



Η εξέλιξη της χρήσης του γυαλιού στις όψεις των κτιρίων

ΕΙΚΟΝΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

Όψη του κτηρίου στάθμευσης 1 South Halsted στο Σικάγο
από τους FitzGerald Associates

Περιεχόμενα

04	Περίληψη
06	Εισαγωγή
09	Η ιστορία του γυαλιού
10	Κάλυψη ανοιγμάτων στα κτίσματα της αρχαιότητας
12	Ιστορική αναδρομή της χρήσης γυαλιού στις αρχιτεκτονικές όψεις
12	Οι πρώτες τεχνικές
13	Το επόμενο βήμα
17	Η βιομηχανική επανάσταση
19	Το γυαλί στην αρχιτεκτονική του 20ού αιώνα
25	Ο Μοντερνισμός
29	Η κρεμαστή όψη
38	Το παράδειγμα των διπλών όψεων (double skin facades)
44	Συστήματα σημειακής στήριξης
45	Συμπεράσματα
50	Βιβλιογραφία
53	Πίνακας εικόνων

Περίληψη

Η παρούσα εργασία ανατρέχει στην ιστορία του γυαλιού ως υλικό όψης των κτηρίων από την αρχή χρήσης του - ως μέσο κάλυψης μικρών ανοιγμάτων, μέχρι την ολοκληρωτική του χρήση στις όψεις των κτηρίων, χάρη στις τεχνολογικές καινοτομίες που το κατέστησαν δυνατό. Η ιστορική αναδρομή γίνεται μέσα από παρακολούθηση της προόδου των τεχνικών παραγωγής του γυαλιού και ανάλυση παραδειγμάτων αντίστοιχης χρήσης σε κτήρια - σταθμούς. Τέλος γίνεται αξιολόγηση της εξέλιξης του υλικού και της χρήσης του.

“Η ιστορία της αρχιτεκτονικής στις εύκρατες
περιοχές, μπορούμε να ισχυριστούμε,
πως είναι η ιστορία της κατάκτησης του φωτός.”

Le Corbusier, Glass: The Fundamental Material
of Modern Architecture, 1935

Εισαγωγή

Το γυαλί ανήκει στα πιο δημοφιλή υλικά όψης και καθοριστικό στοιχείο της εικόνας του αστικού τοπίου. Ο συνδυασμός της διαφάνειας, της ελαφρότητας και της ανθεκτικότητάς του το καταστούν αγαπημένο υλικό των αρχιτεκτόνων για εκατοντάδες χρόνια. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας εισάγονται και βελτιώνονται διαρκώς καινοτόμες μέθοδοι παραγωγής του που καθορίζουν τη λειτουργική και αισθητική του αξία στην αρχιτεκτονική. Στην πορεία της εργασίας θα μελετηθεί το πώς το αρχαιότερο υλικό που έφτιαξε ο άνθρωπος κατάφερε να εξελιχθεί από απλή κάλυψη μικρών ανοιγμάτων σε καθοριστικό εργαλείο για την αισθητική και τη λειτουργία της όψης ενός κτηρίου.

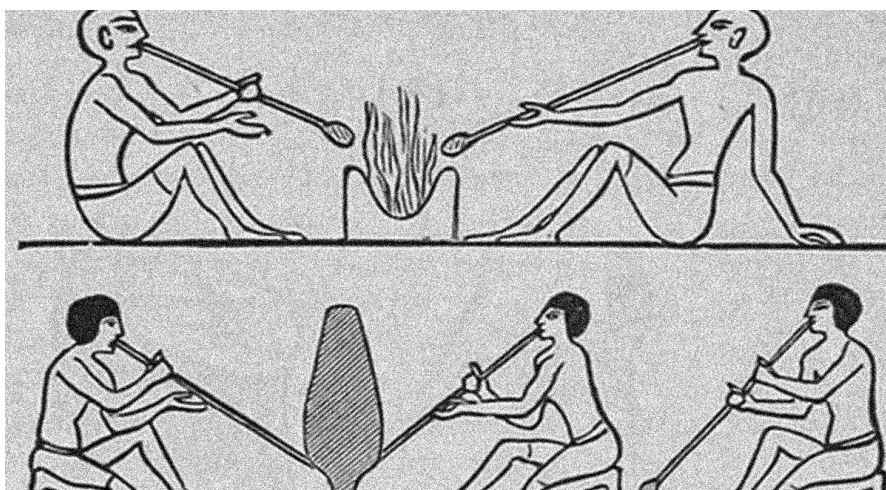
Καθόλη την πορεία της ιστορίας, η ανάγκη για φως είναι καθοριστική για την πορεία της ζωής του ανθρώπου. Η είσοδος του φωτός σε μια σπηλιά ή στην πρώιμη κατασκευή μιας κατοικίας επέτρεπε στους κατοίκους τους να εκτελούν καλύτερα τις εργασίες τους και να προσανατολίζονται στο περιβάλλον τους, ρυθμίζοντας τις δουλειές τους παραμένοντας συγχρονισμένοι με τον κύκλο της ημέρας. Με την εξέλιξη του πολιτισμού έγινε σαφές ότι αυτή η ανάγκη είναι καθοριστική για την ανθρώπινη υγεία και τη συναισθηματική ισορροπία και ευεξία.

Στους πρώτους πολιτισμούς τα ανοίγματα στους τοίχους των κατοικιών προσέφεραν τον απαραίτητο ηλιασμό και αερισμό του εσωτερικού τους. Η τεχνολογία επεξεργασίας του γυαλιού ήταν ήδη γνωστή από τους πρώτους πολιτισμούς, αλλά η χρήση του στα ανοίγματα των κτιρίων ανάγεται στη ρωμαϊκή εποχή. Η σύνθετη τεχνική παραγωγής που ακολουθούσαν οι Ρωμαίοι κυριάρχησε, με μικρές παραλλαγές, για πολλούς αιώνες.

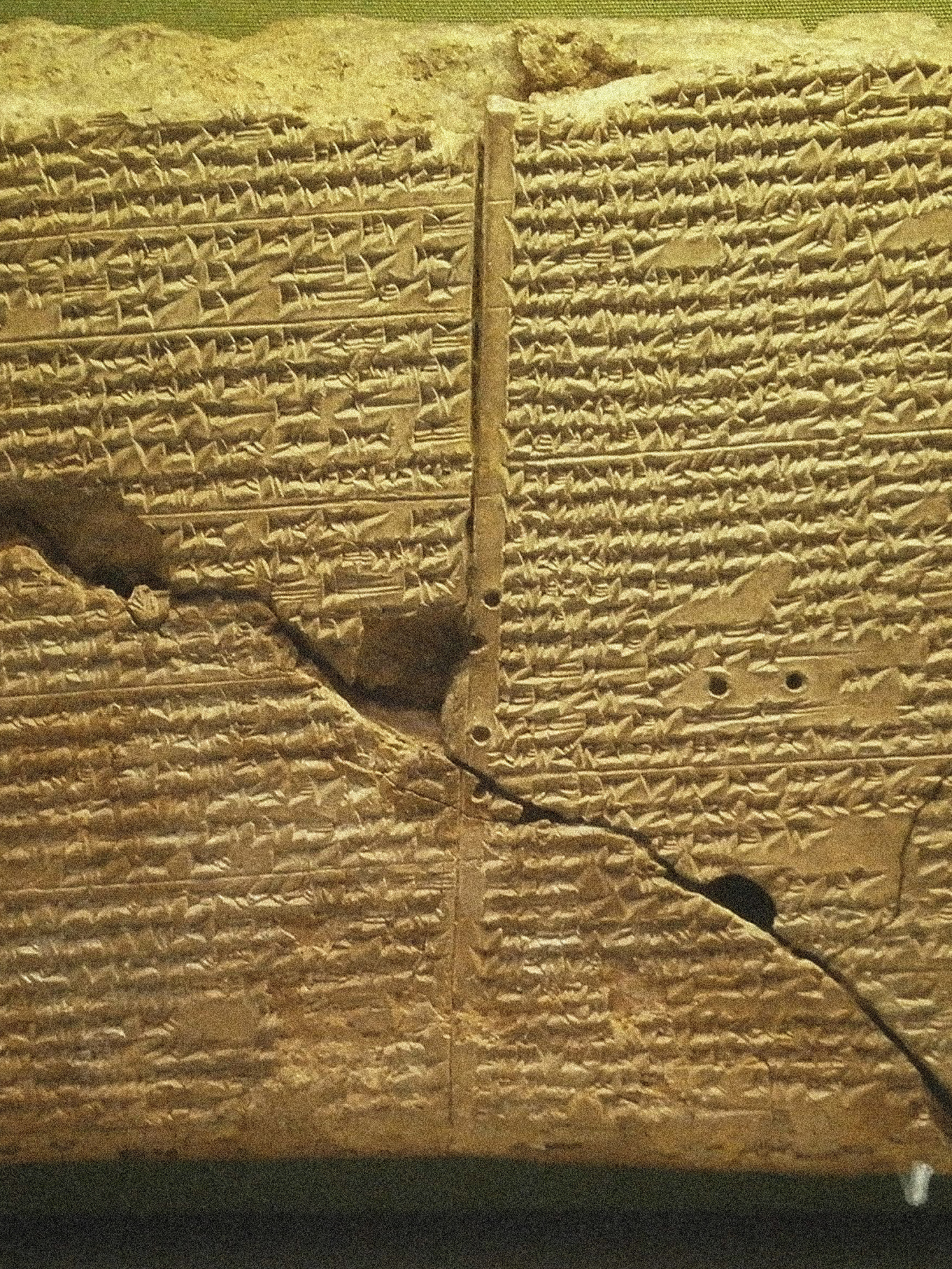
Η διάσταση του παραγόμενου γυαλιού αυτής της τεχνικής ήταν σχετικά μικρή, περιορίζοντας τη διάσταση και των ανοιγμάτων στις όψεις.

Η βιομηχανική επανάσταση έφερε μεγάλες καινοτομίες και στη χρήση του γυαλιού στις όψεις. Οι εξελίξεις στην παραγωγή των δομικών υλικών επέτρεψαν για πρώτη φορά στο γυαλί να πρωταγωνιστήσει στην κατασκευή, παύοντας να καλύπτει απλώς μικρά ανοίγματα, αλλά να αποτελεί την πλειοψηφία κάλυψης της όψης.

Ο επόμενος αιώνας αποθέωσε το υλικό αυτό, δίνοντας του την ευκαιρία να αναδείξει όλες του τις ιδιότητες. Νέες τεχνικές στην παραγωγή μεγάλων υαλοπινάκων συνδυάστηκαν με τη φιλοσοφική προσέγγισή του από τα κινήματα του γερμανικού εξπρεσιονισμού και της art deco, ώστε να φτάσει να αποθεωθεί με το μοντερνιστικό κίνημα. Μέχρι το τέλος του αιώνα το γυαλί διατήρησε τον κυρίαρχο ρόλο του, με αποκορύφωμα την τελειοποίηση της τεχνικής της κρεμαστής όψης που κατέστησε πλέον “αόρατο” τον σκελετό του φέροντος οργανισμού, επιτρέποντας στη γυάλινη όψη να ανεξαρτητοποιηθεί και να “ντύσει” εξολοκλήρου το κτήριο.



Αιγύπτιοι τεχνίτες κατασκευάζουν φουσητό γυαλί



Η ιστορία του γυαλιού

Η εμφάνιση του τεχνητού γυαλιού (ή ύαλος στην αρχαία ελληνική) ανάγεται στην αρχαιότητα. Μια πρώτη μορφή φυσικού γυαλιού, ο οψιδιανός, δημιουργείται από τη λιωμένη άμμο κατά τη διάρκεια μιας ηφαιστειακής έκρηξης και χρησιμοποιήθηκε κατά τη λίθινη εποχή για την κατασκευή εργαλείων.

