φαναρι των οχηματων)

Ένα απλό διαγραμμα του συστήματος μας φαίνεται παρακάτω:



ΜΑΚΕΤΑ 36cm x 22cm



Στο κυκλώμα που μελετάμε έχουμε τα εξής:

- Εξι(6) φανους σημανσης κυκλοφοριας.

Οι οποιοι λογω του οτι η σηραग्ga ειναι μονης διελευσης, αρα αυξημενης επικυνδινότητας, χρησιμοποιηται σε καθε φανο κοκκινη ενδειξη σταθμευσης και σε ενδειξη διελευσης χρησιμοποιηται αναβοσβημα δυο κιτρινωφ φανωφ σήμανσης.

- Δυο(2) φανοι ενδειξης υπαρξης αυτοκινητου στο εσωτερικο της σηραग्gas.

- Δυο(2) φανοι ενδειξης μη λειτουργιας της σηραग्gas.

Συνολικα εχω δεκα(10) φανους σημανσης αρα:

$$10 \times 70\text{Watt} = 700\text{Watt}$$

Ταυτοχρονα στον α' κυκλο εργασιας των φανωφ εχω τρεις(3) φανους αναμενους

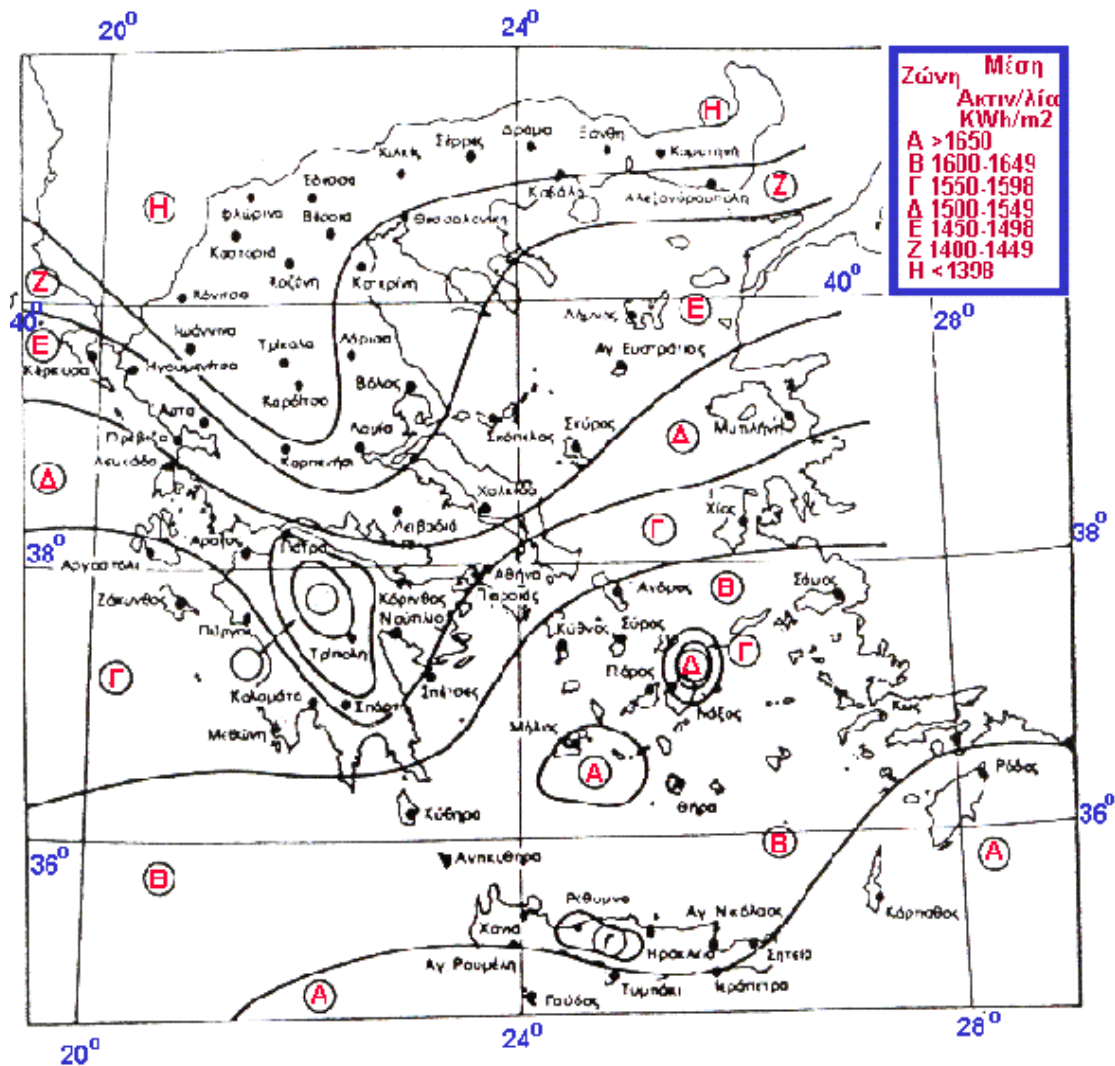
>> >> β' κυκλο >> >> τεσσερις (4) >>  
>> >> γ' κυκλο >> >> δυο (2) >>

Αρα η μεγαστη καταναλωση γινεται οταν εχω τεσσερις(4) φανους αναμενους οποτε:

$$4 \times 70 \text{ Watt} = 280 \text{ Watt}$$

Αρα θα τοποθετησουμε τρια(3) φωτοβολταικα των 100Wp.

## -Η Ηλιακή Ενεργεια



Τα Χανιά Κρήτης βλέπουμε ότι ανήκουν στη Ζώνη B με μέση ηλιακή ακτινοβολία περίπου 1600-1649 KWh/m<sup>2</sup>.

Επίσης το γεωγραφικό πλάτος των Χανίων είναι 35,30° μοίρες .

Συνήθως επιλέγεται σαν κλίση του Φ/Β πανελ το γεωγραφικό πλάτος(στο τέλος παραθετούμε τυπολόγιο για την εύρεση της κλίσης των Φ/Β πανελ) αλλά όταν τοποθετούμε ένα Φ/Β πανελ λαμβανούμε υπόψη και τους παραγοντες σκονι και χιονι. Δηλαδή πρέπει να υπάρχει μια ευλογία κλίση έτσι ώστε να μην συσσωρευεται πολύ σκονη και όταν δεν είναι προσβάσιμα τα Φ/Β πανελ και χιονίζει η κλίση που θα υπάρχει να βοηθάει έτσι ώστε να γλυστραει το χιονι από την επιφάνεια του.

Για την Ελλάδα η κλίση των συλλεκτών που επιλέγεται είναι συνήθως 45°. Όταν ενδιαφέρει περισσότερο η Φ/Β παραγωγή των θερινών μηνών, επιλέγεται μικρότερη κλίση, μέχρι περίπου 20°. Αντιθέτως τους χειμερινούς μήνες η βέλτιστη κλίση των συλλεκτών μπορεί να φτάσει μέχρι περίπου τις 60°, αλλά το κέρδος σε σύγκριση με την κλίση 45° είναι μικρό.

### -Το πλήθος των Φ/Β πανελ

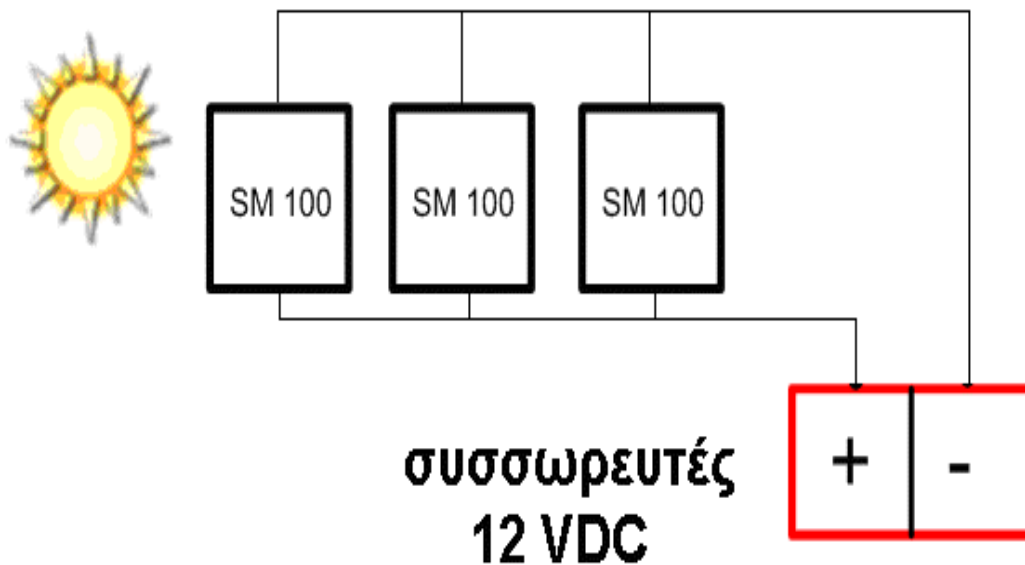
Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα χρησιμοποιήσουμε φωτοβολταϊκες γεννητριες Shell Solar πρων Siemens Solar μονοκρυσταλλικου πυριτιου με αλουμινενιο πλαισιο.(στο τελος παραθετουμε στοιχεια του κατασκευαστη και της τεχνολογιας που χρησιμοποιει η Φ/Β γεννητρια).

Ο τυπος της Φ/Β γεννητριας ειναι SM 100 ενδεικτικα αναφερομε οτι:

- Ισχυς 100Wp
- Ταση συστηματος 12V
- Διαστασεις 1321x660x40 mm
- Βαρος 11,5 Kg

Θα χρησιμοποιησουμε τρεις (3) Φ/Β γεννητριες οπου θα αποδιδουν  $3 \times 100 \text{ Wp} = 300 \text{ Wp}$  δηλαδη η μεγαστη ισχυς που θα μπορει να μας δωσει το συστημα με τις τρεις (3) Φ/Β γεννητριες θα ειναι 300W.

Η συνδεσμολογια που θα τοποθετηθουν τα Φ/Β πανελ ειναι παραλληλα οπως φαινεται και στο παρακατω σχημα:



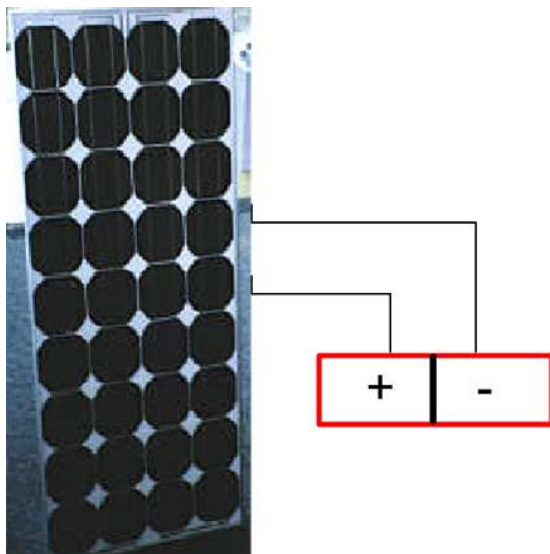
## - Αποθήκευση

Ένα αξιόπιστο σύστημα πρέπει να παρέχει επαρκή ηλεκτρική ενέργεια για την ικανοποίηση της ζήτησης και στα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει αντιστοιχία ηλιακή ακτινοβολία. Προφανώς, εννοούμε κυρίως τις νυχτερινές ώρες, τις συννεφιασμένες ημέρες και τις χρονικές αιχμές της κατανάλωσης. Τα Φ/β συστήματα που είναι συνδεδεμένα με κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, αντλούν από αυτά την απαιτούμενη συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, διοχετεύονται προς τα δίκτυα την ενδεχόμενη περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν υπερβαίνει την κατανάλωση του συστήματος. Όμως τα απομονωμένα αυτόνομα Φ/β συστήματα δεν έχουν αυτή τη δυνατότητα ενεργειακής ανταλλαγής. Επομένως χρειάζεται να αποθηκεύσουν μια ποσότητα από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή της Φ/β γεννήτριας. Ως προς την άλλη απαίτηση, δηλαδή την απαλλαγή του συστήματος από την περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από τη ζήτηση της κατανάλωσης και τη δυνατότητα αποθήκευσης, αυτή αναγκαστικά αντιμετωπίζεται με τη διοχέτευση της στη γη ή σε ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να προνοείται να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις και κυρίως το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχών ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της κατανάλωσης και το βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών ενεργειακών πηγών. Συνήθως, από τα αυτόνομα Φ/β συστήματα ζητείται να εξασφαλίζουν μια αυτοδυναμία τουλάχιστον 3 ως 10 ημερών περίπου.

Έτσι ερχομαστε στη λύση του συσσωρευτή, υπάρχουν διάφορων τύπων ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες), ανάλογα με το υλικό των ηλεκτροδίων τους. π.χ. συσσωρευτές νικελίου-καδμίου ή αργύρου-ψευδαργύρου. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι οικονομικότεροι για τη χρήση σε Φ/β συστήματα είναι οι συσσωρευτές Pb-Sb ή Pb-Ca, βυθισμένες σε διάλυμα θεικού οξέος. Είναι δηλαδή όμοιοι με τους συνηθισμένους συσσωρευτές των αυτοκινήτων, αν και εκείνοι κατασκευάζονται σε σχετικά γρήγορο ρυθμό.

Μπορούμε στο Φ/β σύστημα μας να χρησιμοποιήσουμε συσσωρευτές χωρητικότητας των 30Ah και 4Ah.



Το φορτίο που αποθηκεύετε, δηλαδή η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή μετράται συνήθως σε αμπερώρια (Ah), που είναι σε ιδανικές συνθήκες, το γινόμενο της μέσης έντασης του ρεύματος (I) που δίνει ο συσσωρευτής ανεξάρτητα από την τάση του, επί το πλήθος των ωρών μέχρι να εκφορτιστεί, ξεκινώντας από πλήρη φόρτιση. Προφανώς πιο χρήσιμο μέγεθος είναι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευθεί σε ένα συσσωρευτή η οποία όμως εξαρτάται από την τάση που δίνει ο συσσωρευτής.



Έτσι ένας συσσωρευτής χωρητικότητας π.χ.  $C=30 \text{ Ah}$ , που δίνει μέση τάση π.χ  $V=12 \text{ volt}$ , έχει ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με :

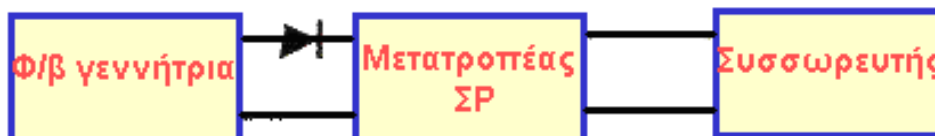
$$30 \text{ Ah} \times 12\text{V} = 360 \text{ Wh}$$

### - Παροχή Ισχύος

Στη συνεχεια αφού το Φ/Β συστημα μας, μας δίνει την απαιτουμενη ισχυ εμεις χρειαζεται επιπλεον να χρησιμοποιησουμε ειδικες διαταξεις, συνηθως ηλεκτρονικων ισχυος, που επεξεργαζονται την ηλεκτρικη ενεργεια που παραγει η Φ/Β γεννητρια.

Για την φόρτιση συσσωρευτών 12 V μπορεί να χρησιμοποιηθεί, παράλληλα ή στη σειρά με το Φ/β πλαίσιο, ένας ρυθμιστής τάσης που διατηρεί την τάση εξόδου του Φ/β πλαισίου στην επιθυμητή τιμή .

Επίσης, η τάση φόρτισης των συσσωρευτών μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί εντελώς από την τάση εξόδου της Φ/β γεννήτριας με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος. ο μετατροπέας αυτός παραλαμβάνει την τάση που δίνει η Φ/β γεννήτριας που είναι αναγκαστικά ασταθής λόγω των διακυμάνσεων της ηλιακής ακτινοβολίας την μετατρέπει στην ευνοϊκή τάση για την φόρτιση των συσσωρευτών και την σταθεροποιεί ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης όπως στο σχημα παρακατω:



Φυσικα υπαρχει πριν τον σταθεροποιητη διοδος ασφαλειας για την αποφυγη της εκφορτισης των συσσωρευτων διαμεσου της Φ/Β γεννητριας.

Όταν οι συσσωρευτές του συστήματος φορτιστούν πλήρως, η περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στη Φ/β γεννήτρια διοχετεύεται από τον ρυθμιστή προς κατάλληλες αντιστάσεις ή προς τη γη, και έτσι προστατεύονται οι συσσωρευτές από τους κινδύνους της υπερφόρτισης. Εκτός από τον ρυθμιστή τάσης, τα Φ/β συστήματα μπορούν να περιέχουν και άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις, όπως είναι οι ρυθμιστές ισχύος, γνωστοί με τη συντομογραφία MPPT (από την αγγλική έκφραση maximum power point trackers , δηλαδή διατάξεις παρακολούθησης του σημείου της μέγιστης ισχύος ).Ο προορισμός τους είναι να επιδιώκουν τη λειτουργία της Φ/β γεννήτριας στο σημείο της καμπύλης τάσης - έντασης που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση, όσο επιτρέπει ο συντελεστής πλήρωσης (FF). Στη συνέχεια, με τον μετατροπέα τάσης, η τάση εξόδου της Φ/β γεννήτριας μετατρέπεται στην απαιτούμενη για τη φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος. Πάντως, το κόστος των διατάξεων αυτών είναι σημαντικό, και έτσι, συνήθως παραλείπονται στα σχετικά μικρής ισχύος Φ/β συστήματα όπως το δικό μας.

Επίσης στη εξοδο του Φ/Β συστηματος θα παρεμβалуμε και ενα εναν αντιστροφεια (inverter) για να μετατρεψουμε το συνεχες (DC) σε εναλλασσομενο (AC) γιατι οι φανοι σημανσης χρησημοποιουνε εναλλασσομενο ρευμα.

Ενας αξιοπιστος ειναι ο STUDER C1312 με ενδεικτικα τεχνικα χαρακτηρηστικα τα εξης:

- Ισχυς 1300W
- Ταση εισοδου 12VDC
- Ταση εξοδου 230 VAC 50 Hz
- Διαστασεις 480x215x124 mm
- Βαρος 16Kg

Και φυσικα εχει πληρως ημιτονοειδη κυματομορφη εξοδου, ενσωματομενο φορτιστη συσσωρευτων ( 0-100A ), ενδειξεις LED και δυνατοτητα τηλεχειρισμου.

**\* για τυχον αποριες στο κειμενο παραθετουμε παραρτημα με κειμενα, τυπολογιο και μετεωρολογικα δεδομενα.**

### Προγραμματισμός του LOGO!

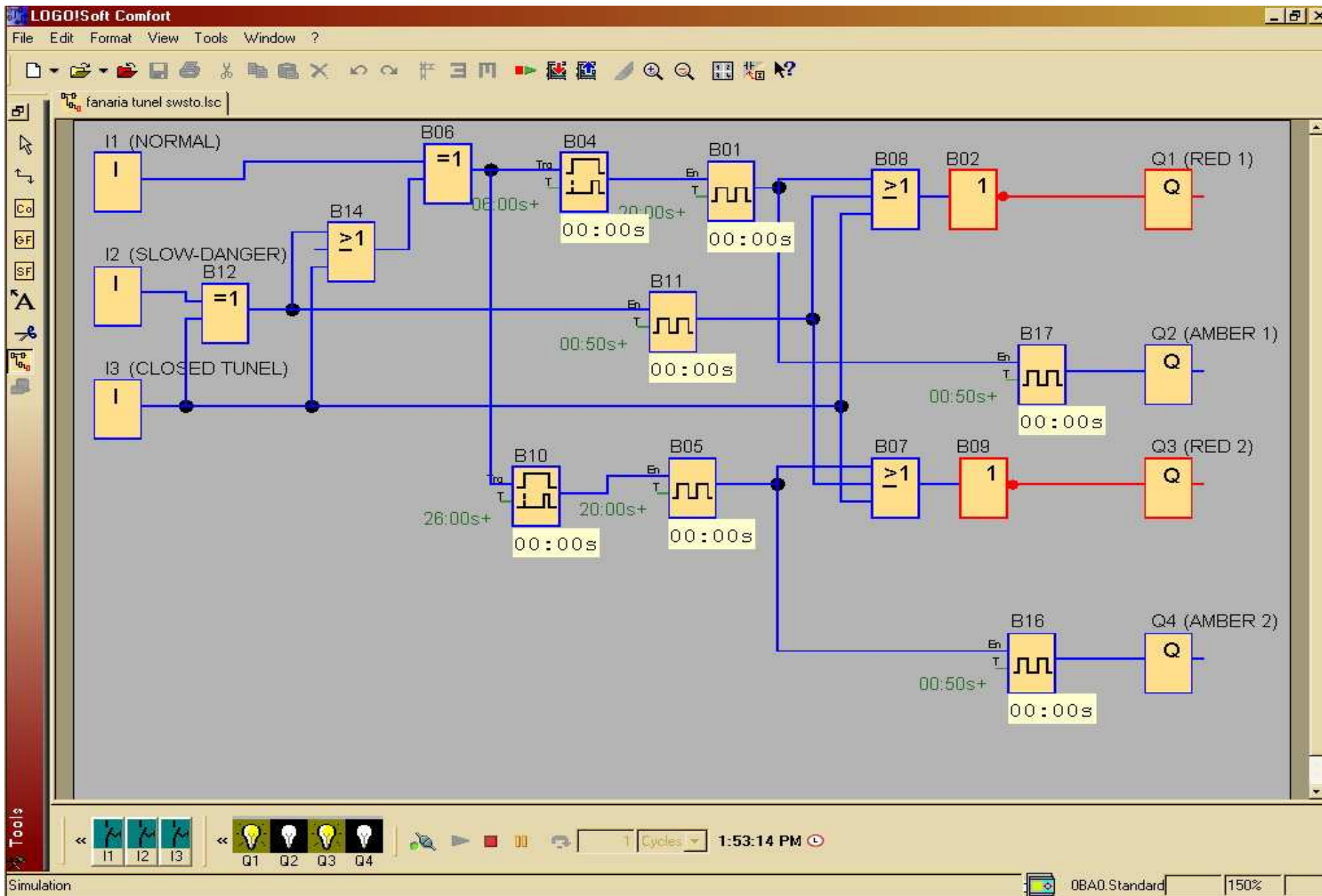
Το πρόγραμμα γράφτηκε με τη βοήθεια του λογισμικού προγραμματισμού LOGO!Soft Comfort της εταιρίας SIEMENS.

