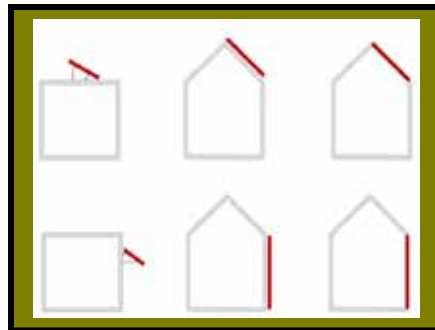




**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΕΩΡΓΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ (Α.Μ. 26631 )**



**ΕΝΤΑΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ**  
**ΤΥΠΟΥΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**  
**ΕΙΣΗΓΗΣΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ : ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΠΟΥΛΟΣ**

Αθήνα 2010

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ**

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε η καταγραφή των τρόπων με τον οποίο χρησιμοποιούνται στη σημερινή εποχή τα Φ/Β στοιχεία στη δόμηση.

Μετά από μια σύντομη ιστορική περιγραφή της εμφάνισης των Φ/Β και της περιγραφής τους καταγράφονται αναλυτικά τα Φ/Β στοιχεία που χρησιμοποιούνται στη δόμηση, τα προβλήματα που παρουσιάζονται, αλλά και ποιος είναι ο καλύτερος προσανατολισμός τους ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση.

Εν συνεχεία παρουσιάζεται η στατική μελέτη που γίνεται κατά την τοποθέτηση τους, οι αστοχίες που μπορούν να υπάρχουν αλλά και οι τρόποι που τοποθετούνται πάνω στον κτίριο ή που ενσωματώνονται.

Τέλος δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών Φ/Β, αλλά και οικονομικά στοιχεία μαζί με τη αντίστοιχη νομοθεσία η οποία εφαρμόζεται στην Ελλάδα.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Φ/Β και Δόμηση

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Φ/Β Υαλοπίνακες, Φ/Β Υαλοπετάσματα, στατική Φ/Β υαλοπινάκων.

**Η πτυχιακή εργασία μου αφιερώνεται  
στις οικογένειά μου**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, τον κ. Δημοσθένη Παπασταμόπουλο ο οποίος με τον τρόπο του, βοήθησε στην επιλογή του θέματος της πτυχιακής εργασίας που μου ταίριαζε περισσότερο και που, μέσω αυτής, μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και σημαντικό ζήτημα, όπως αυτό της χρησιμοποίησης των Φ/Β στοιχείων στη δόμηση αλλά και τη στατική μελέτη που γίνεται. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω, γιατί καθ' όλη την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, μου προσέφερε αρκετή βοήθεια με τις γνώσεις του και με καθοδήγησε σωστά για την επιτυχή αποπεράτωσή της.

Επίσης, θα ήταν παράβλεψη μου αν δεν ευχαριστούσα το μηχανικό κ. Βεργή της εταιρείας Smart Building, καθώς και το μηχανικό κ. Πατενιώτη, οι οποίοι μου αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο και με ενημέρωσαν σχετικά με το θέμα αυτό. Ευχαριστίες οφείλω επίσης στη Βιβλιοθήκη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος για το δανεισμό των βιβλίων που χρειάστηκα.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου πρωτίστως στην οικογένειά μου αλλά και στους φίλους μου, που μου έδειξαν αμέριστη συμπαράσταση.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### Κεφάλαιο 1: Στοιχεία για την Τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών σε οικίες

1.0 Εισαγωγή .....	6
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	7
1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών στις οικίες.....	9
1.3 Επίλογος.....	11

### Κεφάλαιο 2: Εξωτερικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Συστήματα BIPV

2.0 Εισαγωγή.....	12
2.1 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών.....	12
2.2 Προϋποθέσεις καταλληλότητας κτιρίου για τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών.....	13
2.3 Εξωτερικά τοποθετημένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	18
2.4 Ενσωματωμένα Ηλιακά συστήματα σε Οικίες ως Δομικά Υλικά (BIPV) .....	20
2.5 Συμπεράσματα.....	29

### Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός και στατική μελέτη κτιρίων με BIPV

3.0 Εισαγωγή .....	30
3.1 Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β στοιχείων που αντικαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά.....	31
3.2 Βυθίσεις και Κάμψη στα BIPV.....	33
3.3 Στατική μελέτη για τοποθέτηση Φ/Β υαλοπινάκων αστοχίες.....	34
3.4 Θερμομονωτική μελέτη.....	36
3.5 Στατική μελέτη μικρού μεταλλικού κτιρίου με στέγη μικρής κλίσης με επένδυση BIPV.....	37
3.6 Τρόποι στήριξης Φ/Β στοιχείων.....	38
A. Τοποθέτηση μη ενσωματωμένων Φ/Β σε Οροφή ή Στέγη.....	38
B. Φ/Β Κεραμίδια .....	40

<b>Γ. Φ/Β Μembrάνες .....</b>	<b>42</b>
<b>Δ. Φ/Β Κυψέλες Πάνω σε Μεταλλικό Έλασμα.....</b>	<b>45</b>
<b>Ε. Μεθοδολογία Στήριξης Φ/Β Υαλοπετασμάτων ή Φ/Β Υαλοπινάκων... </b>	<b>46</b>
<b>ΣΤ. Φ/Β Περίδες και Σκίαστρα.....</b>	<b>50</b>
<b>3.7 Συμπεράσματα.....</b>	<b>53</b>
<b>Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές Φ/Β τεχνολογίας σε ελληνικά κτίσματα</b>	
<b>4.0 Εισαγωγή.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 Παραδείγματα εφαρμογών Φ/Β σε κτίρια.....</b>	<b>55</b>
<b>Α. Super Market Μασούτης στην Καστοριά.....</b>	<b>55</b>
<b>Β. Τράπεζα Πειραιώς στη Αθήνα.....</b>	<b>57</b>
<b>Γ. Κοινωνικό κέντρο του Δημοτικού Οργανισμού Υγείας του Βόλου.....</b>	<b>58</b>
<b>Δ. Ιδιωτική εταιρεία στα Ιωάννινα.....</b>	<b>59</b>
<b>Ε. Κτίριο Χημικών Μηχανικών στο ΕΜΠ.....</b>	<b>60</b>
<b>ΣΤ. Λευκοσιδηρουργία Κρήτης ΑΕΒΕ.....</b>	<b>61</b>
<b>Ζ. Πολυκατοικία στο Δήμο Ταύρου.....</b>	<b>62</b>
<b>Η. Ενσωμάτωση Φ/Β στο σταθμό του μετρό στο αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος.....</b>	<b>63</b>
<b>Θ. Ενσωμάτωση άμορφων Φ/Β στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης.....</b>	<b>64</b>
<b>Ι. Εφαρμογή Φ/Β στη στέγη της Γερμανικής Σχολής στο Μαρούσι.....</b>	<b>65</b>
<b>Ι.Α Μοναστηριακές Εγκαταστάσεις.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2 Συμπεράσματα.....</b>	<b>67</b>
<b>5. Οικονομικά στοιχεία.....</b>	<b>68</b>
<b>6. Νομοθεσία.....</b>	<b>70</b>
<b>7. Τελικά Συμπεράσματα.....</b>	<b>71</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>72</b>

## **Κεφάλαιο 1: Στοιχεία για την Τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών σε οικίες**

### **1.0 Εισαγωγή**

Στην εποχή μας με τις τόσες αντιθέσεις και προσδοκίες για Ποιότητα ζωής, δυο δισεκατομμύρια άνθρωποι, περίπου το 1/3 του πληθυσμού του πλανήτη μας, δεν έχουν πρόσβαση στην ηλιακή ενέργεια. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, διαπιστώνεται ότι λιγότερο από το 30% του πληθυσμού έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ο πληθυσμός της γης από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, αυξήθηκε από 0,5 δις σε 5,7 δις. Συγχρόνως η κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε 140 φορές και συνεχώς αυξάνεται. Συγκεκριμένα από τα 100 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου άνθρακα το 17<sup>ο</sup> αιώνα, φτάσαμε την περίοδο του 1997 σε 14 δις τόνους ισοδύναμους άνθρακα.

Λόγω της μεγάλης ανάπτυξης τους, οι δυτικές χώρες καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και ορυκτών καυσίμων αλόγιστα.: πολλές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, κλιματιστικές εγκαταστάσεις έχουν γίνει απαραίτητες στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου. Τα αποθέματα όμως είναι περιορισμένα για αυτό το λόγο εντάθηκαν οι προσπάθειες για αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας.

Οι δυτικές χώρες επένδυσαν και επενδύουν σε ήπιες μορφές ενέργειας ώστε να μειώσουν την κατανάλωση των παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Ως ήπιες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται: η ηλιακή ενέργεια, η αιολική, η γεωθερμία και η βιομάζα.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στις οικίες καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους.

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στα συστήματα ενέργειας και τα πολεοδομικά συστήματα είναι πολύ ισχυρή. Ο παράγοντας ενέργεια επηρεάζει όχι μόνο την αρχιτεκτονική του κτιρίου αλλά και την πολεοδομική οργάνωση γενικότερα<sup>1</sup>.

Για να χρησιμοποιηθούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα στα κτίρια χρειάστηκε να περάσουν πάνω από 100 χρόνια.

Η άμεση μετατροπή της ηλιακή ακτινοβολίας σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου μελετήθηκε για πρώτη φορά από το Γάλλο φυσικό Bequerel το 1838.