Μια ομάδα ερευνητών αναφέρει πως η εμφάνιση του επεξεργασμένου γυαλιού ανακαλύφθηκε τυχαία από τους λαούς της Μεσοποταμίας τουλάχιστον 3.600 χρόνια πριν, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι η ανακάλυψη του οφείλεται στους Αιγύπτιους ή τους λαούς της βόρειας Συρίας. Τα πρώτα γνωστά ευρήματα από γυαλί είναι περιδέραια και χρονολογούνται στα μέσα του 2000 π.Χ. Εικάζεται ότι η τεχνική παραγωγής τους ανακαλύφθηκε κατά λάθος, αποτελώντας παραπροϊόντα μιας διαδικασίας για την επεξεργασία μετάλλου.

Γύρω στο 1500 π.Χ. ξεκίνησε η μεθοδευμένη παραγωγή του από Σύριους, Μεσοποτάμιους και Αιγύπτιους υαλουργούς, οι οποίοι επεξεργάζονταν το μαλακό γυαλί και κατόπιν το έψυχαν στο επιθυμητό σχήμα. Το γυαλί αποτελούσε ένα υλικό πολυτελείας ώσπου οι μαζικές καταστροφές της ύστερης εποχής τον χαλκού διέκοψαν προσωρινά την παραγωγή του. Από τον 9ο αι. π.Χ. ποίκιλλες καινοτομίες προστέθηκαν στην εξέλιξη της παραγωγής του, όπως τεχνικές που αφαιρούσαν τον αυθεντικό του χρωματισμό και του προσέδιδαν τη διαφάνεια που είναι γνωστό μέχρι σήμερα, ενώ το 650 π.Χ. καταγράφηκαν οι πρώτες “οδηγίες” κατασκευής γυαλιού που φιλοξενούνταν στη βιβλιοθήκη του Ασσύριου βασιλιά Ασσουρμπανιπάλ.



Περιγραφή της κατασκευής του γυαλιού στην πύλινη πλάκα της βιβλιοθήκης του Ασσουρμπανιπάλ

Την ίδια εποχή ήρθε από τη Συρία και η καινοτομία του καμπυλωτού γυαλιού, που αποτέλεσε μια επανάσταση που χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον σε παράθυρα μέχρι και το τέλος του 19ου αιώνα.

Με την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας χάθηκε μέρος της τεχνικής κατασκευής του γυαλιού, με αποτέλεσμα να αναχθεί σε πολυτέλεια των εύπορων οικογενειών της Δυτικής Ευρώπης.

Μια σειρά καινοτομιών ακολούθησε έκτοτε, όπως η παραγωγή των πρώτων υαλοπινάκων στη Γαλλία του 19ου αιώνα και η αυτοματοποίηση της παραγωγής τους από τους Άγγλους κατά τη Βιομηχανική Επανάσταση, η βελτίωση της ποιότητας του επίπεδου γυαλιού τη δεκαετία του 1930 και η τεχνική του γυαλιού float το 1950, που χρησιμοποιείται απaráλλαχτη μέχρι σήμερα. Τις επόμενες δεκαετίες έγινε εφικτή η κύρτωση του επίπεδου γυαλιού για τον αεροδυναμικό σχεδιασμό, ενώ διαφορετικά πάχη γυαλιού χρησιμοποιήθηκαν για να φιλτράρουν το θόρυβο.

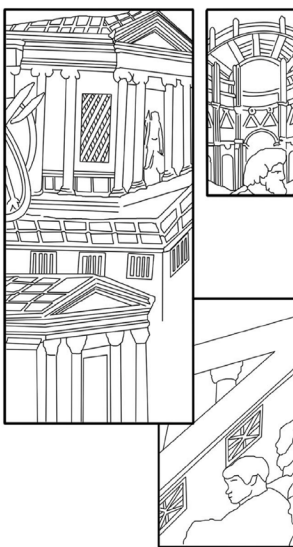
Κάλυψη ανοιγμάτων στα κτίσματα της αρχαιότητας

Τα πρώτα ανοίγματα στις όψεις, σε μορφή παραθύρων, εμφανίστηκαν σχεδόν ταυτόχρονα με τα πρώτα οικοδομήματα, λόγω της ανάγκης φωταγώγησης του εσωτερικού τους. Ευρήματα της αρχαιότητας δείχνουν ότι οργανικά υλικά όπως περγαμηνές ή κέρατα ζώων, όπως επίσης και φυτικές ίνες, χρησιμοποιούνταν για την κάλυψη μικρών ανοιγμάτων στις όψεις.

Το πιο δημοφιλές υλικό ήταν το ξύλο, με το οποίο κατασκευαζόταν ένα είδος παραθυρόφυλλου, όπως αποκαλύπτουν ανασκαφές στην ευρύτερη περιοχή του Βεζούβιου.

Αυτά τα υλικά ήταν προτιμητέα λόγω της αφθονίας και του χαμηλού τους κόστους. Παρόλα αυτά οι κάτοικοι ήταν αναγκασμένοι να τα μαζεύουν ώστε να φωταγωγούν τα κτίσματα, ενώ παράλληλα δεν ήταν ικανά να καλύψουν μεγάλα ανοίγματα. Διαυγή ορυκτά όπως ο κατοπτρικός γύψος (specular gypsum) έδωσαν λύση επιτρέποντας μια ποσότητα φωτός να εισχωρεί στο εσωτερικό.

Τα υλικά αυτά, ως σπάνια και ακριβά, προσέδιδαν εκλεπτυσμένη αισθητική στο χώρο και κύρος στον ιδιοκτήτη του. Οι Ρωμαίοι άρχισαν να χρησιμοποιούν το γυαλί στα ανοίγματα από τον 1ο αι. μ.Χ., αλλά λόγω του κόστους και της δυσκολίας στη χρήση του δεν ήταν αρκετά διαδεδομένο. Με την πάροδο των αιώνων, τη βοήθεια της τεχνολογίας και την αυξανόμενη ανάγκη για όλο και μεγαλύτερα ανοίγματα στα κτήρια, το γυαλί εξελίχθηκε και από απλή τεχνική «μπαλώματος» μικρών παραθύρων σε υλικό που μπορεί να καλύπτει ακόμα και ολόκληρες όψεις σύγχρονων κτηρίων.



Ξύλινο παραθυρόφύλλο στην
Οικία των Μυστηρίων, Πομπηία



Λεπτομέρειες με
αναπαραστάσεις παραθύρων
στη στήλη του Τραϊανού, Ρώμη
113 μ.Χ.

Ιστορική αναδρομή της χρήσης γυαλιού στις αρχιτεκτονικές όψεις

Οι πρώτες τεχνικές

Ευρήματα σημαντικών κτιρίων στη Ρώμη και την Πομπηία δείχνουν ότι το χυτό γυαλί (cast glass) χρησιμοποιείτο ευρέως για τις ανάγκες κάλυψης των παραθύρων. Η χύτευση γυαλιού είναι η διαδικασία κατά την οποία το γυαλί λιώνει και τοποθετείται σε καλούπι, όπου στη συνέχεια στερεοποιείται. Αυτό δίνει μια θαμπή, ανάγλυφη υφή στη μία του όψη. Παρόλο που η ρωμαϊκή τεχνική χάθηκε όταν έπαψε η παραγωγή του τον 3ο αι. μ.Χ., η σύγχρονη χύτευση γίνεται με μια ποικιλία διαδικασιών όπως η χύτευση σε κλίβανο, η χύτευση σε άμμο, σε γραφίτη ή σε μεταλλικά καλούπια.

Μια μεταγενέστερη τεχνική ήταν αυτή του γυαλιού κυλινδρικού καλούπιου (cylinder glass), όπου το γυαλί, σε αντίθεση με το χυτό, είναι λείο και από τις δύο πλευρές. Το όνομα του το πήρε από τη διαδικασία χύτευσής του σε κυλινδρικό μεταλλικό καλούπι, το οποίο μετά αφαιρείται, γίνεται μια τομή στο γυάλινο “σωλήνα” και τοποθετείται σε φούρνο όπου με τη θερμότητα ξετυλίγεται παράγοντας επίπεδα φύλλα. Η τεχνική αυτή καταγράφηκε πρώτη φορά από τον Θεόφιλο τον 12ο αι. μ.Χ.

Παρόλες τις πρωτοπόρες τεχνικές παραγωγής γυαλιού, η χρήση του στην αρχιτεκτονική δε μπορούσε να υποστηριχθεί από τα ασθενή δομικά υλικά.. Έτσι οι πρώτες χρήσεις του περιορίζονταν στην κάλυψη μικρών ανοιγμάτων.



Δείγμα ρωμαϊκού
χυτού γυαλιού

Παράθυρα από
στεφανύαλο στο Aachen
της Γερμανίας

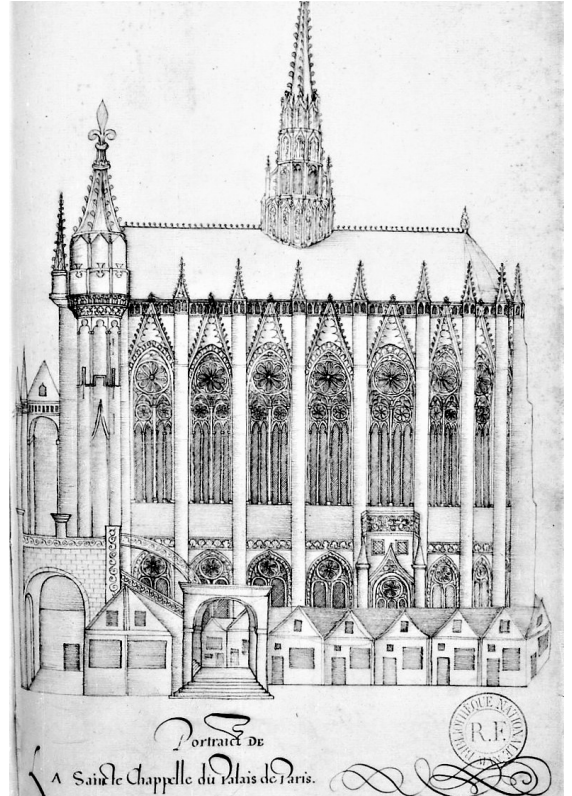


Το επόμενο βήμα

Κατά τη διάρκεια του 11ου αι. εμφανίστηκε μία από τις πρώτες μεθόδους κατασκευής υαλοπινάκων, ο στεφανύαλος (crown glass). Το ζεστό φουσητό γυαλί κόβεται και μετά περιστρέφεται γρήγορα πριν κρυώσει και πήξει. Η φυγοκεντρική δύναμη μετατρέπει μια θερμή σφαίρα γυαλιού σε ένα στρογγυλό επίπεδο φύλλο. Το φύλλο στη συνέχεια σπάει σχηματίζοντας ένα ορθογώνιο παράθυρο που χωράει σε ένα ορισμένο πλαίσιο. Αυτή η μέθοδος κατασκευής ήταν πολύ ακριβή και δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μεγάλων υαλοπινάκων, ενώ δημιουργούσε και εξωγκώματα στην τελική επιφάνεια του γυαλιού. Αντικαταστάθηκε τον 19ο αιώνα από άλλες διαδικασίες, ωστόσο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε κτήρια παραδοσιακής κατασκευής.

Με την πάροδο του χρόνου, το γυαλί άρχισε να χρησιμοποιείται και ως διακοσμητικό υλικό. Η τάση για σχεδιασμό περίτεχνων γυάλινων παραθύρων από κομμάτια χρωματιστού χυτού γυαλιού (βιτρό) χαρακτήρισε τη μεσαιωνική αρχιτεκτονική στη Δυτική Ευρώπη του 11ου αι., πέρασε σαν τάση στο μπαρόκ και διατηρήθηκε μέχρι και τον 18ο αι.