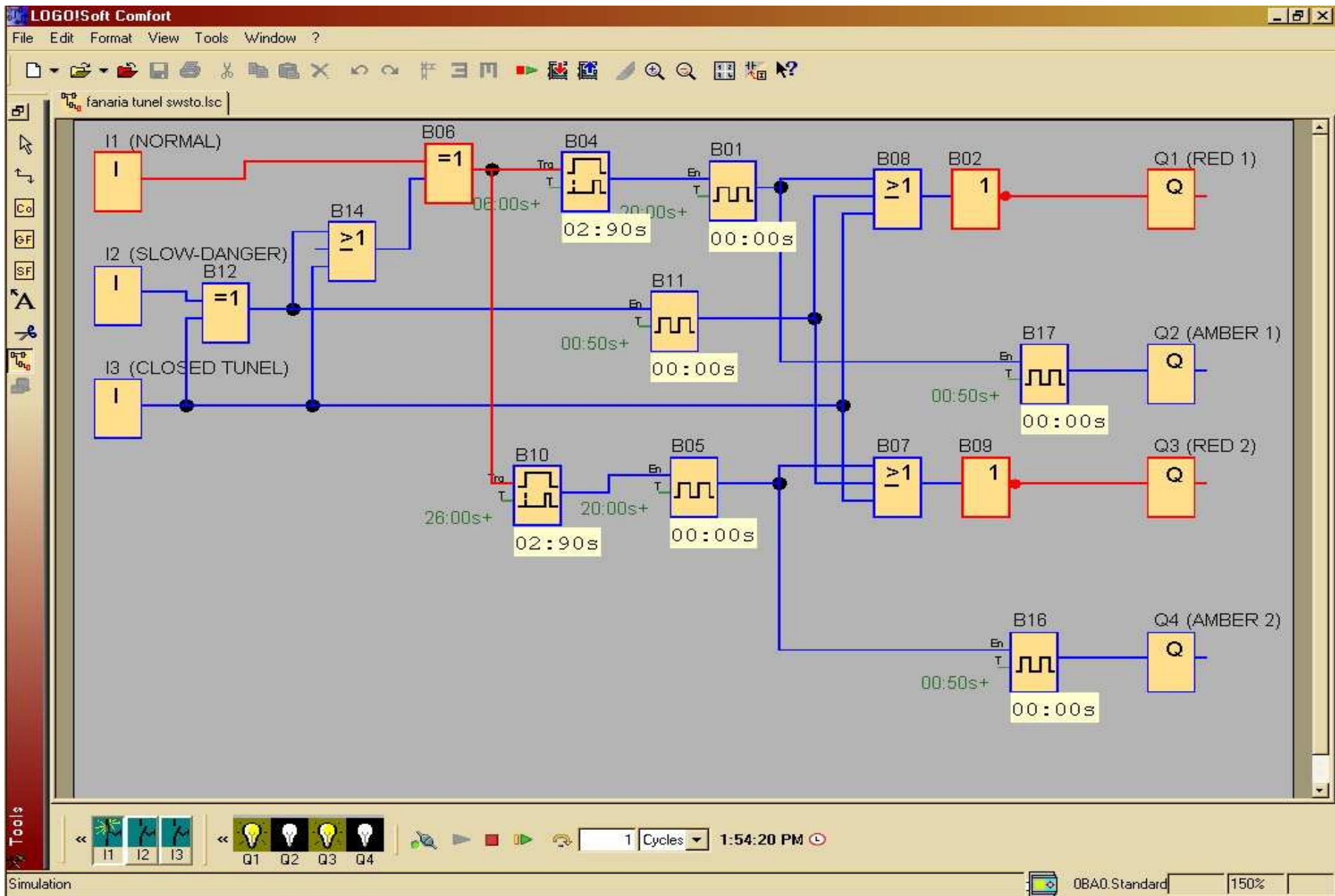


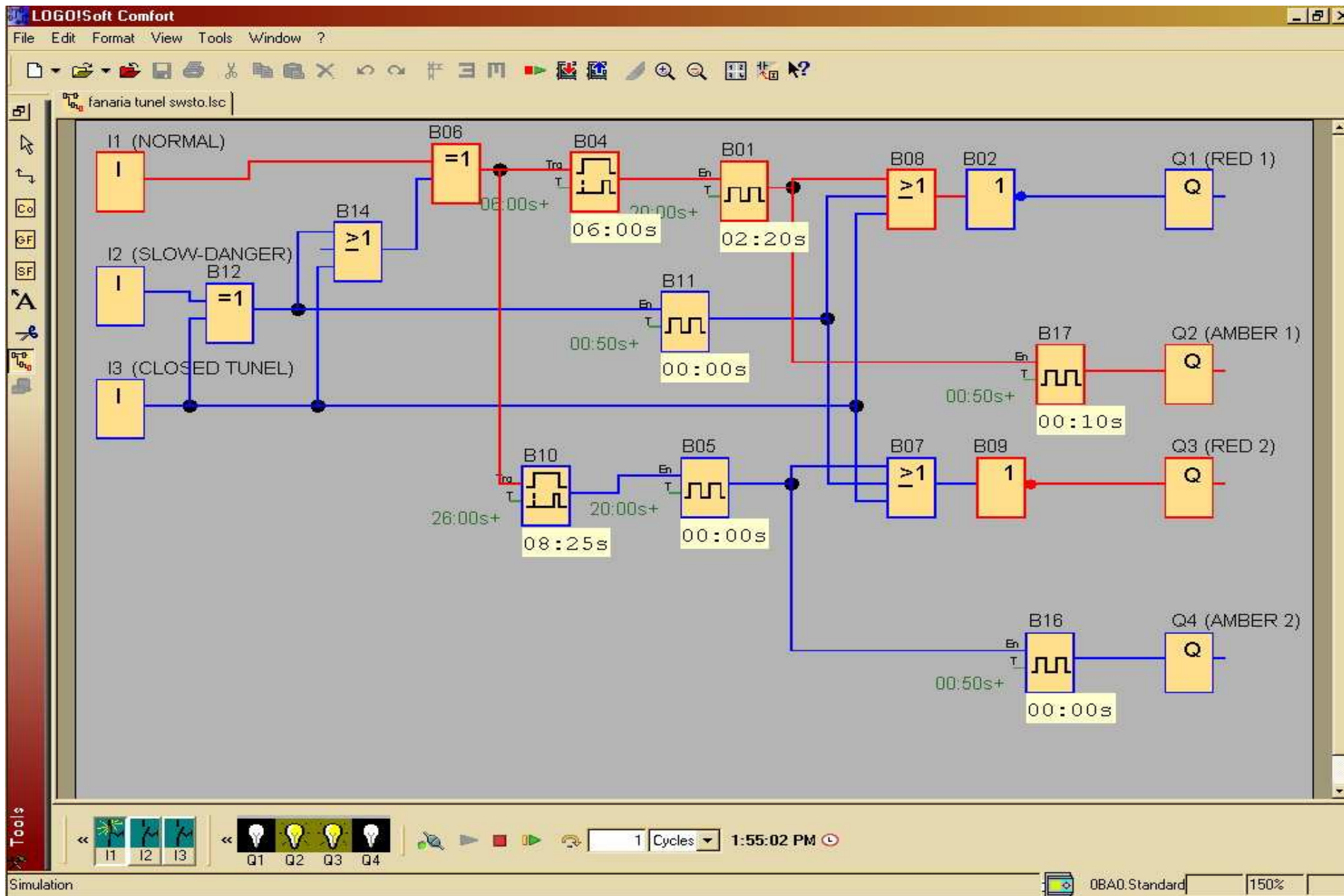
στην πορεία έγινε αναβάθμιση σε:

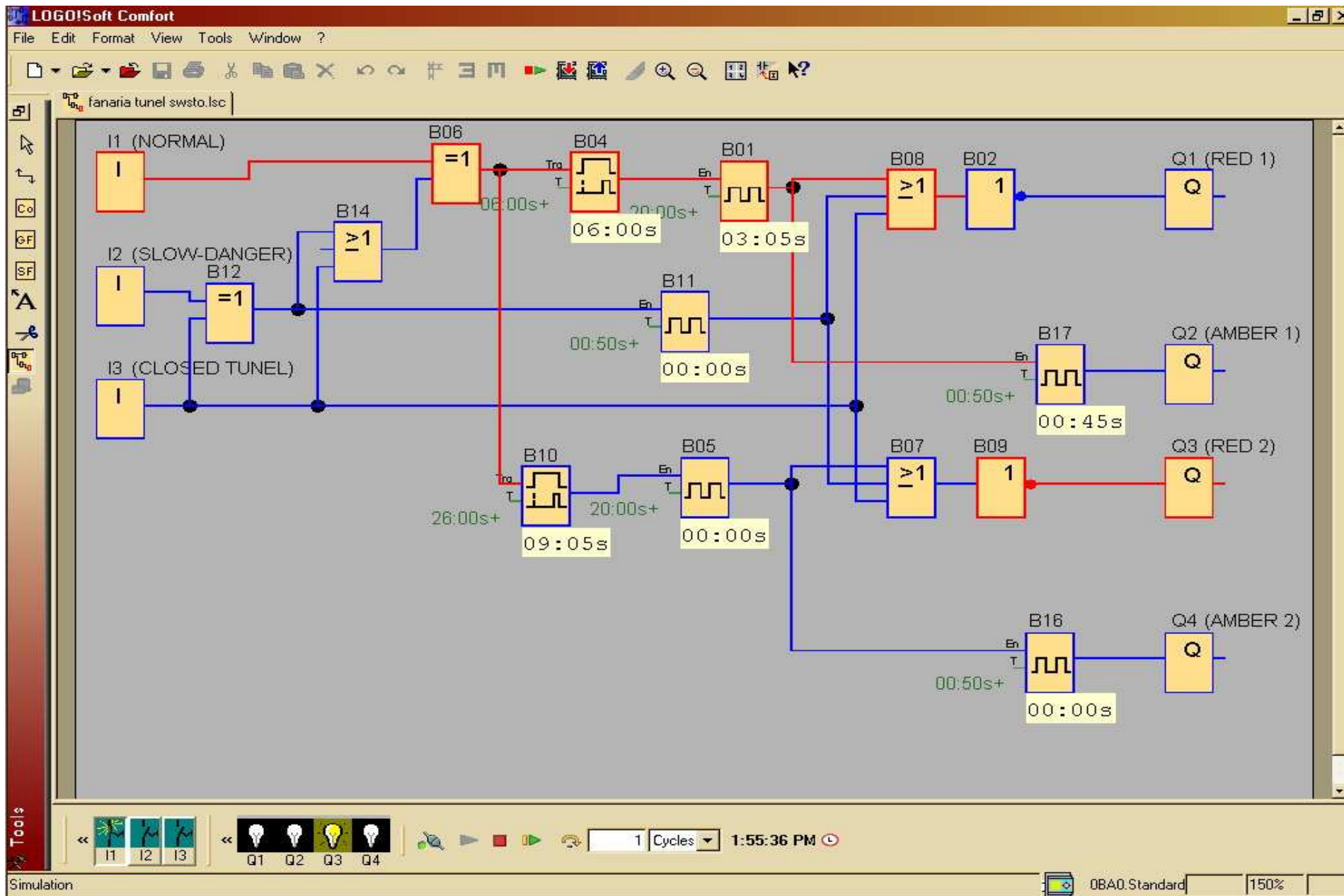


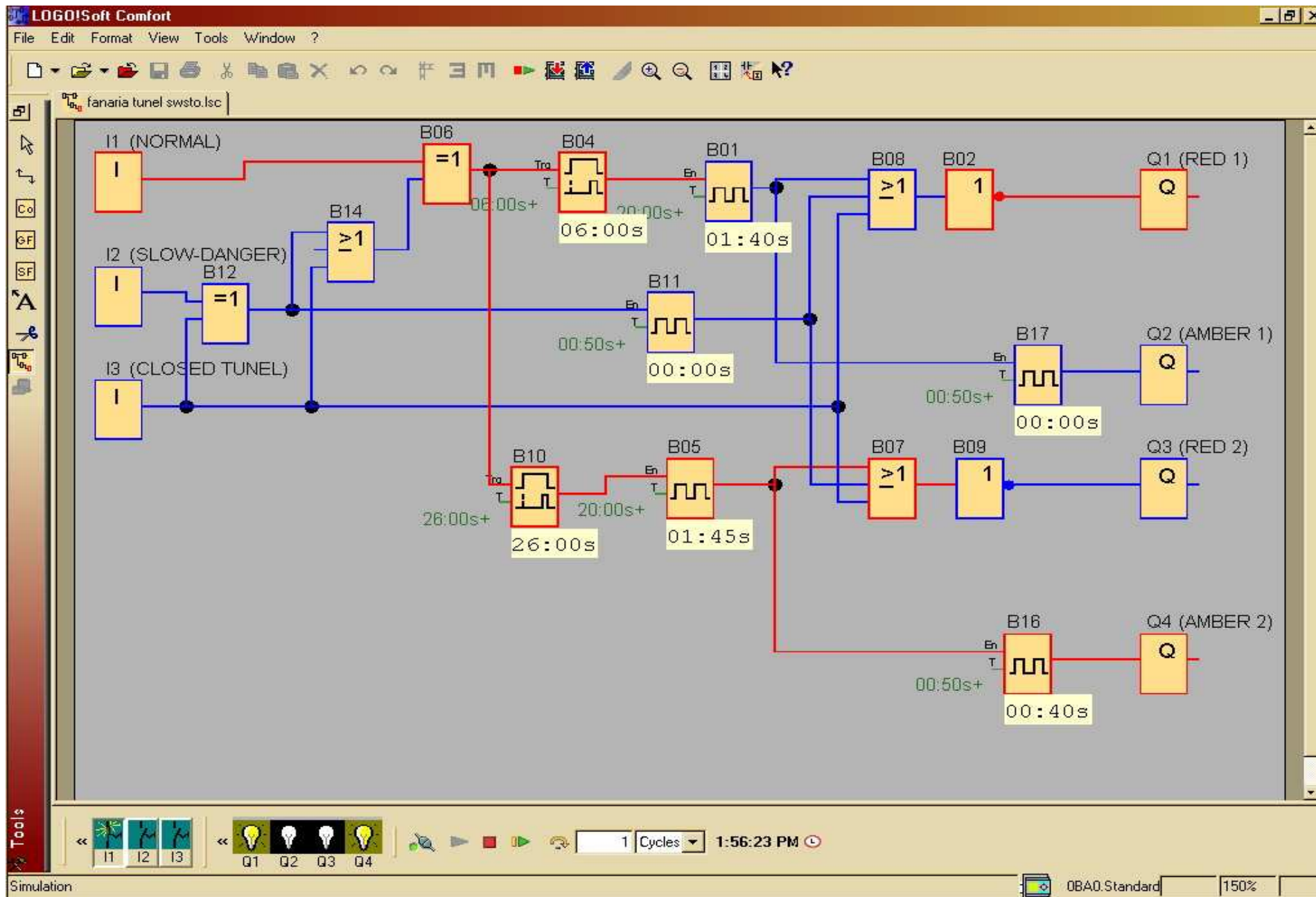
Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται το πρόγραμμα και η εξομοίωση που έγινε μέσα από το LOGO!Soft Comfort.