Το 1877 οι επιστήμονες Adams και Day από το Cambridge, παρουσίασαν στην Royal Society, την εργασία τους επί των μεταβολών των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του στοιχείου Se, όταν εκτίθεται στο φως.

Το 1883 ο Charles Edgar Fritts, από τη Νέα Υόρκη κατασκεύασε ένα φωτοστοιχείο από Σελήνιο που μοιάζει με τα σημερινά στοιχεία.

Το 1918 ο Czochralski πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si).

Το 1949 οι Mott και Schottky ανέπτυξαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης.

Το 1954 οι Chapin, Fuller και Pearson κατασκεύασαν το πρώτο ηλιακό κελί που είχε απόδοση 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας.

Το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων χρησιμοποιήθηκε για διαστημικές εφαρμογές. Ο δορυφόρος Vanguard I είχε τοποθετημένο ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Μέχρι το 1962 η εταιρεία Sharp εγκαθιστά στην Ιαπωνία τη μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε ένα φάρο, ισχύος 242 Wp.

Τη δεκαετία του '70 εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης εμφανίστηκε ένας νέος τομέας της αρχιτεκτονικής ο οποίος ονομάστηκε ενέργεια και αρχιτεκτονική και κυρίαρχο στοιχείο της ήταν η χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

---

<sup>1</sup> Καπλάνης Σ. Ν., 2004, *Μηχανική των Φ/Β Συστημάτων και Ήπιες Μορφές Ενέργειας III*, εκδ. Ιων, Αθήνα



Από οικονομική άποψη η εφαρμογή των ενεργητικών συστημάτων απαιτούσε προηγμένη τεχνολογία με μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης.

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των φωτοβολταϊκών αυξάνει όλο και περισσότερο. Σήμερα έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά υλικά και πολλές χώρες έχουν επενδύσει τεράστια κονδύλια για περαιτέρω βελτίωση της Φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα προσαρμόζονται στις προσόψεις κτιρίων, σε κελύφη , σε αίθρια, σε στέγαστρα, σε θόλους και σε οροφές.

## 1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών στις οικίες

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τη χρήση των φωτοβολταϊκών στις οικίες παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (φτάνει τα 30 χρόνια)
- Απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανένα και παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη, παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3- 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δυο στρέμματα δάσους. Υπάρχουν επίσης λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων όπως: τα οξείδια του αζώτου και οι ενώσεις του θείου. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλιακής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς

παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα παρουσιάζονται και κάποια βασικά μειονεκτήματα τα οποία είναι τα εξής:

- Η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας είναι μικρή
- Υπάρχουν προβλήματα όσον αφορά την αποθήκευση ενέργειας.

### **1.3 Επίλογος**

Μέσα σε δυο αιώνες ο άνθρωπος κατάφερε να δημιουργήσει εκείνη την τεχνολογία ώστε να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ακτινοβολίας και να τη χρησιμοποιήσει στην οικία του. Υπάρχουν δυνατότητες για περαιτέρω αξιοποίηση, γεγονός που θα επιτευχθεί με την ανάλογη εξέλιξη των υλικών και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών και την ενσωμάτωση τους στις οικίες. Στο επόμενο κεφάλαιο τα κυριότερα φωτοβολταϊκά συστήματα και πως είναι προσαρμοσμένα σε οικίες.

## **Κεφάλαιο 2: Εξωτερικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Συστήματα BIPV**

### **2.0 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα φωτοβολταϊκά τα οποία χρησιμοποιούνται ενσωματωμένα στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Τα συστήματα αυτά ονομάζεται BIPV (Building Integrated Photovoltaics). Τα κτίρια που έχουν ενσωματωμένα τα BIPV αξιοποιούν τη θερμότητα του ήλιου καθώς και την ηλιακή ακτινοβολία. Η ενσωμάτωση των BIPV έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ηλεκτρικών αναγκών άρα και την ενεργειακή εξάρτηση του κτιρίου από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν επίσης να τοποθετηθούν σε κατακόρυφες, σε κεκλιμένες αλλά και οριζόντιες επιφάνειες, σαν πέργολες και σκιάδια. Σε αυτή την περίπτωση δεν ενσωματώνονται στο κτίριο. Δεν ενσωματώνονται ούτε στην περίπτωση που τοποθετούνται παράλληλα πάνω στο κέλυφος των κτιρίων.

### **2.1 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών**

Η ένταξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να εντάσσεται από την αρχή στο σχεδιασμό του σπιτιού. Η συνολική μελέτη που θα καλύπτει την εξοικονόμηση ενέργειας όπως: μόνωση, έξυπνα παράθυρα, σκίαση, την θέρμανση και τον κλιματισμό καθώς και τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό με τη συμβολή των φωτοβολταϊκών ώστε να επιτύχει καλύτερο αποτέλεσμα με μικρότερο κόστος. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε στέγες επίπεδες ή κεκλιμένες αλλά και σε προσόψεις κτιρίων. Στην αγορά υπάρχουν διαθέσιμα διάφορα μεγέθη και μπορούν να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής ή ακόμα και τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη. Μπορούν επίσης να τοποθετηθούν και ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα.

## **2.2 Προϋποθέσεις καταλληλότητας κτιρίου για τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών**

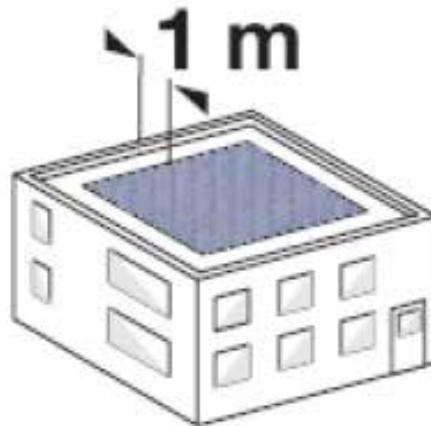
Τα περισσότερα από τα κτίρια είναι κατάλληλα, αρκεί να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χρειάζεται περίπου 1 με 1.5 m<sup>2</sup> για κάθε 100 Watt. Αν τα φωτοβολταϊκά τοποθετηθούν σε κεραμοσκεπή είναι απαραίτητη επιφάνεια 8-10 m<sup>2</sup>/ KWatt ενώ αν τοποθετηθούν σε δώμα απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα 15 m<sup>2</sup>/ KWatt.
- Αν τοποθετηθούν άμορφα φωτοβολταϊκά απαιτείται η διπλάσια επιφάνεια.
- Ο χώρος πρέπει να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.
- Τα φωτοβολταϊκά έχουν μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό. Αποκλίσεις από το Νότο έως και 45<sup>ο</sup> είναι επιτρεπτές αλλά μειώνουν την απόδοση.
- Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού είναι κοντά στις 30<sup>ο</sup>.
- Τα φωτοβολταϊκά δεν επιτρέπεται να τοποθετηθούν πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου αλλά και από το φρεάτιο του ανελκυστήρα.
- Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στις στέγες θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να ακολουθηθεί η κλίση τους αλλά και να απέχουν 0,50 m από το περίγραμμα της.



Εικ2.1 Τοποθέτηση Φ/Β στις στέγες  
(Πηγή:[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

- Όταν τα φωτοβολταϊκά τοποθετηθούν στο δώμα του κτιρίου θα πρέπει να τοποθετηθεί περιμετρικά ένα συμπαγές στηθαίο το οποίο έχει ύψος 1,2 m. Το στηθαίο όχι μόνο βελτιώνει την αισθητική εικόνα του κτιρίου αλλά και προστατεύει την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η εσωτερική απόσταση της εγκατάστασης από το στηθαίο είναι 1 m.

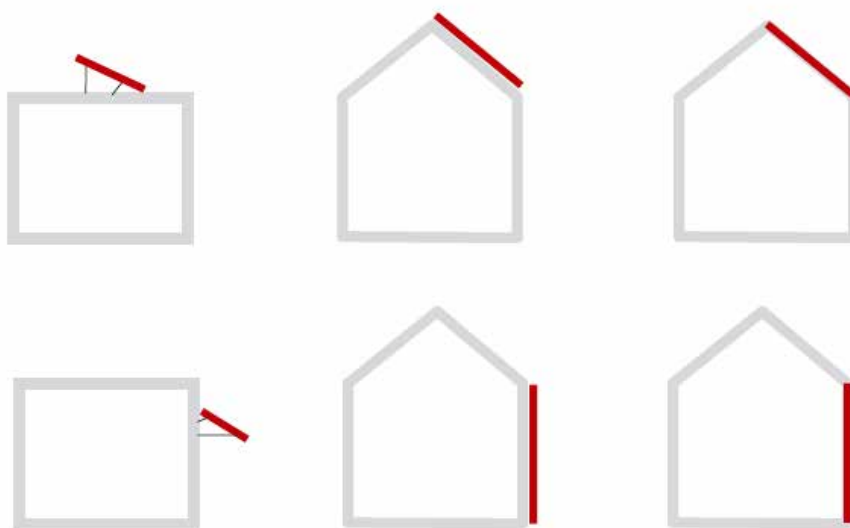


Εικ2.2 Τοποθέτηση Φ/Β σε δώμα

(Πηγή:[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

- Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων απαιτεί την έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας.