Η πρόθεση της δημιουργίας μεγάλων ανοιγμάτων εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη γοτθική αρχιτεκτονική. Το γυαλί απέκτησε θρησκευτική υπόσταση για την αρχιτεκτονική, η οποία προπαγάνδιζε το συμβολισμό της κυριαρχίας του φωτός έναντι του σκότους. Η ιδέα ενός τοίχου που θα αποτελείται εξ ολοκλήρου από γυαλί αναπτύχθηκε σε μεγάλη έκταση την επόμενη χρονική περίοδο. Επομένως, ήταν μια αρχιτεκτονική ιδέα, που περιέμενε μόνο την απαραίτητη τεχνολογία για να γίνει πραγματικότητα. Σύμφωνα με ιστορικούς της αρχιτεκτονικής, τα πρώτα παραδείγματα όψεων αυτού του είδους είναι τα ακόλουθα: Το Bath Abbey, οικοδομήθηκε ως μοναστήρι στο Bath της Αγγλίας το 675 μ.Χ. και ο γοτθικός ναός του Sainte Chapelle ολοκληρώθηκε το 1238 στο Παρίσι, αποτελώντας εξίσου σημαντικό παράδειγμα του αρχιτεκτονικού ρυθμού της εποχής του.



Το King's College Chapel είναι ο ναός του King's College στο Πανεπιστήμιο του Cambridge στη Βρετανία. Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1515 και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παραδείγματα της ύστερης γοθικής αρχιτεκτονικής στην Αγγλία.

Σε αυτά τα κτήρια, τα παράθυρα μεγεθύνονταν μέχρι σημείου να σχηματίσουν σχεδόν ολόκληρη την όψη.

Στην Αγγλία κατά τη διάρκεια του 16ου αιώνα οι κατοικίες της ανώτερης τάξης ξεκίνησαν να εφαρμόζουν στο σχεδιασμό της όψης τους μεγάλες επιφάνειες από γυαλί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τάσης είναι η κατοικία του Bess of Hardwick. Τα εκτεταμένα αυτά ανοίγματα στην όψη του κτηρίου μπορούν να θεωρηθούν σαν απαρχή για την μετέπειτα καινοτομία των κρεμαστών όψεων.



ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ

Όψη του Bath Abbey

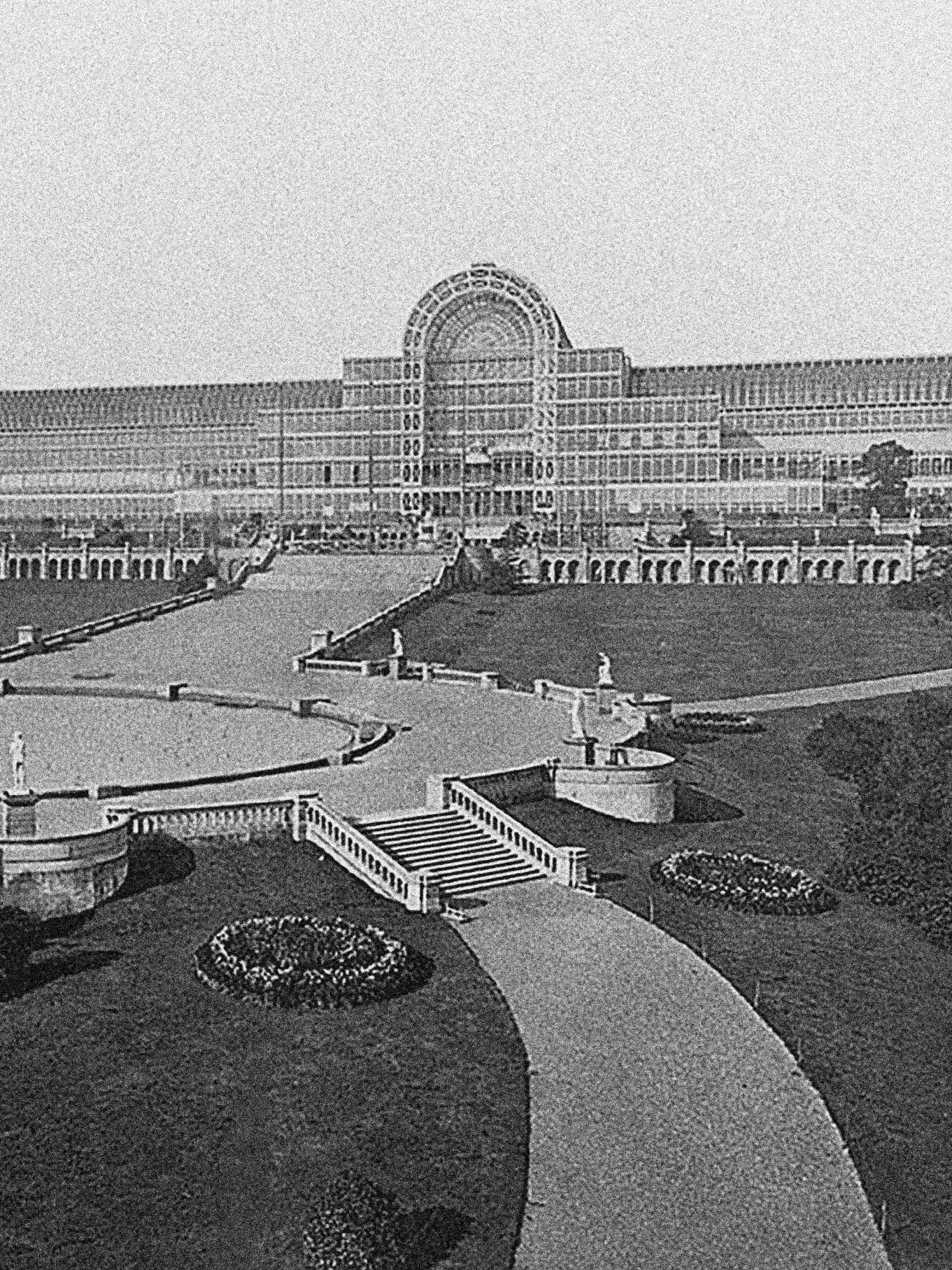
ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ

Σχέδιο της όψης του
Sainte Chapel στο Παρίσι

ΚΑΤΩ

Το King's College Chapel
του Cambridge





Η Βιομηχανική Επανάσταση

*“Ελάτε, λοιπόν! Η αρχιτεκτονική δεν πεθαίνει
επειδή γεννιούνται νέες μέθοδοι! Αντίθετα,
η αρχιτεκτονική αναγεννιέται ακόμη
περισσότερο λόγω του αξιοθαύμαστου
πλούτου που έφεραν οι σύγχρονες τεχνικές
που επινοήθηκαν κατά τον δέκατο ένατο και
τον εικοστό αιώνα.”*

Le Corbusier, *Glass: The Fundamental
Material of Modern Architecture*, 1935

Μόλις τον 19ο αιώνα το γυαλί στην αρχιτεκτονική έκανε το επόμενο σημαντικό βήμα. Πριν από αυτό το διάστημα, η ίδια η διαδικασία κατασκευής περιόρισε τη χρήση γυαλιού σε μικρά μόνο φύλλα περίπλοκων διαχωρισμένων παραθύρων.

Με τη βιομηχανική επανάσταση, η χρήση μετάλλου και άλλων υλικών σήμαινε ότι το γυαλί θα μπορούσε να παίξει έναν εντελώς νέο ρόλο στην αρχιτεκτονική. Χάρη στα υλικά που υπήρχαν σε συνδυασμό με τη δυνατότητα μαζικής παραγωγής μεγάλων φύλλων γυαλιού, οι δυνατότητες χρήσης του στην κατασκευή έγιναν σχεδόν απεριόριστες. Οι αρχιτέκτονες άρχισαν να πειραματίζονται με τη χρήση του γυαλιού, όπως για την κατασκευή τοιχοποιίας εξ ολοκλήρου από γυαλί που συγκρατούνταν από ατσάλι. Οι αδερφοί Chance σύστησαν το 1832 την καινοτόμο μέθοδο του υαλοπίνακα, που παρήγαγε μεγάλα φύλλα φθηνού αλλά και ανθεκτικού γυαλιού. Το 1851 ο Joseph Paxton, κηπουρός και σχεδιαστής θερμοκηπίων, δημιούργησε ένα από τα πιο φιλόδοξα αρχιτεκτονικά έργα με χρήση της νέας αυτής μεθόδου. Το Crystal Palace είχε μήκος 564 μέτρα και αποτελείτο από 300.000 φύλλα υαλοπινάκων.



Το Crystal Palace φιλοξένησε την Μεγάλη Έκθεση του 1851 στο Hyde Park του Λονδίνου.



Το εσωτερικό του Crystal Palace. Ήταν τόσο φωτεινό ώστε δεν είχε ανάγκη για επιπλέον φωταγώγηση.

Με την εξέλιξη της τεχνοτροπίας της μεταλλικής κατασκευής, γεννήθηκαν νέες δυνατότητες για τη σύνδεση του μετάλλου και του γυαλιού, ιδιαίτερα σε τύπους κτηρίων όπως εκθεσιακές αίθουσες, σιδηροδρομικοί σταθμοί, θερμοκήπια και περίπτερα (πειραματικές κατασκευές). Ο σκελετός από μέταλλο διαχωρίζεται από την όψη και γίνεται πλέον ανεξάρτητος. Πέρα από την απλή εφαρμογή διακοσμητικών στοιχείων στην όψη, οι εφαρμογές από τότε τείνουν να διαχωρίζουν σιγά-σιγά την όψη ως δομικό υλικό των κτηρίων. Το γυαλί δεν χρησιμοποιείται πια ως κάλυψη των ανοιγμάτων στην τοιχοποιία, αλλά αποτελεί το ίδιο τοιχοποιία.

Το γυαλί στην Αρχιτεκτονική του 20ού αιώνα

Με την αλλαγή του αιώνα, οι αρχιτέκτονες άρχισαν να αναγνωρίζουν την αξία του γυαλιού και της δυνατότητάς του να διαχέει και να κατευθύνει το φως. Η περίοδος αυτή έδωσε μεγάλη έμφαση στην αξία της διαφάνειας και μελέτες για τη διάχυση του φωτός στο εσωτερικό των κτηρίων απασχόλησαν τους αρχιτέκτονες της εποχής. Μία από τις μεγαλύτερες αλλαγές κατά τη διάρκεια αυτών των ετών ήταν ότι οι αρχιτέκτονες δεν έβλεπαν το γυαλί μόνο ως κάλυψη για τα ανοίγματα μιας κατασκευής (όπως τα παράθυρα), αλλά και ως υλικό για ολόκληρη την κατασκευή.

Ο Bruno Taut, ηγετική φυσιογνωμία του αρχιτεκτονικού Γερμανικού Εξπρεσιονισμού, χρησιμοποίησε αυτές τις αξίες ώστε το 1914 να σχεδιάσει έναν “ναό” αφιερωμένο στο αγαπημένο του υλικό και τις δυνατότητες που αυτό προσέφερε. Το Glass Pavillion αποτελούσε μια καινοτόμα κατασκευή, φτιαγμένη από υαλότουβλα και χρωματιστά γυαλιά ώστε να δίνει την εντύπωση κρυστάλλου. Για τους εξπρεσιονιστές ο κρύσταλλος συμβόλιζε τη μεταμόρφωση, την υπέρβαση, μια “ουτοπική και πνευματική κατασκευή”.



Glass Pavillion: Το έργο ανατέθηκε από την Deutsche Luxfer Prismen Syndikat, κατασκευαστή γυάλινων πλακών (glass tiles) και υαλότουβλων.





Ο σιδηροδρομικός σταθμός της Πενσυλβάνια (1910-1963) αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης ενός άλλου είδους γυαλιού, το γυαλί πρίσματος. Το γυαλί πρίσματος είναι γνωστό για την ιδιότητά του να διαχέει το φως. Η τεχνική αυτή ήταν σε χρήση ήδη από τον 19ο αι., προσφέροντας φυσική φωταγωγή στο εσωτερικό μεγάλων κατασκευών πριν την εμφάνιση της ηλεκτρικής φωταγωγής το 1900. Οι ιδιότητες του θα εκτιμηθούν αργότερα και από το κίνημα του μοντερνισμού.

