

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ

DOMOTEC & BUILDING GREEN EXPO

26-29/4/2018

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ

Αρχιτέκτων Μηχανικός

Προϊστάμενος Τμήματος Έργων

EUROPA



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- *Οι σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνικές επιτρέπουν την απελευθέρωση της όψης από φέροντα στοιχεία και τη μεγιστοποίηση των ανοιγμάτων*
- *Παρέχεται έτσι η δυνατότητα για άπλετο φυσικό φωτισμό και απρόσκοπτη θέα*
- *Δημιουργείται παράλληλα το πρόβλημα του ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας, του ηλιακού φορτίου καθώς και του εκθαμβωτικού ή ανεπιθύμητου φωτός*

Bauhaus Dessau, 1926



ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

- «Σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2012, ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) ευθύνεται για το 45% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας ...»*
- Οι εμπειρογνώμονες εκτιμούν ότι η κατανάλωση αυτή μπορεί να μειωθεί στο 20% με το να εφαρμοστούν στα κτήρια βελτιωμένες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.

*Οδηγός προγράμματος «Εξοικονόμηση κατ' οίκον 2» - ΦΕΚ Β' 756/2018

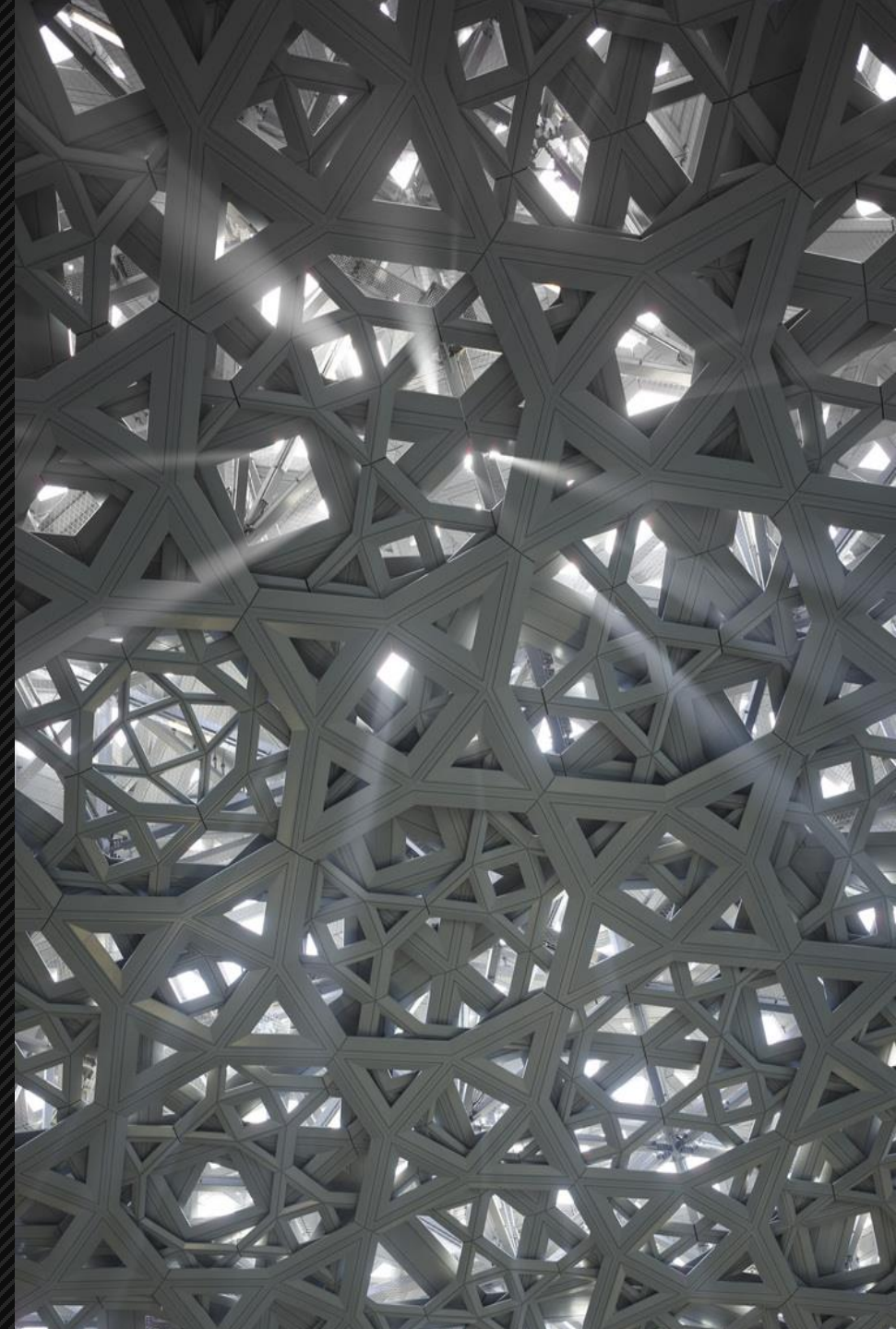
Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ $(0,3 - 3)\mu\text{m}$

Το φως χωρίζεται σε...