- Σχηματικά η τοποθέτηση των Φ/Β στοιχείων μπορεί να γίνει στις εξής θέσεις:



Εικ2.3 Σχηματική τοποθέτηση Φ/Β

(Πηγή:[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))



### 2.3 Εξωτερικά τοποθετημένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά πανέλα τοποθετούνται συνήθως στην οροφή των κατοικιών πάνω σε κατάλληλα στηρίγματα και δεν ενσωματώνονται στο κτίριο.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στις οικίες είναι τα εξής:

- Πρώτα από όλα υπάρχει έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Έχουν αξιοπιστία και μηδενική ρύπανση
- Υπάρχει ελάχιστη συντήρηση
- Η εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα μειώνεται ιδιαίτερα αν οι οικίες είναι σε απομακρυσμένες περιοχές.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

## Εικ 2.4 Εξωτερικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)



(α)



(β)



(γ)

Εικ 2.5 Παράλληλα τοποθετημένα Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)

Όσον αφορά την τοποθέτηση γειτονικών φωτοβολταϊκών συστοιχιών θα πρέπει για να μην υπάρχει σκίαση μεταξύ τους. Για να εξασφαλιστεί ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους. Η ελάχιστη απόσταση καθορίζει τελικά πόσα πλαίσια θα υπάρχουν σε μια συστοιχία καθώς και ποια θα είναι η συνολική επιφάνεια τους. Η απόσταση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$s = r \cdot h + b \cdot \cos \beta$$

όπου:

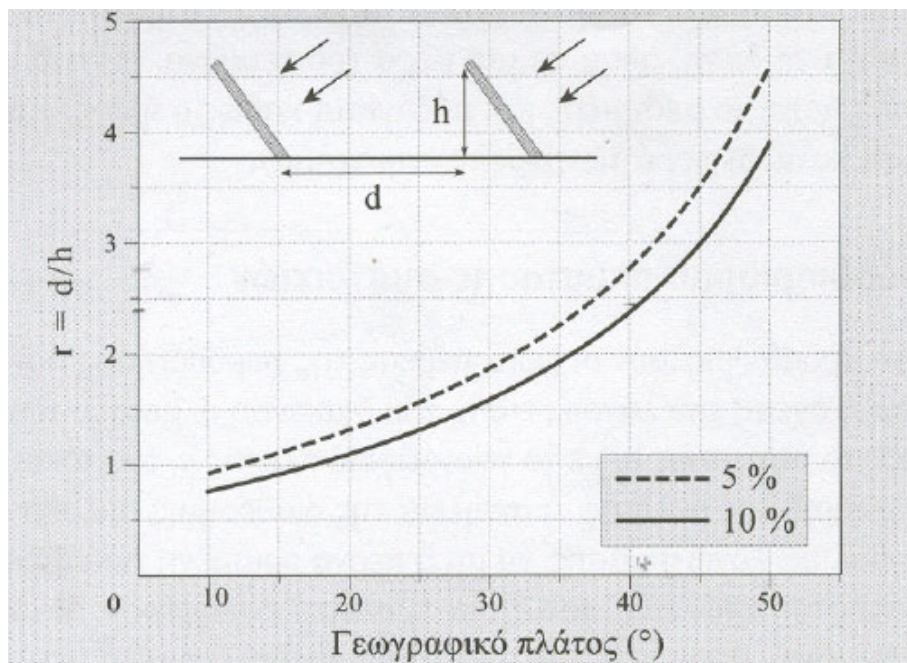
s= η ελάχιστη απόσταση

r= d/h

$d$ = το διάκενο μεταξύ δυο συστοιχιών

$h$ =το ύψος των συστοιχιών

$\beta$ = η κλίση που έχουν για μέγιστη απόδοση.



Σχήμα 2.1 Συσχετισμός του  $d/h$  συναρτήσει του Γεωγραφικού Πλάτους

## 2.4 Ενσωματωμένα Ηλιακά συστήματα σε Οικίες ως Δομικά Υλικά (BIPV)

Τα BIPV παρουσιάζουν ένα μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων. Πρώτα από όλα μπορούν και να συμβάλλουν ενεργά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και ταυτόχρονα μπορούν και να συμβάλλουν και στο δροσισμό μέσω της σκίασης.

Τα BIPV όταν ενσωματώνονται σε κτίρια αντικαθιστούν συμβατικά οικοδομικά υλικά όπως είναι:

- ∅ Τα κεραμίδια της σκεπής
- ∅ Η μαρμάρινη ή μεταλλική πρόσοψη
- ∅ Οι υαλοπίνακες καθώς και
- ∅ Τα σκίαστρα σε ένα αίθριο.



Εικ 2.6 Σχηματική Απεικόνιση τοποθέτησης των BIPV

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)





Εικ 2.7 Φωτοβολταϊκά Σκίαστρα

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)

Οι κυριότερες θέσεις που μπορούν να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά είναι κυρίως στις όψεις του κτιρίου, στη σκεπή, στο δώμα αλλά μπορούν να εγκατασταθούν και σε επιμέρους επιφάνειες όπως είναι οι φεγγίτες, τα παράθυρα οροφής και τα σκίαστρα.

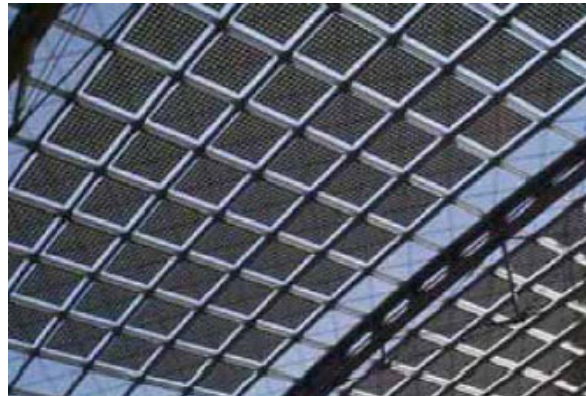


Εικ 2.8 Φωτοβολταϊκά σε φεγγίτες και παράθυρα

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)



(α)



(β)

Εικ 2.9 Φ/Β ενσωματωμένα σε οροφές  
(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)



(α)



(β)

Εικ 2.10 Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε παράθυρα και στέγες

(Πηγή:[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

Στα κτίρια που στην εξωτερική τους όψη είχαν υαλοστάσια μπορούν να τοποθετηθούν διαφανή φωτοβολταϊκά, τα οποία παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- ∅ Εξοικονομείται 15-30% ενέργεια, η οποία επειδή δε μεταφέρεται καταναλώνεται εκεί που παράγεται
- ∅ Έχουν θερμομονωτικές ιδιότητες
- ∅ Δεν καταλαμβάνουν επιπλέον χώρο.
- ∅ Αποκαθιστούν μέρος του κόστους των δομικών υλικών





Εικ 2.11 Εφαρμογή Φωτοβολταϊκών σε Εμπορικό Κέντρο

(Πηγή:[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

Ένα σημαντικό μειονέκτημα που υπάρχει κατά το σχεδιασμό της ενσωμάτωσης των BIPV είναι ότι θα πρέπει να υπολογιστεί η επιφάνεια εκείνη του κτιρίου που δεν θα σκιάζεται. Η σκίαση οφείλεται τις περισσότερες φορές σε υπάρχοντα κτίσματα, σε δέντρα ή φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται κοντά. Η συγκεκριμένη κατάσταση είναι δυσμενέστερη κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Για να υπολογιστεί η συγκεκριμένη επιφάνεια χρησιμοποιείται είτε ο ηλιακός χάρτης ή κάποιος υπολογιστής με λογισμικό που προσομοιάζει τις υπάρχουσες συνθήκες.

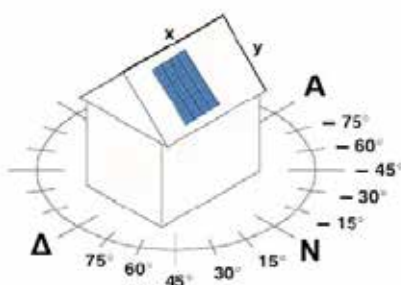
Αναλυτικά η μείωση της ενεργειακής απόδοσης των υαλοπετασμάτων οφείλεται κυρίως σε 4 παράγοντες.

- Η ύπαρξη των στοιχείων που προκαλούν σκίαση στα πλαίσια. Κατά το σχεδιασμό της τοποθέτησής τους θα πρέπει να γίνει έλεγχος εμποδίων έτσι ώστε η επίδρασή τους να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Μια πολύ σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η επίδραση που έχει η ρύπανση πάνω στα πλαίσια. Η ρύπανση αυτή συνίσταται κυρίως στα μικροσωματίδια, στα άλατα από τις βροχές, τη σκόνη αλλά και τη γύρη των φυτών. Η ύπαρξη της ρύπανσης πάνω στα πλαίσια έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη καθαρότητα των πλαισίων η οποία συνεπάγεται μικρότερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο Φ/Β στοιχείο. Η κατάσταση αυτή γίνεται πιο δυσμενής ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες εξαιτίας της ξηρασίας της ατμόσφαιρας. Η σκόνη που εναποτίθεται στα πλαίσια

το βράδυ με την υγρασία μετατρέπεται σε λάσπη η οποία στεγνώνει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν ένα τμήμα του Φ/Β υαλοπετάσματος καλύπτεται δημιουργείται το φαινόμενο της θερμής κηλίδας το οποίο επηρεάζει την απόδοση του πλαισίου. Για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο αυτό τοποθετούνται στο κιβώτιο συνδέσεως κάποιοι δίοδοι παράκαμψης. Η απομάκρυνση της ρύπανσης από τα Φ/Β υαλοπετάσματα γίνεται με τον τακτικό καθαρισμό τους. Το χειμώνα το πρόβλημα είναι πιο ήπιο εξαιτίας των βροχών αλλά εντείνεται το καλοκαίρι που οι βροχές είναι λιγότερες.