Την αξία του είχε τονίσει ο Le Corbusier το 1937: «Οι δυνατότητες του ημιδιαφανούς γυαλιού είναι ατελείωτες. Έχουν ακόμη και μερικές σημαντικές εγγενείς αρετές: για παράδειγμα, το πρισματικό γυαλί, του οποίου το αποτέλεσμα είναι να διαχέει εντελώς τις ακτίνες του ήλιου και να τις διανέμει στο εσωτερικό, όπως ένα ντους χωρίζει το νερό σε αναρίθμητες σταγόνες. Αυτό το απλό επιστημονικό φαινόμενο μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Οι αρχιτέκτονες δεν έχουν ακόμη καταλάβει ξεκάθαρα ότι έχουν στη διάθεσή τους αυτά τα θαυμαστά μέσα».



Εξωτερική και εσωτερική λήψη του σιδηροδρομικού σταθμού της Πενσυλβάνια



Το Fagus Factory στη Γερμανία κατασκευασμένο το 1911

Ο Frank Lloyd Wright δημιούργησε πάνω από σαράντα διαφορετικά σχέδια για πλάκες από πρισματικό γυαλί. Το γυαλί πρίσματος χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα στα τέλη του 20ού αιώνα για να παρέχει φυσικό φως σε υπόγειους χώρους και σε περιοχές χωρίς παράθυρα. Σήμερα μπορεί να εντοπιστεί σε πεζοδρόμια, παράθυρα, χωρίσματα και κουβούκλια.

Οι γυάλινες επιδερμίδες (glass skins) αποτέλεσαν στις αρχές του 20ού αιώνα μια καινοτόμα πρόκληση καθώς μια λεπτή ατσάλινη δομή καλείται να υποστηρίξει πολυώροφα κτήρια και ουρανοξύστες με επενδύσεις γυαλιού. Στη Γερμανία, στο εργοστάσιο Fagus σχεδιασμένο από τον Walter Gropius το 1911, κάθε μια από τις όψεις του από γυαλί στηρίζεται σε ένα σκελετό από χάλυβα.

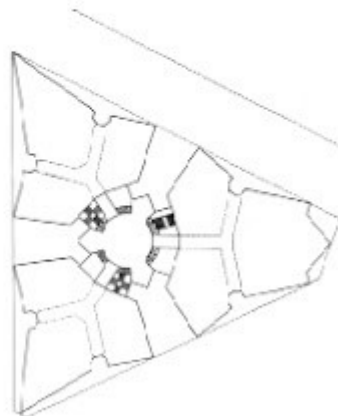
Ο Mies van der Rohe ήταν από τους πρώτους σημαντικούς αρχιτέκτονες του 20ου αιώνα που διέκρινε τις δυνατότητες του γυαλιού ενσωματώνοντάς το στη συνθετική του σκέψη.

Το 1919 παρουσιάζει σε διαγωνισμό στο Βερολίνο την πρότασή του για τον ουρανοξύστη Friedrichstraße. Ήταν η πρώτη φορά που θα γίνει πρόταση κτηρίου με όψη εξολοκλήρου από γυαλί. Η εξαιρετικά πρωτοπόρα και ουτοπική για την εποχή πρότασή του, περιέγραφε έναν ουρανοξύστη με πλήρως γυάλινη επένδυση, χωρίς συμβατικά κτιριακά χαρακτηριστικά όπως βάση ή γείσο. Η πρόταση του Mies βασίστηκε στο ότι ο ατσάλινος σκελετός του κτιρίου θα μπορούσε να απελευθερώσει την εξωτερική τοιχοποιία από την μέχρι τότε λειτουργία της, έτσι ώστε να μπορέσει να έχει μια διαφανή μορφή. Παράλληλα υποστήριξε ότι οι ουρανοξύστες μόνο κατά την κατασκευή τους αποκαλύπτουν τολμηρό και δομικό χαρακτήρα, κάτι που εξαλείφεται όταν οι προσόψεις του κτιρίου καλύπτονται αργότερα με την τοιχοποιία.

Παρόλα αυτά ο Mies δεν κατάφερε να το υλοποιήσει το όραμά του αυτό παρά κάποιες δεκαετίες αργότερα.



Σχέδια της πρότασης του Mies για τον διαγωνισμό του ουρανοξύστη Friedrichstrasse το 1921, που αν και δεν ήταν νικητήρια, ενσωμάτωσε δύο νέα υλικά, το χάλυβα και το γυαλί, που αργότερα καθόρισαν την αρχιτεκτονική του μοντερνισμού.





Δομικό γυαλί σε όψη του κτηρίου
Daily Express, Λονδίνο 1932

Την ίδια περίοδο εκτοξεύεται η δημοφιλία και ενός είδους εξαιρετικά ανθεκτικού γυαλιού, του δομικού γυαλιού (structural glass). Παρόλο που σαν τεχνοτροπία ήταν ήδη γνωστή από τις αρχές του αιώνα, τις πρώτες δεκαετίες χρησιμοποιείτο αντί για μάρμαρο σε επιφάνειες που είχαν ανάγκη για εύκολο καθαρισμό (σε χώρους εστίασης, νοσοκομεία κλπ) λόγω της λείας και μη απορροφητικής επιφάνειάς του. Τις δεκαετίες του '30 και του '40 η νέα αρχιτεκτονική αισθητική που εισήγαγαν τα κινήματα της Art Deco και της Arte Moderne “αγκάλιασε” αυτό το υλικό και απογείωσε τη δημοφιλία του. Το υλικό αυτό μπορούσε να λυγίσει, να σκαλιστεί, να ενθεθεί και με αμμοβολή ή βαμμένο με χρυσό, ασήμι ή χρώμα κατά την κατασκευή του. Χρησιμοποιήθηκε στις όψεις μοντέρνων γραφείων, σε σινεμά, εστιατόρια και ζαχαροπλαστεία, καθώς και για τον εκσυγχρονισμό παλαιότερων κατασκευών.



Ο Μοντερνισμός

Στις αρχές της δεκαετίας του '30, όσο άνθιζε το κίνημα της Art Deco, ο μοντερνισμός έκανε τα πρώτα του βήματα.

Ένα από τα χαρακτηριστικά αυτής της δεκαετίας ήταν η εμφάνιση του υαλότουβλου. Παρόλο που είχε πατενταριστεί από τον Gustave Falconnier ήδη από το 1886, η πρώτη αμερικανική εταιρεία το σύστησε στο ευρύ κοινό το 1933 με μια προσωρινή κατασκευή, το Owen-Illinois Glass Block Building, κατασκευασμένο σχεδόν εξ ολοκλήρου από 25000 υαλότουβλα. Το χαμηλό του κόστος, η στιβαρότητα, η αντοχή στις θερμοκρασίες, η πυρασφάλεια, η ευκολία στον καθαρισμό και τη συντήρησή του καθώς και η μορφολογική του ευελιξία απογείωσαν τη δημοφιλία του στους αρχιτεκτονικούς κύκλους της εποχής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πρώτης χρήσης του υαλότουβλου αποτελούν το Direct Oil Service Station (Arthur Brammer, Μινεσότα 1937), η κατοικία-γραφείο του William Lescaze (William Lescaze, Μανχάταν 1934) και το καινοτόμο, με όψεις εξ ολοκλήρου από υαλότουβλα, Maison de Verre (Pierre Chareau & Bernard Bijvoet, Παρίσι 1932) που εκτόξευσε και τη δημοφιλία του υλικού.

Το Maison de Verre (“Γυάλινη Κατοικία”) αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά κτήρια του 20ού αιώνα. Η όψη του αποτελείται από υαλότουβλα τα οποία εμπεριέχονται σε ένα ατσάλινο πλέγμα. Οι αρχιτέκτονες επιλέγουν να επενδύσουν δύο όψεις εξ ολοκλήρου με υαλότουβλο λόγω των δομικών αλλά και αισθητικών ιδιοτήτων του, σε αντίθεση με το απλό γυαλί. Βασική διαφορά και ζητούμενο στο συγκεκριμένο κτίριο των δύο υλικών ήταν να επιτρέπεται η εισροή φωτός στο κτίριο χωρίς να υπάρχει οπτική επαφή του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον και αντιστρόφως. Χαρακτηριστικά οι αρχιτέκτονες αναφέρουν ότι η αρχική ιδέα ήταν το κτίριο να μοιάζει με ένα “ελαφρύ κουτί”, με τον όγκο του να καθορίζεται από τις δύο αυλές που το περικλύουν στο εσωτερικό ενός αστικού τετραγώνου. Η εναλλαγή ημιδιαφανών και διαφανών υαλότουβλων στην όψη εξασφάλισε την απαραίτητη ιδιοτικότητα ενώ σε άλλα σημεία η θέαση παρέμενε ανεμπόδιστη.



Maison de Verre: ένα διαχρονικό αρχιτεκτονικό στυλ, αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας των φινιρισμάτων και των κινητών στοιχείων που το συνθέτουν, απομακρύνοντάς το από τις βασικές αρχές του μοντέρνου κινήματος (παρόλο που εντάσσεται σε αυτό) και φέρνοντάς το πιο κοντά σε μια αισθητική που έγινε δημοφιλής τη δεκαετία του '50.



Owen-Illinois Glass Block Building:
“Αυτό το κτήριο από υαλότουβλα, η πρώτη κατασκευή πλήρους μεγέθους του είδους του, είναι το αποτέλεσμα ετών επιστημονικής μελέτης και σχεδιασμού και αντιπροσωπεύει τη θριαμβευτική παρουσίαση ενός νέου τύπου οικοδομικού υλικού, πρακτικού, χρωματιστού, ευέλικτου και οικονομικού, έτοιμο για άμεση χρήση στη βιομηχανία και το εμπόριο που ήδη κεντρίζει την προσοχή των αρχιτεκτόνων και κατασκευαστών σε όλο τον κόσμο” (απόσπασμα από δημοσίευμα της εφημερίδας National Glass Budget, Απρίλιος 1933)

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον του μοντερνισμού για τη χρήση του γυαλιού και η εξερεύνηση νέων μορφών του, σταδιακά ελάττωσαν την προτίμηση του υαλότουβλου το οποίο από το 1950 έπαψε να είναι τόσο δημοφιλές. Η αναβίωσή του έφτασε μετά το 2000, μέσα από τα έργα αρχιτεκτόνων όπως ο Renzo Piano (Maison Hermès, Tokyo 2001), ο Rafael Moneo (Βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου Duesto, Ισπανία 2009 & Εγκαταστάσεις του spa Balneario de Panticosa) και οι MVRDV (Chanel Boutique Amsterdam -όπου η μισή όψη του παραδοσιακού κτιρίου από τούβλα αντικαταστάθηκε από υαλότουβλα “πιο ισχυρά κι από σκυρόδεμα”).



Παρόλη την επίτευξη των μεγάλων ανοιγμάτων του Equitable Building ανάμεσα στον σκελετό, η όψη καθορίζεται από τις εμφανείς πλάκες και τα υποστηλώματα.

Μετά το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου οι καινοτομίες που είχαν μέχρι τότε εδραιωθεί για τις γυάλινες κατασκευές άρχισαν όλο και περισσότερο να εμφανίζονται σε εμπορικά και δημόσια κτήρια. Το 1945 ο Pietro Beluschi παρουσιάζει το κτήριο-ορόσημο Equitable Building στο Πόρτλαντ. Αυτό ήταν το πρώτο μεγάλο κτήριο, που ήταν πλήρως επενδυμένο με γυαλί και αλουμίνιο καθώς και το πρώτο που ήταν πλήρως κλιματιζόμενο με διπλά τζάμια.



Το γυαλί συνεχίζει και αποκτά όλο και πιο σημαντικό ρόλο στην αρχιτεκτονική του μοντερνισμού φτάνοντας το 1945 όπου ο Mies σχεδιάζει το Farnsworth House. Η σημασία του Farnsworth House είναι διπλή. Πρώτον, μέρος μιας μακράς σειράς από κτίσματα κατοικιών, το Farnsworth House αποτελεί την αισθητική κορύφωση στους πειραματισμούς του Mies van der Rohe με αυτόν τον τύπο κτιρίου. Δεύτερον, η κατοικία αυτή είναι ίσως η πληρέστερη έκφραση των μοντερνιστικών ιδεωδών του Mies.