- Υπεριώδες $(0,01 - 0,4)\mu\text{m}$
- Ορατό $(0,4 - 0,8)\mu\text{m}$
- Υπέρυθρο φως $(0,8 - 100)\mu\text{m}$

Η ακτινοβολία σε...

- Άμεση (ευθεία γραμμή ήλιος – γη)
- Διάχυτη (διαχέεται από σωματίδια & μόρια αέρα)
- Ανακλώμενη (ανακλάται στην επ. της γης)



Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

- Το είδος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σχετίζεται με τη μεταφορά θερμότητας αποτελεί τη θερμική ακτινοβολία (0,1 – 100μm).
- Η θερμική ενέργεια ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια, υπόκειται σε απορρόφηση, ανάκλαση και διάδοση μέσα από διαφανή σώματα.

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Όπου...

α = η απορροφητικότητα, το ποσοστό της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας που απορροφάται

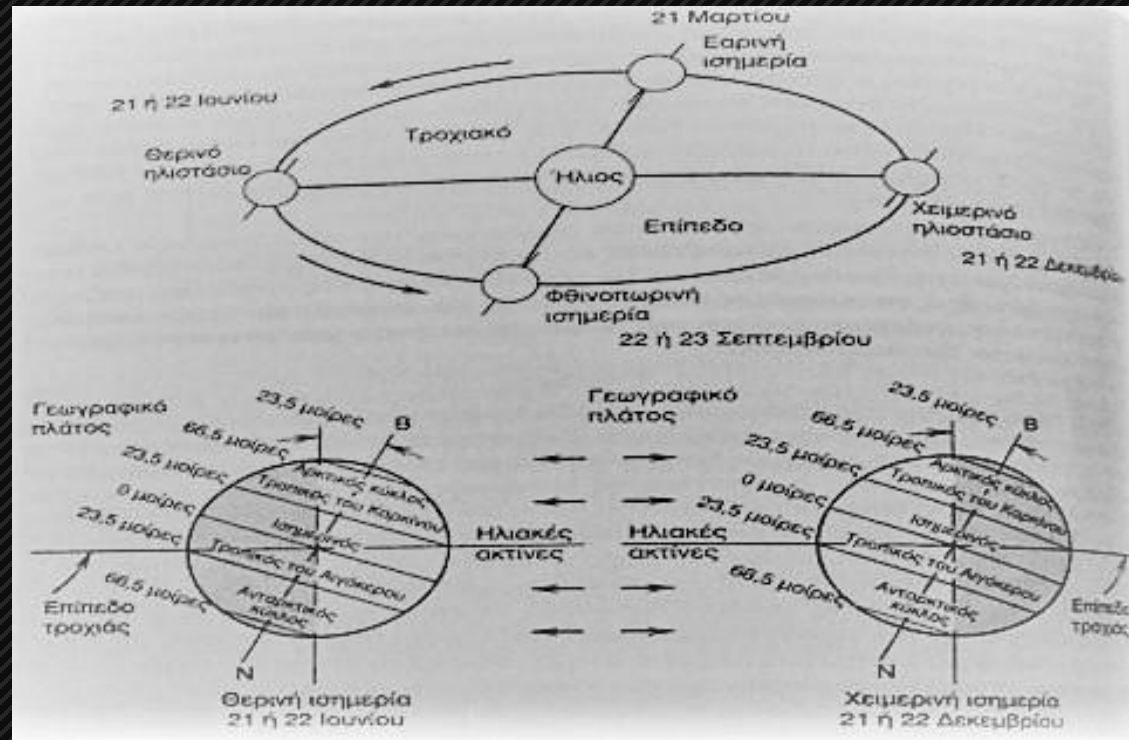
ρ = η ανακλαστικότητα, το ποσοστό της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας που ανακλάται

τ = η μεταδοτικότητα, το ποσοστό της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας που μεταδίδεται μέσω του υλικού σώματος

Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η θέση του ήλιου στον ουρανό αποτελεί κύριο παράγοντα επίδρασης της ηλιακής ενέργειας στα κτήρια.