- Όταν οι οικισμοί βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο παρατηρείται το χειμώνα εναπόθεση χιονιού πάνω στα Φ/Β υαλοπετάσματα. Όταν το χιόνι είναι λίγο δεν εμφανίζεται κάποιο σημαντικό πρόβλημα γιατί λιώνει. Όταν όμως η χιονόπτωση είναι σφοδρή θα πρέπει να απομακρυνθεί από συνεργείο ώστε να αποφευχθεί η διακοπή παραγωγής της ενέργειας.
- Ο καθαρισμός του Φ/Β υαλοπετάσματος εξαρτάται από μεγάλο βαθμό από την κλίση την οποία έχει τοποθετηθεί. Τα πλαίσια δεν θα πρέπει να είναι απόλυτα οριζόντια αλλά να χαρακτηρίζονται από κάποια μικρή κλίση, ώστε να καθαρίζονται πιο εύκολα.

Στο δώμα η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών μπορεί να αποφέρει μεγαλύτερα οφέλη γιατί μπορεί να ενσωματωθεί το BIPV με τέτοια κλίση που να εκμεταλλεύεται καλύτερα την ηλιακή ακτινοβολία. Συγκεκριμένα όταν ο προσανατολισμός είναι νότιος και η κλίση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ανάλογη με την κλίση που έχει το γεωγραφικό πλάτος, επιτυγχάνεται μέγιστη απόδοση του συστήματος.



Εικ 2.12 Προσανατολισμός Φ/Β

(Πηγή: [http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0°	30°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	90	85	50
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	60
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90	67	30
Βόρειος	90	60	20

Πίνακας 2.1 Κλίση και Προσανατολισμός

(Πηγή: [http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))

Ένα άλλο στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι όταν τα φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματώνονται στις οροφές θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, όχι μόνο στην υγρασία, αλλά και την επίδραση που θα έχουν από τον άνεμο, τη βροχή, τον παγετό και το χιόνι καθώς επίσης και τον τρόπο που θα εγκατασταθούν, θα συντηρηθούν και θα επισκευαστούν .



(α)



(β)



(γ)

Εικ 2.13 Ενσωματωμένα Φ/Β στοιχεία σε κεκλιμένες στέγες

(Πηγή: [http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf))



Εικ 2.14 Ενσωματωμένα Φ/Β στοιχεία σε κεκλιμένη στέγη

(Πηγή: <http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)

## **2.5 Συμπεράσματα**

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτήρια χωρίζονται τυπικά σε δυο κατηγορίες: στα εξωτερικά που είναι τοποθετημένα πάνω σε οροφές και εξωτερικές επιφάνειες σαν σκιάδια και σαν πέργολες και τα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία.

Η ενσωμάτωση τους θα πρέπει να δίνει με το σύνολο της κατασκευής και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του. Γεγονός που θα του προσδώσει αξία. υπάρχουν συγκεκριμένα προβλήματα τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να αντιμετωπιστούν όπως: οι καιρικές συνθήκες και η τοποθέτηση τους. Έμφαση θα πρέπει να δίνεται επίσης και στον προσανατολισμό γιατί συμβάλλει στη μεγιστοποίηση της ενέργειας που παράγεται.

## **Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός και στατική μελέτη κτιρίων με BIPV**

### **3.0 Εισαγωγή**

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των Φ/Β στοιχείων τα οποία αντικαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά.

Δίνεται επίσης έμφαση στη στατική μελέτη που πραγματοποιείται τόσο στα κτίρια στα οποία τοποθετούνται Φ/Β πλαίσια ή ενσωματώνονται τα BIPV αλλά και στη στατική μελέτη που υπόκεινται τα υαλοπετάσματα και οι φωτοβολταϊκοί υαλοπίνακες που τοποθετούνται τόσο στις στέγες και τις οροφές αλλά και στις προσόψεις των κτιρίων.

Αναφέρονται επίσης οι πιθανές αστοχίες αλλά και τρόποι αποφυγή τους.

Παρουσιάζεται επίσης ο τρόπος στήριξης των Φ/Β στοιχείων στις στέγες, στις όψεις, στα σκίαστρα καθώς και η μεθοδολογία της εγκατάστασής τους.

### 3.1 Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β στοιχείων που αντικαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά.

Για να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση μιας οικίας είναι απαραίτητη η τοποθέτηση Φ/Β σε στέγες και σε δώματα.

Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν τόσο σε νεοαναγειρόμενα κτίρια (ενσωματωμένα Φ/Β) αλλά και σε συμβατικά σπίτια που ανακαινίζονται (στο κέλυφος δεν πραγματοποιείται πλήρης ενσωμάτωση).

Τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν σε δυσμενείς συνθήκες όπως είναι: η χαλαζόπτωση, η βροχή, ο αέρας και η υψηλή θερμοκρασία.

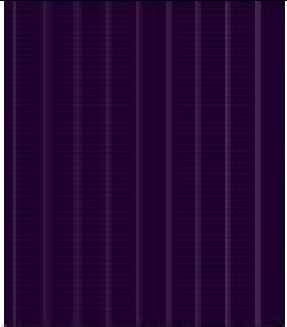
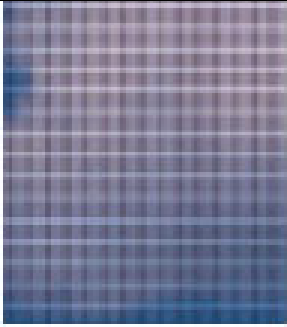
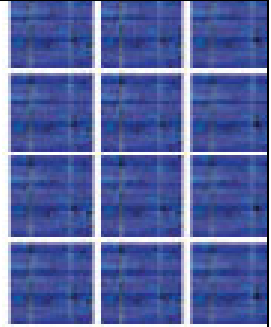
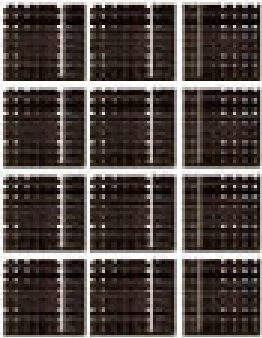
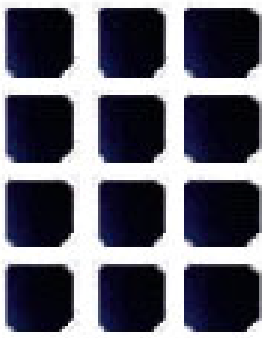
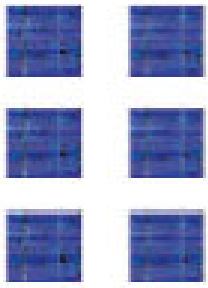
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-40°C ως 90 °C
Ταχύτητα αέρα	Ως 800 Pa
Χαλαζόπτωση	25mm διάμετρο και 23m/sec
Φορτίο χιονιού	550 kgr/m <sup>2</sup>
Σχετική υγρασία	0-100%

Τα κριτήρια που καθορίζουν τον κατάλληλο τύπο πανέλα είναι:

- Τις διαστάσεις του
- Την επιθυμητή διαφάνεια
- Τη μηχανική αντοχή
- Την όψη του

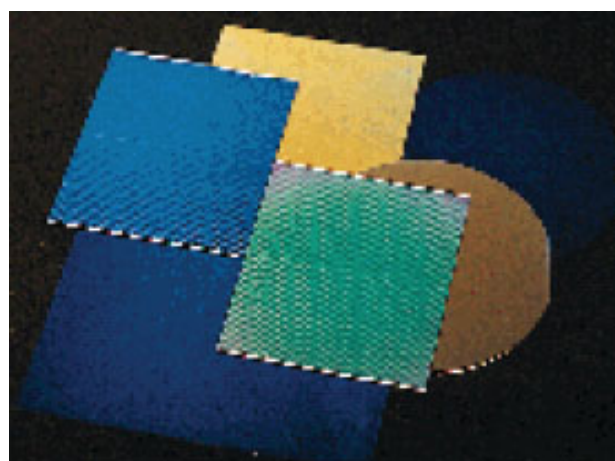
Αν τα Φ/Β πανέλα τοποθετηθούν στις στέγες, το φορτίο τους δεν ξεπερνά το 15% του φορτίου που μπορεί να επιβαρυνθεί η στέγη. Ένα Φ/Β πανέλο έχει βάρος που κυμαίνεται από 12 ως 18 kgr.



ΕΙΚΟΝΑ			
ΤΥΠΟΣ Si	Άμορφο	Άμορφο	Πολυκρυσταλλικό
ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	1%	10%	13%
ΙΣΧΥΣ (STC)	53 W/m <sup>2</sup>	42 W/m <sup>2</sup>	125 W/m <sup>2</sup>
ΕΙΚΟΝΑ			
ΤΥΠΟΣ Si	Μονοκρυσταλλικό	Μονοκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό
ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	22%	36%	43%
ΙΣΧΥΣ (STC)	122 W/m <sup>2</sup>	134 W/m <sup>2</sup>	84 W/m <sup>2</sup>

Εικ 3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)



Εικ 3.2 Φωτοβολταϊκά Στοιχεία για στέγες

(Πηγή:<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>)

### **3.2 Βυθίσεις και Κάμψη στα BIPV**

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο γυάλινα Φ/Β πανέλα σε κελύφη, στέγαστρα και προσόψεις κτιρίων.