Όπως έχει γράψει ο ιστορικός Maritz Vandenburg στη μελέτη του για το Farnsworth House: *"Κάθε φυσικό στοιχείο έχει αποσταχθεί στην υπεραπλουστευμένη ουσία του. Το εσωτερικό έχει μια άνευ προηγουμένου διαφάνεια ως προς τον περιβάλλοντα χώρο του ενώ παράλληλα είναι απόλυτα ξεκάθαρο και ειλικρινές ως προς τον εαυτό του. Όλα τα συμπράγκαλα των παραδοσιακών σαλονιών, οι τοίχοι, οι πόρτες, η εσωτερική διακόσμηση, τα καθημερινά έπιπλα, τα κάδρα στους τοίχους, ακόμη και τα προσωπικά υπάρχοντα - έχουν ουσιαστικά καταργηθεί από ένα συντηρητικό όραμα απλοποιημένης (...) ύπαρξης. Ο Mies είχε επιτύχει επιτέλους το στόχο προς τον οποίο κατ'ύψην την πορεία του εδώ και τρεις δεκαετίες».*

Το κτήριο ολοκληρώνεται το 1951.



Η απομονωμένη τοποθεσία στην οποία βρισκόταν το Farnsworth House επέτρεψε στον Mies να επιτύχει τη διαφάνεια και την απλότητα που επιθυμούσε σε έναν βαθμό που είναι αδύνατο να επιτευχθεί στα μεγαλύτερα αστικά έργα.





Το 1949, τέσσερα χρόνια μετά τη σύλληψη της ιδέας του Farnsworth House και τρία πριν την ολοκλήρωσή του, ο Philip Johnson εμπνευσμένος από την ιδέα του Mies σχεδιάζει και κατασκευάζει το Glass House (“γυάλινη κατοικία”) που χρησιμοποιεί και σαν κατοικία του μέχρι το τέλος της ζωής του.

Ουσιαστικά το Glass House αποτελεί ένα περίπτερο εμβαδού 168 τ.μ. για την θέαση του γύρω τοπίου. Αόρατο από το δρόμο, το σπίτι βρίσκεται σε ένα ακρωτήριο με θέα στη λίμνη και το δάσος. Στο κέντρο κάθε όψης τοποθετείται μία γυάλινη πόρτα. Το σπίτι αποτελεί ορόσημο της ένταξης των μοντερνιστικών ιδεωδών στην οικιστική αρχιτεκτονική, εισάγοντας καινοτόμα υλικά εναρμονισμένα με τον περιβάλλοντα χώρο.

Ο Johnson ερωτώμενος το 1991 για το σύγχρονό του Farnsworth House είπε: “Στην περίπτωση του Glass House, η στυλιστική προσέγγιση είναι απολύτως σαφής. Ο Mies και εγώ είχαμε συζητήσει πώς θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα γυάλινο σπίτι και ο καθένας μας έχτισε ένα. Του Mies ήταν, φυσικά, προγενέστερο και το δικό μου ήταν μια υιοθέτηση των στοιχείων του δασκάλου, αν και με μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Στην περίπτωσή μου, υπήρχαν πολλές ιστορικές επιρροές. Το Glass House στυλιστικά είναι ένα μείγμα του Mies van der Rohe, του Malevich, του Παρθενώνα, του αγγλικού κήπου, ολόκληρου του κινήματος του ρομαντισμού και της ασυμμετρίας του 19ου αιώνα. Με άλλα λόγια, όλα αυτά τα πράγματα είναι μπερδεμένα μέσα του, αλλά βασικά είναι το τελευταίο δείγμα μοντέρνου, με την έννοια της ιστορικής προσέγγισης που αντιμετωπίζουμε την αρχιτεκτονική του μοντερνισμού σήμερα, σαν έναν απλό κύβο.”



Glass House, Philip Johnson 1949

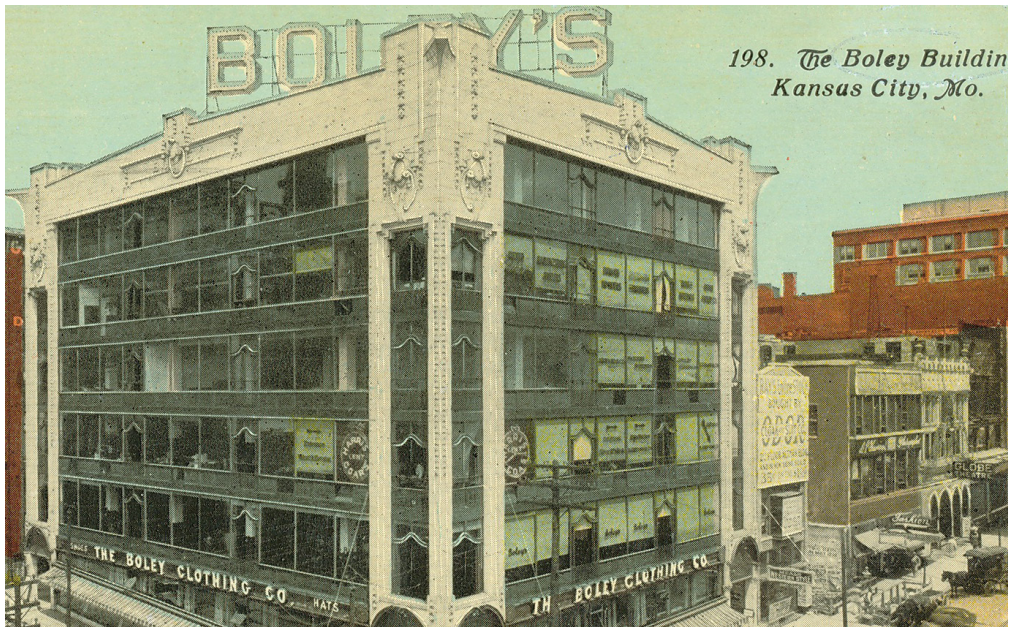
Η κρεμαστή όψη

Κατά τον 20ό αιώνα εισήχθησε για πρώτη φορά αυτό το είδος όψης που μέχρι σήμερα αποτελεί τεχνική με μεγάλο ενδιαφέρον και δημιουργικές δυνατότητες. Η κρεμαστή όψη (curtain wall) είναι ανεξάρτητη από τον φέροντα οργανισμό του κτηρίου. Η στήριξή της γίνεται με ενώσεις στις πλάκες του φέροντος οργανισμού, κάνοντας την όψη αυτόνομη. Ανεξάρτητα από το μέγεθος του κτηρίου, ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της όψης αυτής βρίσκεται στο μικρό της βάρος συγκριτικά με μια φέρουσα τοιχοποιία που αναγκάζεται να γίνει υπερβολικά παχιά στη βάση ενός κτηρίου με μεγάλο ύψος. Οι κρεμαστές όψεις είναι σχεδιασμένες για να απορροφούν τις ανεμοπιέσεις, να ελέγχουν την είσοδο υγρασίας και αέρα, να περιορίζουν την είσοδο του έντονου ήλιου και να παρέχουν καλή μακροπρόθεσμη απόδοση χωρίς συντήρηση. Η κρεμαστή όψη μπορεί να προσφέρει μια ποικιλία εξωτερικών εμφανίσεων. Η στήριξή της στις πλάκες του φέροντος οργανισμού γίνεται σε σχετικά μικρές αποστάσεις και η πλήρωση γίνεται από γυαλί ή μεταλλικά πάνελ που “κρύβουν” την πλάκα. Τα περισσότερα από τα σημερινά συστήματα κρεμαστής όψης είναι κατασκευασμένα από ελαφρύ αλουμίνιο, ενώ άλλα μπορεί να είναι και από χάλυβα.

Η τεχνική αυτή χρονολογείται από το 1909 με το Boley Building στο Κάνσας, που θεωρείται το πρώτο κτήριο με κρεμαστή όψη κυρίως από γυαλί.



Boley Building, Κάνσας





PETER JONES & PARTNERS

Μια ακόμα καινοτόμα χρήση κρεμαστής όψης από γυαλί θα κατασκευαστεί στο Λονδίνο αρκετά αργότερα. Το κτήριο του William Crabtree για το πολυκατάστημα Peter Jones στην πλατεία Sloan, ολοκληρώθηκε το 1936 και θεωρείται το πρώτο μοντερνιστικό κτήριο με γυάλινη κρεμαστή όψη στη Βρετανία.

Το Hallidie Building του James Polk κατασκευασμένο στο Σαν Φρανσίσκο το 1918 θεωρείται η δεύτερη εφαρμογή γυάλινης κρεμαστής όψης στην Αμερική, μετά το Boley Building.

← Το πολυκατάστημα Peter Jones
στο Λονδίνο

↓ Το Hallidie Building στο Σαν Φρανσίσκο



Η κρεμαστή όψη άρχισε να διαδίδεται κυρίως μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω των τεχνολογικών καινοτομιών που εισήχθησαν ώσπου τη δεκαετία του 50 έγινε μια αρκετά διαδεδομένη τεχνική.

Το 1952 ολοκληρώθηκε το Lever House στη Νέα Υόρκη από τους Skidmore, Owings και Merrill, ένα από τα πρώτα κτίρια γραφείων με κρεμαστή όψη από γυαλί. Η κρεμαστή του όψη είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικό στη θερμότητα γυαλί σε μπλε-πράσινη απόχρωση και ανοξείδωτο χάλυβα. Ο σχεδιασμός του είχε τόσο οικονομικό όσο και αισθητικό σκοπό. Το κτίριο περιλάμβανε και το σχεδιασμό ενός καινοτόμου συστήματος καθαρισμού της γυάλινης όψης, όπου ράγες βοηθούσαν την κατακόρυφη κίνηση ενός συστήματος που βρισκόταν στον τελευταίο όροφο. Η κρεμαστή όψη είναι επίσης πλήρως σφραγισμένη χωρίς λειτουργικά παράθυρα για να αποτρέπεται η εισχώρηση σκόνης από την πόλη στο εσωτερικό, ενώ το ανθεκτικό στη θερμότητα γυαλί βοήθησε στη μείωση του κόστους ψύξης. Παρόλες τις καινοτομίες του, η κατασκευή του είχε και αρκετά μειονεκτήματα. Χαρακτηριστικά το 1985 χρειάστηκε αποκατάσταση λόγω της εισροής νερού στο εσωτερικό και αντικατάσταση αρκετών σπασμένων υαλοπινάκων. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '90 είχε διατηρηθεί μόλις το 1% των αρχικών υαλοπινάκων.



Το Lever House, επίσης κατασκευασμένο από γυαλί και αλουμίνιο. Σε αντιπαραβολή με το Equitable Building του Beluschi είναι εμφανής η συμβολή της τεχνολογικής προόδου στο αισθητικό αποτέλεσμα.





↑ Seagram Building, 1958

Αρκετά χρόνια αργότερα ο Mies κατάφερε κι αυτός να δώσει με τη σειρά του χρήση στην κρεμαστή όψη, χρησιμοποιώντας το γυαλί σαν επιδερμίδα των κτιρίων του.

Το Seagram Building σχεδιάστηκε το 1954 και ολοκληρώθηκε στη Νέα Υόρκη το 1958, ακριβώς απέναντι από το Lever House. Αυτό το καινοτόμο παράδειγμα κρεμαστής όψης χαρακτηρίστηκε ως “σύμβολο προόδου” αλλά και “μαζικής εμπορευματοποίησης”. Οι New York Times το συμπεριέλαβαν ως ένα κτήριο που έχουν αντιγραφτεί περισσότερο στην ιστορία.

Το 1958 επινοήθηκε από τον Sir Alastair Pilkington και η διαδικασία για τη δημιουργία υαλοπινάκων από float glass (“γυαλί που επιπλέει”), που πλέον αποτελούν την πλειοψηφία του επίπεδου γυαλιού παγκοσμίως (γύρω στο 90%).