Η γη περιφέρεται γύρω από τον ήλιο σε **365,25** ημέρες ενώ ταυτόχρονα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της σε ρυθμό **24 ωρών**. Υπάρχει όμως ακόμη μία κίνηση αργής διακύμανσης του άξονα περιστροφής της γης. Ο άξονας περιστροφής παρουσιάζει μία γωνία κλίσης **23,5°** ως προς το τροχιακό επίπεδο.



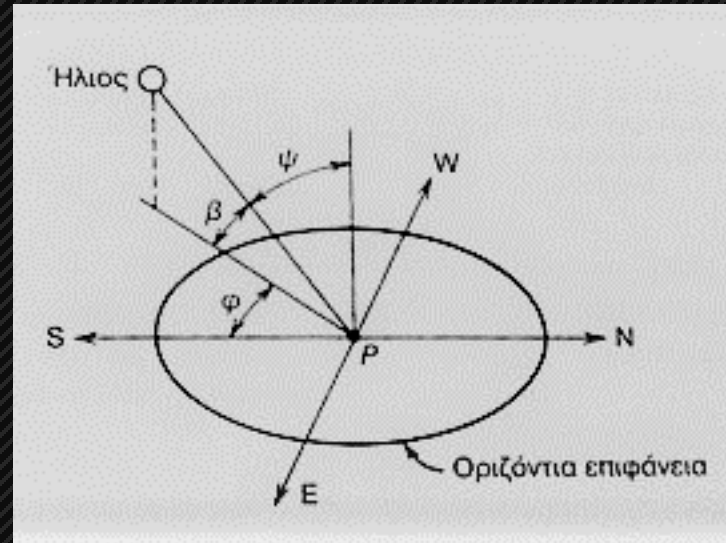
Η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο

ΗΛΙΑΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

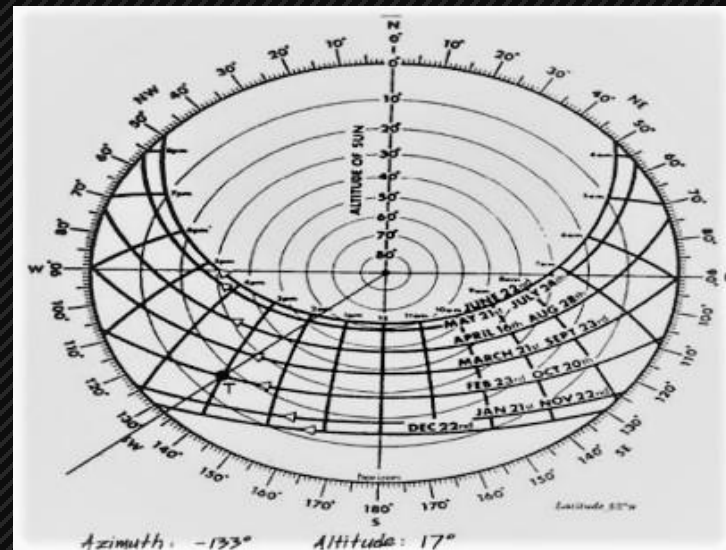
Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών (ηλιακό υψόμετρο & αζιμούθιο), που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του ήλιου στη δεδομένη στιγμή.

Υψόμετρο β είναι η γωνία μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο 0° , ενώ το υψόμετρο του ζενίθ είναι 90° .

Αζιμούθιο φ είναι η γωνία της οριζόντιας προβολής της ακτίνας και της διεύθυνσης που λαμβάνεται ως αφετηρία. Μετράται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα, με αφετηρία τον Βορρά ή τον Νότο, ανάλογα με την επιλεγμένη σύμβαση.