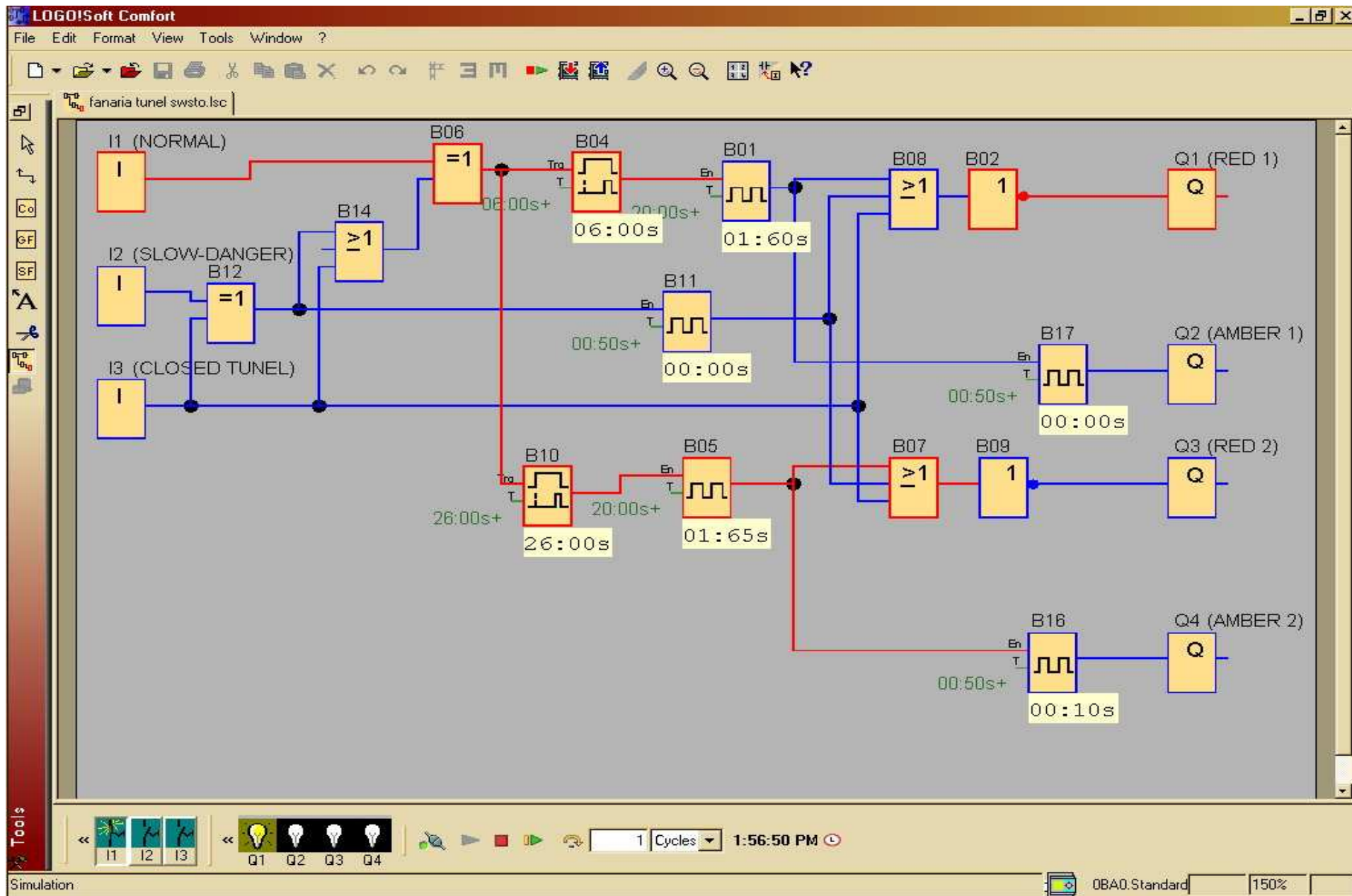


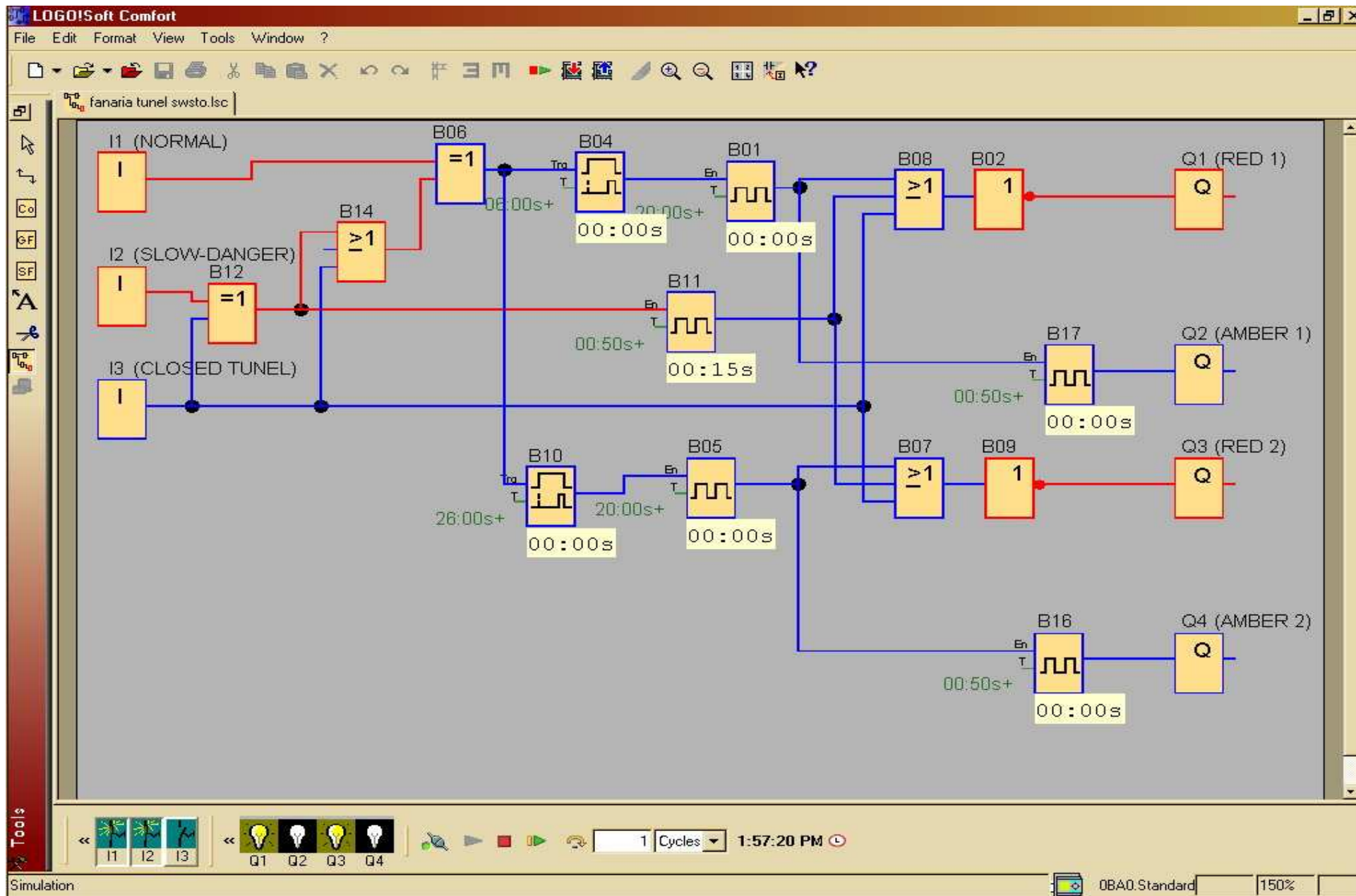


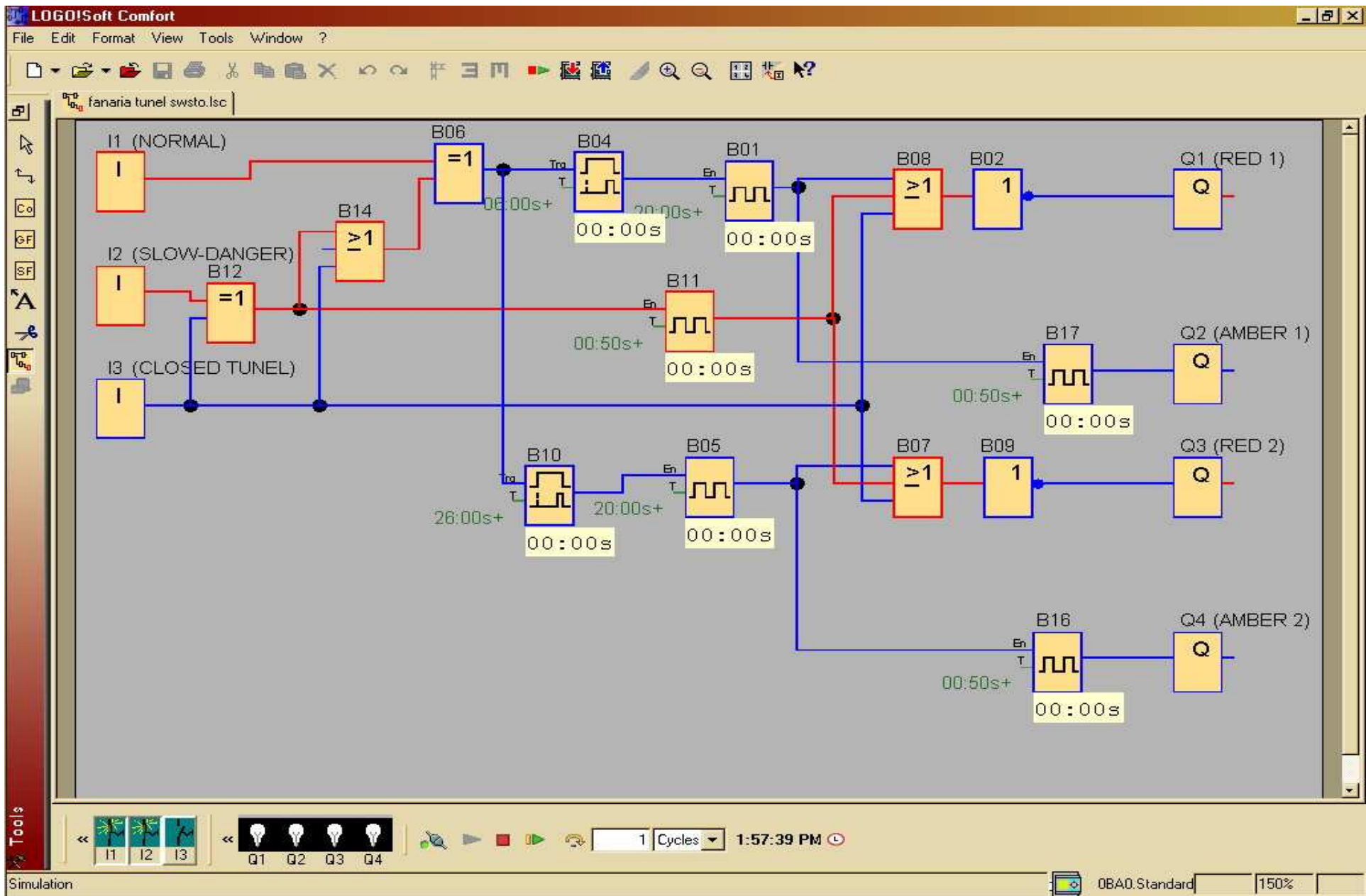


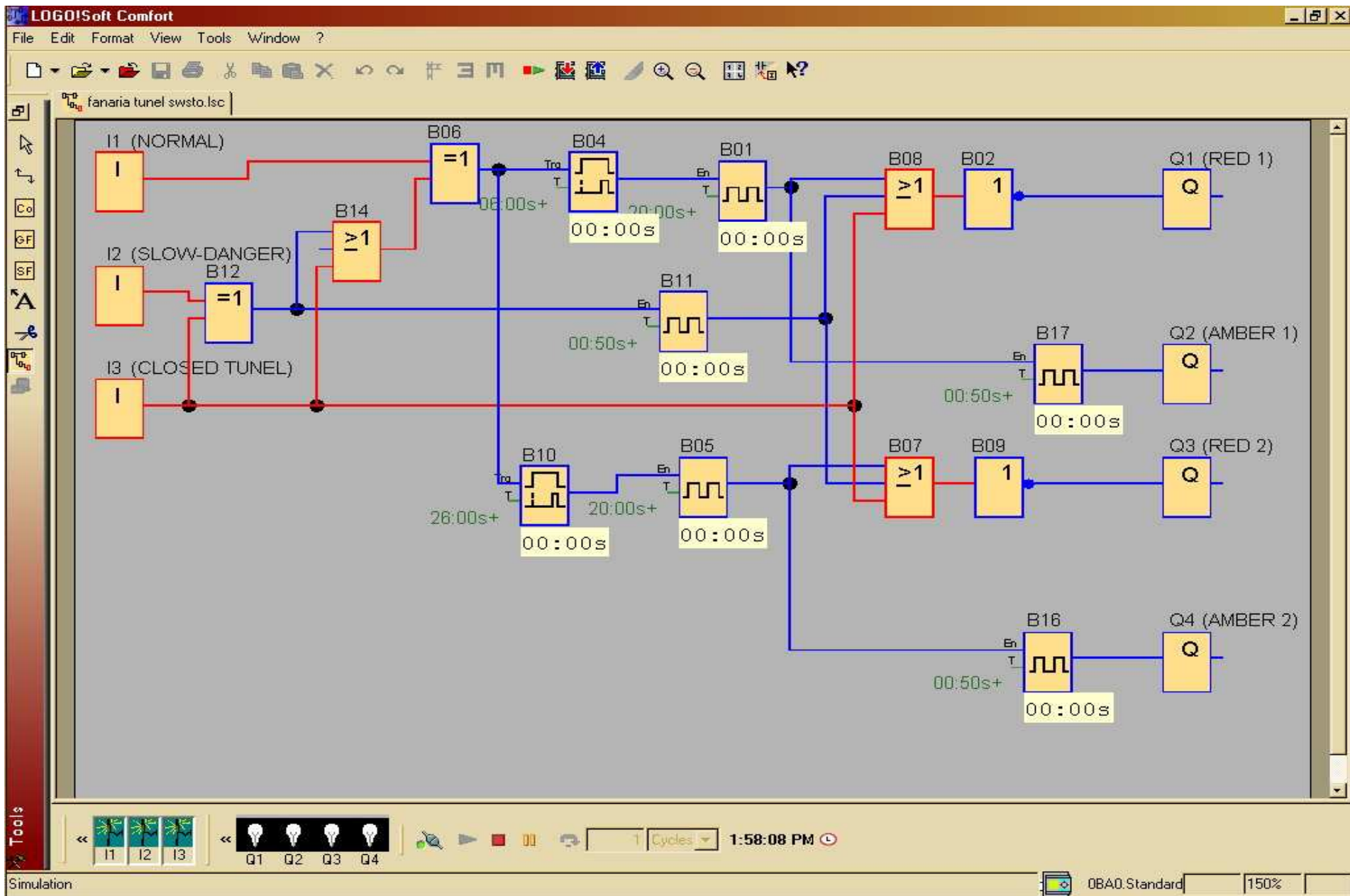


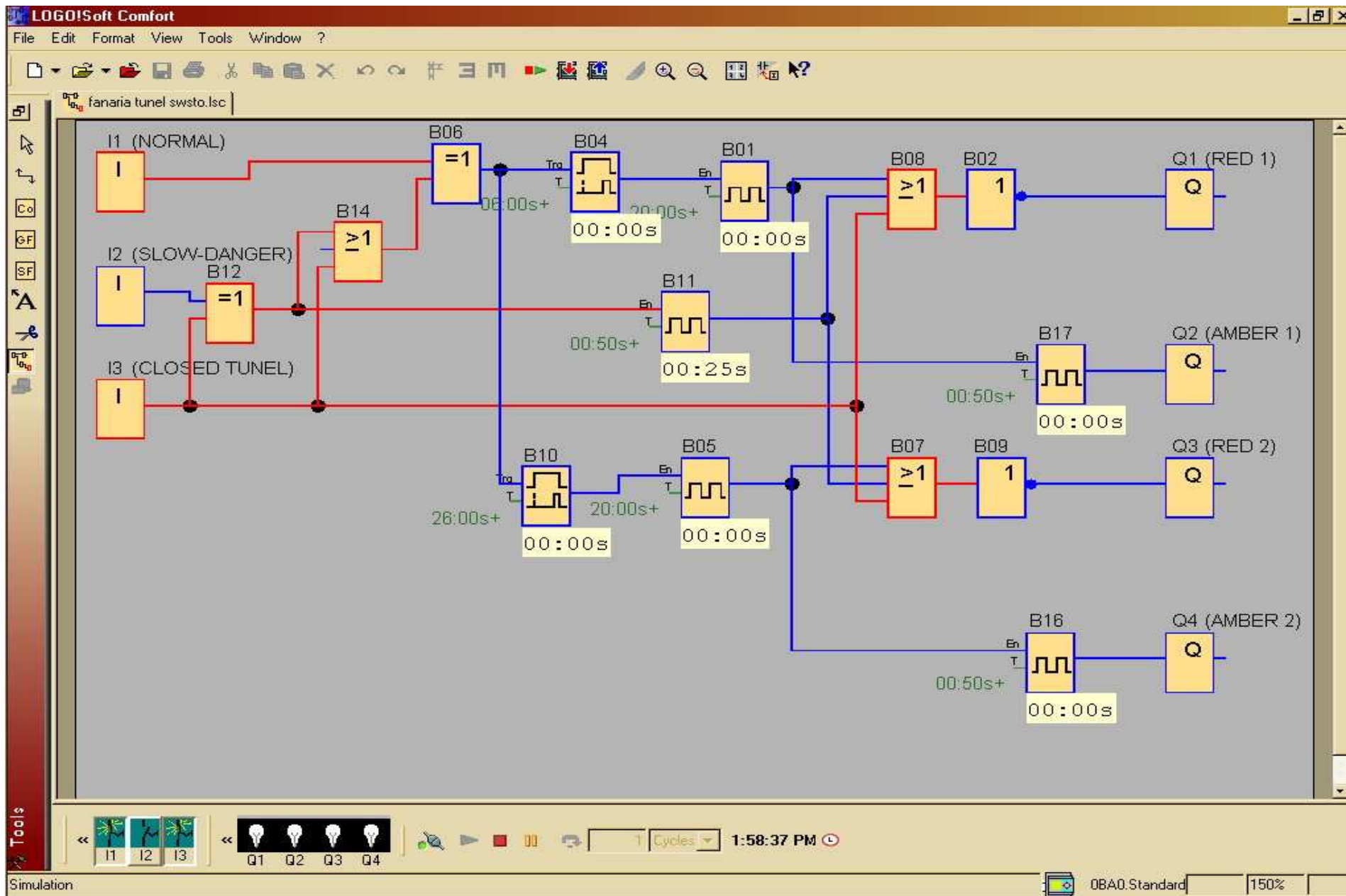


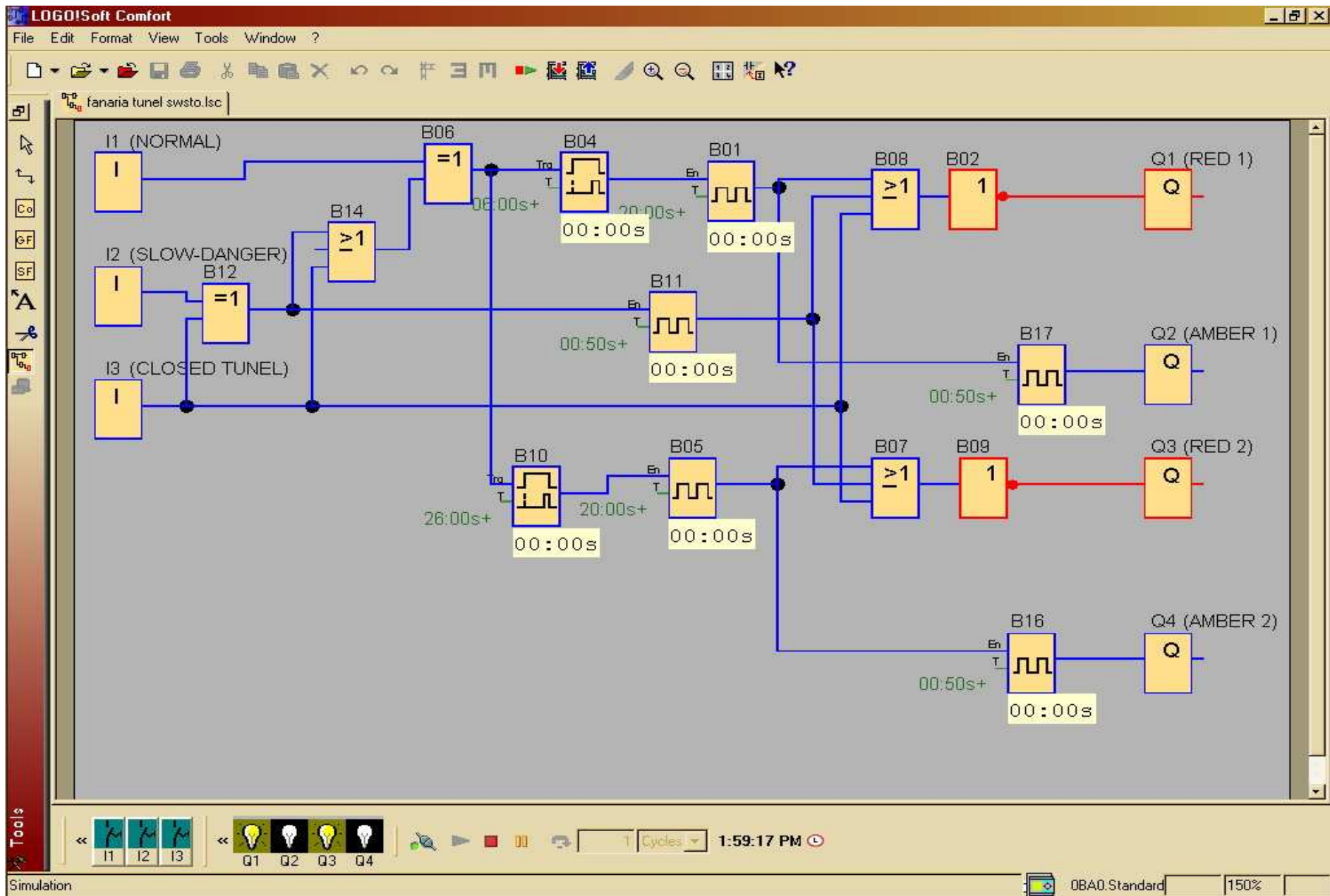












## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παραθέτουμε τα manual των εξαρτημάτων που χρησιμοποιηθηκαν, πλακετες, LED Cards, νομους που ψηφιστηκαν για την παραγωγη και εκμεταλευση ηλεκτρικης ενεργειας και τις προδιαγραφες της Ελληνικης Νομοθεσιας για τους σηματοδοτες κυκλοφοριας

- Manual του LOGO το παραθετουμε σε ηλεκτρονικη μορφη κι εδω εχουμε μια brochure, traffic sensors
- Προσανατολισμος Κλιση Συλλεκτη
- LED Cards που χρησιμοποιουνται στην Ιταλια
- Οι νομοι που παραθετουμε ειναι απο φυλλα της εφημεριδας της κυβερνησεως οπως και οι προδιαγραφες κατασκευης σηματοδοτων κυκλοφοριας.
- Μετεωρολογικα Δεδομενα



## Switching and controlling – the profitable way



Profitable companies have vision – they maintain their competitive edge by using new technologies that are always a step ahead of their time. There is constant pressure to save time and money at every stage of the process, from planning and commissioning through to operation. And the applications must offer the critical added extra in terms

of options, convenience and technical refinement at all times. Switching and controlling play a central part in this process – they must be both simple and intelligent; simple in operation and intelligent in implementing the many options that are expected of an application with vision.





**Transport facilities**

- Conveyor systems
- Hoisting platforms
- Elevators
- Silo works
- Automatic dry feeders



**House and building services management**

- Lighting control (outside and inside lighting)
- Door/gate control
- Shutter, sun blind and awning control
- Watering and sprinkler system control



**Special solutions**

- Solar-electric systems
- Use on ships
- Use under extreme environmental conditions
- Display panels and traffic control signs

2

## LOGO! – millions of applications



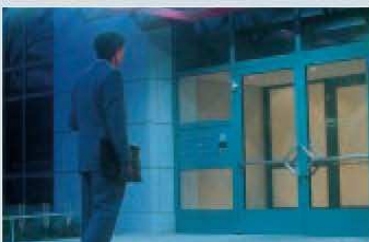
### Heating/ventilation/air conditioning

- Energy management
- Heating
- Cooling systems
- Ventilation systems
- Air conditioning systems



### Machine controls

- Motor, pump and valve controls
- Air compressors
- Exhaust and filtering systems
- Water-treatment plants
- Sawing machines and planing machines
- Etching and purification plants



### Operational monitoring systems

- Access control
- Vehicle control monitoring
- Alarm systems
- Limit-value monitoring
- Traffic light control systems
- Baggage control

## LOGO! – simply more

LOGO! is already successfully used in millions of applications, offering a user-friendly interface and maximum ease of operation, combined with its typical quality features. For years LOGO! has been successfully performing simple automation tasks in trade and industry. The high storage capacity and efficient use of memory create a host of benefits and excellent functionality. Operation could not be easier, thanks to the LOGO! Soft Comfort software. Program generation, project simulation and documentation are all performed by means of drag & drop techniques for an unparalleled level of convenience. The practical use of LOGO! leaves nothing to be desired – a backlit display, optimum use of display lines and options for directly modifying message texts guarantee professional operation and satisfied users.

LOGO! is modular and flexible. With the expansion modules you can expand any LOGO! to 24 digital inputs, 16 digital outputs and 8 analog inputs at any time. Apart from the digital modules and analog modules, there are also communications modules for AS-Interface and *instabus EIB*. Brand-new: the new analog output module, e.g. for simple closed-loop control tasks. **NEW:** the new special functions **PI controller**, **ramp function** and **analog multiplexer** open up new possibilities.



## The LOGO! hardware

LOGO! offers the widest range of applications and successful implementation of extensive applications with the option of selecting 36 integrated functions and linking them with up to 130 blocks. Operator control and monitoring is made extremely user-friendly by means of a backlit display with four lines of 12 characters, the display of setpoint and actual values in one line and the option of changing actual values and parameters directly at the device level. Flexibility guaranteed by the permanent and versatile expansion options of LOGO!

LOGO! – simply more

4

### LOGO! reduces costs by up to 50%

- Replaces many conventional switching devices
- Requires less space in the control cabinet
- Fewer accessories
- Less warehouse space
- Saves on service because it is wear-free

### LOGO! reduces time requirements by up to 70%

- Snaps right onto the DIN rail
- Requires almost no wiring
- Can be programmed at the push of a button
- Pre-tested sample programs can be used at no charge or generated on the PC, tested, and transferred quickly and without error
- User-friendly configuring
- Automatic summer/winter time change
- Documentation



## The LOGO! software

LOGO! Soft Comfort means sensationally simple and fast operation. Create ladder and function block diagrams simply by selecting, dragging and dropping the relevant functions and your connections. Make use of fully offline simulation of the entire switching program on the PC as well as online testing during operation. Professional documentation is included with all necessary configuration information such as comments and switching program settings.

LOGO! Soft Comfort – simply professional

### LOGO! reduces space requirements by up to 70%

- Four width modules suffice to replace a wide variety of relays, time switches and contactor relays
- 8 basic and 28 special functions replace many conventional switching devices
- Saves space on accessories and mounting fixtures

### Universal application

- Vibration-resistant
- High level of electromagnetic compatibility (EMC)
- Industrial standard
- For all climatic conditions
- Radio interference suppression class B
- All necessary certifications for use anywhere in the world



## The LOGO! functions

**With the eight basic functions** you can create simple switching programs quickly either at the device or on the PC.

**With the 28 special functions** you can also create complex switching programs quickly and easily. An extensive selection of sample applications can be found at [www.siemens.com/logo](http://www.siemens.com/logo)

### The eight basic functions

	<p><b>AND</b> Series connection NO contact</p>			<p><b>NOR (or not)</b> Series connection NC contact</p>	
	<p><b>OR</b> Parallel connection NO contact</p>			<p><b>XOR (Exclusive OR)</b> Dual changeover contact</p>	
	<p><b>NOT</b> Inverter</p>			<p><b>AND with edge evaluation (pos. edge)</b></p>	
	<p><b>NAND (and not)</b> Parallel connection NC contact</p>			<p><b>NAND with edge evaluation (neg. edge)</b></p>	

### The 28 special functions

ON delay	OFF delay	ON/OFF delay	Retentive ON delay	Impulse relay/ pulse output	Impulse relay/ edge triggered	Clock-pulse generator



LOGO! Basic



LOGO! Pure



Digital expansion modules

- .• Different voltages, i. e. 12 V DC, 24 V AC/DC, • Display of message texts, setpoint and There are four versions for expanding the 115/240 V AC/DC actual values as well as direct modification digital inputs and outputs:

- .– Can be used for a wide range of applications of the values on the display (except for .

**DM8 230R/DM16 230R**

- .• Automatic changeover from daylight saving Pure versions) – Supply voltage 115/240 V AC/DC time to winter time – Makes separate display unnecessary – Four/eight 120/230 V AC/DC digital inputs

- .– Reduces maintenance overhead • Integrated data latch – Four/eight digital output relays, 5 A per relay

- .• Password protection – Protects current values against loss in the • **DM8 24/DM16 24**

- .– Protects your know-how event of a power failure – Supply voltage 24 V DC

- .• 36 integrated, pre-tested functions • Flexibly expandable up to 24 DIs, 16 DOs – Four/eight 24 V DC digital inputs

- .– No additional devices, such as elapsed and 8 AOs – Four/eight digital output transistors, 0.3 A time counter, are required – Protects original investment • **DM8 12/24R**

- .• Linking of 130 functions is possible – Suitable for a wide variety of applications – Supply voltage 12/24 V DC

- .– extensive applications can be • Software LOGO!Soft Comfort V4 for user— Four 12/24 V digital inputs implemented without restrictions friendly generation of control

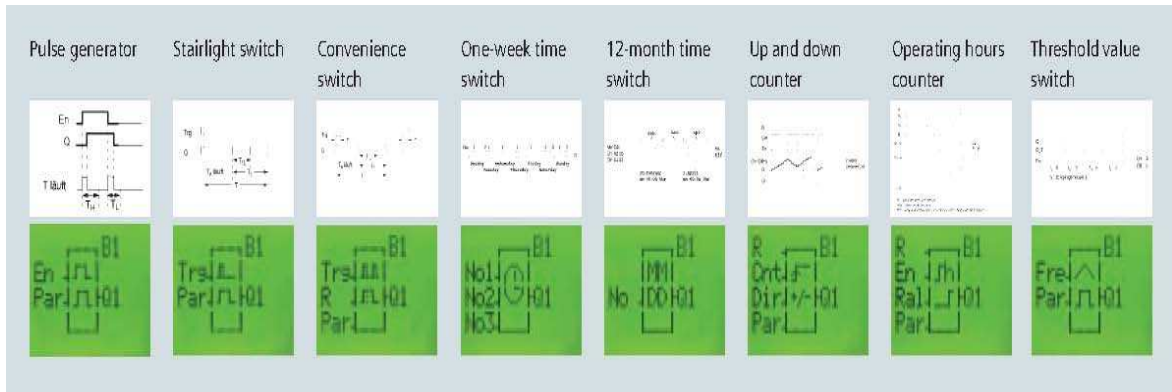
programs on – Four digital output relays, 5 A per relay

- Eight digital inputs (incl. two AIs at PC; suitable for a variety of operating • **DM8 24R** 12/24 V DC) and four digital outputs on systems, such as WIN 95/98, NT 4.0, ME, – Supply voltage 24 V AC/DC board 2000 or XP, MAC OS X 10.2 with J2SE 1.4.1
- Four 24 V AC/DC digital inputs, PNP or NPN

and Linux with J2SE 1.4.1. – Four digital output relays, 5 A per relay

• **DM16 24R**

- .– Supply voltage 24 V DC
- .– Eight 24 V DC digital inputs
- .– Eight digital output relays, 5 A per relay



## The software

Simple – quick – professional

The LOGO! Soft Comfort software does it all – generating and testing control programs, simulating all functions and of course documentation is sensationally easy with LOGO! Soft Comfort using drag & drop on your PC. This is how it is done:

### Creating control programs

- Select function and position on the drawing surface
- Link selected functions by means of connecting lines
- Set function parameters using clear dialog window

### Commissioning with LOGO!

- Simulation of the entire switching process using all functions on the PC



### Analog expansion modules

There are two versions for expanding the analog inputs:

- **AM2**
  - Supply voltage 12/24 V DC
  - Two channels
  - 0 to 10 V or 0 to 20 mA typ.
- **AM2 PT100**
  - Supply voltage 12/24 V DC
  - Two channels
  - Type PT100
  - Measuring range  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **AM2 AQ**
  - Supply voltage 24 V DC
  - 2 analog outputs
  - Output range 0 to 10 V



### Communications modules

Customized modules are also available for communication:

- **CM AS-Interface slave**
  - Supply voltage 12/24 V DC
  - 4 Dis/4 DOs as interface to AS-Interface master
- **CM EIB/KNX (*instabus EIB*)**
  - Supply voltage 24 V AC/DC
  - max. 16 Dis, 12 DOs, 8 AIs as interface to *instabus EIB*
  - Synchronization of date and time via *instabus EIB*
  - All digital and analog inputs/outputs are available on the *instabus EIB* as communication objects
  - Dimmer and shutter actuators connected to the *instabus EIB* can be activated in conformance with the system

Analog comparator



Analog threshold value switch



Analog amplifier



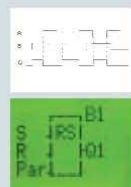
Analog monitoring



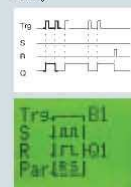
Analog differential threshold switch



Latching relay



Current inrush relay



Message text










## LOGO! modular – the technical details


Technical specifications	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! 24 LOGO! 24o	LOGO! 24RC LOGO! 24RCo	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo
<b>Basic units</b>				
Inputs, of these usable as analog inputs	8 2 (0 to 10 V)	8 2 (0 to 10 V)	8 –	8 –
Input/supply voltage	12/24 V DC	24 V DC	24 V AC/DC	115/240 V AC/DC
Permissible range	10.8 V DC to 28.8 V DC	20.4 V DC to 28.8 V DC	20.4 to 28.8 V DC	85 ... 253 V AC
On "0" signal	Max. 5 V DC	Max. 5 V DC	Max. 5 V DC	100 ... 253 V DC
On "1" signal	Min. 8 V DC	Min. 8 V DC	Min. 12 V DC	Max. 40 V AC/30 V DC
Input current	1.5 mA (I1 to I6) 0.1 mA (I7 to I8)	1.5 mA (I1 to I6) 0.1 mA (I7 to I8)	2.5 mA	Min. 79 V AC/79 V DC 0.08 mA
Outputs	4 relays	4 transistors	4 relays	4 relays
Continuous current	10 A for resistive load; 3 A for inductive load	0.3 A	10 A for resistive load; 3 A for inductive load	10 A for resistive load; 3 A for inductive load
Short-circuit protection	External fuse required	Electronic (approx. 1 A)	External fuse required	External fuse required
Operating frequency	2 Hz for resistive load; 0.5 Hz for inductive load	10 Hz	2 Hz for resistive load; 0.5 Hz for inductive load	2 Hz for resistive load; 0.5 Hz for inductive load
Power loss	0.3 to 1.7 W (12 V) 0.4 to 1.8 W (24 V)	0.7 to 1.3 W	0.9 to 2.7 W	1.1 to 4.6 W (115 V AC) 2.4 to 6.0 W (240 V AC) 0.5 to 2.9 W (115 V DC) 1.2 to 3.6 W (240 V DC)
Cycle time	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function
Integrated time switches/reserve power	Yes/typ. 80 h	–	Yes/typ. 80 h	Yes/typ. 80 h
Connecting cables	2 x 1.5 mm <sup>2</sup> , 1 x 2.5 mm <sup>2</sup>			
Ambient temperature	0 °C to +55 °C			
Storage temperature	–40 °C to +70 °C			
Radio interference suppression	To EN 55011 (limit-value class B)			
Degree of protection	IP20			
Certification	To VDE 0631, IEC 1131, UL, FM, CSA, ship-building certifications			
Installation	On 35-mm DIN rail, 4 WM wide, or wall mounting			
Dimensions	72 (4 WM) x 90 x 55 mm (W x H x D)			
<b>Technical specifications</b>	<b>LOGO! DM8 12/24R</b>	<b>LOGO! DM8 24 DM16 24</b>	<b>LOGO! DM8 24R DM16 24R</b>	<b>LOGO! DM8 230R DM16 230R</b>
<b>Digital modules</b>				
Inputs	4	4/8	4/8	4/8
Input/supply voltage	12/24 V DC	24 V DC	24 V AC/DC * 24 V DC **	115/240 V AC/DC
Permissible range	10.8 to 28.8 V DC	20.4 to 28.8 V DC	20.4 to 28.8 V DC 20.4 to 26.4 V AC *	85 to 253 V AC 100 to 253 V DC
On "0" signal	Max. 5 V DC	Max. 5 V DC	Max. 5 V AC/DC	Max. 40 V AC
On "1" signal	Min. 8 V DC	Min. 8 V DC	Min. 12 V AC/DC	Min. 79 V AC
Input current	1.5 mA	1.5 mA	1.5 mA	0.08 mA
Outputs	4 relays	4/8 transistors	4/8 relays	4/8 relays
Continuous current I <sub>th</sub> (per terminal)	5 A for resistive load 3 A for inductive load	0.3 A	5 A for resistive load 3 A for inductive load	5 A for resistive load 3 A for inductive load
Short-circuit protection required	External fuse	Electronic (approx. 1 A) required	External fuse required	External fuse
Operating frequency	2 Hz for resistive load 0.5 Hz for inductive load	10 Hz	2 Hz for resistive load 0.5 Hz for inductive load	2 Hz for resistive load 0.5 Hz for inductive load
Power loss	0.3 to 1.7 W at 12 V DC 0.4 to 1.8 W at 24 V DC	0.8 to 1.1 W * 0.8 to 1.7 W **	0.4 to 1.8 W at 24 V DC * 0.9 to 2.7 W at 24 V AC * 0.7 ... 2.5 W at 24 V DC **	1.1 to 3.5 W (115 V AC) ... 4.5 ** 2.4 to 4.8 W (240 V AC) ... 5.5 ** 0.5 to 1.8 W (115 V DC) ... 2.9 ** 1.2 to 2.4 W (240 V DC) ... 4.8 **
Dimensions (W x H x D)	36 (2 WM) x 90 x 55 mm	36 (2 WM) x 90 x 55 mm 72 (4 WM) x 90 x 55 mm	36 (2 WM) x 90 x 55 mm 72 (4 WM) x 90 x 55 mm	36 (2 WM) x 90 x 55 mm 72 (4 WM) x 90 x 55 mm