Η μελέτη και η διαστασιολόγηση των υαλοπινάκων είναι νομικά και ουσιαστικά απαραίτητη σε όλες τις γυάλινες εφαρμογές, σύμφωνα με τα ENV 1991, DIN 1055, DIN 1249, DIN 18516.

Γενικά αν τα Φ/Β τοποθετηθούν σε στέγες που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κλίση τότε απαραίτητος είναι ο στατικός έλεγχος.

Το πανέλο αποτελείται από: χαμηλής αντανάκλασης γυαλί, 36 μονοκρυσταλλικά PV κελιά μεγέθους 12.5x12.5 cm. Οι διαστάσεις του ενσωματωμένου πανέλου είναι: μήκος 12.8 cm, πάχος 6.4 cm και ύψος 0.9 cm. Το βάρος του είναι 24 kgr. Η αντοχή των πανέλων είναι για 20 χρόνια.

Το γυαλί που χρησιμοποιείται έχει αυξημένες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Το απαιτούμενο πάχος του γυαλιού είναι 0.5 ως 1.9 cm. Οι κατασκευές αυτές έχουν πλέον καταστεί βιώσιμες ακόμα και σε καταπονήσεις από φορτία ανεμοπίεσης, χιονιού και μεταβολών θερμοκρασίας.

Εξαιτίας του μικρού πάχους, των υψηλών φορτίων και των μεγάλων ανοιγμάτων, τα γυάλινα πανέλα παρουσιάζουν μεγάλες κάθετες μετακινήσεις. Όσο μεγαλύτερες είναι οι μετακινήσεις του υαλοπίνακα προς το επίπεδο (βυθίσεις) τόσο μεγαλύτερο μερίδιο της λειτουργίας καμπτόμενης πλάκας αντικαθίσταται από τη λειτουργία εφελκυσμένης μεμβράνης. Η μεμβράνη αυτή είναι ευνοϊκή γιατί προκαλεί μικρότερες τάσεις και παραμορφώσεις.

Εξαιτίας της μεγάλης αντοχής του γυαλιού σε ελκυσμό (λόγω κάμψης) συγκριτικά με το σκυρόδεμα, οι υαλοπίνακες που έχουν μικρά πάχη και μεγάλα ανοίγματα μπορούν να αντέξουν σε ισχυρές φορτίσεις. Η ανεμοπίεση μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 KPa ενώ η μέγιστη βύθιση τη στιγμή της αστοχίας μπορεί να φτάσει τα 4 cm.

### 3.3 Στατική μελέτη για τοποθέτηση Φ/Β υαλοπινάκων αστοχίες

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται στη δόμηση όλο και περισσότερο το γυαλί. Έτσι συχνά συναντώνται κτίρια με γυάλινες προσόψεις, γυάλινα στέγαστρα και κελύφη. Η κλασσική, συμβατική αρχιτεκτονική ολοένα αντικαθίσταται.

Το κοινό γυαλί αποτελείται από στοιχεία όπως: ο χαλαζίας (70-74%), το ασβέστιο (5-12%), το οξειδίο του νατρίου (12-16%), το οξειδίο του μαγνησίου (0-5%) αλλά και αλουμίνιο (0,2-2%). Οι υαλοπίνακες μεγάλων διαστάσεων στηρίζονται άλλοτε περιμετρικά από πλαίσια αλουμινίου, άλλοτε σημειακά από ειδικά μεταλλικά εξαρτήματα μεγάλης αντοχής τα λεγόμενα PLANAR. Τα φορτία των κοινών υαλοπινάκων ήταν ιδιαίτερα αυξημένα με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται στατική μελέτη και διαστασιολόγηση<sup>2</sup>.

Τα τελευταία χρόνια η έχουν κατασκευαστεί είδη γυαλιού τα οποία χαρακτηρίζονται από αυξημένες χημικές αλλά και φυσικές αντοχές, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να μειωθεί το πάχος τους. Οι γυάλινες κατασκευές είναι πλέον βιώσιμες σε μεγάλα φορτία ανεμοπίεσης και χιονιού.

Τα κυριότερα στοιχεία του γυαλιού που λαμβάνονται υπόψη στη στατική μελέτη είναι τα εξής:

- Ως προς το DIN1249 ενισχυμένο γυαλί (Securit)
- Ως προς DIN18516, DIN1249 T12 Έλεγχοι
- Ως προς πυκνότητα  $\rho$   $2,5 \cdot 10^3$  Kgr/m<sup>3</sup> DIN1249 και DIN EN 101
- Σκληρότητα χάραξης κατά Mohs – 5 έως 6 DIN EN 101
- Σκληρότητα κατά Knoop HK 0,1/20 470 HK 0,1/20 DIN 52333, DIN ISO 9385.
- Πυκνότητα σε οπλισμένο γυαλί (με συρματοπλεγμα)  $\rho$   $2,6 \cdot 10^3$  Kgr/m<sup>3</sup>
- Μέτρο ελαστικότητας Estat 7,3 N/mm<sup>2</sup>  $7,0 \cdot 10^4$  N/mm<sup>2</sup> DIN 52303 T1

---

<sup>2</sup> Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon Κοταλακίδης Κ., 2009, *Τεχνικά χαρακτηριστικά στατικής μελέτης και διαστασιολόγησης- επιλογής πάχους υαλοπίνακα με το πρόγραμμα Glasscon GLASSTATIKS*

- Νούμερο Poisson  $\mu$  0,23.
- Αντοχή σε ελκυσμό σε 30-80 MPa
- Αντοχή σε θλίψη από 700 ως 900 MPa DIN 51067 T1.

Αρχικά γίνεται μια σειρά πειραμάτων και σύγκριση με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του Η/Υ. μετά την ολοκλήρωση των της διαστασιολόγησης των υαλοπινάκων ακολουθεί η στατική μελέτη του φέροντα οργανισμού.

Ο κλασικός τρόπος στήριξης είναι το κάθε Φ/Β υαλοπέτασμα να στηρίζεται περιμετρικά. Υπάρχει όμως και περίπτωση η στήριξη να γίνεται μόνο σε τρεις, δύο ή και μια πλευρές. Κάθε Φ/Β υαλοπέτασμα έχει συμπεριφορά πλάκας. Τα φορτία που δέχεται είναι: η ανεμοπίεση, το χιόνι, η κρούση, ο σεισμός και η διαστολή- συστολή του μεταλλικού σκελετού. Τα μεγέθη των φορτίων λαμβάνονται από τον Ευρωκώδικα 1, DIN 1055. Η στατική μελέτη γίνεται με τη βοήθεια των πινάκων Timoshenko, Czerny- Tafeln για 4, 3 ή 2 πλευρές στήριξης. Το μέγιστο επιτρεπόμενο βέλος κάμψης είναι:  $f < l/200$  ή  $< l/100$ , ανάλογα με τις πλευρές στήριξης και τις διαστάσεις των πλαισίων.

Επειδή θα πρέπει να αποφεύγεται η άμεση επαφή γυαλιού και χάλυβα τοποθετείται συνήθως Teflon ή κάποιο θερμοπλαστικό υλικό ή αλουμίνιο.

Για να υπάρχει αποφυγή συγκέντρωσης τάσεων στις υπάρχουσες αμυχές γίνεται με ειδική επεξεργασία. Όταν οι αμυχές είναι  $>15\%$  του πάχους του γυαλιού δεν επιτρέπεται η χρήση του.

Σε υγρό περιβάλλον υπάρχει απώλεια αντοχής ως 20%.

Η αντοχή του γυαλιού όπως σε όλα τα ψαθυρά υλικά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την έκταση της ζώνης εφελκυσμού.

Το γυαλί αντέχει σε αξονικό εφελκυσμό 30-80 MPa.

Η αντοχή σε κάμψη μπορεί να διαφοροποιείται μέχρι και 40%. Η σχετική μεγάλη αντοχή που έχει το γυαλί σε κάμψη δίνει τη δυνατότητα χρήσης υαλοπινάκων μικρού πάχους της τάξης των 10-15mm.

Έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη 500- 900 MPa και σε ελκυσμό.

### 3.4 Θερμομονωτική μελέτη

Ο γερμανικός κανονισμός DIN 52612 της 1/1/1995, προβλέπει ότι οι κτιριακές εγκαταστάσεις θα πρέπει μέχρι το 2005 να έχουν μείωση του CO<sub>2</sub> της τάξης 25-30% ώστε να αποτραπεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μετά το 2005 θεσμοθετήθηκε ο συντελεστής παθητικής ηλιακής ενέργειας g (σε %). Οι θερμομονωτικές ικανότητες των υαλοπινάκων αυξάνουν με το  $K=1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$  για τις ευρωπαϊκές κατασκευές<sup>3</sup>.

Στατική προμελέτη για προσδιορισμό των διαστάσεων των βασικών μελών και συνδέσεων μονόροφου μεταλλικού βιομηχανικού κτιρίου υπενδεδυμένου με φωτοβολταϊκά στοιχεία.