Οι ηλιακές γωνίες

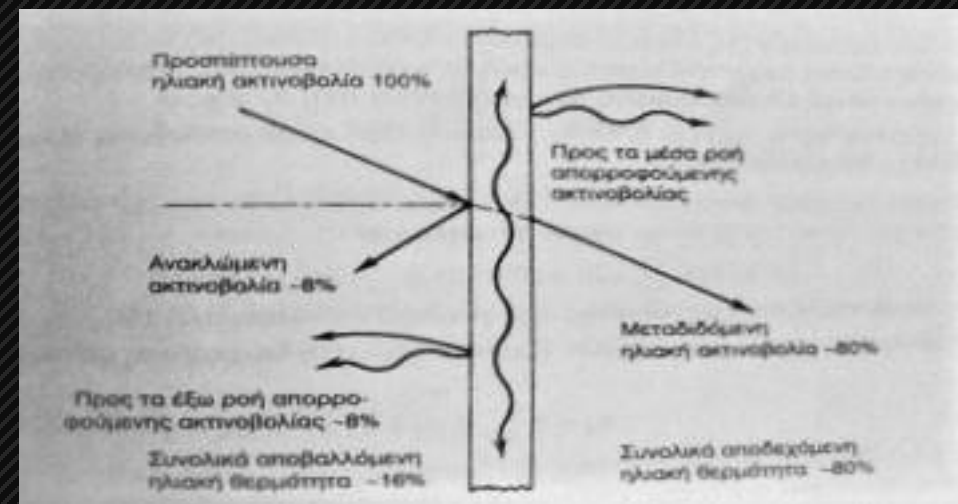


Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Τα μεγάλα γυάλινα κτήρια λειτουργούν σαν 'παγίδες θερμότητας'...

Η ηλιακή ακτινοβολία εκπέμπεται από το υαλοστάσιο εντός των εσωτερικών χώρων με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας διαφόρων επιφανειών. Οι επιφάνειες αυτές εκπέμπουν πίσω ακτινοβολία μη ορατή και κυρίως στην υπέρυθρη περιοχή με συνέπεια να μην εξέρχεται από το ήδη θερμό υαλοστάσιο στο περιβάλλον.

Αντίστοιχα παραδείγματα είναι το αυτοκίνητο και το θερμοκήπιο.



Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Πραγματοποιείται μέσα από...

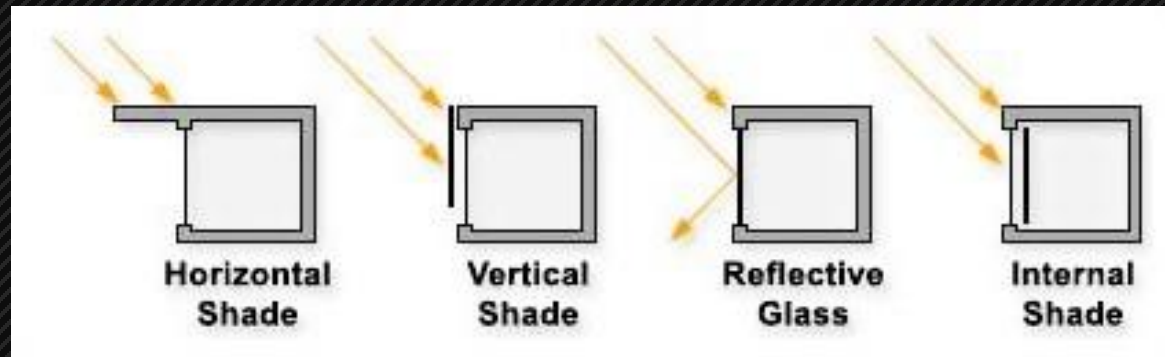
- *Το σχήμα και τον προσανατολισμό του κτηρίου*
- *Την εκμετάλλευση των οπτικών ιδιοτήτων των διάφανων υλικών*
- *Τα κατάλληλα συστήματα σκίασης*



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Τα συστήματα σκίασης χωρίζονται σε...