R: Relay outputs, C: Clock, o – No display, \*: for the DM8 module, \*\*: for the DM16 module




- **LOGO! PC cable**
  - The direct connection to and from LOGO!
  - For easy transmission of LOGO! switching programs to and from the PC
- **LOGO! program module**
  - For duplication
  - And for protecting your expertise
- **LOGO! manual**
  - Detailed operating information
  - Description of all integrated functions
  - Numerous practical sample applications
- **LOGO! Power: the power supply**


For effortless conversion of the 100/240 V AC line voltage into the relevant operating voltage

  - For all LOGO! 12 V DC units
  - And 24 V DC units
  - Two versions in each case for different output currents
- **LOGO! Contact**

Hum-free switching module

  - For switching resistive loads up to 20 A
  - For direct switching of motors up to 4 kW
  - For high-performance loads in noise-sensitive environments
- **LOGO! Prom**

For duplicating program modules

  - Copying modules
  - Describing modules by means of LOGO! Soft Comfort
- **Front panel racks**

For installation in control cabinet doors

  - Front IP65 (IP30 without disk)
  - 4 WM or 8 WM (optionally with keys)



## LOGO! – simply new

### Ordering data

LOGO! versions	Order number
LOGO! 24	6ED1 052-1CC00-0BA5
LOGO! 24o	6ED1 052-2CC00-0BA5
LOGO! 12/24RC	6ED1 052-1MD00-0BA5
LOGO! 12/24RCo	6ED1 052-2MD00-0BA5
LOGO! 24RC (AC/DC)	6ED1 052-1HB00-0BA5
LOGO! 24RCo (AC/DC)	6ED1 052-2HB00-0BA5
LOGO! 230RC	6ED1 052-1FB00-0BA5
LOGO! 230RCo	6ED1 052-2FB00-0BA5

Expansion modules	Order number
LOGO! DM8 24	6ED1 055-1CB00-0BA0
LOGO! DM8 12/24R	6ED1 055-1MB00-0BA1
LOGO! DM8 24R (AC/DC)	6ED1 055-1HB00-0BA0
LOGO! DM8 230R	6ED1 055-1FB00-0BA1
LOGO! DM 16 24	6ED1 055-1CB10-0BA0
LOGO! DM 16 24R	6ED1 055-1NB10-0BA0
LOGO! DM 16 230R	6ED1 055-1FB10-0BA0
LOGO! AM2	6ED1 055-1MA00-0BA0
LOGO! AM2 PT100	6ED1 055-1MD00-0BA0
LOGO! AM2 AQ	6ED1 055-1MM00-0BA0

Communications modules	Order number
LOGO! AS-i	3RK1 400-0CE10-0AA2
LOGO! EIB/KNX	6BK1 700-0BA00-0AA1

Optional accessories	Order number
LOGO! Manual German	6ED1 050-1AA00-0AE6
LOGO! Manual English	6ED1 050-1AA00-0BE6
LOGO! Memory card	6ED1 056-5CA00-0BA0
LOGO! Soft Comfort 5.0	6ED1 058-0BA01-0YA0
LOGO! Soft Comfort upgrade	6ED1 058-0CA01-0YE0
LOGO! PC cable	6ED1 057-1AA00-0BA0

R: Relay outputs, C: Clock/time switch, o: No display

The products listed here may be subject to the current European/German and/or US export regulations.

**Siemens AG**  
Automation and Drives  
Industrial Automation Systems  
P.O. Box 48 48  
D-90327 Nuremberg  
[www.siemens.com/logo](http://www.siemens.com/logo)

### [www.siemens.com/logo](http://www.siemens.com/logo)

#### LOGO! on the Internet

On the Internet you can find information on products and

- Free demo software
- Software upgrades
- Preprogrammed applications
- News
- The customer magazine GO!
- and much more

You can make purchases online (such as LOGO! software, hardware or action packages), and you can go to Service and Support (on request) for personal support.

Further sample applications and configuration aids can be found at [www.siemens.com/microset](http://www.siemens.com/microset) and of course at [www.siemens.com/logo](http://www.siemens.com/logo)

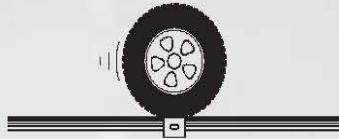
*The information provided in this brochure contains merely general descriptions or characteristics of performance which in actual case of use do not always apply as described or which may change as a result of further development of the products. An obligation to provide the respective characteristics shall only exist if expressly agreed in the terms of contract.*



# GOT TRAFFIC? ...WE'VE GOT YOU COVERED!



MEASUREMENT  
SPECIALTIES



Roadtrax® BL  
Piezoelectric Axle Sensor

Measurement Specialties, Inc.  
950 Forge Avenue  
Norristown, PA 19403  
PHONE: 610-650-1508 • FAX: 610-650-1509  
E-mail: [roadtrax@msiusa.com](mailto:roadtrax@msiusa.com)  
[www.msiusa.com](http://www.msiusa.com)



Piezo Polymer Sensors Microfused Load Cells Microfused Pressure Transducers  
Dear Traffic Professional,

Thank you for your interest in Roadtrax<sup>®</sup> BL Piezoelectric Traffic Sensors for weigh in motion (WIM), vehicle classification and counting, speed detection, red light cameras, and parking area control applications.

Enclosed are product specifications and installation instructions. This unique sensor is only 1/16 inch thick and 1/4 inch wide (1.5mm x 6.5mm), but will provide 500 mV for a car and is installed in a 3/4 inch wide by 1 inch deep (19mm x 25mm) slot in the road. The Roadtrax BL rejects road noise 10:1 and, due to its flat design, reduces ghost axles, giving your electronics a clean, easy to read signal that translates into more accurate classification, speed, and WIM data.

Measurement Specialties will work closely with you to ensure that your needs are met, and will assist you in preparing for sensor installation. An installation video is available, as is the new installation guide block, which is used to verify slot dimensions and to place the sensor at the proper depth for installation. For a copy of the video or pricing for the guide block, please call us at one of the numbers below. The video is available on CD ROM, contact factory to receive a copy.

Please call me directly if you have any questions, for more information, or for a quote on your specific traffic sensing requirements.

Sincerely,

Donald L. Halvorsen Director, Business Development

Sensor  
Products  
Division -  
Europe

Sensor Products Division

Zum Roehrbrunnen 8950 Forge Avenue Norristown, Pennsylvania 19403 <sup>63303 Dreieich</sup> Germany Tel:  
(610) 650-1508/1580  
Fax: (610) 650-1509 Tel: +49 6074 862 822 e-mail: roadtrax@msiusa.com Fax: +49  
6074 862 823 Web Site: www.msiusa.com/sensors.htm e-mail: rhbrown@t-online.de



**Roadtrax BL Traffic Sensors**

## The MSI Roadtrax<sup>®</sup> Brass Linguini<sup>®</sup> axle sensor ... and why it's the best sensor for you!!

### ■ Great Signal ■ Durability

- Positive signal as tires pass over the sensor
  
- High output - detects small vehicles - motorcycles, even bicycles
  
- Good dynamic range - can work with  
  
large to small vehicles
  
- Reduced Bow Wave
  
- Reduced Road Flexing noise
  
- High Signal to Noise Ratio for ease of  
  
signal processing
  
- High capacitance - can drive long cables
  
  
- Works even for slow speeds

- Triple sealed coax splice between the sensor and the passive cable
- The sensor will not be damaged by bending to a radius of  $> 1'$  (300mm)
- Will withstand normal handling without tender loving care
- Tested to 40 Million Equivalent Single Axle Loadings

■ **Versatility**

- Same sensor for over and in the road applications

■ **Easy to handle**

- Conforms to any road profile
- Stiff enough not to droop
- Coils in a 2'x2' (600x600mm) box
- Rugged so that it does not break

in handling

- Surface sensors can be mounted permanently or temporarily
- Can be used in Portland Cement or Asphalt
- Several encapsulation techniques can be used - Epoxy, acrylic, or filled poly-urethane

■ **Easy installation**

■ **Great Passive cable**

- Installs in a 3/4" x 1" (19 x 25mm) cut in the road to minimize damage to the road

- Installs with fast curing epoxy, acrylic, or

appropriate poly-urethane

- No need for heaters



- Smaller cut means less encapsulation

material - a 6' BL sensor uses less than 2 gallons (2m sensor uses less than 1.5 liters)

- Super tough High Density Polyethylene (HDPE)
- Rated as Waterproof for direct burial
- Low capacitance - 27 pF/foot (89 pF/m)
- Lengths from 100' to 300'(35-100m) standard - longer lengths on a custom basis

■ **Customer Support**

■ **Quality**

- 100% of sensors tested for capacitance and insulation resistance, and then impacted every 1/4" (6mm) along the length of the sensor to determine the activity and uniformity of the sensor.
- Computerized process controls the

extrusion and polarization of the cable

- All data electronically archived

- All sensors Serial Numbered for

traceability

- Fast delivery - Units in stock
- Any length - 6', 8', 9',10',11',12',and 13' -with a standard of 100' of passive cable but with the option of any length in multiples of 50'
- Available in metric lengths - 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 meters, with standard

cable lengths of 35, 50, 75 and 100 meters

- Installation clips included with all sensors
- Installation instructions included with all sensors
- Available Internationally
- On site installation training available

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

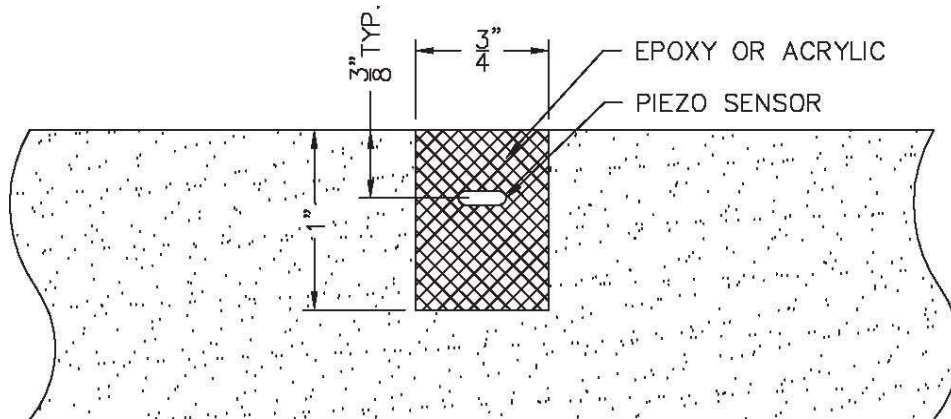
## Roadtrax BL Traffic Sensors



### Product Description

The Roadtrax BL Traffic Sensor is designed for permanent or temporary installation into or onto the road surface for the collection of traffic data. The unique construction of the sensor allows direct installation into the road in a flexible format so that it can conform to the profile of the road. The flat construction of the sensor gives an inherent rejection of road noise due to road bending, adjacent lanes, and bow waves of approaching vehicles. The small cut in the road minimizes the damage done to the road, speeds up the installation and reduces the amount of grout used for the installation. The Roadtrax BL sensor is available both as a Class I sensor for the highest level of uniformity needed for Weigh in Motion applications and as a Class II sensor which is more cost effective for Counting, Classifying, High Speed Toll Booths, Speed Detection, and Red Light Cameras.

- **Uniform, high amplitude piezoelectric output compatible with existing** counters and classifiers on the market.
- **Excellent Signal to Noise Ratio** which has an inherent 10:1 rejection of road noise due to road bending, adjacent lanes and bow waves of approaching vehicles.
- **Easy installation** in a 3/4" x 1" (19 x 25mm) slot, which minimizes the disturbance of the road, decreases the depth of the road cut, and minimizes the amount of grout needed.
- **Flexible sensor** - conforms to any road profile while maintaining a uniform distance to the road surface.
- **The final installation is flush** with the road surface - snowplows will not damage the sensor.
- **Durable** enough to withstand normal installation handling and **hundreds of millions ESAL's**.
- All sensors are **100% tested and certified** for performance as a complete sensor prior to shipment.
- Custom Passive Signal Cable with **High Density Poly Ethylene Jacket** which is rated for direct burial and resists nicks and cuts.



MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509



**Roadtrax BL Traffic Sensors**

### Permanent in the Road Installation

#### Performance Characteristics

Output Uniformity	±20% for Class II (Classification) ±7% for Class I (Weigh in Motion)
Operating Temperature Range	- 40 to 160°F (-40 to 70°C)
Temperature Sensitivity	0.2%/°F typ, dependent on the grout used
Typical Output Level	A wheel load of 400 pounds will produce a minimum output signal of 250 mV, at 70°F and 55 mph for a proper installation
Passive Signal Cable	RG 58C/U with a High Density Polyethylene Outerjacket that is rated for direct burial; 3/16" (4.75mm) OD
Product Life	40 Million ESAL's; dependent on the installation
Capacitance	See Chart
Weight	See Chart
Insulation Resistance	>500 M
Packaging	All sensors are packaged two per each 24"x20"x3" (600x550x75mm) corrugated cardboard box
Installation Brackets	Included. One bracket is used every 6" (150mm)

Sensor Length	Sensor Classification1	Capacitance with 100' cable2	Weight3 pounds (kg)	Visible Brass Length	Installed Length4	Part Number5
6' (1.82m)	Class II	4.00 nF C 10.00 nF	2.75 (1.25)	70" (1.78m)	76" (1.93m)	0- 1005333-Y
8' (2.42m)	Class II	5.50 nF C 11.50 nF	2.80 (1.27)	94" (2.38m)	100" (2.54m)	1- 1005333-Y
9' (2.73m)	Class II	6.25 nF C 12.25 nF	2.85 (1.30)	106" (2.69m)	112" (2.85m)	2- 1005333-Y
10' (3.03m)	Class II	7.00 nF C 13.00 nF	2.90 (1.32)	118" (3.00m)	124" (3.15m)	3- 1005333-Y
11' (3.33m)	Class II	7.75 nF C 13.75 nF	2.95 (1.34)	130" (3.30m)	136" (3.45m)	4- 1005333-Y
12' (3.64m)	Class II	8.50 nF C 14.50 nF	3.00 (1.36)	139" (3.53m)	145" (3.68m)	5- 1005333-Y
13' (3.94m)	Class II	9.25 nF C 15.25 nF	3.05 (1.39)	154" (3.91m)	160" (4.06m)	6- 1005333-Y
6' (1.82m)	Class I (WIM)	4.00 nF C 10.00 nF	2.75 (1.25)	70" (1.78m)	76" (1.93m)	1- 1005438-Y
8' (2.42m)	Class I (WIM)	5.50 nF C 11.50 nF	2.80 (1.27)	94" (2.38m)	100" (2.54m)	2- 1005438-Y
9' (2.73m)	Class I (WIM)	6.25 nF C 12.25 nF	2.85 (1.30)	106" (2.69m)	112" (2.85m)	3- 1005438-Y
10' (3.03m)	Class I (WIM)	7.00 nF C 13.00 nF	2.90 (1.32)	118" (3.00m)	124" (3.15m)	4- 1005438-Y
11' (3.33m)	Class I (WIM)	7.75 nF C 13.75 nF	2.95 (1.34)	130" (3.30m)	136" (3.45m)	5- 1005438-Y
12' (3.64m)	Class I (WIM)	8.50 nF C 14.50 nF	3.00 (1.36)	139" (3.53m)	145" (3.68m)	6- 1005438-Y
13' (3.94m)	Class I (WIM)	9.25 nF C 15.25 nF	3.05 (1.39)	154" (3.91m)	160" (4.06m)	7- 1005438-Y
2.0m (6'7")	Class II	4.94 nF C 10.94 nF	2.75 (1.25)	1.98 m (78")	2.14 m (84")	1- 1005528-Z
2.5m (8'3")	Class II	6.17 nF C 12.17 nF	2.85 (1.30)	2.48 m (98")	2.64 m (104")	2- 1005528-Z
3.0m (9'11")	Class II	7.40 nF C 13.40 nF	2.95 (1.35)	2.98 m (117")	3.14 m (123")	3- 1005528-Z
3.5m (11'6")	Class II	8.63 nF C 14.63 nF	3.05 (1.40)	3.48 m (137")	3.64 m (143")	4- 1005528-Z
4.0m (13'2")	Class II	9.87 nF C 15.87 nF	3.15 (1.45)	3.98 m (157")	4.14 m (163")	5- 1005528-Z
4.5m (14'10")	Class II	11.09 nF C 17.09 nF	3.25 (1.50)	4.48 m (177")	4.64 m (183")	6- 1005528-Z
5.0m (16'6")	Class II	12.32 nF C 18.32 nF	3.35 (1.55)	4.98 m (196")	5.14 m (202")	7- 1005528-Z
5.5m (18'2")	Class II	13.55 nF C 19.55 nF	3.45 (1.60)	5.48 m (216")	5.64 m (222")	8- 1005528-Z
2.0m (6'7")	Class I (WIM)	4.94 nF C 10.94 nF	2.75 (1.25)	1.98 m (78")	2.14 m (84")	1- 1005527-Z
2.5m (8'3")	Class I (WIM)	6.17 nF C 12.17 nF	2.85 (1.30)	2.48 m (98")	2.64 m (104")	2- 1005527-Z
3.0m (9'11")	Class I (WIM)	7.40 nF C 13.40 nF	2.95 (1.35)	2.98 m (117")	3.14 m (123")	3- 1005527-Z
3.5m (11'6")	Class I (WIM)	8.63 nF C 14.63 nF	3.05 (1.40)	3.48 m (137")	3.64 m (143")	4- 1005527-Z
4.0m (13'2")	Class I (WIM)	9.87 nF C 15.87 nF	3.15 (1.45)	3.98 m (157")	4.14 m (163")	5- 1005527-Z

## Specifications<sup>1</sup>

The MSI BL Traffic sensor has the following specifications:

1. 1. Center Core: 16 gauge, flat, braided, silver plated copper wire.
2. 2. Piezoelectric Material: Spiral-wrapped PVDF Piezoelectric film
3. 3. Outer Sheath: 0.016" thick brass, CDA-260, ASTM B587-88
4. 4. Final Dimensions: 0.260" wide x 0.063" thick; 0.005"  
5. Insulation resistance between core and shield: > 500 MΩ .
5. 6. Piezoelectric Coefficient: 34 pC/N - nominal.
6. 7. Passive Signal Cable: RG 58 type with a underground/direct burial rated outer jacket. The OD of the cable is 0.187" (4.75mm). The nominal capacitance of the cable is 27 pF/ft (89pF/m).
7. 8. Sensors are packaged 2 per box. The box size is 24"x20"x3" (600x550x75mm).
8. 9. Two sizes of installation brackets are included with the sensors, 3/4" (small) brackets and 1" (large) brackets. There is one small and one large bracket per 6"

(150mm)of sensor length.

Notes:

1. Although Measurement Specialties Inc. makes every effort to ensure the accuracy of the specifications at the time of publication, specifications for this product are subject to change without notice. Contact MSI for the most current information at +1 610 650 1508.

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

## Roadtrax BL Traffic Sensors



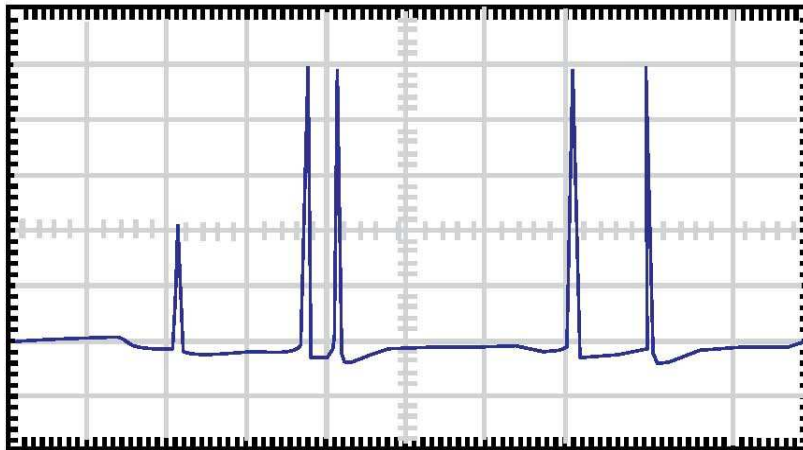
1. Class II sensors have a uniformity of  $\pm 20\%$  and are typically used for Classification purposes. Class I sensors have a uniformity of  $\pm 7\%$  and are typically used for Weigh in Motion applications.
2. Additional cable has a capacitance of 27 pF/ft (89 pF/m) or 2.7 nF/100' (2.2 nF/25m). Provided with each sensor is a test certificate with the actual tested value for the sensor. Field tests should be within  $\pm 10\%$  of these values, at room temperature (70F or 23C).
3. All sensors are packaged 2 per box. The box weighs 1.5 lbs (0.7 kg).
4. This length refers to the installed length of the sensor. This is the minimum lane width for the installed sensor.
5. The suffix refers to the cable length. Cable lengths for -Y are as follows: -1 @ 100', -2 @ 150', -3 @ 200', -4 @ 250', -5 @ 300'. Cable lengths for the -Z are as follows: -1 @ 35m, -2 @ 50m, -3 @ 75M, and -4 @ 100m.