Αυτή η καινοτομία επέτρεψε την παραγωγή γυάλινων πλακών με διαφορετικό πάχος. Το λιωμένο γυαλί χύνεται στο ένα άκρο ενός λουτρού που περιέχει κασσίτερο, επιπλέει και απλώνεται δημιουργώντας έτσι μία λεία επιφάνεια και στις δύο πλευρές. Το γυαλί ψύχεται και στερεοποιείται αργά, έχοντας τοποθετηθεί σε ειδικό ψυγείο ώστε να ενισχύεται η αντοχή του. Το τελικό προϊόν εμφανίζει σχεδόν τέλειες παράλληλες επιφάνειες. Πριν από την εφεύρεση της διαδικασίας επίπλευσης, ο υαλοπίνακας κατασκευαζόταν με λείανση στις μεγάλες «πλάκες» ή κορδέλες από τραχύ σχηματισμένο γυαλί μέχρι να γίνει διαυγές. Επομένως, δεν είναι όλοι οι υαλοπίνακες από float glass, αλλά όλα τα float glasses είναι υαλοπίνακες. Πλέον οι “υαλοπίνακες” και το “float glass” χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα.

Με την πάροδο των δεκαετιών η χρήση του γυαλιού ως υλικό όψεων κτηρίων έγινε όλο και πιο συνήθης, με την εξέλιξη της τεχνολογίας να διευρύνει συνεχώς τους ορίζοντες της χρήσης του.

Ένα παράδειγμα τέτοιας προόδου συναντάται στην εφαρμογή της κρεμαστής όψης, που πλέον είναι μια διαδεδομένη τεχνική σε όλο τον κόσμο. Ειδικά οι γυάλινες κρεμαστές όψεις συναντώνται κατά βάση σε πύργους γραφείων. Νέες τεχνοτροπίες επιτρέπουν μια πληθώρα δημιουργικών προτάσεων τόσο στη μορφολογία (κύβοι, καμπύλες, ιπτάμενες οροφές από γυαλί) αλλά προσφέρουν και μεγάλο εύρος στην επιλογή του υλικού (ανακλαστικό, ημιδιαφανές, τυπωμένο γυαλί). Αυτό συνεπάγεται ότι ο σχεδιασμός του περιβλήματος της όψης έχει γίνει πιο σύνθετος και περιλαμβάνει μελέτη των νέων αυτών μέσων κατασκευής αλλά και των συνεχώς εξελισσόμενων τάσεων που εξασφαλίζουν οικονομικότερο, πιο ελαφρύ, ενεργειακά αποδοτικό υλικό, που παράλληλα θα εξασφαλίζει όλο και πιο ελεγχόμενο εσωτερικό περιβάλλον.



↑ To Rose Center for Earth and Space στο Μανχάταν

Στο Rose Center for Earth and Space στο Μανχάταν η εξελεγμένη τεχνολογία των κρεμαστών όψεων βοήθησε τη χρήση του κτιρίου να μεταφραστεί στη μορφή του. Κατασκευασμένο το 2000 από τους Polshek Partnership, το κτίριο αποτελείται από μια εμβληματική χαλύβδινη σφαίρα, ύψους 26,5 μέτρων, που στεγάζεται μέσα σε έναν γυάλινο κύβο. Αυτή η σφαίρα που φαίνεται να επιπλέει μέσα στον κύβο της κρεμαστής όψης που την περικλύει, περιλαμβάνει το Πλανητάριο Hayden και το θέατρο Big Bang. Ο εντυπωσιακός σχεδιασμός του κτηρίου με τη δημιουργική αξιοποίηση των κατασκευαστικών μέσων τονίζει τον επιστημονικό αλλά και εκπαιδευτικό σκοπό που επιτελεί. Είναι ένα παράδειγμα όπου η χρήση του κτηρίου αποτελεί αφετηρία για δημιουργική έκφραση.



Το Tsai Centre for Innovative Thinking στο Yale των Weiss και Manfredi είναι ένα έργο που εκμεταλλεύεται στο έπακρο τις ιδιότητες του καμπυλωμένου δομικού γυαλιού μεγάλης κλίμακας. Ο διεπιστημονικός κόμβος βρίσκεται σε μια πρώην ερημική τσιμεντένια αυλή ανάμεσα στο Brutalist Becton Engineering and Applied Science Center του Marcel Breuer και το γραφείο της πρυτανείας. Για να μεγεθύνουν το πλαίσιο και να συμμορφωθούν με μια στενή τοποθεσία, οι αρχιτέκτονες επέλεξαν ένα ελλειπτικό σχέδιο που περικλείεται από 72 κυρτά και κοίλα δομικά πάνελ από γυαλί.

Η σχεδιαστική ομάδα επέλεξε αυτό το υλικό ώστε να “ησυχάσει” την какоφωνία των ετερόκλητων αισθητικά κτιρίων που το περιέβαλλαν. Τα πάνελ ύψους 6,7 μέτρων είναι εγκατεστημένα με εναλλασσόμενες κυρτές και κοίλες καμπύλες που παρέχουν πλευρική σταθερότητα, εξαλείφοντας την ανάγκη για κολόνες ή σκελετούς.

Τώρα αυτός ο χώρος έχει μεταμορφωθεί και αναζωογονεί το μουντό περιβάλλον του με την κυματιστή γυάλινη όψη του. Η χρήση κυρτού γυαλιού δεν περιορίζεται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Την τελευταία δεκαετία, το ιαπωνικό αρχιτεκτονικό γραφείο SANAA πρωτοστάτησε σε αυτό το θέμα με έργα υψηλού προφίλ όπως το Rolex Learning Centre, το Louvre-Lens και το Grace Farms.

Πιο πρόσφατα, η εταιρεία ολοκλήρωσε μια ολοκληρωμένη αναμόρφωση του πολυκαταστήματος La Samaritaine στο Παρίσι για την εταιρεία ειδών πολυτελείας LVMH.



To Tsai Centre for Innovative Thinking
και λεπτομέρεια της γυάλινης όψης του.

Το παράδειγμα των διπλών όψεων (Double Skin Facades)

Εδώ και χρόνια, η ανάπτυξη προηγμένων όψεων έχει ως στόχο τη δημιουργία κτηρίων από γυαλί με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υψηλά επίπεδα άνεσης των κατοίκων.

Μια τέτοια εξέλιξη είναι η όψη διπλής επιδερμίδας, ή διπλή όψη, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελείται από μια παραδοσιακή όψη μονής επιφάνειας διπλασιασμένη με ένα επιπλέον εξωτερικό στρώμα που καλύπτει ολόκληρο ή μέρος του κτιρίου. Τα υλικά των εξωτερικών στρωμάτων ποικίλλουν ανάλογα με το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα (μέταλλο, ξύλο, γυαλί), αλλά το πιο σύνηθες υλικό του εσωτερικού είναι το γυαλί. Οι όψεις διπλής επιδερμίδας μειώνουν την απορρόφηση ηλιακής θερμότητας το καλοκαίρι, παρέχουν θερμική μόνωση το χειμώνα και είναι ένα παράδειγμα μιας τεχνολογίας που γίνεται όλο και πιο δημοφιλής όσο το ζήτημα της βιωσιμότητας αυξάνεται.

Η πρώτη καταγραφή αυτής της τεχνικής περιγράφηκε το 1849 από τον Jean-Baptiste Jobard, όπου περιέγραψε πως το χειμώνα επιτρέπει να κυκλοφορεί ζεστός αέρας ανάμεσα σε δύο υαλοπίνακες, ενώ το καλοκαίρι κρύος. Ενώ διάφορες αναφορές παραδειγμάτων διπλής επιδερμίδας εντοπίζονται τις επόμενες δεκαετίες (Εργοστάσιο Steiff, 1903 και το Ταχυδρομικό Ταμιευτήριο της Βιέννης την ίδια χρονιά ή το συγκρότημα κατοικιών Narkomfin, στη Ρωσία 1928), ελάχιστη πρόοδος σημειώθηκε στην τεχνοτροπία της κατασκευής της διπλής επιδερμίδας μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '80. Την περίοδο αυτή αρχίζουν να κερδίζουν δημοφιλία λόγω της σταδιακά αυξανόμενης ανησυχίας της αρχιτεκτονικής για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της. Την επόμενη δεκαετία αποτελεί την ιδανική λύση για τα κτίρια των εταιρειών που θέλουν να χτίσουν ένα πιο βιώσιμο προφίλ.

Η κατασκευή μίας δεύτερης γυάλινης επιδερμίδας στο εξωτερικό στρώμα μπορεί να δώσει στο κτήριο καθαρότητα στην όψη του, αλλά είναι μια περίπλοκη λειτουργία, που πρέπει να πραγματοποιείται μόνο μετά από μια ορθή ανάλυση των χαρακτηριστικών του κτηρίου και των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών. Ο αερισμός της κοιλότητας μπορεί να είναι φυσικός, με ανεμιστήρα ή μηχανικός.



Στις αρχές της δεκαετίας του '70 ξεκίνησε η καινοτόμα κατασκευή των κεντρικών γραφείων των Willis Faber & Dumas, σχεδιασμένα από τον Norman Foster.

Το εξωτερικό είναι επενδυμένο με μια γυάλινη όψη αποτελούμενη από 890 σκουρόχρωμους υαλοπίνακες και η όψη του καμπυλώνει ανταποκρινόμενη στο ακανόνιστο μεσαιωνικό σχέδιο του δρόμου. Στο κέντρο του κτηρίου υπάρχει ένα σύστημα με υποστυλώματα από σκυρόδεμα, όπου το καθένα απέχει 14 μέτρα. Με αυτό το σύστημα στηρίζονται οι πλάκες που δημιουργούν τα επίπεδα με πρόβολο. Η κρεμαστή του όψη από γυαλί, που μοιάζει να περικλύει το κτήριο σαν θήκη, ώθησε την τεχνολογία της εποχής στα άκρα της. Τα τετράγωνα ηλιακά πάνελ των υαλοπινάκων, με πλευρά 2 μέτρα το καθένα, συνδέονται μέσω γωνιακών εξαρτημάτων σχηματίζοντας μια τριώροφη κρεμαστή όψη, η οποία αναρτάται από μια λωρίδα στήριξης στο επίπεδο της οροφής.

Το κτίριο αυτό αποτελεί ίσως την πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια “εξαφάνισης” του σκελετού της γυάλινης όψης, ενώ είναι ένα πρωτοποριακό παράδειγμα σχεδιασμού με συνειδητή κατανάλωση ενέργειας.



Willis Faber & Dumas
Headquarters, Foster
& Συνεργάτες, 1970



Το κτίριο της
βιβλιοθήκης
πολυμέσων Sendai
Mediatheque, Toyo
Ito 2001

Το 2001 ολοκληρώθηκε στην Ιαπωνία το κτίριο της βιβλιοθήκης πολυμέσων Sendai Mediatheque του Togo Ito. Τοποθετημένο απέναντι από ένα μεγάλο άλσος, η κεντρική ιδέα του Ito ενσωμάτωσε τα δέντρα στο ίδιο το κτήριο, αποσκοπώντας στη διαφάνεια, την ανεμπόδιστη θέα του στο πάρκο αλλά και τη ροή του φωτός κατά μήκος όλων των ορόφων.

Η εξωτερική του επιδερμίδα είναι μια διαφανής μεμβράνη που επιτρέπει την αβίαστη επικοινωνία του εσωτερικού με το οπτικό εξωτερικό, ενώ παράλληλα το όριο μεταξύ των δύο φαίνεται να ξεθωριάζει. Τα υλικά που κυριαρχούν στο κτήριο είναι ο χάλυβας και το γυαλί.

Η δομή του γυάλινου περιβλήματος είναι ενισχυμένη με στηρίξεις ενσωματωμένες ανάμεσα σε δύο χαλύβδινες πλάκες. Τα υποστηλώματα είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινους κούφιους σωλήνες.