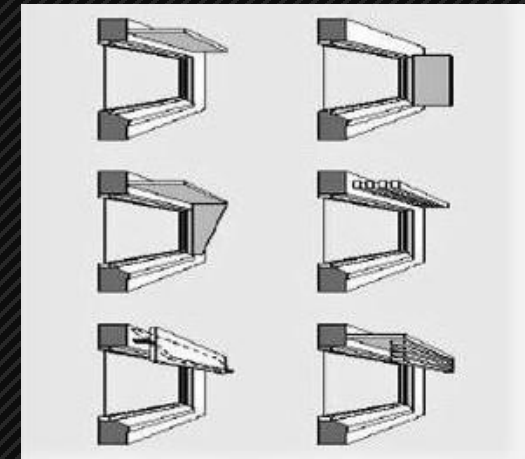
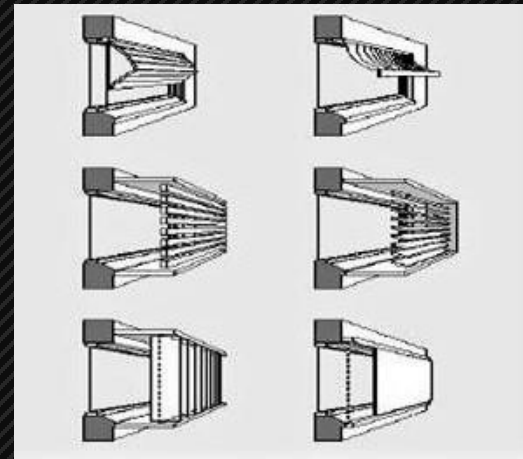
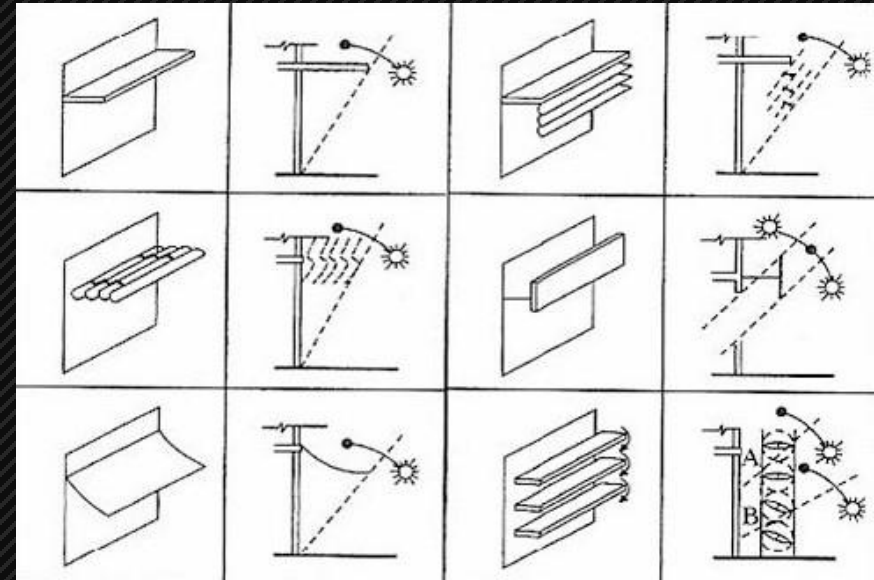
- *Συστήματα εξωτερικών στοιχείων ηλιοπροστασίας.*
- *Συστήματα περιεχόμενα στους υαλοπίνακες.*
- *Εσωτερικά συστήματα ηλιοπροστασίας.*



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Επιπλέον χωρίζονται σε...

- *σταθερά και κινητά*
- *γραμμικά και επιφανειακά*
- *εποχιακά και μόνιμα*
- *απλά και περίπλοκα*
- *αποκλειστικά και μη*



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Ορισμένα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου συστήματος σκίασης...

- *Το σχήμα του χώρου*
- *Η χρήση του χώρου*
- *Τα ανοίγματα*
- *Ο προσανατολισμός*
- *Παράγοντες αισθητικής*

ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Ο σχεδιασμός ηλιοπροστασίας περιλαμβάνει σειρά βημάτων:

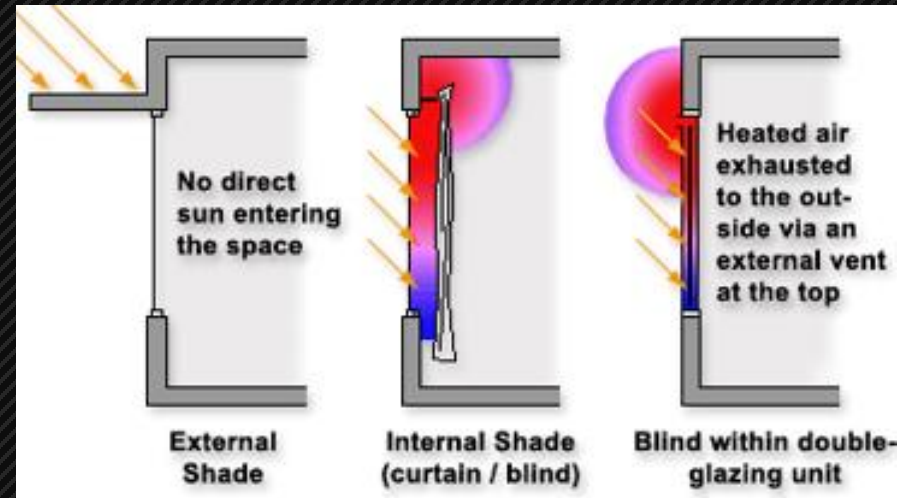
- καθορισμός της περιόδου κατά την οποία απαιτείται ηλιοπροστασία
- προσδιορισμός των θέσεων του Ήλιου στη διάρκεια αυτής της περιόδου -κυρίως στα όριά της
- έλεγχος τυχόν σκιασμού από γειτονικά στοιχεία
- επιλογή μεθόδου ηλιοπροστασίας που θα εφαρμοστεί
- σχεδιασμός των αντιστοίχων στοιχείων
- σύγκριση του σκιασμού στη διάρκεια του έτους (θέρος-χειμώνα)
- εξέταση πρόσθετων συνθετικών παραμέτρων (π.χ. αισθητική, κόστος, κ.λπ.)