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

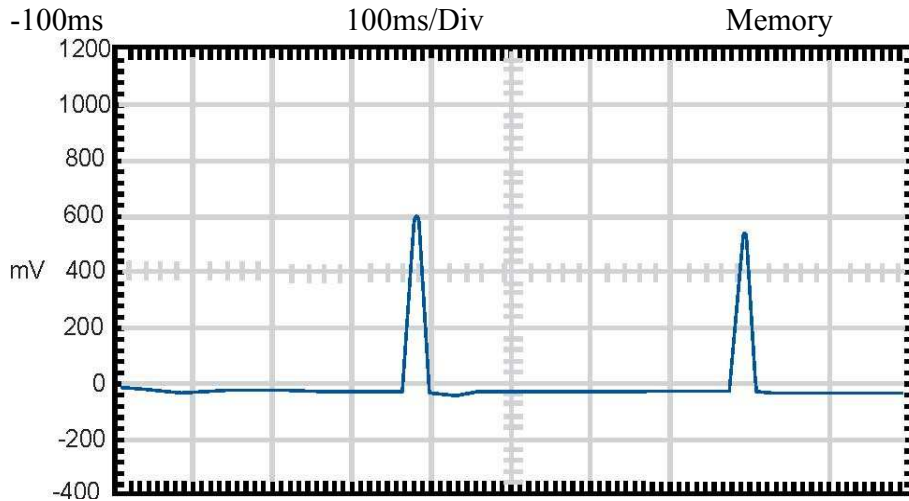


## Roadtrax BL Traffic Sensors

Memory 8



Datablock	
Name	= Memory 8
Date	= 5/20/97
Time	= 8:55:43 PM
Y Scale	= 1.00 V/Div
Y At 50%	= 1.00 V
X Scale	= 100 ms/Div
X At 0%	= -100 ms
X Size	= 250 (256)
Maximum	= 5.60 V
Minimum	= -0.44V



2 Datablock	
Name	= Memory 2
Date	= 6/14/97
Time	= 9:13:37 AM
Y Scale	= 200 mV/Div
Y At 50%	= 400 mV
X Scale	= 20.0 ms/Div
X At 0%	= -40.0 ms
X Size	= 250 (256)
Maximum	= 608 mV
Minimum	= -40 mV

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

**Roadtrax BL Traffic Sensors**



### Required/recommended tools and materials

- . ■ MSI BL Sensors with installation brackets. Sensors should be ordered with sufficient passive cable to reach the control cabinet.
- . ■ Installation instruction. Read these instructions prior to the installation. There may need to be some adaptation of these instructions based on local conditions.
- . ■ Sensor support brackets. These are shipped in the box with the sensors.
- . ■ Installation encapsulation. See Recommended materials under frequently asked questions. Approximately 1/2 to 1 gallon (1.5 to 3 liters) of material is needed per sensor. The slot must be carefully cut in order to ensure that it is not too deep; otherwise excessive material is used. Read, understand and follow the directions supplied by the manufacturer of the installation encapsulation. Adhere to the temperature limits imposed on the material to ensure adequate drying time is available. Follow all recommended safety precautions.
- . ■ Loop sealant material, to cover the home run cables. Amount used will depend on the length and width of the homerun cuts. **DO NOT USE HOT TAR.** □Thin wall tubing for homerun cables. Minimum 3/8" (9mm) ID, flexible tubing. Materials for this tubing are typically flexible PVC or polyethylene. Sufficient quantity for all homeruns from the end of the sensors to the cabinet. □PVC pipe, 2-3" (50-75mm) dia. For use as conduit for any underground runs from junction boxes to cabinets. □PVC solvent and joints - as needed for any splices in the pipes.
- . ■ Wet cutting pavement saw. A self-propelled saw of at least 35 hp, fitted with a 14" (350mm) or larger blade. This saw must be capable of cutting a 3/4" wide x 1" deep (19mm wide x 19-25mm deep) cut in a single pass.
- . ■ Diamond Blades for the saw. Appropriate type for the pavement being cut. The Piezo sensor needs a cut 11/16" to 13/16" (19mm ± 1mm) wide, 1" (25mm) deep slot cut in the road in a single pass. If a single blade is not available, multiple blades can be put together to form a dado blade . A 3/8" (9mm) and a 1/4" (6mm) blade, with a 1/16" (2mm) spacer between them performs very well. Additional blade widths are necessary for cutting the slots for the tubing for the home run cables.
- . ■ Large capacity air compressor (at least 150 CFM) with hose and nozzle - for blowing out the slot and drying the area after the cut.
- . ■ Trenching equipment as required for burying the conduit to the control cabinet.
- . ■ Power washer or high pressure water hose - for washing out the slot.
- . ■ Water - for saw and for washing out the slot
- . ■ Broom - Street broom type with stiff bristles for general cleanup.
- . ■ Slow speed electric drill with mixing paddle
- . ■ Additional mixing blade if a two part loop sealant is used. There should not be cross contamination of the grout used for the piezo and the loop sealant material.
- . ■ Wire Brush and/or bristle brush - for cleaning out the slot after cutting and during washing.
- . ■ 3" or 4" (75-100mm) putty knife for use with the grout
- . ■ Small pointed trowel for putting the grout into the slot.
- . ■ Wire Strippers. Knife type blade strippers, such as Ideal Tools Stripmasters should be used due to the toughness of the HDPE jacket on the sensor homerun cable.
- . ■ Cleaning Materials for hands and equipment. The citrus hand cleaner works



well. Include lots of paper towels.

- . ■ Angle Grinder with appropriate grinding wheel or belt sander for smoothing out the grout after the installation.
- . ■ Hammer and masonry chisels. May be required for chipping corners, etc.
- . ■ Disposable gloves (rubber dishwashing gloves work much better than the latex or plastic gloves)
- . ■ 2" (50mm) duct tape. Enough for twice the length of all the sensors. Used to keep excessive grout off the road next to the slot during the installation.
- . ■ Plumbers putty or duct seal to form dams at the end of the grout
- . ■ Straight edge
- . ■ Tape measure - at least 20' (6m) long
- . ■ Pavement crayons
- . ■ Chalk line
- . ■ Pavement paint
- . ■ 1/8" (3mm) diameter cord or rope for use in laying out the lines
- . ■ LCR Meter, such as a BK 875A, to check and measure Capacitance and Resistance of the sensors before and after installation. □ Oscilloscope. Although not essential, it is the only instrument that will give a complete verification that the sensors are fully functioning when the installation is complete. If reliable power is not available on the site, a battery operated oscilloscope should be used, such as the Fluke Scopemeter.
- . ■ Generator if electrical power is not available on site. Verify the electrical load of the tools being used compared to the capacity of the generator.
- . ■ Appropriate traffic control, as required by local regulations and appropriate safety guidelines
- . ■ Safety equipment required for workers. Safety helmets, safety glasses, reflective vests, etc, as required. □ Not included in this list are materials required for inductive loops (if used), control cabinets, junction boxes, and other off the road work.

■ Required Equipment □ Recommended Equipment

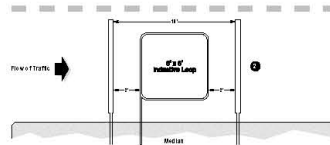
MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509



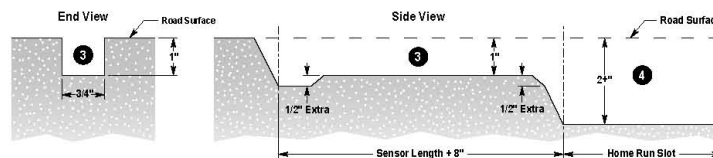
## Roadtrax BL Traffic Sensors

### BL Piezoelectric Traffic Sensor Installation Instructions

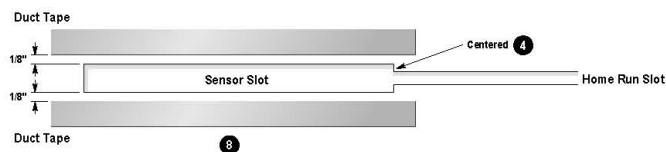
- 1) Ensure that the road is safely closed, as per local regulations.
- 2) Using pavement crayons, paint, tape measure and cord, carefully mark the layout of the sensor installation. Ensure sensors are emplaced exactly perpendicular to the flow of traffic and that all lines are straight. Verify that the passive cable length is enough to reach the cabinet. DO NOT SPLICE CABLE IF IT IS TOO SHORT. Typical WIM/Classification site layout with 11' (3.5 m) sensors is shown below.



- 3) Using a 3/4" (20 mm) Diamond Blade, wet cut slot for sensor. Slot must be 3/4" (20 mm) wide ( $\pm 1/16"$  or  $\pm 2$  mm) by 1" (25 mm) minimum deep. Cut slot 8" (200 mm) longer than sensor length (including lead attachment). Drop blade an extra 1/2" (12 mm) down on both ends. Repeat for all sensors.



- 4) Cut home run slots for BL sensors. Center the home run slot on the sensor slot. Home run slots are typically cut the depth of the loop home run slots. The minimum width of the slot needs to be 1/4" (6 mm). Cut it wider if you are using conduit or tubing.
- 5) Cut all inductive loops sets (if applicable) Note: If inductive loops and home run slots are being dry cut, dry cut these slots and clean the area before wet cutting the BL sensor slots.
- 6) Power wash and sweep all slots. All slots must be very clean.
- 7) Dry all slots with compressed air. All slots and the pavement 1' (300 mm) on either side must be completely dry.
- 8) Place duct tape along length of both sides of the sensor slot. Tape must be 1/8" (3 mm) away from the slot. Repeat for all sensors.

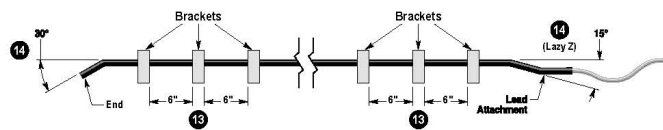


- 9) Remove BL sensor from box. Visually inspect sensor to ensure it is straight without any twists or curls. Check passive cable for bare wire. Check lead attachment for cracks or gaps. Look at data sheet to ensure the correct sensor is being installed, Class I versus Class II. Again, verify that there is sufficient passive cable to reach the cabinet.
- 10) Connect sensor up to LCR Meter. Test capacitance and dissipation factor. Test the resistance on the 20M setting. Capacitance and dissipation should be within  $\pm 20\%$  of the enclosed data sheet. Resistance should be infinite. Record all results on the data sheet.

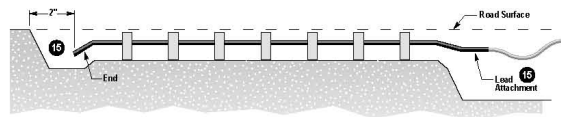
## Roadtrax BL Traffic Sensors



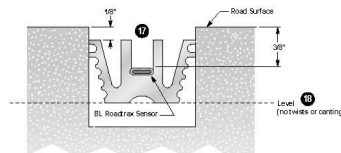
- 11) Place sensor on tape next to the slot. From this point forward, handle the sensor with latex (or equivalent) gloves.
- 12) Clean sensor with steel wool or emery pad. Wipe down with alcohol and clean lint-free cloth.
- 13) Place installation brackets on sensor every 6" (150 mm) for the length of the sensor, use the 3/4" (20 mm) (small) brackets



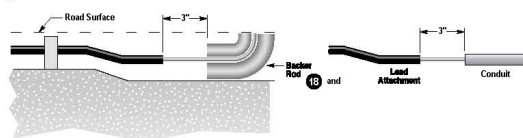
- 14) Bend the end of the sensor downward at a 30° angle. Bend the lead attachment end down at a 15° angle and then 15° back up until level (forming a lazy Z).
- 15) Emplace sensor in the slot in the road. The end of the sensor should be at least 2" (50 mm) from the end of the slot, and the tip should not touch the bottom of the slot. The lead attachment should also not touch the bottom or the sides of the slot.



- 16) If any of the 3/4" (20 mm) (small) brackets do not fit snugly against the sides of the slot or are loose, replace with a 1" (25 mm) (large) bracket and repeat step 15.



- 17) Starting at the lead attachment end, position the sensor so that it is 3/8" (9 mm) below the surface of the road. At this point, the installation bracket is 1/8" (3 mm) below the surface of the road.
- 18) Visually inspect the length of the sensor to ensure it is at uniform depth along its length and it is level (not twisted, canted or bent).



- 19) Run the passive wire the length of the home run slot. 3" (75 mm) from the lead attachment, place backer rod under and over passive cable (inside the slot). This will keep the grout from running out into the deeper



## Roadtrax BL Traffic Sensors

home run slot. If the passive cable is put in a conduit, also allow 3” (75 mm) between the lead attachment and

the beginning of the conduit.

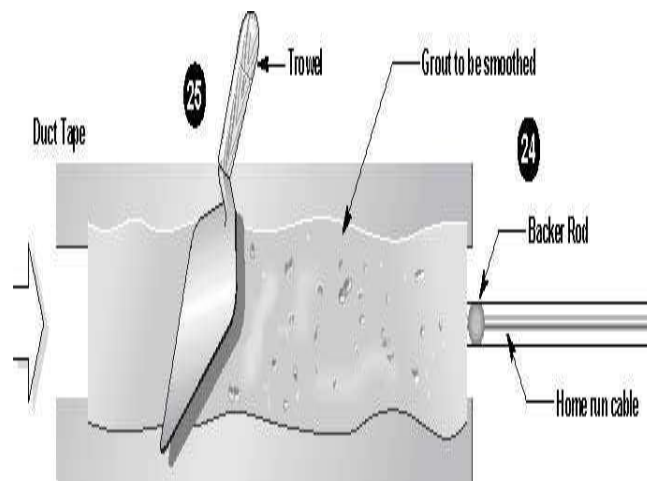
20) Repeat steps 9-18 for all BL sensors to be installed.

21) Emplace all inductive loops to site specifications (if applicable).

22) Using low speed mixing drill (450 rpm) and a mixing paddle, premix the grout for 2 min or until smooth.

23) Add hardener to grout and mix according to manufacturer’s instructions.

### Smooth Grout

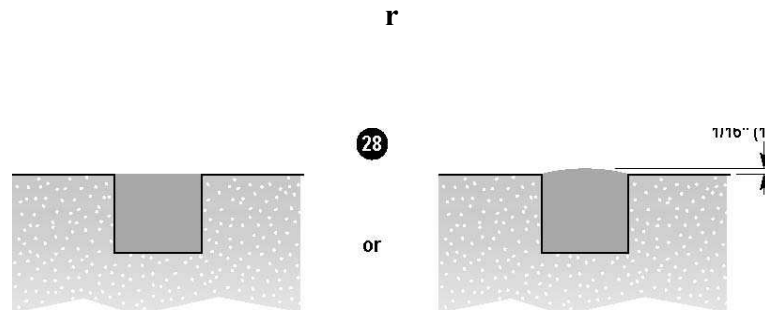


### Duct Tape

24) Immediately pour grout into slot using a small bead. Using a small bead allows the installer to watch the grout flow under the sensor, eliminating air pockets. Start at the end and pour towards the lead attachment. Repeat until slot is completely full of grout. DO NOT FILL SLOT IN ONE PASS.

25) Using putty knife or trowel, lightly spread (feather) the grout smooth along the length of the slot. Resin should be slightly higher than tape as it will shrink while curing.

26) Remove tape as soon as grout begins to set (2-5 min, depending on grout type and ambient temperature).



27) Remove backer rod from the slot. Fill in home run cable and inductive loops with loop sealant.

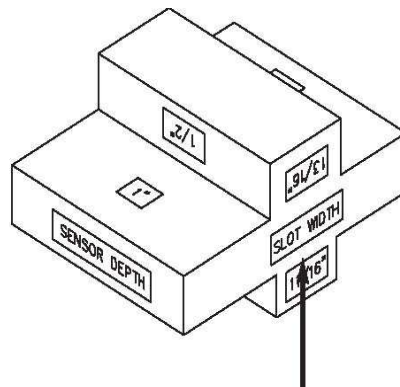
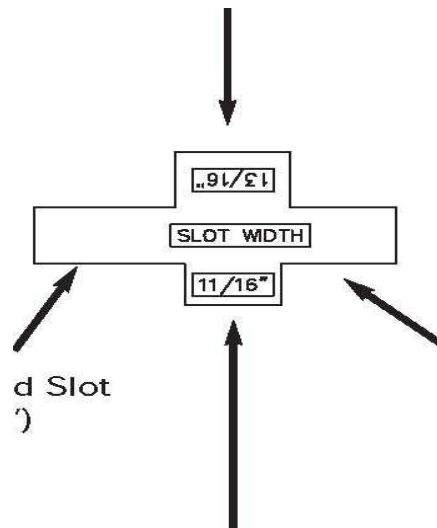
28) Once grout is cured, use an angle grinder or a belt sander to grind/sand the top of the grout flush with the surface.

29) Wait allotted period to allow loop sealant and grout to fully cure (45 - 60 min) and then open the lane to traffic.

30) Hook up oscilloscope to sensors and view wave forms as vehicles pass. Ensure signal is clear without noise.

**Roadtrax<sup>®</sup> Sensor  
Installation Guide Block  
Instructions**

Maximum Slot Width (13/16")



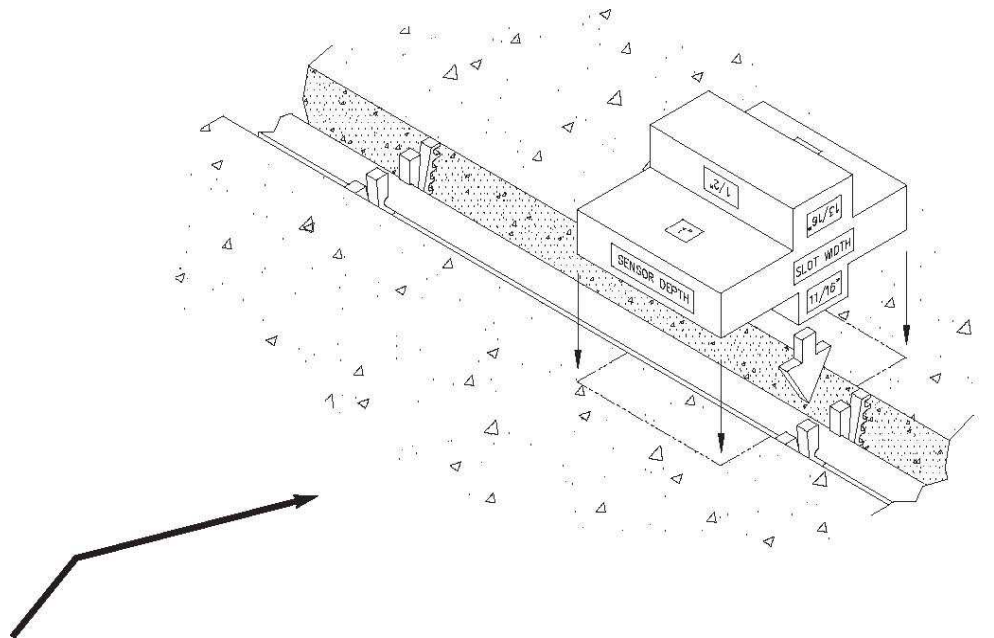
Recommended Slot

Minimum Slot Depth (3/4")

Depth Gauge for BL Sensor (3/8")

Depth (1")

Minimum Slot Width (11/16")



Push down on brass element (right next to installation bracket) with depth gauge until guide block is flush with road surface. This places sensor 3/8" below surface of road. Repeat for length of sensor.

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiousa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509



**Roadtrax BL Traffic Sensors**

### Important Notes and Hints:

- . ■ The quality of the road will affect the quality of the data. The roads should conform to ASTM specifications for Weigh in Motion applications.
- . ■ Diamond blades should be used on the road saw. The tolerance for the cut is 11/16" to 13/16". A 3/4" diamond blade is recommended for cutting the slot. Do not try to do two independent cuts as it is very difficult to achieve this level of accuracy.
- . ■ Wet cutting is preferred to dry cutting. The dry cutting forces particles into the sidewalls of the slot which are very difficult to thoroughly clean. This residue will diminish the adhesion of the adhesive to the road, potentially causing the premature failure of the sensor.
- . ■ The passive cable length should not exceed 300' without consulting the manufacture. It is **STRONGLY** recommended that the sensors be ordered with sufficient cable to avoid splices. If splices are needed, only similar grade of RG-58 cable should be used, the splices must be soldered, and an approved splice kit used to waterproof the splice. MSI Sensors is not responsible for any problems arising from splicing the cable.
- . ■ Disposable gloves must be worn when working with the clean sensor and encapsulation material. Appropriate precautions should be taken, according to the encapsulation material manufacturer's instructions. Ensure you read and follow all safety instructions.
- . ■ Adequate traffic control is essential. Do not put any of your workers at risk.
- . ■ Ensure that the sensor is placed in the correct location on the road. Six foot sensors should be positioned in a wheel path, **NOT** in the center of the lane.
  
- . ■ Care should be taken when mixing the encapsulation material to minimize the amount of trapped air in the material. Do not lift the mixing paddle out of the encapsulation material while the mixing head is spinning. Stop the blade and then use a stirring paddle to scrape the edges of the can.
- . ■ If heaters are needed to speed the curing process for the grout, extreme care should be taken to ensure that the sensors are not destroyed. The maximum temperature that the sensors can withstand is 170°F! An A-Frame should be constructed out of metal or plywood, and placed over the sensor. Warm air from a torpedo heater should be blown in horizontally into the A-Frame, but **NEVER** aimed directly at the sensor. The air temperature at the sensor location should not be higher than what can be tolerated by your hand for 20-30 seconds. If it is hotter than this, the sensor will loose its piezo activity and will not function.
- . ■ Once the sensor is installed and the grout is cured, it is recommended that any excessive grout be ground off, using an angle grinder or belt sander. The best installation has the grout flush with the road surface to minimize any chance of the tires bridging over the sensor.
- . ■ Thin walled plastic tubing may be used to contain the home run cable. In the unlikely event that the sensor needs to be replaced, the passive cable can then be pulled through the tubing, thereby eliminating the need for recutting the home run slot.
- . ■ Read all of the directions carefully and completely prior to the installation. Ensure that you have all of the required equipment available. If there are any questions on



the installation, call MSI and we will be happy to 'walk' you through the procedures.

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • www.msiusa.com • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

## Roadtrax BL Traffic Sensors



### Sensor Testing:

The piezoelectric sensors should be tested prior to and after installation. Because of the high costs of installation compared to the cost of the sensor, it is imperative that the sensors be checked out prior to putting them into the road to determine if any damage has been done to the sensor during shipping and handling. The following tests should be done prior to installation:

### Equipment needed: LCR meter, such as a BK Instruments 875A or 875B.

1. **1. Capacitance:** Measure the capacitance of the sensor with the attached lead in cable. This should be 20% of the sensor's data sheet included in the box. The meter should typically be set on a 20nF range. The red probe should be connected to the center electrode of the cable and the Black probe to the outer braid. Make sure that you hands are not holding across the two connections.
2. **2. Dissipation Factor:** With the capacitance set on the scale indicated above, switch the meter over to Dissipation Factor. The reading should be less than 0.04.
3. **3. Resistance:** Measure the resistance across the sensor. The meter should be set on the 20M\_ setting. The meter should read in excess of 20M

$\Omega$  , which is typically displayed with a '1'.

### Testing after installation:

Once the sensor is installed and the grout has cured, retest the sensor according to the instructions above. In addition, it is recommended that an oscilloscope be connected to the sensor and typical waveforms be collected for a truck and a car. These should then be printed out and saved for permanent records. The output of the sensor will depend on the type of the installation, sensor length , cable length and epoxies used for the installation. Typical settings for the scope would be 200 mV/div for a voltage setting and 50 msec/div for a time setting. The trigger should be set at about 50 mV for a positive going signal.

### **Sensor Maintenance:**

Like any piece of equipment, regular maintenance should be done to the piezoelectric sensors in order to maintain them for a long service life. The sensors should be inspected on a bi-annual basis, and any cracks in the road or in the sensor encapsulation should be filled. A low viscosity loop sealant such as Bondo 606 or a low viscosity epoxy such as Global PX768 should be poured into any cracks, and then squeegeed smooth. Any loose asphaltic material should be wire brushed away prior to pouring the sealant material in the cracks. Be careful not to raise the profile of the sensor. The sensor should be tested for capacitance and resistance, and the results logged in on the data sheet for the sensors.

**Quantity of Grout to be Used:**

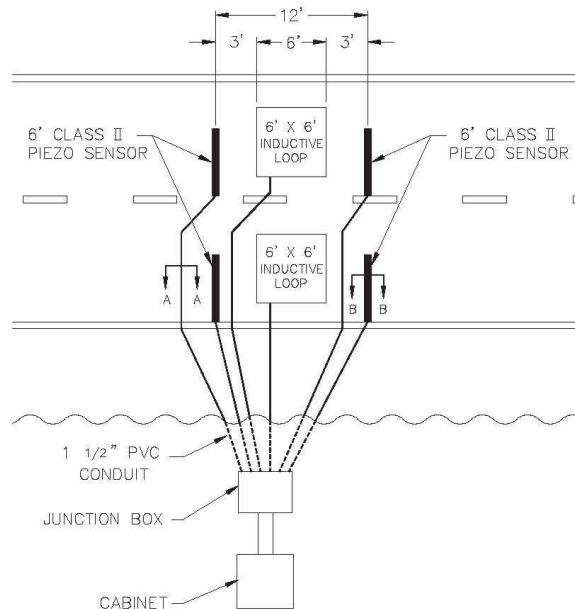
The BL sensor is to be installed in 3/4"x1" (19 x 25mm) slot. However, this is difficult to accurately cut, especially in depth. The formula for the purposes of calculating the amount of encapsulation material to be used is as follows:

(Length of Sensor {in inches} + 12") x (3/4" x 1") x 2 or (Length of Sensor {in millimeters} + 300mm) x (19mm x 25mm) x 2

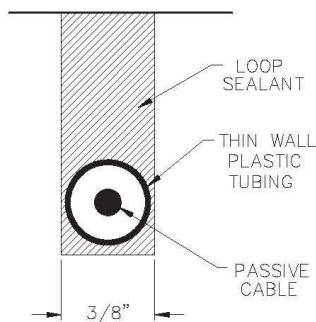
This gives a 100% safety factor, in case the slot is slightly deep or long and so that the bottom of the bucket is not being scraped. For planning purposes, 6' (2m) sensors use approximately 1/2 gallon (1.5 liters) of encapsulation material and 12' (3.5m) sensors use a gallon (3 liters) of material. There are 230 cubic inches in a US gallon. Check with the manufacturer of the encapsulation material for the closest package size. If the resin is sold by weight, divide the weight by the specific gravity (density) to get the volume.