---

<sup>3</sup> Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon Κοταλακίδης Κ., 2009, *Τεχνικά χαρακτηριστικά στατικής μελέτης και διαστασιολόγησης- επιλογής πάχους υαλοπίνακα με το πρόγραμμα Glasscon GLASSTATIKS*

### **3.5 Στατική μελέτη μικρού μεταλλικού κτιρίου με στέγη μικρής κλίσης με επένδυση BIPV**

Αν το κτίριο το οποίο επενδύεται με φωτοβολταϊκούς υαλοπίνακες είναι μεταλλική κατασκευή, εκτός από των έλεγχο στους Φ/Β υαλοπίνακες του, θα πρέπει να γίνονται έλεγχοι για: τις τεγίδες, για τις μηκίδες, για τα ολόσωμα πλαίσια, για τους μετωπικούς στήλους και για τις μετωπικές μηκίδες, οι κεφαλοδοκοί, οι σύνδεσμοι ακαμψίας της στέγης και οι κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας.

Συγκεκριμένα για τις τεγίδες επειδή η στέγη έχει μικρή κλίση θεωρούμε ότι καταπονούνται σε μονοαξονική κάμψη<sup>4</sup>. Οι φορτίσεις που δέχονται είναι:

- Το ίδιο Βάρος των Ράβδων G1
- Το ίδιο Βάρος των φωτοβολταϊκών υαλοπινάκων G2
- Η χιονοφόρτιση S
- Η ανεμοφόρτιση W

Οι συνδυασμοί φορτίσεων:

- $1,35*(G1+G2)+ 1,50*S$
- $1,35*(G1+G2)+1,50*W$
- $1,35*(G1+G2+S+W)$

---

<sup>4</sup> Βάγιας Ι., 1997, *Σύμμικτες Κατασκευές από Χάλυβα και Οπλισμένο Σκυρόδεμα*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα

### 3.6 Τρόποι στήριξης Φ/Β στοιχείων

#### A. Τοποθέτηση μη ενσωματωμένων Φ/Β σε Οροφή ή Στέγη

Όταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν ενσωματώνονται στη στέγη τοποθετούνται πάνω σε μια μεταλλική κατασκευή η οποία απέχει μερικά εκατοστά από την επιφάνεια της.

Αναλυτικά, η τοποθέτηση τους γίνεται πάνω σε μεταλλικές βάσεις στήριξης. Οι βάσεις αυτές στηρίζονται πάνω σε αποστάτες, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα και αλουμίνιο, ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα στεγανότητας.



(α)



(β)



(γ)

Εικ 3.3 Τοποθέτηση μη ενσωματωμένων Φ/Β

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))



Εικ 3.4 Τοποθέτηση μη ενσωματωμένων Φ/Β σε κεραμοσκεπή

(Πηγή:[http://www.glasscon.com/gr\\_efarmogh.asp?id=131](http://www.glasscon.com/gr_efarmogh.asp?id=131))



## **Β. Φ/Β Κεραμίδια**

Τα Φ/Β κεραμίδια έχουν τις διαστάσεις αλλά και το σχήμα των συμβατικών κεραμιδιών. Η τοποθέτηση τους γίνεται πάντα στην νότια πλευρά της στέγης έχοντας λάβει υπόψη τις ηλεκτρικές συνδέσεις που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικ 3.5 Τοποθέτηση Φ/Β κεραμιδιών σε κεραμοσκεπή

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))

### Γ. Φ/Β Μεμβράνες

Αν χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος και ευκαμψία μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε επιφάνεια χωρίς να είναι απαραίτητη η κατασκευή υποδομών στήριξης αρκεί να διασφαλίζεται επαρκής αερισμός.

Για παράδειγμα οι Biosol TF μεμβράνες οι οποίες είναι λεπτές φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου οι οποίες επικολλούνται πάνω σε στεγανωτικές μεμβράνες. Οι μεμβράνες εφαρμόζονται κυρίως σε κατασκευές που χαρακτηρίζονται από μικρή κλίση (στεγάνωση για επίπεδες οροφές με κλίση >3%) ενώ ο προσανατολισμός τους είναι δυσμενής.

Ουσιαστικά επιτυγχάνεται στεγανότητα της στέγης αλλά και ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας. Λόγω των υλικών που χρησιμοποιούνται οι μεμβράνες είναι ανθεκτικές και έχουν γρήγορη εγκατάσταση. Το σύστημα είναι ασφαλές γιατί οι ηλεκτρικές συνδέσεις είναι απλές λόγω της βυσματοειδούς σύνδεσης.

Οι διαστάσεις των Biosol TF μεμβρανών είναι: μήκος 590 cm και πλάτος 105 cm. Το βάρος τους είναι 22 kgr. Η εγγύηση ισχύος είναι για 20 χρόνια.

Τα Φ/Β που τοποθετούνται σε στέγες και οροφές μπορεί να είναι και σε μορφή ταινίας. Σε αυτή την περίπτωση οι ταινίες απλώνονται πάνω στην οροφή ή τη στέγη. Δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν κάτω από αυτές βάσεις με την προϋπόθεση να υπάρχει κατάλληλος αερισμός.



(α)



(β)



(γ)

Εικ 3.6 Τοποθέτηση Φ/Β μεμβρανών

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))



Εικ 3.7 Τοποθέτηση Φ/Β μεμβρανών σε δώμα

(Πηγή:[http://www.glasscon.com/gr\\_efarmogh.asp?id=136](http://www.glasscon.com/gr_efarmogh.asp?id=136))

#### **Δ. Φ/Β Κυψέλες Πάνω σε Μεταλλικό Έλασμα**

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από λεπτές Φ/Β κυψέλες από άμορφο πυρίτιο οι οποίες είναι επικολλημένες πάνω σε σκληρό μεταλλικό έλασμα υψηλής αντοχής με επικάλυψη<sup>5</sup>.

Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται κυρίως σε τραπεζοειδείς μεταλλικές στέγες που έχουν μικρή κλίση και ο προσανατολισμός τους είναι δυσμενής. Το σύστημα είναι ανθεκτικό λόγω της υψηλής ποιότητας των υλικών. Οι διαστάσεις είναι: μήκος 558.6 cm και πλάτος 86.7 cm ενώ το βάρος του είναι 44 kgr.

Κατά την τοποθέτηση τους πάνω σε στέγες και πριν από την εγκατάσταση τους θα πρέπει να γίνεται αυτοψία. Συνήθως τοποθετούνται χωρίς να γίνουν ιδιαίτερες αλλαγές στη δομή του κτιρίου.

---

<sup>5</sup> Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon, 2009, *Ειδικό Πρόγραμμα Εγκατάστασης Φ/Β σε στέγες και σε Δώματα.*

## Ε. Μεθοδολογία Στήριξης Φ/Β Υαλοπετασμάτων ή Φ/Β Υαλοπινάκων

Συνήθως είναι ενσωματωμένα Φ/Β σε κτίρια ως δομικά στοιχεία.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα Φ/Β τα οποία επιτρέπουν ένα μέρος του φωτός να περνάει στην πίσω πλευρά τους.

Μπορούν να αντικαταστήσουν μέρη οροφής, επικάλυψη πρόσοψης ή και τα κλασσικά παράθυρα.

Συνήθως πίσω από ένα Φ/Β υαλοπέτασμα ή Φ/Β υαλοπίνακες υπάρχει ένα προφίλ U από αλουμίνιο. Οι διατάξεις στήριξης μπορεί να είναι οι εξής:

1. Το πλαίσιο που θα τοποθετηθεί το Φ/Β υαλοπέτασμα ή ο Φ/Β υαλοπίνακας μπορεί να είναι στην οροφή
2. Το πλαίσιο μπορεί να είναι τοποθετημένο κατακόρυφα στο επίπεδο του τοίχου
3. ή να είναι τοποθετημένο παράλληλο ως προς αυτόν.

Ανάμεσα στο πλαίσιο του αλουμινίου και το Φ/Β υαλοπέτασμα ή το Φ/Β υαλοπίνακα αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις. Για να μειωθούν οι τάσεις είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί ανάμεσα τους PVC.



(α)



(β)



(γ)

Εικ 3.8 Ενσωματωμένα Φ/Β

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))





Εικ 3.9 Ενσωματωμένα Φ/Β σε πρόσοψη

(Πηγή:[http://www.glasscon.com/gr\\_product.asp?id=133](http://www.glasscon.com/gr_product.asp?id=133))



(α)



(β)

Εικ 3.10 Ενσωματωμένα Φ/Β σε στέγες

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))



Εικ 3.11 Τοποθέτηση ενσωματωμένων Φ/Β

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))



Εικ 3.12 Τοποθέτηση Φ/Β παράλληλα στην πρόσοψη πολυόροφου κτιρίου

(Πηγή:[http://www.glasscon.com/gr\\_efarmogh.asp?id=131](http://www.glasscon.com/gr_efarmogh.asp?id=131))

## ΣΤ. Φ/Β Περσίδες και Σκίαστρα

Οι Φ/Β περσίδες έχουν κυψέλες που βρίσκονται στην πάνω πλευρά τους ενώ από κάτω είναι προστατευμένες με γυαλί. Γενικά η περσίδα μπορεί να είναι από γυαλί ή από αλουμίνιο.

Γενικά χαρακτηριστικά Φ/Β περσίδων

- Πολύφυλλοι υαλοπίνακες
- Το πάχος κάθε υαλοπίνακα καθορίζεται από στατική μελέτη.
- Γίνεται επεξεργασία ακμών και φινίρισμα
- Το βάρος του συστήματος είναι 30-40 Kgr/m<sup>3</sup>, συμπεριλαμβανομένου και της υποδομής.
- Τα Φ/Β κελιά μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά, ημιδιαφανή.