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Εξωτερική *VS* εσωτερική σκίαση

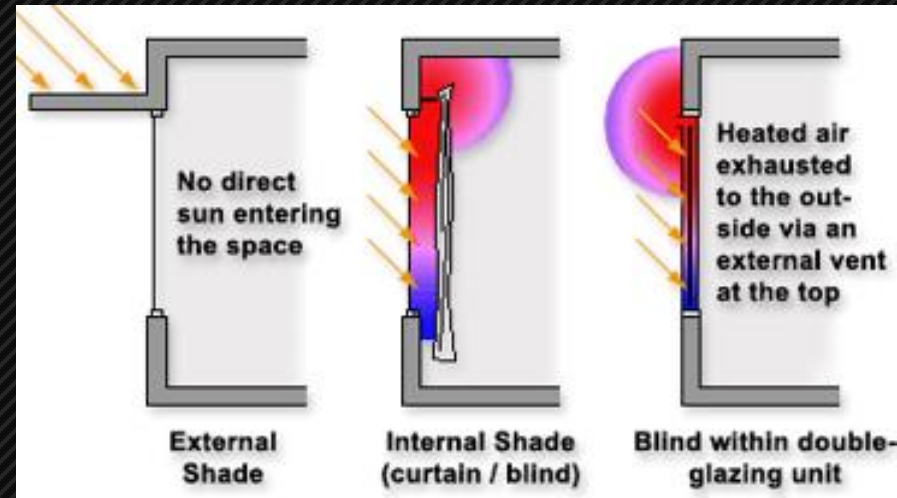
Τα 'εσωτερικά συστήματα' τοποθετούνται στην εσωτερική επιφάνεια υαλοπινάκων, με σκοπό την ανάκλαση της ακτινοβολίας πίσω στον υαλοπίνακα, και από εκεί αποβολή της στο εξωτερικό περιβάλλον. Σε αυτή τη διαδικασία όμως ο υαλοπίνακας απορροφά το επιπλέον ποσό ακτινοβολίας που ανακλάται από το σκίαστρο, με συνέπεια την επιπλέον αύξηση της θερμότητας του εσωτερικού χώρου.



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Εξωτερική VS εσωτερική σκίαση

Η 'εξωτερική σκίαση' περιορίζει την ηλιακή ακτινοβολία πριν αυτή φτάσει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα. Εξωτερική σκίαση προσφέρουν και γειτονικές οικοδομές ή δέντρα σε κοντινές αποστάσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται επιλεκτική τοποθέτηση φυτών που προσφέρουν σκίαση, τα οποία ταυτόχρονα επιτυγχάνουν μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η τοποθέτηση εξωτερικών συστημάτων σκίασης εμποδίζει την άμεση ακτινοβολία να εισέλθει στον εσωτερικό χώρο, ανακλώντας τη πίσω στο περιβάλλον. Στο εσωτερικό μεταβιβάζεται μόνο η διάχυτη ακτινοβολία. Άλλοι τρόποι εξωτερικής σκίασης είναι τέντες, προεκτάσεις στεγών, γείσων κλπ.



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Κινητά VS σταθερά σκιάδια

Τα 'κινητά συστήματα' παρέχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν την κίνηση του ήλιου επιτρέποντας την διέλευση ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας, ή να μεταβάλλουν τη γωνία τους ώστε να παρέχουν την κατάλληλη προστασία.



ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Απλοί κανόνες για τα 'στοιχεία ηλιοπροστασίας':

- *Τα 'οριζόντια προστεγάσματα' είναι κατάλληλα για μεγάλα ηλιακά υψόμετρα (λ.χ. νότιος προσανατολισμός, μεσημέρι, μικρά γεωγραφικά πλάτη).*

Αντίθετα,

- *Τα 'κατακόρυφα πτερύγια' ενδείκνυνται για χαμηλές θέσεις του Ήλιου (π.χ. ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός, πρωινές και απογευματινές ώρες, μεγάλα γεωγραφικά πλάτη).*
- *Είναι απαραίτητη η πρόβλεψη για ελεύθερη κίνηση του θερμού αέρα μέσω των στοιχείων ηλιοπροστασίας, αλλιώς προκαλείται κίνδυνος υπερθέρμανσης.*

Ομοίως,

- *Η μεγάλη θερμική μάζα ενός στοιχείου ηλιοπροστασίας προκαλεί θερμική εκπομπή προς την επιφάνεια που -υποτίθεται ότι- προστατεύεται.*

ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Απλοί κανόνες για τα 'στοιχεία ηλιοπροστασίας':

- *Ανοιχτόχρωμα στοιχεία ηλιοπροστασίας μπορεί να αυξήσουν την ανακλώμενη ακτινοβολία στην επιφάνεια που προστατεύουν ή να προκαλούν θάμβωση στο εσωτερικό. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν οι γυάλινες προσόψεις στο περιβάλλον τους.*
- *Η συντήρηση πρέπει να είναι απλή ή να μη παρεμποδίζεται (π.χ. καθαρισμός υαλοπινάκων).*
- *Το συνολικό κόστος κατασκευής και λειτουργίας του στοιχείου πρέπει να συγκρίνεται με την εξοικονόμηση στο ψυκτικό φορτίο.*
- *Η ηλιοπροστασία είναι πιο αποτελεσματική αν γίνεται "έξω" από τα υαλοστάσια, πριν την είσοδο της ηλιακής ενέργειας στο εσωτερικό.*

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σε μια ενδεικτική μελέτη, με τη χρήση υπολογιστικού μοντέλου, για την εξοικονόμηση ενέργειας που θα προέκυπτε από τη χρήση σταθερού ή κινητού πτερυγίου σκίασης σε δεδομένο κτήριο, στην περιοχή της Αττικής με νότιο προσανατολισμό, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Όσον αφορά το θερμικό και το ψυκτικό φορτίο...

- *πτερύγιο σταθερό: η βέλτιστη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με γωνίες -15° και 0° σε ήπια κλίματα και με 15° σε ψυχρά κλίματα*
- *πτερύγιο $\pm 30^{\circ}$: επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση από το σταθερό πτερύγιο*
- *πτερύγιο σε πολλαπλές θέσεις: επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση*

**όλες οι παραπάνω κατηγορίες αποφέρουν το μέγιστο όφελος σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη και στα μικρά υψόμετρα*

**Χρησιμοποιώντας 'οριζόντια πτερύγια σκίασης' για νότιο προσανατολισμό διαπιστώνουμε μια σχετική αύξηση στα θερμικά φορτία από (2 – 20)%, ενώ τα ψυκτικά φορτία μειώνονται έως και 60%.*

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

SK-01 ΑΓΙΟΣ ΚΟΣΜΑΣ 2006 ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ – ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ										
MONTH	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating	Heating
	Load (KWh)	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
	ΑΠΟΥΣΙΑ	60 ΜΟΙΡΕΣ	45 ΜΟΙΡΕΣ	30 ΜΟΙΡΕΣ	15 ΜΟΙΡΕΣ	0 ΜΟΙΡΕΣ	-15 ΜΟΙΡΕΣ	-30 ΜΟΙΡΕΣ	-45 ΜΟΙΡΕΣ	-60 ΜΟΙΡΕΣ
Jan	867,44	8,27	4,03	1,54	2,20	5,15	10,20	15,92	18,13	18,71
Feb	592,95	6,38	2,97	1,50	3,10	7,85	14,41	19,86	21,44	21,71
Mar	424,16	4,62	2,42	2,83	6,89	16,19	20,94	24,50	26,44	26,02
Apr	181,18	2,59	4,03	9,03	11,72	18,41	21,01	22,92	24,91	25,75
May	81,74	-0,21	4,44	6,54	9,06	11,88	15,07	17,09	19,38	20,66
Jun	6,08	-5,37	-34,51	-33,33	-31,60	-40,42	-65,67	-62,57	-85,93	-83,13
Jul	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aug	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sep	3,89	-2,10	-3,73	-10,83	-5,14	-10,51	-21,18	-20,06	-30,54	-44,61
Oct	100,97	5,10	3,09	2,22	3,85	5,90	7,51	8,97	10,20	9,25
Nov	328,17	6,12	2,63	1,52	2,33	6,33	13,53	21,77	24,59	24,36
Dec	631,48	6,62	3,74	1,54	1,06	2,27	5,01	11,21	16,03	17,19
Total	3218,04	6,26	3,35	2,25	3,57	7,80	12,58	17,81	20,34	20,71