MEASUREMENT SPECIALTIES, INC. • 950 Forge Avenue, Norristown, PA 19403 • [www.msusa.com](http://www.msusa.com) • (610) 650.1508 Fax (610) 650.1509

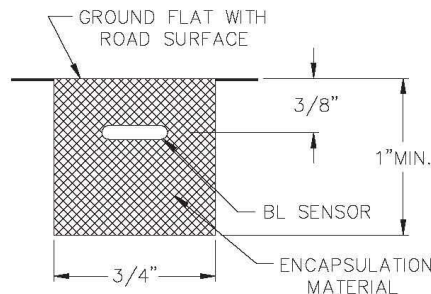
**Additional Roadtrax® Installation Diagrams**



**Typical installation layout for a Piezo-Loop-Piezo installation for 6' Class II sensors**



**A-A: The passive cable can be put in a thin wall plastic tube for additional protection.**



**B-B: Typical cross section of a BL Sensor installation.**

**Frequently Asked Questions:  
Approved Grout for installation:**

**Polyurethane**

**Epoxy**

PU 200 or PU 260 (Winter and None  
Summer versions are available)

Global Resins Limited  
Unit 7  
Park Lane Industrial Estate  
Corsham, Wilts SN13 9LG  
England  
Tel: +44 1249 715566  
Fax: +44 1249 715533

Available in the USA through:  
ITC/PAT America Inc.  
2402 Spring Ridge Dr, Suite E  
Spring Grove, IL 60081  
Tel: 815 675 1430  
Fax: 815 675 1530

#### **Other Material Suppliers:**

##### **Diamond Saw Blades**

Texas Diamond Tools  
805 Hilbig Rd  
Conroe, TX 77301  
Tel: 800 346 0646  
Tel: 409 756 0646  
Fax: 409 756 0687  
14x.750x.250x1",  
PN# 07147507

##### **Bituthane Pocket Tape for Temporary installations**

Mar Mac Manufacturing Co, Inc  
PO Box 278, US Highway One North  
McBee, SC 29101  
Tel: 843 335 8211  
Toll Free: 800 845 6962  
Fax: 843 335 5909  
Tape ST0005604 (4" wide with a 2"  
pocket)

#### **Acrylic**

AS475  
International Road Dynamics  
702 43rd Street East  
Saskatoon, Saskatchewan

Canada S7K 3T9  
Tel: 306 653 6600  
Fax: 306 242 5599  
Available in the USA through  
MSI.

ECM P6G  
Electronic Control  
Measurement Inc  
PO Box 888  
Manor, TX 78653  
Tel: 512 272 4346  
Fax: 512 272 4966

## **BNC Connectors**

AMP Incorporated  
PO Box 3608  
Harrisburg, PA 17111  
Tel: 1-800 52AMP52  
Also available through Newark  
Electric and other Distributors  
Part Number 227079-5  
(BNC with Gold center contact)  
Part Number 227079-1  
(BNC with Tin-lead center contact)  
Hand Crimper - PRO-CRIMPER  
Hand Tool 58433-1  
Stripping Tool 603995-6  
Installation Instructions 408-2798  
RF Connector Catalog 82074

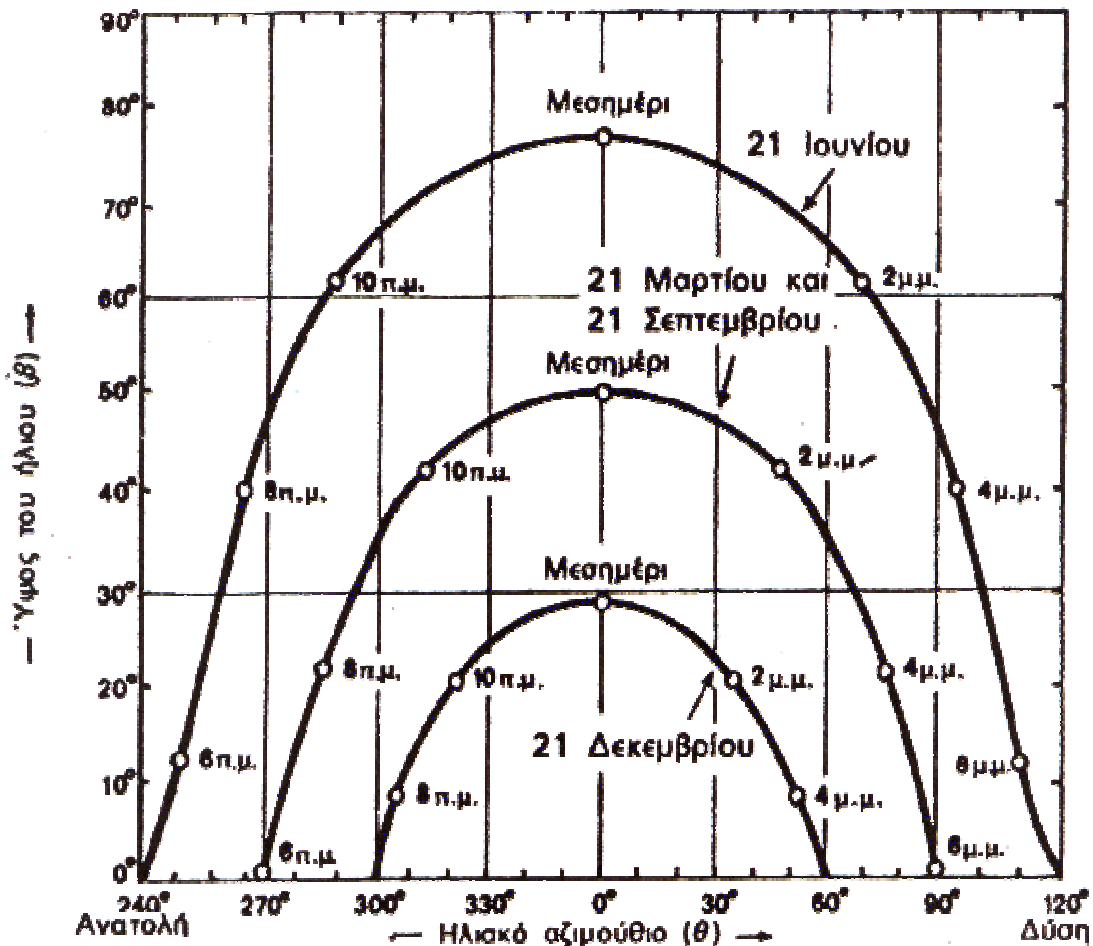
**Roadtrax BL Traffic Sensors**



**ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ - ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**

**1. ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ**

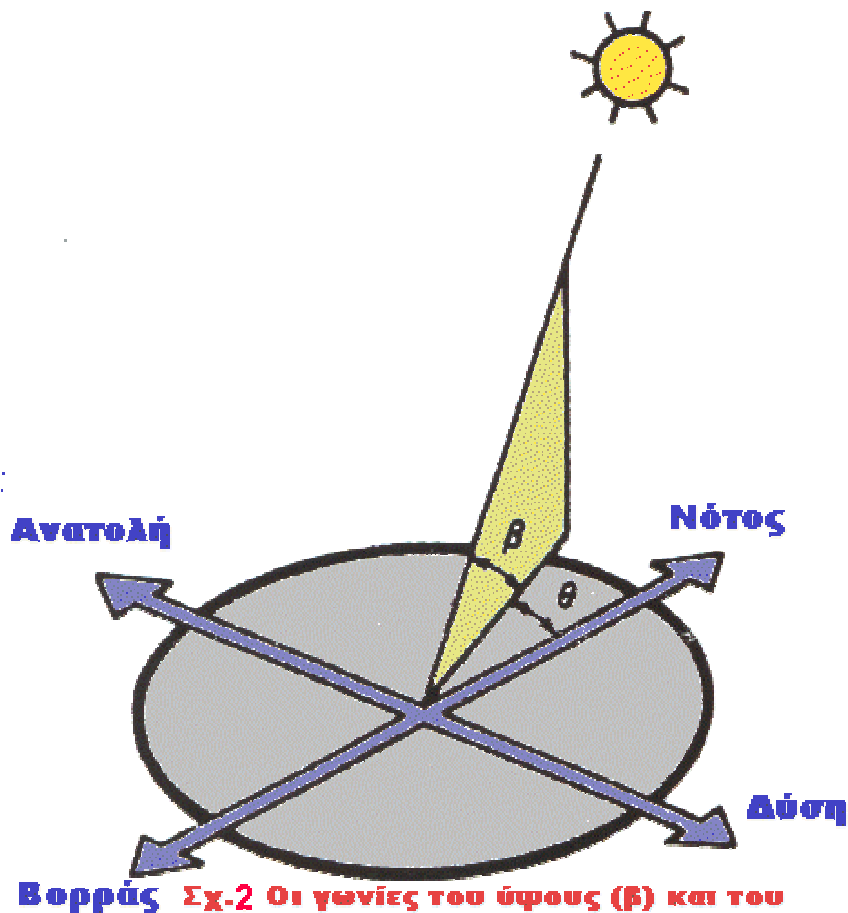
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και θα αναλυθεί και στη συνέχεια, η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας και η φωτονική της σύσταση παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ανάλογα με την ώρα, την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες και την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υγρασία, σε αιωρούμενα σωματίδια και σε άλλα συστατικά. Επίσης, επηρεάζονται σε αξιόλογο βαθμό και από άλλους προβλεπόμενους ή απρόβλεπτους παράγοντες όπως οι ηλιακές κηλίδες και εκρήξεις, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.λ.π.



**ΣΧ. 1 Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδρασή της στην τροχιά του ήλιου στον ουρανό. (α) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο (β) Παράδειγμα των αντιστοίχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος κατά τα ηλιοστάσια καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος Βόρειο 38° (Αθήνα). Οι ώρες είναι σε ηλιακές τιμές.**

Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία. και τη διάρκεια μιας χρονιάς, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης ( $\delta$ ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στη ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού (**σχήμα 1**). Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες της τιμές είναι  $+23,45^{\circ}$  στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και  $-23,45^{\circ}$  στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο).

Άμεση συνέπεια των διαφορετικών τιμών της απόκλισης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι κυκλικές τροχιές που διαγράφονται βορειότερα στο ουρανό το καλοκαίρι, με νωρίτερη ανατολή και αργότερη δύση στο βόρειο ημισφαίριο, ενώ το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Παράλληλα διαμορφώνονται οι αντίστοιχες μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε διάφορες εποχές του έτους. Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη για τη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε ένα τόπο, είναι η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει το μέσο όρο των ωρών που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Επίσης, ο αριθμός των ηλιόφωγων ημερών, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, που ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.



**Σχ.2 Οι γωνίες του ύψους ( $\beta$ ) και του αζιμούθιου ( $\theta$ ) που περιγράφουν κάθε στιγμή τη θέση του ήλιου στον ουρανό**

Η θέση του ήλιου στον ουρανό ενός τόπου περιγράφεται συνήθως με δύο γωνίες : το ύψος και το αζιμούθιο. Το ύψος του ήλιου ( $\beta$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στον ορίζοντα (**σχήμα 2**). Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική της γωνίας, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην

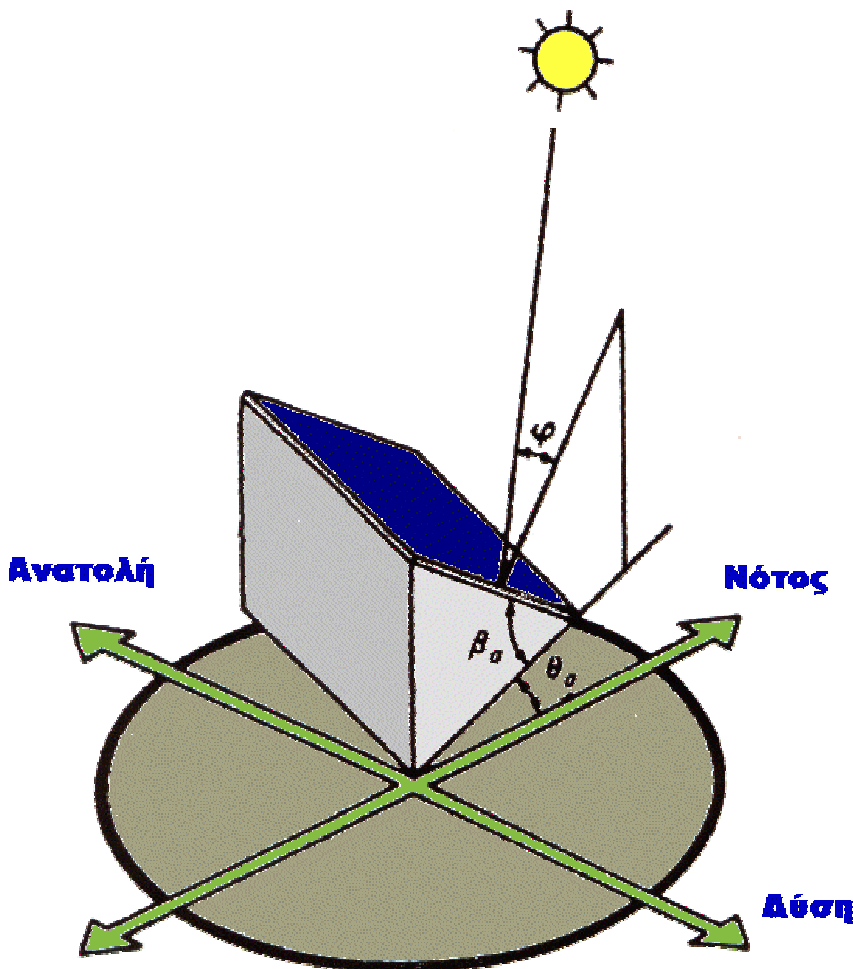


κατεύθυνση του ήλιου και στην κατακόρυφο, που όπως είδαμε ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου.

Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου, και ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη **Senit** που σημαίνει ευθεία οδός.

Η δεύτερη χαρακτηριστική γωνία του ήλιου, το ηλιακό αζιμούθιο ( $\theta$ ), είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στη προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά - νότου. ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη **summut**, που σημαίνει κατεύθυνση. Προς τα δεξιά από τον νότο, το ηλιακό αζιμούθιο παίρνει θετικές τιμές, και προς τα αριστερά αρνητικές τιμές. Κατά την διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται συνεχώς καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.

## 2. Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ



**Βορράς** **ε.χ. 3.** Η κλίση ( $\beta$ ) και η αζιμούθια γωνία ( $\theta$ ) που χαρακτηρίζουν τον προσανατολισμό ενός επιπέδου ηλιακού συλλέκτη στην επιφάνεια της γης

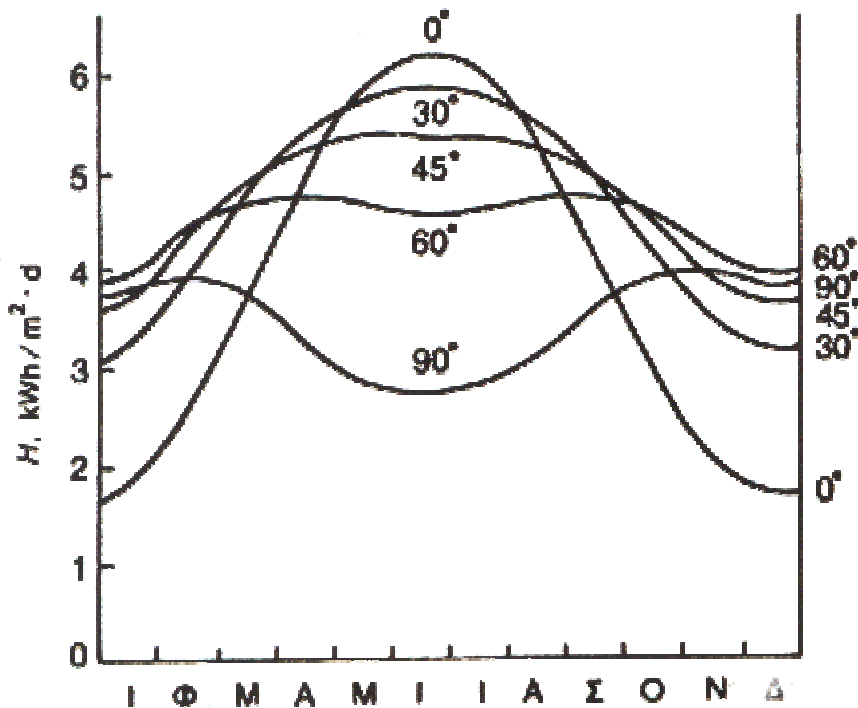
Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επιπέδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο

γωνίες : την κλίση και την αζιμούθια γωνία (σχήμα 16). Η κλίση του συλλέκτη ( $\beta_{\sigma}$ ) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα, δείχνει πόσο γέρνει ο συλλέκτης και μπορεί να πάρει τιμές από  $0^{\circ}$  μέχρι  $180^{\circ}$ . Για γωνίες  $\beta_{\sigma} > 90^{\circ}$  το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω. Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη ( $\Theta_{\sigma}$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από  $-180$  μέχρι  $+180$ . Η γωνία  $-180$  (που συμπίπτει με την  $+180^{\circ}$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία  $-90^{\circ}$  προς την ανατολή, η γωνία  $0^{\circ}$  προς το νότο και η γωνία  $+90^{\circ}$  προς τη δύση. Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης ( $\varphi$ ) είναι  $0^{\circ}$ . Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. με τη βοήθεια υπολογιστή ή φωτοκυττάρων) ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις εφαρμογών, όπως στα συστήματα συγκεντρωμένης ακτινοβολίας με φακούς ή κάτοπτρα.

### 3. ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ

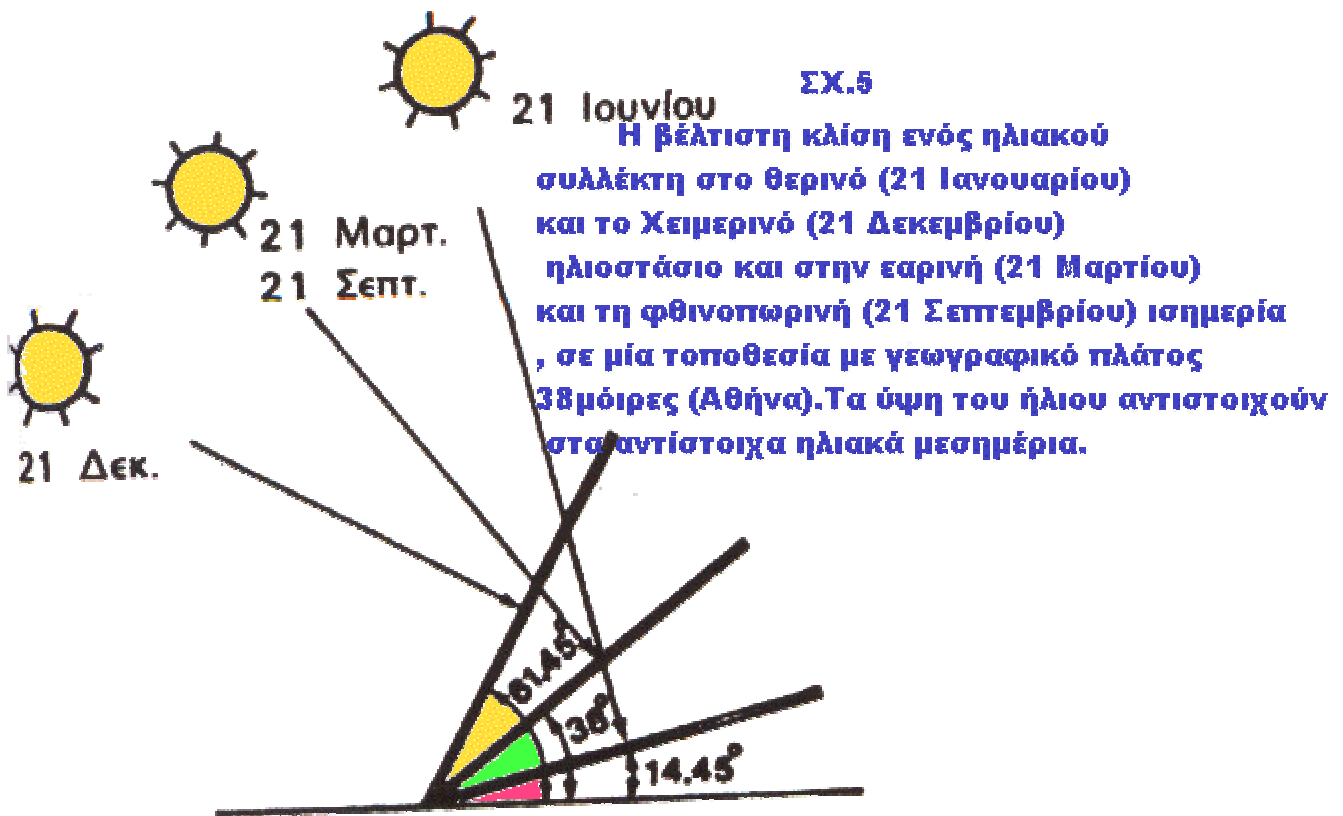
Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους. Η γωνία της ακτινοβολίας συνδέεται με τις άλλες γωνίες της ηλιακής γεωμετρίας, που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη σχέση :

$$\sin\varphi = \sin\beta_{\sigma} \sin(\theta_{\sigma} - \theta) + \eta\mu\beta_{\sigma} \cos\varphi$$



**ΣΧ.4 Παράδειγμα εξάρτησης της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας  $H$ , που δέχεται μία επίπεδη επιφάνεια κατά τη διάρκεια των διαφόρων μηνών του έτους σε συνάρτηση με την κλίση της. Το παράδειγμα είναι για τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος  $45$  μοιρών και αφορά κλίσεις του ηλιακού συλλέκτη ( $\beta_{\sigma}$ ) ίσες με  $0, 30, 45, 60, 90$  μοίρες.**

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια του έτους, είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια γωνία είναι  $0^\circ$  (προς το νότο). Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή (**σχήμα 4**). Έτσι, αν επιδιώκεται να παράγει το σύστημα όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου  $10^\circ$  ως  $15^\circ$  μικρότερη από την παράλληλο του τόπου, ενώ για τον χειμώνα η κλίση επιλέγεται περίπου  $10^\circ$  ως  $15^\circ$  μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου. Στο **σχήμα 5** δίνεται ένα παράδειγμα της βέλτιστης κλίσης για τον ηλιακό συλλέκτη στις χαρακτηριστικές ημερομηνίες του έτους. Επίσης, στον **πίνακα 1** δίνονται τα γεωγραφικά πλάτη διαφόρων ελληνικών περιοχών, για την επιλογή της σωστής κλίσης του ηλιακού συλλέκτη. Υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές στη διάρκεια του έτους ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.



Τα παραπάνω ισχύουν για τη συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται σαν δέσμη από τον ήλιο. Για τις άλλες, από ενεργειακή άποψη λιγότερο σημαντικές, μορφές της ηλιακής ακτινοβολίας, ο κυριότερος παράγοντας είναι η απόλυτη τιμή της κλίσης του συλλέκτη, ανεξάρτητα από τη θέση του ήλιου. Έτσι, όσο η κλίση απέχει περισσότερο από το οριζόντιο, τόσο μεγαλύτερο ποσό ανακλώμενης ακτινοβολίας από το έδαφος δέχεται ο συλλέκτης, αλλά και τόσο μικρότερο ποσό διάχυτης ακτινοβολίας από τον ουρανό.

Για παράδειγμα, σε περιοχές με υγρό κλίμα, όπου λόγω των σταγονιδίων του νερού στην ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται στον ουρανό, η βέλτιστη κλίση του ηλιακού συλλέκτη για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους είναι περίπου 10 - 15% μικρότερη από τη γωνία του τοπικού γεωγραφικού πλάτους. Έτσι, ο συλλέκτης αντικρίζει περισσότερο τον ουρανό και δέχεται αφθονότερα τη διάχυτη ακτινοβολία.

Η ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό που καλύπτει την επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1, για πλήρη ανάκλαση. Στον **πίνακα 2** δίνονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή ανάκλασης για ορισμένα από τα είδη επιφανειών που συμβαίνει να έχει το περιβάλλον στις περιοχές, όπου τοποθετούνται οι ηλιακοί συλλέκτες.