Ηλιακά κελιά	Επιφάνεια / kWp	Διάσταση κελιού (mm)
Μονοκρυσταλλικά κελιά (Ομογενής κατασκευή)	10-12 m <sup>2</sup>	100,25
Πολυκρυσταλλικά κελιά (Ετερογενής κατασκευή)	12-14 m <sup>2</sup>	100,125
Ημιδιάφανα κελιά	14-16 m <sup>2</sup>	100
Χρωματιστά κελιά	14-16 m <sup>2</sup>	100

Τοποθετούνται σε κατάλληλο προσανατολισμό. Η αλλαγή του προσανατολισμού μπορεί να γίνει μηχανοκίνητα ή με ειδικούς αισθητήρες.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)

(Πηγή:[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66))



Εικ 3.13 Φ/Β Σκίαστρα και περσίδες

(Πηγή:[http://www.glasscon.com/gr\\_efarmogh.asp?id=22](http://www.glasscon.com/gr_efarmogh.asp?id=22))

### **3.7 Συμπεράσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα Φ/Β στοιχεία που αντικαθιστούν συμβατικά δομικά υλικά στις προσόψεις, στις στέγες, στα δώματα.

Αναφέρθηκε η στατική μελέτη που πραγματοποιείται πριν τοποθετηθούν τα Φ/Β στοιχεία καθώς και οι αστοχίες που ενδέχεται να παρουσιαστούν.

Τέλος παρουσιάστηκαν οι τρόποι με τους τοποθετούνται τα Φ/Β στοιχεία πάνω σε μια κατασκευή.

## **Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές Φ/Β τεχνολογίας σε ελληνικά κτίσματα**

### **4.0 Εισαγωγή**

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται παραδείγματα κατασκευών στην Ελλάδα που χρησιμοποίησαν Φ/Β τεχνολογία.

Το πιο σημαντικό είναι ότι τα κτίσματα δεν εντοπίζονται μόνο στην Αθήνα αλλά και σε άλλες επαρχιακές πόλεις όπως είναι: ο Βόλος, η Καστοριά, η Θεσσαλονίκη και η Κρήτη.

Χρήση Φ/Β στοιχείων παρουσιάζεται τόσο σε δημόσια κτίρια όπως: πανεπιστημιακές σχολές, κέντρα υγείας, τράπεζες, μοναστήρια αλλά και σε κατοικίες και Σούπερ Μάρκετ.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση όμως σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας χωρίς την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.



## 4.1 Παραδείγματα εφαρμογών Φ/Β σε κτίρια

### A. Super Market Μασούτης στην Καστοριά

Στην πόλη της Καστοριάς στο Super Market Μασούτης χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα άλλα είναι τοποθετημένα παράλληλα στη μεταλλική στέγη. Πάνω στη μεταλλική οροφή τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού.



(α)





(β)



(γ)



(δ)

Εικ 4.1 Super Market Μασούτης  
(Πηγή: <http://www.alumilsolar.com/page/default.asp?la=2&id=206>)

## **B. Τράπεζα Πειραιώς στη Αθήνα**

Στην πόλη της Αθήνας στην Τράπεζα Πειραιώς χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα άλλα είναι τοποθετημένα παράλληλα στη όψη. Πάνω στην όψη τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού. Τα Φ/Β παν'ελα είναι τοποθετημένα στη νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση.



Εικ 4.2 Τράπεζα Πειραιώς στην Αθήνα

(Πηγή:[http://www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=75%3A&option=com\\_aleoreferenzen&Itemid=689](http://www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=75%3A&option=com_aleoreferenzen&Itemid=689))

## Γ. Κοινωνικό κέντρο του Δημοτικού Οργανισμού Υγείας του Βόλου

Στην πόλη του Βόλου και στο Κοινωνικό κέντρο του Δημοτικού Οργανισμού Υγείας χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα αλλά είναι τοποθετημένα παράλληλα σε δυο τμήματα της όψης. Πάνω στην όψη τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού. Τα Φ/Β πανέλα είναι τοποθετημένα στη νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση.



Εικ 4.3 Κοινωνικό κέντρο του Δημοτικού Οργανισμού Υγείας του Βόλου

(Πηγή:[http://www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=128%3A2010-01-27-10-05-07&option=com\\_aleoreferenzen&Itemid=689](http://www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=128%3A2010-01-27-10-05-07&option=com_aleoreferenzen&Itemid=689))

#### **Δ. Ιδιωτική εταιρεία στα Ιωάννινα**

Στην πόλη των Ιωαννίνων σε μια Ιδιωτική εταιρεία χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά του κτιρίου και έχουν αντικαταστήσει τους κοινούς υαλοπίνακες.



Εικ 4.4 Ιδιωτική εταιρεία στα Ιωάννινα

(Πηγή:<http://www.deltatechniki.gr/projects-pv.htm>)

## Ε. Κτίριο Χημικών Μηχανικών στο ΕΜΠ

Στο ΕΜΠ και συγκεκριμένα στο κτίριο της σχολής Χημικών Μηχανικών χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι και καλύπτουν όλη τη νότια πλευρά του κτιρίου. Πριν την τοποθέτησή τους προηγήθηκε στατική μελέτη.



Εικ 4.5 Κτίριο Χημικών Μηχανικών στο ΕΜΠ

(Πηγή:<http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>)



## ΣΤ. Λευκοσιδηρουργία Κρήτης ΑΕΒΕ

Στην Κρήτη στη Λευκοσιδηρουργία χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα άλλα είναι τοποθετημένα παράλληλα στη μεταλλική στέγη. Πάνω στη μεταλλική οροφή τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού. Επειδή η επιβάρυνση λόγω φορτίου δεν ήταν μεγάλη δεν χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί στατική μελέτη.

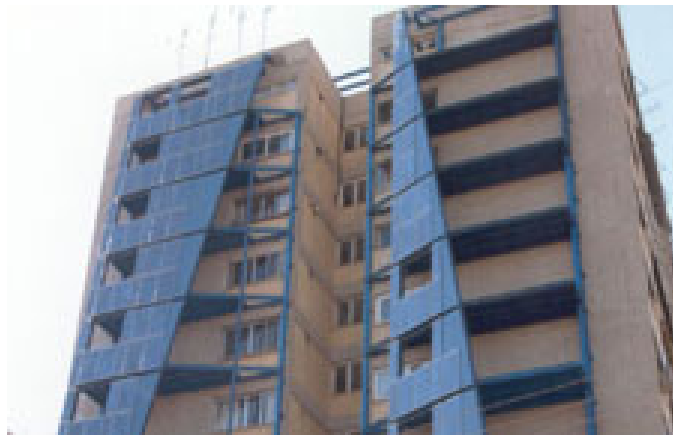


Εικ 4.6 Λευκοσιδηρουργία Κρήτης ΑΕΒΕ

(Πηγή:<http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>)

## **Z. Πολυκατοικία στο Δήμο Ταύρου**

Σε πολυκατοικία στον Ταύρο χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη και συγκεκριμένα πάνω στα στηθαία αλλά αποτελούν και σκίαστρα σε τμήμα του προβόλου. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά του κτιρίου.



Εικ 4.7 Πολυκατοικία στο Δήμο Ταύρου

(Πηγή:<http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>)

## **Η. Ενσωμάτωση Φ/Β στο σταθμό του μετρό στο αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος**

Στο σταθμό του μετρό στο αεροδρόμιο του Ελ. Βενιζέλου χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα άλλα είναι τοποθετημένα παράλληλα στη μεταλλική στέγη. Πάνω στη μεταλλική οροφή τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού. Επειδή η επιβάρυνση λόγω φορτίου δεν ήταν μεγάλη δεν χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί στατική μελέτη.



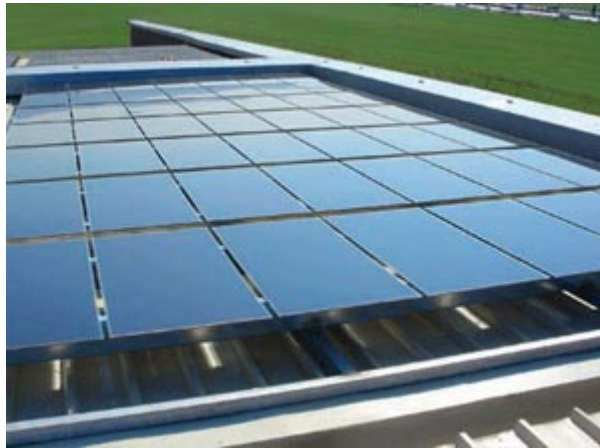
**Εικ 4.8 Ενσωμάτωση Φ/Β στο σταθμό του μετρό στο αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος**

(Πηγή:<http://www.helapco.gr/pages/photogal/pic03.htm>)



## **Θ. Ενσωμάτωση άμορφων Φ/Β στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης**

Στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα άλλα είναι τοποθετημένα παράλληλα σε δυο τμήματα της όψης. Πάνω στην όψη τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού. Τα Φ/Β παν'ελα είναι τοποθετημένα στη νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση.