Ενδεικτικές μετρήσεις σε κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αττικής πριν και μετά τη χρήση πτερυγίου σκίασης αλουμινίου διατομής 30x200mm υπό διαφορετικές κλίσεις. Στο heating το + σημαίνει αύξηση του θερμικού φορτίου ενώ το – μείωση του θερμικού φορτίου. Σημειώνονται η ελάχιστη και η μέγιστη αύξηση του φορτίου.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

SK-01 ΑΓΙΟΣ ΚΟΣΜΑΣ 2006 ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ – ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ										
MONTH	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling
	Load (KWh)	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
	ΑΠΟΥΣΙΑ	60 ΜΟΙΡΕΣ	45 ΜΟΙΡΕΣ	30 ΜΟΙΡΕΣ	15 ΜΟΙΡΕΣ	0 ΜΟΙΡΕΣ	-15 ΜΟΙΡΕΣ	-30 ΜΟΙΡΕΣ	-45 ΜΟΙΡΕΣ	-60 ΜΟΙΡΕΣ
Jan	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Feb	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Apr	23,6	68,52	63,77	100	100	100	100	100	100	100
May	203,03	15,06	35,47	47,88	50,80	56,30	60,80	62,64	64,80	67,34
Jun	440,86	11,38	29,35	32,86	35,16	40,07	43,62	45,83	48,23	49,38
Jul	649,68	3,92	15,11	21,51	24,37	29,63	33,96	36,48	39,13	40,90
Aug	807,8	3,65	14,48	27,00	33,61	38,11	41,31	43,26	45,00	46,54
Sep	476,17	16,24	5,57	26,59	47,54	63,22	69,32	71,39	73,73	73,83
Oct	213,93	57,29	21,49	13,14	42,08	72,04	91,73	95,55	96,89	97,06
Nov	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dec	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	2815,07	12,50	17,91	27,65	36,52	45,12	50,44	52,7	54,84	56,09

Ενδεικτικές μετρήσεις σε κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αττικής πριν και μετά τη χρήση πτερυγίου σκίασης αλουμινίου διατομής 30x200mm υπό διαφορετικές κλίσεις. Στο cooling το + σημαίνει μείωση του ψυκτικού φορτίου ενώ το – αύξηση του ψυκτικού φορτίου. Σημειώνεται η μέγιστη μείωση του φορτίου.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Συμπερασματικά...

- Παρατηρούμε αύξηση στο σύνολο των θερμικών απαιτήσεων ενέργειας. Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι το πτερύγιο από μόνο του δημιουργεί σκίαση στο υαλοστάσιο μας. Η οποιαδήποτε σκίαση τους σχετικά κρύους μήνες θα επιφέρει λογικά αύξηση στις θερμικές απαιτήσεις ενέργειας.
- Παρατηρούμε μείωση στο σύνολο των ψυκτικών απαιτήσεων ενέργειας. Σε αντίθεση με τους σχετικά κρύους μήνες του έτους, οι πιο ζεστοί χρειάζονται την σκίαση που δημιουργεί το πτερύγιο σκίασης.
- Παρόλο που έχουμε αύξηση στα θερμικά φορτία η μείωση στα ψυκτικά φορτία είναι πολύ μεγαλύτερη. Μείωση στο συνολικό κόστος θα έχουμε ακόμη και επιλέγοντας την θεωρητικά χειρότερη γωνία για το κτίριο.

Όσον αφορά το κόστος και το χρόνο απόσβεσης, με έναν πρόχειρο υπολογισμό, αυτός μπορεί να ανέρχεται από 2-3 μέχρι 20+ χρόνια, ανάλογα τον τύπο κατασκευής.

**Μέρος των στοιχείων που παρουσιάζονται βασίζονται στην πτυχιακή εργασία του κου Σιάκη Βασίλειου στο ΤΕΙ Μηχανολογίας Χαλκίδας με τίτλο «Ανάλυση σε πτερύγιο σκίασης και η συμβολή του στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων»*

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



■ *HERTZ Κάτω Κηφισιά*



■ *Elounda Island View Villas*



■ *Poseidon Resort Loutraki*



■ *Βιομηχανικό Κτίριο στην Θεσσαλονίκη*