**Ιδεώδεις συνθήκες :Νότιος προσανατολισμός και κλίση 45 μοιρών για να έχετε την καλύτερη απόδοση απο τους συλλέκτες ηλιακής ενέργειας. Ο υπολογισμός τηςεγκριτόταστασης που προτείνουμε εδώ έγινε με μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης απ' ότι ήταν θεωρητικά αναγκαίο.**

**(Πίνακας 1).** Γεωγραφικό πλάτος (κατά προσέγγιση) διαφόρων Ελληνικών πόλεων και περιοχών.

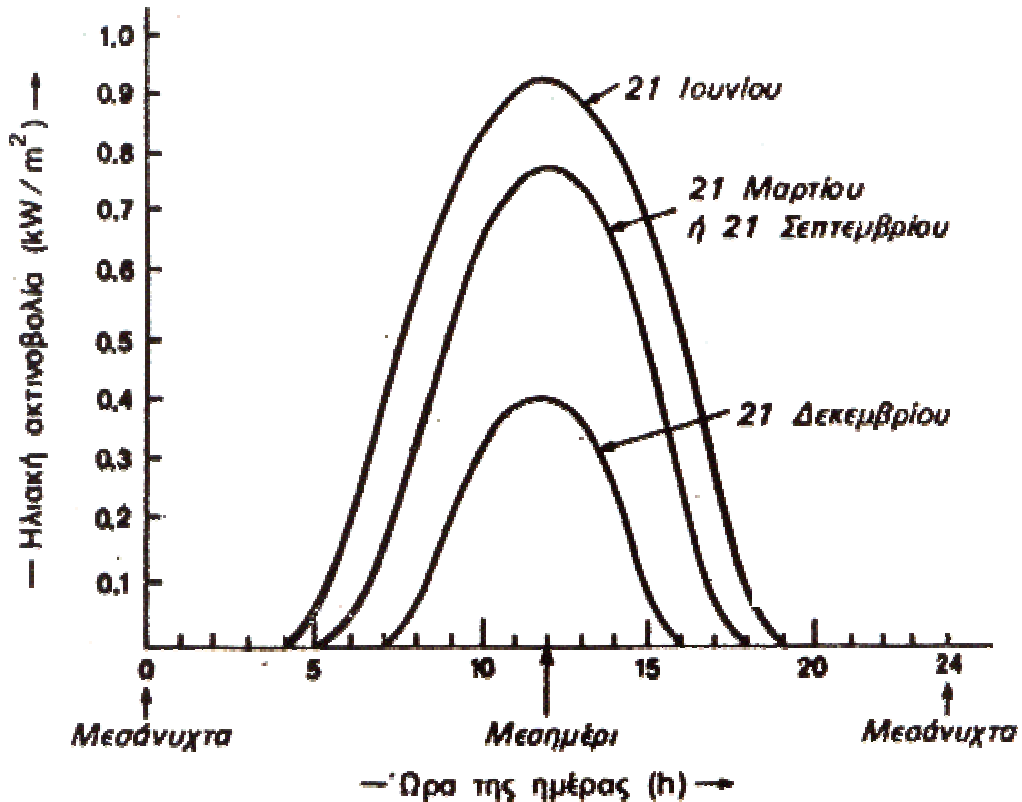
Πόλη ή περιοχή	Γεωγραφικό πλάτος
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεστιάδα, Φλώρινα, Έδεσσα, Γιαννιτσία, Κιλκίς, Σέρρες, Δράμα, Καβάλα	41°30'
Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη	41°
Καστοριά, Πτολεμαίδα, Κοζάνη, Νάουσα, Βέροια, Κατερίνη, Θεσσαλονίκη, Πολύγυρος, Σαμοθράκη	40°30'
Κόνιτσα, Γρεβενά, Λιτοχωρό, Κασσάνδρα, Λήμνος	40°
Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Μέτσοβο, Τρίκαλα, Καρδίτσα, Λάρισα, Βόλος -	39°30'
Αργολίδα, Παρόβρα, Άρτα, Καστοριά, Λαμία	39°

Σκύρος, Μυτιλήνη	
Κεφαλληνία, Ιθάκη, Αγρίνιο, Μεσολόγγι, Πάτρα, 'Αμφιλοχία, Λιβαδειά, Θήβα, Χαλκίδα, Χίος	38° 30'
Ζάκυνθος, Αμαλιάδα, Καλάβρυτα, Κόρινθος, Μέγαρα, Ελευσίνα, Αθήνα, Ραφήνα, Κάρυστος, Άνδρος, Ικαρία, Σάμος	38°
Πύργος, Μεγαλόπολη, Τρίπολη, Άργος, Ναύπλιο, Πόρος, Σύρος, Πάτμος	37° 30'
Πύλος, Καλαμάτα, Σπάρτη, Πάρος, Νάξος, Κάλυμνος, Κως	37°
Γύθειο, Μήλος, Σαντορίνη, Ρόδος	36° 30'
Κύθηρα, Καστελόριζο	36°
Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Κάσσο, Κάρπαθος	35° 30'
Χώρα Σφακίων, Ιεράπετρα, Αγ.Νικόλαος Κρήτης, Κύπρος	35°

**(Πίνακας 2).** Συντελεστής ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορα είδη επιφάνειας

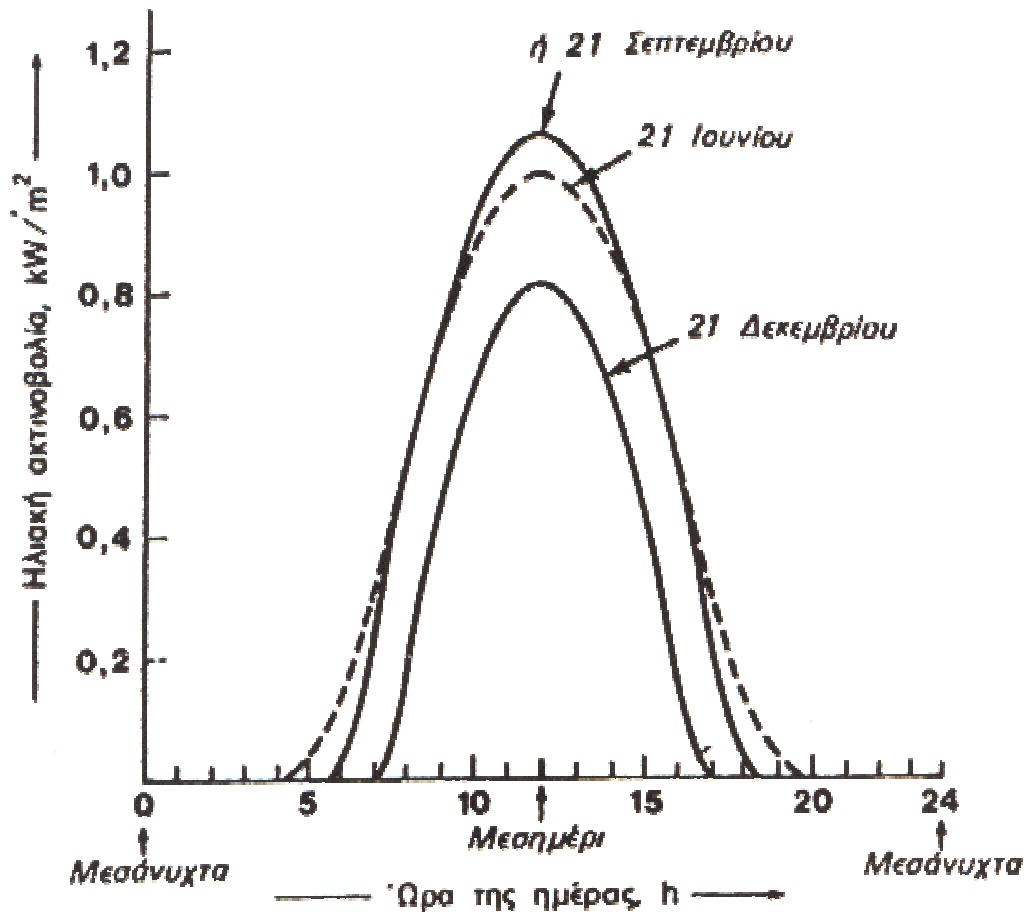
<i>Είδος επιφάνειας</i>	<i>Συντελεστής ανάκλασης</i>
<i>Επιφάνεια νερού, Θάλασσα</i>	<i>0,05</i>
<i>Ασφαλτόστρωμα</i>	<i>0,07</i>
<i>Αγρός με σκοτεινόχρωμα χώμα</i>	<i>0,08</i>
<i>Πράσινος αγρός</i>	<i>0,15</i>
<i>Βραχώδη επιφάνεια</i>	<i>0,20</i>
<i>Επιφάνεια παλαιού τσιμέντου</i>	<i>0,24</i>
<i>Επιφάνεια νέου τσιμέντου</i>	<i>0,30</i>
<i>Χιόνι</i>	<i>0,60</i>

## 4. Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ



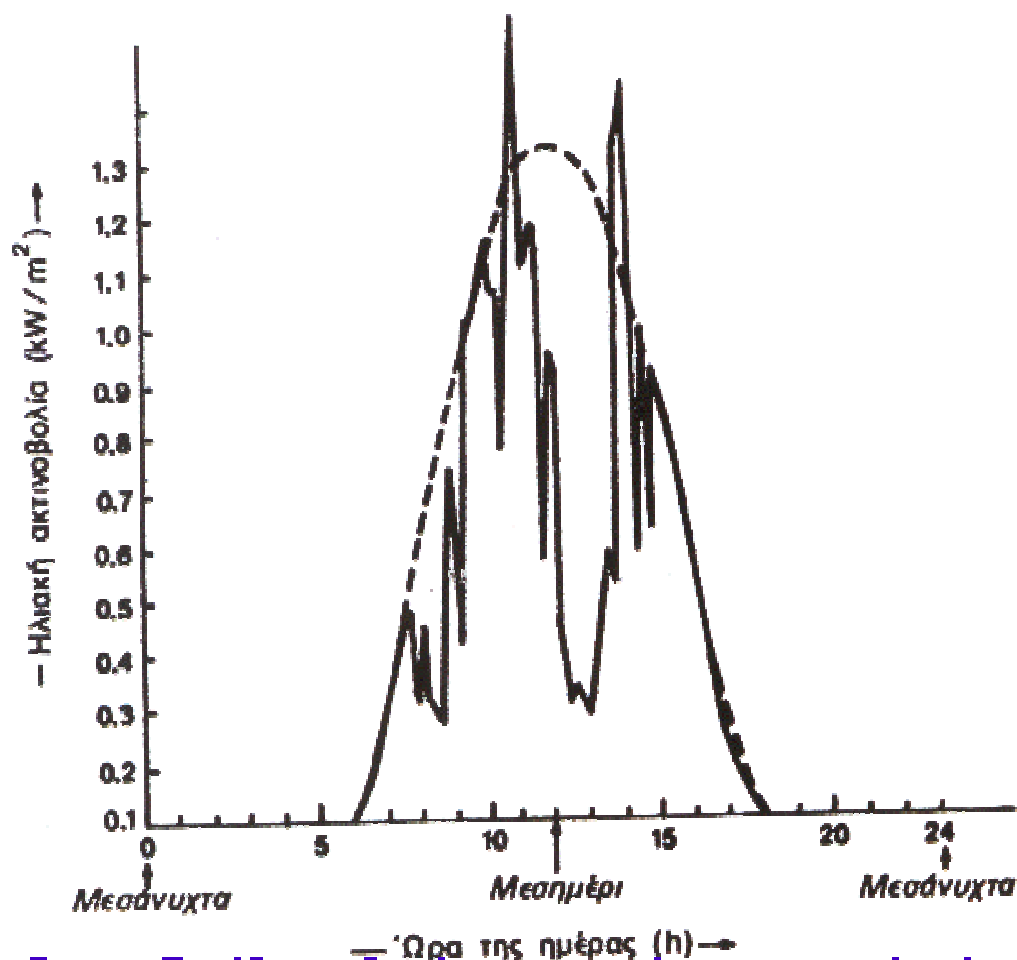
**Σχ.6. Παράδειγμα της διακύμανσης της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια στη διάρκεια των φωτεινών ωρών τριών χαρακτηριστικών ημερομηνιών με εντελώς καθαρό ουρανό .(Οι ώρες είναι σε ηλιακές τιμές)**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Στο **σχήμα 6** δείχνονται παραδείγματα της ομαλής μεταβολής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας για 3 ενδεικτικές ημερομηνίες (καλοκαίρι, άνοιξη και φθινόπωρο, χειμώνα) σε συνθήκες ιδανικά καθαρού ουρανού. Χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (ένταση αιχμής), που μετράται στο ηλιακό μεσημέρι, δηλαδή όταν ο ήλιος βρίσκεται στο μεγαλύτερο ύψος του ορίζοντα, το οποίο δεν είναι αναγκαστικό να συμπίπτει με το ωρολογιακό μεσημέρι. π.χ. στην Αθήνα έχουμε ηλιακό μεσημέρι όταν το ρολόι δείχνει 12.25' τον χειμώνα, και 13.25' το καλοκαίρι, όταν ισχύει η θερινή ώρα.



**Σχ.7.Η διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας με τον ηλιακό συλλέκτη σε κλίση ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.**

Έχουμε ήδη τονίσει ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επίπεδη επιφάνεια γίνεται σημαντικά μεγαλύτερη όταν βρίσκεται σε κατάλληλη κλίση, ώστε η πρόσπτωση των ακτινών να γίνεται περισσότερο κάθετα (σχήμα 7). Στην περίπτωση αυτή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέγιστη ισχύς της ακτινοβολίας το ηλιακό μεσημέρι στις ευνοϊκότερες ημέρες του έτους, δεν διαφέρει παρά πολύ από τόπο σε τόπο και η τιμή  $1 \text{ KW/m}^2$  αποτελεί μια πολύ χονδρική, αλλά πάντως γενικά αποδεκτή προσέγγιση.



**Σχ.8. Παράδειγμα διακύμανσης της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια των φωτεινών ωρών μιας ημέρας με μερική νέφωση. Η ασυνεχής καμπύλη δείχνει την αντίστοιχη διακύμανση με εντελώς καθαρό ουρανό.**

Όταν ο ουρανός έχει σύννεφα, η μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης γίνεται ανώμαλη, όπως δείχνεται στο **σχήμα 8**. Οι παρατηρούμενες απότομες πτώσεις της έντασης οφείλονται στην παρεμβολή ενός νέφους που μετακινεί ο άνεμος. Επίσης, το γρήγορο πέρασμα ενός σμήνους πουλιών ή ενός αεροπλάνου μέσα από τη δέσμη του ηλιακού φωτός που δέχεται ο συλλέκτης καταγράφεται σε μία πολύ οξεία στιγμιαία πτώση της έντασης της ακτινοβολίας. Παρατηρούμε, ακόμη, εξάρσεις που ξεπερνούν τις κανονικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες καθαρού ουρανού. Προφανώς στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα θα συμβαίνει αθροιστική επίδραση της άμεσης ακτινοβολίας από τον ήλιο, μέσα από ένα άνοιγμα των νεφών, και της ανακλώμενης από τα σύννεφα.

Στη διάρκεια του έτους, στο βόρειο ημισφαίριο, ο αριθμός των φωτεινών ωρών της ημέρας, η μέγιστη ισχύς καθώς και συνολική ημερήσια ενέργεια που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια, φτάνουν στις μέγιστες τιμές τους στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) και πέφτουν στις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές τους στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Στις επιφάνειες, όμως π.χ. που βρίσκονται σε κλίση ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, η μέγιστη τιμή της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στα ηλιακά μεσημέρια των ισημεριών (21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου), διότι όπως δείχθηκε στο **σχήμα 5**, τότε δέχονται κάθετα τις ακτίνες του ήλιου.







<b>COMPARING TABLE</b>	<b>TRADITIONAL SYSTEM (Standard bulb)</b>	<b>NEW SYSTEM (LEDs)</b>
<b>Safety</b>	Max. lamp lifetime six months	Max. LED lifetime 10 years
	Big brightness loss after only 5000 hours	Brightness loss after 10,000 hours between 6% and 12%
	Not uniform brightness	Uniform brightness
	Low contrast with sunlight Long distance visualisation problems	High contrast with sunlight Long distance better view
	"Phantom" effect due to the direct sunlight reflex on the parabole through the lens	No "Phantom" effect (no parabole)
	Non-neutral condition in case of system off due to the use of coloured lens	Neutral condition with cross-light off No coloured lens are used
	Delay of the bulb in the on/off cycle	On/off cycle delay is uninfluent
	In case of damage of the bulb, the cross-light is automatically switched off or changed to blinking status  The damage in the bulb can cause a short-circuit  Low lamp reliability	Each colour is obtained by many diodes LED  Damage possibility (MTBF) at 70°C >> 1,500,000 hours
	Possibility of system damage due to atmospheric discharges through the equipotential line and the earth.	The use of low tension (48Vcc) excludes the need of the earth connection and of the differential switch
<b>Manutenzione</b>	Yearly interior (parabole and lens) and exterior cleaning of the lamp	Yearly exterior cleaning of the lamp. No interior cleaning is necessary
	Six-monthly replacement of the exhausted bulbs, possible damages for vibrations and shocks  Preventive six-monthly maintenance	Replacement of the LED card after more than 10 years Low sensibility to vibrations and shocks  No preventive maintenance
<b>COST ANALYSIS:</b>	<b>WITH 70 W BULB</b>	<b>WITH 8 W LED CARD</b>
	200 mm lens	

<b>Energetic:</b>	W/h 70 x 24h x 365days = KW 613 per year	W/h 8 x 24h x 365days = KW 70 per year Save 88, 6%
	Hypothesis of system composed by 8 standard lamps + 8 pedestrian lamps	

## ΑΠΕ - ΓΕΝΙΚΑ

ΦΕΚ	Νόμος	Έτος	Περιγραφή
A-121	ΠΔ139	2001	Ρυθμ.Αρχή Ενέργειας:Καν/σμός Εσωτ.Λειτουργίας Διαχείρισης
A-142	N2234	1994	Τροπ.Ν.1892/1990 περί εκσυγχρονισμού και αναπτύξεως
A-286	N2773	1999	Απελευθέρωση Αγοράς Η/Ε κτλ
A-101	N1892	1990	Επενδυτικός
A-107	N2503	1997	Ρύθμιση θεμάτων Τοπικής αυτοδιοίκησης
A-168	N2244	1994	Νόμος για Η/Π από ΑΠΕ
A-178	N2837	2000	Ρύθμιση θεμάτων ανταγωνισμού ΡΑΕ
A-201	N2941	2001	Απλοποίηση διαδ. για ΑΠΕ
A-237	N2647	1998	Μετάβαση αρμοδιοτήτων σε περιφέρειες
A-251	N2860	2000	Διαχείριση Κοινοτικού πλαισίου
A-268	ΠΔ328	2000	Διαχειριστής Συστ/τος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
A-269	ΠΔ456	1995	Κωδ/ση διατάξεων επενδ. κινήτρων
A-38	ΠΔ92	1993	Αρμοδιότητες που διατηρούνται από Υ.Βιομηχ.
A-8	ΠΔ35	1987	Αρμόδια όργανα κτλ εκτέλεσης έργων ΔΕΗ
A-81	N2601	1996	Ενισχύσεις ιδ.επενδύσεων κτλ
A-90	N2218	1994	Νομ/κη αυτοδ/ση ΟΤΑ κτλ
B-1498	ΥΑΔ5	2000	Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας
B-201	ΥΑ252	1986	Δικαιολογ. Ίδρυσης σταθ. Η/Π
B-270	ΥΑ4524	2001	Κώδικας προμήθειας
B-35	ΥΑ226	1991	Αξιολόγηση κτλ επενδύσεων
B-355	ΥΑΔ6	1995	Σταθμοί Η/Π από ΑΠΕ
B-360	ΥΑΔ5	2001	Κανονισμός άδειας διαχ/σης
B-385	ΥΑΔ6	1995	Σταθμοί Η/Π από ΑΠΕ
B-508	ΥΑΔ6	2001	Εκδοση αδειών λειτουργίας
B-527	ΥΑ 557	1998	Προυποθέσεις υπαγ. Στον αναπτ.
B-623	ΥΑΔ5	2001	Εγκριση κώδικα συναλ. Η/Ε
B-654	ΥΑΔ5	2001	Εγκριση κώδικα διαχ. Συστημ.
B-761	ΥΑ2708	1987	Δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης
B-764	ΥΑ397	2000	Μετάβαση αρ/των Δ/νσεων ΥΠΑΝ
B-826	ΥΑΔ6	2001	Ανταποδοτικό τέλος υπέρ ΟΤΑ από παραγωγούς ενέργειας

## **ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

*(Υπολογισμός Ηλιακών Συστημάτων)*

### **1. ΓΕΝΙΚΑ**

Οι Περισσότεροι σταθμοί μετεωρολογικών μετρήσεων συνήθως καταγράφουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο οριζόντιο ή το ποσό ηλιοφάνειας. Η μονάδες μέτρησης της ακτινοβολίας είναι  $\text{Joule/m}^2$

Ο Angstrom το 1956 διατύπωσε προσεγγιστικές μέθοδοι, με τις οποίες μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο συναρτήσει της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας και της ηλιοφάνειας. Μελέτες έχουν δημοσιευτεί κατά καιρούς σχετικά με την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα. Τα δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα για τους υπολογισμούς όταν η ακρίβεια δεν είναι πρωτεύων μέγεθος δίνονται στους κάτωθι πίνακες. Προκειμένου να περιορίσουμε τών αριθμό των πινάκων, η χώρα έχει χωριστεί σε έξι ζώνες ανάλογα με ποιες πόλεις έχουν παρόμοια μετεωρολογικά δεδομένα.

### **ΧΑΡΤΗΣ ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ ΣΕ ΖΩΝΕΣ**



**ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ (ΠΙΝΑΚΑΣ 1)**

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Αρτα	Θεσ/νικη	Ιωάννινα
Ιεράπετρα	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτινή
Ρόδος	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Κόνιτσα
Σητεία	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Σέρρες
Χανιά	Σύρος	Χίος			

**(ΠΙΝΑΚΑΣ 2)**

(α) ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (MJ/m<sup>2</sup> mo)

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	536	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	684	745	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

(β)ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ 24ΩΡΟΥ (°C)

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

(γ)ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο
1	14	14	16	18	22	27	30	29	26	23	19	16	21
2	13	13	15	18	22	27	29	29	26	22	18	14	21
3	12	13	14	18	21	27	29	29	25	21	17	14	20
4	9	10	13	17	21	27	29	29	25	19	15	10	19
5	7	9	11	16	21	26	29	28	25	19	13	8	18
6	5	8	11	16	21	26	29	27	24	18	12	7	17

(δ)ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ 18°C

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------



1	127	147	131	78	-	-	-	-	-	10	52	130	720
2	264	224	196	85	10	-	-	-	-	29	96	206	1110
3	281	225	205	121	14	-	-	-	-	46	129	246	1267
4	310	263	251	128	25	-	-	-	-	65	166	277	1485
5	396	313	268	130	23	-	-	-	-	70	187	388	1725
6	405	349	300	189	69	-	-	-	-	73	276	404	2065

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω οι σταθμοί μέτρησης μετεωρολογικών δεδομένων καταγράφουν την ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο. Η μέθοδος από τους Liu και Jordan έχει χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της μέσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο. Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο του επιπέδου συλλέκτη η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο  $\dot{H}_T$  εκφράζεται ως εξής:

$$\dot{H}_T = \dot{R} \dot{H} \quad (1-1)$$

όπου :

$\dot{H}$ : η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

$\dot{R}$ : ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο:

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}_d / \bar{H}) \bar{R}_b + \bar{H}_d / \bar{H} (1 + \cos s) / 2 + r (1 - \cos s) / 2 \quad (1-2)$$

όπου:

$\bar{H}_d$  : η μέση μηνιαία έμμεση ακτινοβολία

$\bar{R}_b$  : ο λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο.

$s$  : η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

$r$  : ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0,2 μέχρι 0,7 (η τιμή 0,7 για κάλυψη του εδάφους με χιόνι).

Στην παραπάνω εξίσωση ο πρώτος όρος εκφράζει τη συμμετοχή της άμεσης ακτινοβολίας, ο δεύτερος όρος τη συμμετοχή της έμμεσης ακτινοβολίας και ο τρίτος όρος τη συμμετοχή της ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος πάνω στον συλλέκτη.