Εικ 4.9 Ενσωμάτωση άμορφων Φ/Β στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης

(Πηγή:<http://www.helapco.gr/pages/photogal/pic06.htm>)

## **I. Εφαρμογή Φ/Β στη στέγη της Γερμανικής Σχολής στο Μαρούσι**

Στη Γερμανική Σχολή στο Μαρούσι χρησιμοποιήθηκαν Φ/Β και τοποθετήθηκαν πάνω στη στέγη. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα. Η Διεύθυνση τους είναι στο νότο. Επειδή το βάρος τους είναι μικρό δεν κρίθηκε απαραίτητη η στατική μελέτη.



Εικ 4.10 Εφαρμογή Φ/Β στη στέγη της Γερμανικής Σχολής στο Μαρούσι

(Πηγή:<http://www.helapco.gr/pages/photogal/pic08.htm>)

## Ι.Α Μοναστηριακές Εγκαταστάσεις

Σε μοναστηριακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιήθηκαν Φ/Β και τοποθετήθηκαν πάνω στη στέγη. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα. Η διεύθυνση τους είναι στο νότο και η γωνία τοποθέτησης τους είναι  $45^{\circ}$ . Τα Φ/Β δεν επισκιάζουν το ένα το άλλο ώστε να αποφεύγεται η μείωση της απόδοσης. Επειδή το βάρος τους είναι μικρό δεν κρίθηκε απαραίτητη η στατική μελέτη.



Εικ 4.11 Μοναστηριακές Εγκαταστάσεις

(Πηγή: <http://www.ecosun.gr/intro.asp>)

## **4.2 Συμπεράσματα**

Παρατηρούμε ότι αρκετά κτίσματα σε όλα την Ελλάδα χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις ανάγκες σε ενέργεια Φ/Β τεχνολογία.

Άλλες φορές τα Φ/Β στοιχεία ενσωματώνονται στα κτίρια με τη μορφή παραθύρων ή στηθαίων ή σκιάστρων και άλλες φορές τοποθετούνται παράλληλα στις όψεις και στις οροφές ή στα δώματα.

Η στατική μελέτη είναι απαραίτητη ιδιαίτερα όταν τα Φ/Β ενσωματώνονται στο ίδιο το κτίριο ως δομικό υλικό. Αν δεν είναι ενσωματωμένο δίνεται ιδιαίτερη προσοχή τόσο στον προσανατολισμό όσο και την κλίση του αλλά και στις συνθήκες αερισμού μεταξύ Φ/Β και δομικού στοιχείου.

## Κεφάλαιο 5: Οικονομικά στοιχεία

Η εμπειράι από πρόσφατες εμπορικές εφαρμογές έδειξε ότι τα ετήσια κόστη της συντήρησης των συστημάτων είναι κατά μέσο όρο 0,16% του κ' κόστους της επένδυσης, εκ των οποίων το 0,07% αφορά την προγραμματισμένη συντήρηση και το 0,09% το κόστος των απρόβλεπτων συμβάντων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ζώνες κινήτρων και τα ποσοστά επιδοτήσεων.

<b>Γεωγραφικές Ζώνες και Περιοχές.</b>	
<b>A</b>	Νομός Αθηνών και Θεσσαλονίκης Χωρίς τα νησιά των περιοχών αυτών.
<b>B</b>	Νησιά της ζώνης A, Θεσσαλία, Νότιο Αιγαίο, Ιόνια Νησιά, Κρήτη, Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Στερεά Ελλάδα
<b>Γ</b>	Ανατολική Μακεδονία, Θράκη, Ήπειρος, Βόρειο Αιγαίο, Πελοπόννησος, Δυτική Ελλάδα

<b>Επιχορήγηση και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους δημιουργούμενης απασχόλησης.</b>			
<b>Κατηγορία επένδυσης</b>	<b>Περιοχη A</b>	<b>Περιοχη B</b>	<b>Περιοχη Γ</b>
<b>Κατηγορία 1<sup>η</sup></b>	20%	30%	40%

<b>Φορολογική απαλλαγή.</b>			
<b>Κατηγορία επένδυσης</b>	<b>Περιοχή Α</b>	<b>Περιοχή Β</b>	<b>Περιοχή Γ</b>
<b>Κατηγορία 1<sup>η</sup></b>	60%	100%	100%

## **Κεφάλαιο 6: Νομοθεσία**

- Σύμφωνα με το νόμο Ν. 2941/01 (αρθ.2, παρ. 7) για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται οικοδομική άδεια αλλά θεώρηση που χορηγείται από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία. Σε κτιριακές εφαρμογές δεν χρειάζεται ειδικό οίκημα για τους αντιστροφείς.
- Στις ειδικές περιπτώσεις που θα απαιτηθεί έκδοση οικοδομικής άδειας ή νομιμοποίησης ΑΠΕ δεν απαιτείται έγκριση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου, εκτός και αν η εγκατάσταση θα γίνει σε παραδοσιακό οικισμό ή σε περιοχές με φυσικό κάλλος (Ν. 2941/01, ΦΕΚ 201<sup>α</sup>, 13/9/2001, αρθ.2, παρ. 7).
- Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε ακάλυπτο χώρο οικοπέδου (Ν. 2831/2000, ΦΕΚ 140 Α, 13/6/2000)
- Σύμφωνα με το άρθρο 11 (παρ.6) του ΓΟΚ στις όψεις του κτιρίου επιτρέπονται αρχιτεκτονικές προεξοχές και σκίαστρα.
- Σύμφωνα με την ΚΥΑ 19500/2004(ΦΕΚ 1671 Β/11.11.2004) επιτρέπεται η εγκατάσταση και Φ/Β σε περιοχές εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων, εντός ορίων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ή οικισμών υφιστάμενων πριν από το 1923, καθώς και σε εκτός σχεδίου περιοχές

## **Κεφάλαιο 7. Τελικά Συμπεράσματα**

- Μέσα σε δυο αιώνες ο άνθρωπος κατάφερε να δημιουργήσει εκείνη την τεχνολογία ώστε να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ακτινοβολίας και να τη χρησιμοποιήσει στην οικία του.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτήρια χωρίζονται τυπικά σε δυο κατηγορίες: στα εξωτερικά που είναι τοποθετημένα πάνω σε οροφές και εξωτερικές επιφάνειες σαν σκιάδια και σαν πέργολες και τα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία.
- Τα Φ/Β στοιχεία που αντικαθιστούν συμβατικά δομικά υλικά στις προσόψεις, στις στέγες, στα δώματα.
- Η στατική μελέτη είναι απαραίτητη όταν πτα Φ/Β ως φορτία ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια και όταν καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες.
- Αρκετά κτίσματα σε όλα την Ελλάδα χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις ανάγκες σε ενέργεια Φ/Β τεχνολογία.
- Υπάρχει αντίστοιχη νομοθεσία αλλά και οικονομικά οφέλη από τη χρήση των Φ/Β.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Απόφαση Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ με θέμα: *Όροι Εγκατάστασης Συστημάτων μέχρι 10 KW στα Δώματα και στις Στέγες των Κτιρίων.*
- Βάγιας Ι., 1997, *Σύμμικτες Κατασκευές από Χάλυβα και Οπλισμένο Σκυρόδεμα*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon, 2009, *Glasscon PLANER & SPIDER STEEL*
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon Κοταλακίδης Κ., 2009, *Glasscon STATIC DESIGN*
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon Κοταλακίδης Κ., 2009, *Τεχνικά χαρακτηριστικά στατικής μελέτης και διαστασιολόγησης-επιλογής πάχους υαλοπίνακα με το πρόγραμμα Glasscon GLASSTATIKS*
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon, 2009, *Γενικές Πληροφορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων*
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon, 2009, *Ειδικό Πρόγραμμα Εγκατάστασης Φ/Β σε στέγες και σε Δώματα.*
- Ενημερωτικό Φυλλάδιο Εταιρείας Glasscon, 2009, *Glasscon ENERGY BUILDING*
- Καπλάνης Σ. Ν., 2004, *Μηχανική των Φ/Β Συστημάτων και Ήπιες Μορφές Ενέργειας III*, εκδ. Ιων, Αθήνα
- ΦΕΚ 1079.04.0.6.2009
- [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
- [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr)
- [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
- [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)
- [www.photon-magazine.com](http://www.photon-magazine.com)

- [www.renewableenergyaccess.com](http://www.renewableenergyaccess.com)
- [www.solarbuzz.com](http://www.solarbuzz.com)
- Εικόνες από Φ/Β

[http://www.helapco.gr/library/PV\\_Guide\\_Apr08.pdf](http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf)

<http://www.nirsepes.eu/docs/Tselepis.pdf>

[http://greenenergia.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=66](http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66)

[http://www.glasscon.com/gr\\_efarmogh.asp?id=131](http://www.glasscon.com/gr_efarmogh.asp?id=131)

[www.alumilsolar.com/page/default.asp?la=2&id=206](http://www.alumilsolar.com/page/default.asp?la=2&id=206)

[www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=75%3A&option=com\\_aleoreferenzen&Itemid=689](http://www.aleosolar.gr/index.php?view=item&catid=207%3Agreece&id=75%3A&option=com_aleoreferenzen&Itemid=689)

<http://www.deltatechniki.gr/projects-pv.htm>

<http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>

<http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>

<http://www.helapco.gr/pages/photogal/pic03.htm>

<http://www.ecosun.gr/intro.asp> (πρόσβαση στις 24 Φεβρουαρίου 2010)