Το κλάσμα  $\bar{H}_d / \bar{H}$  εκφράζεται σαν συνάρτηση του **συντελεστή αιθριότητας**  $\bar{K}_T$  που είναι ο λόγος της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. Οι μέσες μηνιαίες τιμές αυτής της ακτινοβολίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3)

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

ΕΚΤΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ (MJ/m<sup>2</sup> mo)

ΓΕΩΓΡΑΦ. ΠΛΑΤΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
35	561	653	908	1065	1228	1236	1249	1147	945	772	576	518
40	468	573	843	1029	1218	1242	1249	1122	891	691	489	422

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ  
 Η σχέση μεταξύ  $\bar{H}_d / \bar{H}$  και  $\bar{K}_T$  δίνεται από την εμπειρική σχέση των Liu και Jordan:

$$\bar{H}_d / \bar{H} = 1,39 - 4,03 \bar{K}_T + 5,53 \bar{K}_T^2 - 3,11 \bar{K}_T^3 \quad (1-3)$$

Το  $\bar{R}_b$ , για επιφάνειες που είναι στραμμένες ακριβώς προς το νότο, δίνεται σαν συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους  $\varphi$  και της κλίσης της επιφάνειας  $s$  από την σχέση (1-4).

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi - s) \cos\delta \sin\omega_s + \pi/180 \omega'_s \sin(\varphi - s) \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s + \pi/180 \omega_s \sin\varphi \sin\delta} \quad (1-4)$$

όπου:  $\omega_s$ : η ωριαία γωνία που δέει ο ήλιος σε οριζόντιο επίπεδο.

$$\omega_s = \arccos(-\tan\varphi \tan\delta) \quad (1-5)$$

$\omega'_s$ : η ωριαία γωνία που δέει ο ήλιος στην κεκλιμένη επιφάνεια

$$\omega'_s = \text{MIN} \{ \omega_s, \arccos(-\tan(\varphi-s) \tan\delta) \} \quad (1-6)$$

$\delta$ : η ηλιακή απόκλιση

$$\delta = 23.45 \sin \{ 360 \times (284 + h) / 365 \} \quad (1-7)$$

η ημέρα του έτους ( $h = 1$  για την 1η Ιανουαρίου)

Οι υπολογισμοί αυτοί ισχύουν για επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, ενώ χωρίς μεγάλο λάθος μπορεί και να εφαρμοστεί για τις επιφάνειες με προσανατολισμό που αποκλίνει μέχρι  $15^\circ$  από το νότο.

Ο υπολογισμός της ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο είναι επίπονος και απαιτεί αρκετούς υπολογισμούς. Τα πράγματα απλοποιούνται με την χρησιμοποίηση των παρακάτω πινάκων, που δίνουν μέσους συντελεστές  $\bar{R}$  για τις διάφορες ζώνες.

#### ΠΙΝΑΚΕΣ 1.5 (α)-(στ)

#### ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $\bar{R}$

α)

<b>ΖΩΝΗ 1</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>	<b>60°</b>	<b>70°</b>	<b>80°</b>	<b>90°</b>
<b>I</b>	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.60	1.61	1.59	1.52	1.42
<b>Φ</b>	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.35	1.34	1.29	1.21	1.10
<b>M</b>	1.00	1.07	1.13	1.16	1.16	1.14	1.09	1.01	0.92	0.80
<b>A</b>	1.00	1.03	1.04	1.02	0.99	0.93	0.85	0.76	0.65	0.53
<b>M</b>	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.70	0.60	0.49	0.38
<b>I</b>	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42	0.32
<b>I</b>	1.00	0.98	0.95	0.90	0.84	0.75	0.66	0.55	0.44	0.33
<b>A</b>	1.00	1.01	1.01	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.57	0.45
<b>Σ</b>	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.08	1.02	0.93	0.82	0.70
<b>O</b>	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.34	1.32	1.26	1.17	1.06
<b>N</b>	1.00	1.18	1.34	1.47	1.56	1.62	1.63	1.60	1.53	1.42
<b>Δ</b>	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

β)

<b>ΖΩΝΗ 2</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>	<b>60°</b>	<b>70°</b>	<b>80°</b>	<b>90°</b>
<b>I</b>	1.00	1.19	1.36	1.49	1.59	1.65	1.67	1.65	1.59	1.49
<b>Φ</b>	1.00	1.13	1.24	1.32	1.36	1.38	1.37	1.32	1.24	1.13
<b>M</b>	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.14	1.10	1.02	0.93	0.81
<b>A</b>	1.00	1.03	1.03	1.02	0.99	0.93	0.86	0.77	0.66	0.55
<b>M</b>	1.00	0.99	0.97	0.93	0.88	0.80	0.71	0.61	0.51	0.40
<b>I</b>	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.74	0.65	0.54	0.44	0.33

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

<b>I</b>	1.00	0.99	0.96	0.91	0.85	0.77	0.67	0.57	0.46	0.35
<b>A</b>	1.00	1.02	1.01	0.99	0.95	0.88	0.80	0.70	0.58	0.46
<b>Σ</b>	1.00	1.06	1.11	1.12	1.11	1.08	1.02	0.93	0.83	0.71
<b>O</b>	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.06
<b>N</b>	1.00	1.19	1.35	1.49	1.58	1.64	1.66	1.63	1.56	1.46
<b>Δ</b>	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

γ)

<b>ΖΩΝΗ 3</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
<b>I</b>	1.00	1.20	1.37	1.51	1.62	1.69	1.71	1.69	1.63	1.53
<b>Φ</b>	1.00	1.13	1.24	1.32	1.37	1.39	1.38	1.33	1.25	1.15
<b>M</b>	1.00	1.08	1.13	1.17	1.17	1.15	1.11	1.03	0.94	0.83
<b>A</b>	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

<b>Μ</b>	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.72	0.62	0.52	0.41
<b>Ι</b>	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.55	0.45	0.34
<b>Ι</b>	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
<b>Α</b>	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
<b>Σ</b>	1.00	1.07	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.95	0.85	0.72
<b>Ο</b>	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.33	1.28	1.20	1.08
<b>Ν</b>	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.62	1.56	1.45
<b>Δ</b>	1.00	1.21	1.39	1.55	1.66	1.74	1.77	1.76	1.70	1.60

δ)

<b>ΖΩΝΗ 4</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
<b>Ι</b>	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.61	1.62	1.60	1.54	1.44
<b>Φ</b>	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.28	1.21	1.11
<b>Μ</b>	1.00	1.07	1.13	1.15	1.16	1.14	1.09	1.02	0.93	0.82

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

<b>Α</b>	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
<b>Μ</b>	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.73	0.63	0.52	0.41
<b>Ι</b>	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.56	0.45	0.35
<b>Ι</b>	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
<b>Α</b>	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
<b>Σ</b>	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.94	0.84	0.72
<b>Ο</b>	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.07
<b>Ν</b>	1.00	1.17	1.32	1.44	1.53	1.58	1.59	1.57	1.50	1.40
<b>Δ</b>	1.00	1.19	1.37	1.51	1.61	1.68	1.71	1.69	1.64	1.54

ε)

<b>ΖΩΝΗ 5</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
<b>Ι</b>	1.00	1.17	1.32	1.44	1.52	1.57	1.59	1.56	1.50	1.41
<b>Φ</b>	1.00	1.12	1.22	1.30	1.35	1.36	1.35	1.30	1.22	1.12
<b>Μ</b>	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.15	1.10	1.03	0.94	0.83
<b>Α</b>	1.00	1.03	1.04	1.03	1.00	0.95	0.88	0.79	0.69	0.57

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ

<b>Μ</b>	1.00	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42
<b>Ι</b>	1.00	0.98	0.95	0.91	0.84	0.76	0.67	0.57	0.47	0.37
<b>Ι</b>	1.00	0.99	0.96	0.92	0.86	0.78	0.69	0.59	0.49	0.38
<b>Α</b>	1.00	1.02	1.02	1.00	0.96	0.90	0.82	0.72	0.61	0.49
<b>Σ</b>	1.00	1.07	1.11	1.13	1.13	1.09	1.04	0.96	0.86	0.74
<b>Ο</b>	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.27	1.19	1.08
<b>Ν</b>	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.63	1.57	1.46
<b>Δ</b>	1.00	1.20	1.37	1.52	1.63	1.70	1.73	1.72	1.66	1.57

στ)

<b>ΖΩΝΗ 6</b>										
<b>ΚΛΙΣΗ</b>	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
<b>Ι</b>	1,00	1,18	1,34	1,48	1,57	1,64	1,66	1,64	1,58	1,49
<b>Φ</b>	1,00	1,13	1,23	1,31	1,36	1,38	1,37	1,32	1,25	1,15
<b>Μ</b>	1,00	1,08	1,13	1,17	1,18	1,16	1,11	1,04	0,96	0,85



<b>A</b>	1,00	1,03	1,04	1,04	1,01	0,96	0,89	0,80	0,70	0,59
<b>M</b>	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90	0,83	0,74	0,65	0,55	0,44
<b>I</b>	1,00	0,98	0,96	0,91	0,85	0,77	0,68	0,58	0,48	0,38
<b>I</b>	1,00	0,99	0,97	0,93	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	0,39
<b>A</b>	1,00	1,02	1,02	1,01	0,97	0,91	0,83	0,73	0,62	0,51
<b>Σ</b>	1,00	1,07	1,11	1,14	1,13	1,10	1,05	0,97	0,87	0,75
<b>O</b>	1,00	1,12	1,23	1,30	1,35	1,36	1,34	1,29	1,21	1,10
<b>N</b>	1,00	1,19	1,35	1,48	1,58	1,64	1,66	1,64	1,58	1,48
<b>Δ</b>	1,00	1,22	1,41	1,57	1,70	1,78	1,82	1,81	1,76	1,67

## 2.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΤΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ (t a )

Ο συντελεστής διάβασης,  $t$ , του διαφανούς καλύμματος του συλλέκτη, καθώς και ο συντελεστής απορρόφησης,  $a$ , του απορροφητήρα, εξαρτώνται από την γωνία που η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Από τις δοκιμές των συλλεκτών προκύπτει το γινόμενο  $F_R(t a )_h$  που αντιστοιχεί σε τιμές των  $t$  και  $a$  για κάθετη πρόσπτωση. Η μέση μηνιαία τιμή του  $(t a )$  μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερη από τη τιμή για ακτινοβολία που προσπίπτει κάθετα. Η τιμή του  $(t a )$  εξαρτάται από τη θέση (κλίση και προσανατολισμός) του συλλέκτη και την εποχή του έτους.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές του διορθωτικού συντελεστή  $(t a )/(t a )_h$  για διάφορες κλίσεις και νότιο προσανατολισμό. Κατά προσέγγιση οι τιμές ισχύουν και για προσανατολισμό με απόκλιση μέχρι  $15^\circ$  από το νότιο. Οι τιμές του πίνακα είναι μέσες για όλη τη χώρα.

### ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ $(t a )/(t a )_h$ ΓΙΑ 1 ΤΖΑΜΙ (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6)

<b>ΚΛΙΣΗ</b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>45°</b>	<b>50°</b>	<b>60°</b>	<b>70°</b>	<b>80°</b>	<b>90°</b>
<b>I</b>	0.79	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
<b>Φ</b>	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.91
<b>M</b>	0.88	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91	0.89	0.86
<b>A</b>	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.88	0.84	0.78

<b>M</b>	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.84	0.78	0.71
<b>I</b>	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.86	0.81	0.81	0.75	0.67
<b>I</b>	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.87	0.82	0.76	0.68
<b>A</b>	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.89	0.86	0.81	0.74
<b>Σ</b>	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90	0.88	0.83
<b>O</b>	0.86	0.89	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.89
<b>N</b>	0.80	0.85	0.89	0.92	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
<b>Δ</b>	0.77	0.83	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.94

**ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ( t a )/(t a ) h ΓΙΑ 2 ΤΖΑΜΙΑ**

<b>ΚΛΙΣΗ</b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>45°</b>	<b>50°</b>	<b>60°</b>	<b>70°</b>	<b>80°</b>	<b>90°</b>
<b>I</b>	0.74	0.81	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91
<b>Φ</b>	0.80	0.85	0.88	0.90	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.91	0.88
<b>M</b>	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.89	0.87	0.83
<b>A</b>	0.89	0.91	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.85	0.80	0.74
<b>M</b>	0.92	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.65
<b>I</b>	0.92	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.83	0.88	0.70	0.61
<b>I</b>	0.92	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.87	0.84	0.78	0.71	0.61
<b>A</b>	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.87	0.83	0.77	0.69
<b>Σ</b>	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.88	0.85	0.79
<b>O</b>	0.82	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.87
<b>N</b>	0.75	0.82	0.87	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.91
<b>Δ</b>	0.72	0.80	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92

**2.2 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**

Χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους μπορεί να υπολογιστεί η μακροχρόνια απόδοση ενός ηλιακού συστήματος για διάφορες θέσεις του συλλέκτη και να βρεθεί η βέλτιστη

ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΑΝΩΝ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΟΔΟ ΣΥΡΑΓΓΑΣ  
θέση, αυτή δηλαδή που το ηλιακό σύστημα καλύπτει το μέγιστο ποσοστό του ετήσιου  
θερμικού φορτίου.

Αυτή η θέση του συλλέκτη δεν αντιστοιχεί οπωσδήποτε με τη θέση που η  
προσπίπτουσα ετήσια ακτινοβολία στον συλλέκτη είναι μέγιστη. Αυτό οφείλεται στο  
ότι η κατανομή του φορτίου μέσα στο χρόνο δεν συμπίπτει με την κατανομή της  
προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Για θέρμανση χώρων η βέλτιστη θέση του συλλέκτη είναι: **κλίση 10°-15°** μεγαλύτερη  
από το γεωγραφικό πλάτος με προσανατολισμό απευθείας προς νότο. Για την Ελλάδα η  
κλίση αυτή αντιστοιχεί με **45°-55°**.

Για συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, με σταθερή κατανάλωση ζεστού  
νερού όλο το χρόνο, η βέλτιστη κλίση είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος  
(**γύρω στις 40°**), με νότιο πάντα προσανατολισμό.

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

#### 3.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ

Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης (με πετρέλαιο ή ηλεκτρισμό) υπολογίζονται ώστε  
να καλύπτουν το μέγιστο πιθανό φορτίο, που ονομάζεται και φορτίο υπολογισμού.

Αντίθετα ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης συνήθως καλύπτει ένα ποσοστό του ολικού  
ετήσιου φορτίου. Το ποσοστό αυτό ονομάζεται κάλυψη και χαρακτηρίζει το μέγεθος  
ενός ηλιακού συστήματος. Η απόδοση και τα οικονομικά του ηλιακού συστήματος  
εξαρτώνται βασικά από την κάλυψη. Η εκλογή της κάλυψης και επομένως του  
μεγέθους της εγκατάστασης γίνεται με οικονομικά κριτήρια.

Ο υπολογισμός των μέσων μηνιαίων φορτίων αποτελεί το πρώτο βήμα της μελέτης  
ενός ηλιακού συστήματος και μπορεί να γίνει με τη βοήθεια λεπτομερών ή  
προσεγγιστικών μεθόδων.

Οι λεπτομερείς μέθοδοι συνίστανται στον ώρα προς ώρα υπολογισμό των φορτίων με  
τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Είναι μέθοδοι ακριβείς αλλά δύσχρηστοι, γι' αυτό  
έχουν αναπτυχθεί άλλες προσεγγιστικές μέθοδοι, που χρησιμοποιούν μέσα μηνιαία  
μεγέθη.

#### 3.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

Για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων φορτίων στην περίπτωση θέρμανσης χώρων  
χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών (degree-days).

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη διαπίστωση ότι το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για  
τη διατήρηση της θερμοκρασίας άνεσης στο χώρο, εξαρτάται βασικά από τη διαφορά  
των θερμοκρασιών χώρου και περιβάλλοντος.

Το μηνιαίο φορτίο **L** για την θέρμανση του χώρου είναι ανάλογο του αριθμού των  
βαθμομερών στη διάρκεια του μήνα.

$$L = 24 (UA)_b D f_e \quad (1-19)$$

Όπου:

**D:** ο αριθμός των βαθμοημερών του μήνα

$(UA)_b$ : το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας και της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου  $f_e$  ο συντελεστής εξοικονόμησης ενέργειας.

Ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και για διακοπή λειτουργίας 8-16 ωρών ημερήσια, είναι:

$$f_e = 0.70 - 0.85$$

Ο αριθμός των βαθμοημερών μιας ημέρας είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναφοράς και της μέσης θερμοκρασίας αυτής της μέρας. Ο αριθμός βαθμοημερών του μήνα είναι άθροισμα των βαθμοημερών όλων των ημερών του μήνα. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι συνήθως  $18^{\circ}\text{C}$ .

Ο παράγοντας  $(UA)_b$  προκύπτει σαν πηλίκο των θερμικών απωλειών του κτιρίου, χωρίς προσαύξηση για διακοπτόμενη λειτουργία, προς τη θερμοκρασιακή διαφορά υπολογισμού.

### 3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για τη παραγωγή ζεστού νερού απαιτείται ενέργεια αφ' ενός για να ανέβει η θερμοκρασία του κρύου νερού μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία και αφ' ετέρου για να καλυφθούν οι απώλειες του δικτύου διανομής του ζεστού νερού.

$$L = L_w + L_p \quad (1-20)$$

Το μέσο μηνιαίο φορτίο για θέρμανση νερού,  $L_w$ , υπολογίζεται ως εξής:

$$L_w = N \cdot V_w \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_w - T_m) \quad (1-21)$$

Όπου:

$N$ : ο αριθμός ημερών του μήνα.

$V_w$ : η μέση μηνιαία κατανάλωση ζεστού νερού θερμοκρασίας  $T_w$  (lt)

$\rho$ : το ειδικό βάρος του νερού (1Kg/lt)

$C_p$ : η ειδική θερμότητα του νερού (4190 J/Kg  $^{\circ}\text{C}$ )

$T_w$ : η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού.

$T_m$ : η θερμοκρασία του κρύου νερού

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού εξαρτάται από το είδος του κτιρίου (κατοικία, ξενοδοχείο κ.λ.π.), από το μέγεθος του κτιρίου (αριθμός ενοίκων, αριθμός κλινών) και από τον τρόπο ζωής αυτών που χρησιμοποιούν το νερό.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τιμές της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού για διάφορα είδη κτιρίων. Η κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία  $T_w$  του ζεστού νερού χρήσης στις περισσότερες περιπτώσεις λαμβάνεται ίση με  $40^{\circ}\text{C}$ .

### ΧΡΗΣΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΑ (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8)

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ (lt)
ΟΙΚΟΤΡΟΦΕΙΑ	50
ΣΧΟΛΕΙΑ	5

<b>ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ:</b> Στάθμη μέση	<b>50</b>
<b>ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ:</b> Στάθμη υψηλή	<b>100</b>
<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ</b>	<b>60</b>
<b>ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ:</b> Κατ. LUX	<b>100</b>
<b>ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ:</b> Κατ. Α' και Β'	<b>80</b>
<b>ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ:</b> Κατ. Γ'	<b>60</b>
<b>ΓΡΑΦΕΙΑ</b>	<b>6</b>
<b>ΑΘΛΟΠΑΙΔΙΕΣ</b>	<b>40</b>
<b>ΚΟΥΖΙΝΕΣ:</b> Πλήρη γεύματα	<b>9 lt/γεύμα</b>
<b>ΚΟΥΖΙΝΕΣ:</b> Πρόχειρο φαγητό	<b>2,5 lt/γεύμα</b>

Όταν το δίκτυο διανομής του ζεστού νερού είναι μεγάλο (π.χ. μεγάλα ξενοδοχεία) η θερμοκρασία  $T_w$  λαμβάνεται μεγαλύτερη (π.χ.  $45^{\circ}\text{C}$ ), για να καλύπτεται η πτώση θερμοκρασίας μέσα στο δίκτυο.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού που προορίζεται για χρήση σε κουζίνες, εστιατόρια κ.λ.π., για πλήση συσκευών, είναι  **$50-60^{\circ}\text{C}$** .

Η θερμοκρασία του κρύου νερού  $T_m$ , εξαρτάται από την προέλευση του νερού. Αν το νερό διανέμεται μέσα σε ένα εκτεταμένο υπόγειο δίκτυο, όπως γίνεται στις μεγάλες πόλεις, η θερμοκρασία του κρύου νερού είναι περίπου ίση με αυτή του εδάφους στο βάθος που εκτείνεται το δίκτυο.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται (κατ' εκτίμηση) η μέση μηνιαία θερμοκρασία του κρύου νερού για τις διάφορες ζώνες, για την περίπτωση εκτεταμένου υπόγειου δικτύου.

#### **ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΡΥΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΜΕΓΑΛΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.9)**

<b>ΖΩΝΗ</b>	<b>Ι</b>	<b>Φ</b>	<b>Μ</b>	<b>Α</b>	<b>Μ</b>	<b>Ι</b>	<b>Ι</b>	<b>Α</b>	<b>Σ</b>	<b>Ο</b>	<b>Ν</b>	<b>Δ</b>
<b>1,2</b>	12	12	14	16	19	22	24	24	22	19	16	14
<b>3,4</b>	10	10	12	15	19	21	24	24	22	19	15	12
<b>5,6</b>	8	8	10	13	17	19	22	22	20	17	13	10

Σε πολλές περιπτώσεις το κρύο νερό αντλείται από φρέατα και με τη βοήθεια πιεστικών συγκροτημάτων στέλνεται στην κατανάλωση. Στην περίπτωση αυτή το κρύο νερό έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία χειμώνα-καλοκαίρι γύρω στους 15-18°C. Όταν η απόσταση των υποδοχέων από τη δεξαμενή είναι αρκετά μεγάλη (μεγαλύτερη από 30 μέτρα), προβλέπεται δίκτυο ανακυκλοφορίας, ώστε να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ζεστό νερό διαθέσιμο κοντά σε όλους τους υποδοχείς. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητο να υπολογισθούν οι μέσες μηνιαίες απώλειες του δικτύου,  $L_p$ .

$$L_p = N \cdot t \cdot \Sigma(U_d \cdot I_d)$$

ή (1-22)

$$L_p = N \cdot t \cdot \bar{U} \cdot L$$

Όπου:

$N$ : ο αριθμός ημερών κάθε μήνα.

$t$ : η ημερήσια διάρκεια χρήσης του δικτύου (s).

$U_d$ : συντελεστής απωλειών σωλήνων.

$I_d$ : μήκος σωλήνων με ονομαστική διάμετρο  $d$  (m).

$\bar{U}$ : ο μέσος συντελεστής απωλειών σωλήνων (W/m).

$L$ : το συνολικό μήκος του δικτύου (m).

Η μέση ημερήσια διάρκεια χρήσης του δικτύου εξαρτάται από το είδος του κτιρίου και το πνεύμα οικονομίας του ιδιοκτήτη. Για τα ξενοδοχεία πολυτελείας είναι  $t = 24$  h, ενώ για άλλες περιπτώσεις η διάρκεια χρήσης του δικτύου κυμαίνεται συνήθως από 8 έως 16 ώρες ημερησίως. Η διάρκεια χρήσης του δικτύου καθορίζεται από τον τρόπο λειτουργίας του κυκλοφορητή επιστροφών, που μπορεί να ελέγχεται από ένα χρονοδιακόπτη, ώστε να μη λειτουργεί ορισμένες ώρες, όπως π.χ. τις νυκτερινές. Ο συντελεστής απωλειών του δικτύου  $U_d$  εξαρτάται από τη διατομή των σωλήνων, το είδος της μόνωσης, αν υπάρχει, και τις θερμοκρασίες.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι απώλειες γυμνών και μονωμένων σωλήνων σε W ανά τρέχον μέτρο και βαθμό Κελσίου. Οι τιμές του  $U_d$  είναι το γινόμενο των τιμών του πίνακα αυτού και της διαφοράς θερμοκρασίας σωλήνα και περιβάλλοντος.

## ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ (W/m°C)

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.10)

	<u>ΣΩΛΗΝΕΣ</u> <u>ΓΥΜΝΟΙ</u>	<b>ΣΩΛΗΝΕΣ</b> <b>ΜΟΝΩΜΕΝΟΙ</b> $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
--	---------------------------------	---

		13 mm
$\frac{1}{2}^2$	0.66	0.37
$1/4^2$	0.81	0.42
$1^2$	0.98	0.49
$11/4^2$	1.20	0.57
$11/2^2$	1.34	0.62
$2^2$	1.62	0.73
$21/2^2$	1.99	0.87
$3^2$	2.28	0.98
$4^2$	2.84	1.21

Όταν δεν είναι γνωστές οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του δικτύου, υποθέτουμε ότι το δίκτυο είναι κατασκευασμένο από σωλήνα ενιαίας διαμέτρου, συνήθως  $1\ 1/4^2$ . Προκειμένου για τα ξενοδοχεία το μήκος του δικτύου είναι περίπου 8-10m ανά δωμάτιο.

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ  
ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
2. ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΡΗΤΗΣ
3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΡΚΟ Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ



#### 4. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Κρήτης  
Παράρτημα Χανίων  
Τμήμα Ηλεκτρονικής



Technological Educational  
Institute of Crete  
Branch of Chania  
Dept of Electronics