Ο Ito πρότεινε διαφορετικές όψεις ανάλογα με τις ιδιότητες του περιβάλλοντος που αντιμετωπίζουν. Για παράδειγμα, η κύρια όψη, που βρίσκεται στη νότια πλευρά που βλέπει στη λεωφόρο, είναι ένα διπλό στρώμα γυαλιού, πολύ χρήσιμο τους χειμερινούς μήνες και τους ισχυρούς ανέμους. Η δυτική όψη είναι ημιδιαφανής, επικαλυμμένη με μεταλλικό σκελετό αφήνοντας τις σκάλες έκτακτης ανάγκης στη βόρεια και ανατολική όψη, που έχουν διαφορετικά φινιρίσματα σε κάθε όροφο: πολυανθρακικό γυαλί και αλουμίνιο.





Η όψη του εμβληματικού Gherkin στο Λονδίνο.

Αίθουσα της Φιλαρμονικής Ορχήστρας στο Szczeцин, Barozzi Veiga, 2007

Ένα από τα γνωστότερα παραδείγματα σύγχρονης αρχιτεκτονικής με αυτή την τεχνική είναι ο μνημειακός ουρανοξύστης Gherkin, το πρώτο οικολογικά σχεδιασμένο κτίριο στην καρδιά του Λονδίνου, σχεδιασμένο από τον Foster και τους συνεργάτες του το 2003.

Ο αερισμός, η φυσική ψύξη και η διατήρηση της θερμότητας του εσωτερικού του κτηρίου εξασφαλίζονται από την απόσταση ανάμεσα στα δύο γυάλινα στρώματα της όψης.

Ο πύργος έχει έξι άξονες που σχηματίζονται σε μια σειρά από διακεκομμένους χώρους που ανεβαίνουν σπειροειδείς πάνω στο κτήριο και είναι υπεύθυνοι ώστε να απορροφούν το θερμό αέρα τους ζεστούς μήνες και να παρέχουν παθητική ηλιακή θέρμανση τους κρύους.

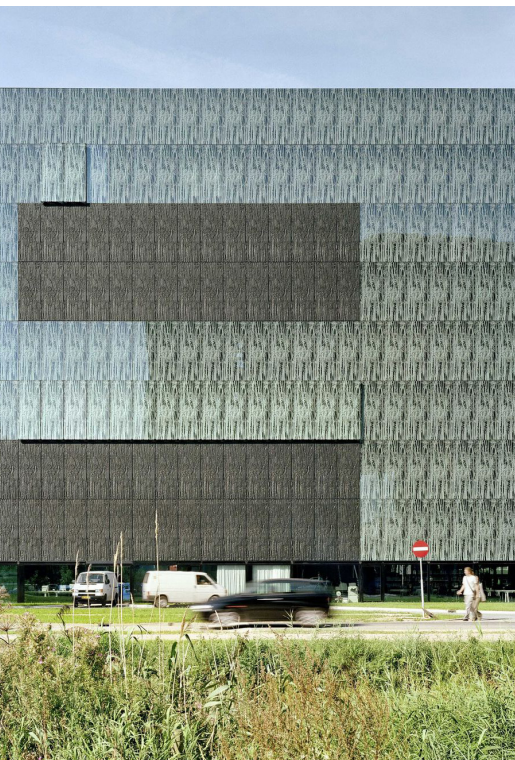
Στο παράδειγμα του ημιδιαφανούς ραβδωτού γυαλιού της Αίθουσας της Φιλαρμονικής Ορχήστρας στο Szczeцин της Πολωνίας, το γυαλί καλύπτει ολόκληρη την όψη από το έδαφος έως την κεκλιμένη οροφή. Στο κτίριο, σχεδιασμένο από την αρχιτεκτονική εταιρεία Barozzi Veiga, η χρήση του γυαλιού ως υλικό εξωτερικής επένδυσης αναδεικνύει την αντίθεση του κτιρίου με τις συνθήκες του περιβάλλοντός του. Τονίζει την αμεσότητα και την ειλικρινειά του, ως ένα φωτεινό και διαφανές αντικείμενο.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα τεχνολογία εφαρμόστηκε στα γυάλινα πάνελ στο Fondation Louis Vuitton του Frank Gehry στο Παρίσι, όπου αλλάζουν χρώμα και διαφάνεια ανάλογα με την ώρα της ημέρας και του χρόνου, επιτρέποντας στο κτίριο να ανταποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο στο περιβάλλον του.



Η Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη της Ουτρέχτης στην Ολλανδία χρησιμοποιεί μια γυάλινη όψη όπου μια αφηρημένη εκτύπωση απολιθωμένου παπύρου φιλτράρει το φως στο εσωτερικό. Παρόμοια τεχνική τυπωμένου γυαλιού είχε εφαρμοστεί μια δεκαετία νωρίτερα και στη βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Cottbus από τους Herzog & de Meuron.

Οι δύο αρχιτέκτονες έχουν ακολουθήσει την τεχνική του τυπωμένου γυαλιού και σε ένα ακόμα γνωστό τους έργο. Στο Ινστιτούτο Φαρμακευτικής του Basel της Ελβετίας δεν σχεδίασαν μια τυπική κρεμαστή όψη με σκοπό να κρύψουν τα γραφεία στο εσωτερικό του κτιρίου. Εδώ, τα διαφανή γυαλιά δεν ντύνουν την όψη για να δημιουργήσουν μια σχέση μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού, αλλά μάλλον για να εκμεταλλευτούν τις οπτικές τους ιδιότητες έναντι των αδιαφανών υλικών. Η γυάλινη επιδερμίδα, όπου τυπώθηκε ένα μοτίβο πράσινων κουκκίδων, παγιδεύει τα τριάντα εκατοστά αέρα που το διαχωρίζουν από τη θερμική γραμμή του κτιρίου. Οι διατρήσεις στα φύλλα αλουμινίου που καλύπτουν τη μόνωση ακολουθούν ένα πλέγμα διαφορετικού μεγέθους το οποίο, όταν τοποθετείται πάνω στις γυάλινες κουκκίδες και τις ράβδους σύνδεσης, δημιουργεί ένα φαινόμενο μοιγέ, ξεγελώντας το μάτι και μειώνοντας οπτικά το μέγεθος της κατασκευής.



Fondation Louis Vuitton, Frank Gehry, 2014

Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη της Ουτρέχτης, Wiel Arets Architects, 2004



Ινστιτούτο Φαρμακευτικής του Basel, Herzog &
de Meuron, 1995

Η σωστή εκτίμηση των ιδιοτήτων της όψης διπλής επιδερμίδας συνεπάγεται ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο οι οικονομικοί παράγοντες, αλλά και διάφορες πτυχές που σχετίζονται με τον αντίκτυπο στην άνεση και την ευημερία των κατοίκων του κτηρίου και τα πλεονεκτήματα όσον αφορά την όψη και την αισθητική του. Αυτά τα ζητήματα είναι σημαντικά όταν χρησιμοποιούνται συστήματα τέτοιων όψεων για την αποκατάσταση ή ανακαίνιση υπαρχόντων κτηρίων.

Συστήματα σημειακής στήριξης

Το σύστημα σημειακής στήριξης ή αλλιώς το σύστημα “spider” (αράχνη) εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στα γραφεία Farnborough από τους Ove Arup Associates και στο εργοστάσιο της Renault από τον Norman Foster στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Τα έργα ωστόσο που καθιέρωσαν την εφαρμογή των συστημάτων αυτών ήταν τα επιβλητικά κτήρια στο Παρίσι από το έτος 1985 και ύστερα. Αναλυτικότερα, ο μηχανικός Peter Rice, όντας και μέλος της Ove Arup Associates, ανέλαβε την επεξεργασία του συστήματος με κάθε λεπτομέρεια αναφορικά με τις όψεις του Κτηρίου των Επιστημών στο πάρκο La Villette (1986-87) και έπειτα για την Ανεστραμμένη Πυραμίδα της Αυλής του Μουσείου του Λούβρου (1993), που αποτέλεσε και ένα από τα εμβληματικότερα έργα του.

Σήμερα, αρκετοί αρχιτέκτονες προτιμούν συστήματα σημειακής στήριξης υαλοπινάκων. Σε γενικές γραμμές η ποικιλομορφία αυτών των μηχανισμών εξυπηρετεί αρχικά τις ανάγκες της γεωμετρίας της επιφάνειας, των ανοιγμάτων ή της επαφής με άλλα δομικά χαρακτηριστικά, έπειτα τις ανάγκες στήριξης και ανθεκτικότητας σε κάθε είδους δυνάμεις και τέλος τις ανάγκες των θερμοκρασιακών μεταβολών μέσω ειδικών συνδέσμων και εντατήρων.



Πρώτη εμφάνιση
συστήματος σημειακής
στήριξης στην όψη
διπλής επιδερμίδας των
γραφείων Farnborough,
Hampshire 1980.

Συμπεράσματα

Όπως καταγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η πορεία της χρήσης του γυαλιού στις όψεις των κτηρίων εξαρτάται από τις τεχνολογικές καινοτομίες, καθορίζεται από τα αισθητικά ρεύματα και αποτελεί πηγή έμπνευσης για τους αρχιτέκτονες. Χωρίς την τυχαία ανακάλυψη της τεχνικής παραγωγής του από τους Μεσοποτάμιους και τους Αιγύπτιους οι Ρωμαίοι δε θα μπορούσαν να το χρησιμοποιήσουν ως κάλυψη ανοιγμάτων της όψης, ενώ πριν τη βιομηχανική επανάσταση η παραγωγή και στήριξη μεγάλων φύλλων γυαλιού δεν φάνταζε εφικτή. Το ρεύμα του γερμανικού εξπρεσιονισμού με τη θεωρία των κρυστάλλων έδωσε μια συμβολική υπόσταση στη χρήση του γυαλιού, ενώ η ιστορία του υλικού δε θα ήταν ίδια χωρίς το όραμα του Mies για τον ουρανοξύστη Friedrichstraße.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του υλικού αυτού έχουν απασχολήσει αρκετά τους ερευνητές. Όπως είναι φυσικό, τα δεδομένα αναπροσδιορίζονται όταν κάποια νέα τεχνολογική πρόοδος μεταβάλει κάποια ιδιότητά του. Για πολλούς αιώνες το γυαλί θα είχε το τεράστιο μειονέκτημα του ακριβού κόστους παραγωγής του, κάτι που σήμερα δεν ισχύει. Αντίστοιχα με την πάροδο του χρόνου εμφανίζονται και μειονεκτήματα, όπως η ανησυχία των τελευταίων δεκαετιών σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης του.

Τη στιγμή που σε παγκόσμιο επίπεδο οι χώρες λαμβάνουν μέτρα για τον περιορισμό της ενεργειακής τους κατανάλωσης τίθεται το ερώτημα κατά πόσον το γυαλί αποτελεί μια βιώσιμη επιλογή για την κάλυψη μεγάλων επιφανειών, κυρίως σε χώρες με θερμό κλίμα και ηλιοφάνεια. Η άποψη ότι η εκτεταμένη χρήση γυαλιού σε κτήρια, μπορεί να είναι αντιπαραγωγική στις παγκόσμιες προσπάθειες για βιώσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον κτήρια είναι αρκετά διαδεδομένη. Δεδομένου ότι τέτοιες υποδομές χρειάζονται πολλή ενέργεια για να θερμανθούν και να κρυώσουν, οι περισσότεροι από τους ειδικούς συμφωνούν ότι τα κτήρια με γυάλινη όψη δε συνάδουν με τα περισσότερα κλίματα.

Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί ότι το γυαλί με καλή ενεργειακή συμπεριφορά επιλύει ως ένα βαθμό το πρόβλημα αυτό. Υπό το πρίσμα της ενεργειακής και θερμικής συνιστώσας, φαίνεται ότι το γυαλί δεν υστερεί σε σχέση με άλλα υλικά κατασκευής όψεων. Η βελτίωση της θερμομονωτικής ιδιότητας των υαλοπινάκων τις τελευταίες δεκαετίες και η συνεχής μελέτη πάνω στη μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μείωση των θερμικών απωλειών καθιστούν το υλικό σύμμαχο της βιώσιμης αρχιτεκτονικής. Παράλληλα με τη βελτίωση του ίδιου του υλικού προοδεύουν και οι τεχνοτροπίες συνδιασμού πολλαπλών στρώσεων γυαλιών ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμομόνωση. Τα νέα προϊόντα γυαλιού και οι καινοτόμες τεχνικές που αφορούν τη χρήση του επιτρέπουν σε παλαιά



κτήρια να αναβαθμιστούν σημαντικά με την τοποθέτηση νέου τύπου γυάλινων παραθύρων. Οι καλύτερες επιλογές για ένα βέλτιστο ενεργειακό αποτέλεσμα είναι το γυαλί χαμηλής θερμικής εκπομπής (low emissivity) και το insulating glass (μονωτικό γυαλί). Συνεπώς, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, η ποιότητα που προσδίδει στο κτήριο το γυαλί ως προς το θέμα της μείωσης ενεργειακού κόστους είναι αξιοπρόσεκτη. Σε αντίθεση με οποιοδήποτε άλλο δομικό υλικό, το γυαλί βοηθά στη μείωση της ανάγκης τεχνητού φωτισμού και κατά συνέπεια το σχετικό μερίδιο σε κατανάλωση ενέργειας. Σε καλοσχεδιασμένα κτίρια με σωστή χρήση υαλοπινάκων, το γυαλί προσφέρει τόσο θετικό ισοζύγιο ενέργειας στο κτήριο, όσο και την παροχή αρκετού ημερήσιου φωτός για μείωση της ανάγκης τεχνητού φωτισμού. Για παράδειγμα, το συνολικό ισοδύναμο CO₂ που εκπέμπεται από την κατασκευή ενός ενεργειακά αποδοτικού διπλού τζαμιού αντισταθμίζεται κατά μέσο όρο εντός 3 έως 10 μηνών από την εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφάλισε σε σύγκριση με ένα κτήριο φτιαγμένο με αναποτελεσματικούς υαλοπίνακες.

Στον ουρανοξύστη Torre de Crystal στη Μαδρίτη, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μεσογειακού κλίματος, χρησιμοποιήθηκε γυαλί ηλιακού ελέγχου (solar-control glass) για να μειώσει τις ανάγκες κλιματισμού όσο το δυνατόν περισσότερο εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα καλή απόδοση μόνωσης και μέγιστο φως κατά τις ώρες της ημέρας.

Στην Ελλάδα το Karela Office Park ολοκληρώθηκε το 2013 και η όψη του αποτελείται σε μεγάλο μέρος από υαλοπίνακες. Δεδομένου του ζεστού κλίματος και της έντονης ηλιοφάνειας της χώρας και προκειμένου να αποφευχθούν μεγάλες ενεργειακές απώλειες που θα έκαναν ένα αντίστοιχο έργο απαγορευτικό σε αυτές





τις συνθήκες, στη γυάλινη όψη του χρησιμοποιούνται πρόβολοι που λειτουργούν ως σκίαστρα. Με αυτό τον τρόπο οι ακτίνες του ήλιου δεν πέφτουν άμεσα πάνω στο γυαλί και αποφεύγονται οι ενεργειακές απώλειες. Το Karela Office Park είναι το πρώτο κτήριο με πιστοποίηση LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) στη χώρα.

Συνεπώς το γυαλί υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις μπορεί να αποβεί εξαιρετικά ενεργειακά αποδοτικό ακόμα και σε θερμότερα κλίματα.

Ως προς τη βιωσιμότητα του ίδιου του υλικού, σημαντικό να αναφερθεί ότι η διαδικασία παραγωγής του γυαλιού αφήνει συγκριτικά λίγα απόβλητα, είναι υψηλής ενεργειακής απόδοσης, πραγματοποιείται με μικρό όγκο νερού, ενώ οι πρώτες ύλες είναι ακατέργαστες και δεν ρυπαίνουν.

Συγκριτικά με τα υπόλοιπα στάδια κατασκευής ενός κτηρίου τα γυάλινα μέρη του είναι αυτά με το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι η συντριπτική πλειοψηφία των προϊόντων γυαλιού για κτίρια είναι ανακυκλώσιμα στο τέλος της ζωής τους. Αναλογιζόμενοι τα παραπάνω, το γυαλί δημιουργεί ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που το καθιστά προϊόν πρώτης επιλογής για βιώσιμα κτίρια.



Βιβλιογραφία

Arbab, M., & Finley, J. J. (2010). Glass in architecture, *International Journal of Applied Glass Science*, 1(1), 118-129.

Neumann, D., (1992), *Three Early Designs of Mies van der Rohe*, *Perspecta* Vol. 27 (1992), 76-97, The MIT Press.

Fagan, E., (2015), *Building Walls of Light: The Development of Glass Block and Its Influence on American Architecture in the 1930s* (Thesis), M.S., Columbia University.

Velo-Gala, A. & Garriguet Mata, J. A. (2017). Roman window glass: an approach to its study through iconography. *Lucentum*, XXXVI, 159-176.

The Arup Journal, Vol.20 No.2 Summer 1985, Ove Arup Partnership, London, 2-6.

Belis, J., Louter, C., Nielsen, J. H., & Schneider, J. (2019). Architectural glass. In *Springer Handbook of Glass* (pp. 1781-1819). Springer, Cham.

Trade Journal, (1933), *Century of Progress Exposition Building Built Of Glass Bricks Manufactured by Owens-Illinois*, *National Glass Budget*, Pittsburgh, PA, United States, Saturday, April 15, 1933, vol. 48, no. 50, p. 3,16, col. 2-3,1-2.

Harden, D.B. (1987), *Glass of the Caesars*, Olivetti: Milan.

Le Corbusier (1935), *Glass: The Fundamental Material of Modern Architecture*, *Journal Tcheco-Verre*, vol. 2, 282-308.

Wigginton, M., & Harris, J. (2002). *Intelligent Skins*. Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

Whitehouse, D. (2012). *Glass, a Short History*. David Whitehouse E-book.

Bell, B., Rand V. (2006), *Materials for Architectural Design*, Laurence King Publishing.

Ishida, A. (2020), *Blurred Transparencies in Contemporary Glass Architecture: Material Culture and technology*, Routledge.

Hyatt, J. & P. (2004), *Great Glass Buildings: 50 Modern Classics*, Images Publishing Group Pty Ltd.

Elkadi, H. (2016), *Cultures of Glass Architecture*, Routledge.

Richards, B. (2006), *New Glass Architecture*, Yale University Press.

Bedon, C., Zhang, X., Santos, F., Honfi, D., Kozłowski, M., Arrigoni, M., ... & Lange, D. (2018). Performance of structural glass facades under extreme loads–Design methods, existing research, current issues and trends. *Construction and Building Materials*, 163, 921-937.

McLeod (2011), *Detail in Contemporary Glass Architecture*, Laurence King Publishing.

Barbosa, S., & Ip, K. (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1019-1029.

Shameri, M. A., Alghoul, M. A., Sopian, K., Zain, M. F. M., & Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(3), 1468-1475.

Poirazis, H. (2004). Double skin façades for office buildings (pp. 1-192). Report EBD.

Gunasekaran, U., Premalatha, E., & Malini, T. A. (2010). Facades of tall buildings–state of the art. *Modern Applied Science*, 4(12), 116-125.

Rose Center for Earth and Space, Architect Magazine, architectmagazine.com/project-gallery/rose-center-for-earth-and-space

Karela Office Park, USGBC, <https://www.usgbc.org/projects/karela-office-park>

Steiff Factory Building, Architecture Week, 06 March 2013, http://www.architectureweek.com/2013/0306/design_1-2.html

Lever House, Archdaily, archdaily.com/61162/ad-classics-lever-house-skid-more-owings-merrill

Windows, glass, glazing - a brief history, NBS, thenbs.com/knowledge/windows-glass-glazing-a-brief-history

Prism Glass, glassian.org/Prism/

Glass Dictionary, info.glass.com/glass-dictionary/

Willis Faber and Dumas Headquarters, Arch2O, arch2o.com/willis-faber-dumas-headquarters-fosters-partners/

The smart use of glass in sustainable buildings, glassforeurope.com

Philharmonic Hall Szczecin, Estudio Barozzi Veiga” 29 Oct 2014. ArchDaily, archdaily.com/561343/philharmonic-hall-szczecin-estudio-barozzi-veiga ISSN 0719-8884

Evolution of Glass as an Architectural Material, Iceboat Studio, iceboatstudio.com/blogs/evolution-glass-architectural-material/

Sendai Mediatheque, en.wikiarquitectura.com/building/sendai-mediatheque/
Institute for Hospital Pharmaceuticals, Rossettiareal, Basel, Arquitectura Viva, arquitecturaviva.com/works/instituto-de-farmacia-hospitalaria-rossettiareal-3

Πίνακας εικόνων

- 07 Αιγύπτιοι τεχνίτες κατασκευάζουν φυσητό γυαλί - Πηγή: workingtheflame.com
- 08 Περιγραφή της κατασκευής του γυαλιού στην πύλινη πλάκα της βιβλιοθήκης του Ασσουρμπανιπάλ - Πηγή: workingtheflame.com
- 11 Λεπτομέρειες με αναπαραστάσεις παραθύρων στη στήλη του Τραϊανού - Πηγή: Velo-Gala, A. γ Garriguet Mata, J. A. (2017). Roman window glass: an approach to its study through iconography. *Lucentum*, XXXVI, 159-176.
Ξύλινο παραθυρόφυλλο στην Οικία των Μυστηρίων, Πομπηία - Πηγή: Velo-Gala, A. γ Garriguet Mata, J. A. (2017). Roman window glass: an approach to its study through iconography. *Lucentum*, XXXVI, 159-176.
- 12 Δείγμα ρωμαϊκού χυτού γυαλιού - Πηγή: theglassmakers.co.uk
Παράθυρα από στεφανύαλο στο Aachen της Γερμανίας - Πηγή: alamy.com
- 14 Όψη του Bath Abbey - Πηγή: achurchnearyou.com
Σχέδιο της όψης του Sainte Chapel στο Παρίσι - Πηγή: wikipedia.org
To King's College Chapel του Cambridge - Πηγή: wikipedia.org
- 15 Bess of Hardwick Mansion - Πηγή: nationaltrust.org.uk
- 16 Crystal Palace - Πηγή: wikipedia.org
- 18 Το εσωτερικό του Crystal Palace - Πηγή: alamy.com
- 19 Glass Pavillion - Πηγή: arthive.com
- 20 Εξωτερική λήψη του σιδηροδρομικού σταθμού της Πενσυλβάνια - Πηγή: wikipedia.org
Εσωτερική λήψη του σιδηροδρομικού σταθμού της Πενσυλβάνια - Πηγή: archdaily.com
- 21 Fagus Factory - Πηγή: fagus-grecon.com
- 22 Σχέδια της πρότασης του Mies για τον διαγωνισμό του ουρανοξύστη Friedrichstrasse - Πηγή: Darin Diagonal Virtual Museum, ddvm.org
- 23 Δομικό γυαλί σε όψη του κτηρίου Daily Express - Πηγή: wikipedia.org
- 24 Maison de Verre - Πηγή: untappedcities.com
- 26 Owen-Illinois Glass Block Building - Πηγή: chicagohistorymuseum.org
Equitable Building - Πηγή: oregonencyclopedia.org
- 27 Farnsworth House - Πηγή: wikipedia.org
- 28 Glass House - Πηγή: homeadore.com
- 29 Boley Building - Πηγή: helixkc.com

- 30 Το πολυκατάστημα Peter Jones - Πηγή: Evening Standard, 19 Απριλίου 2021
- 31 Hallidie Building - Πηγή: Riba Journal, ribaj.com
- 32 Lever House - Πηγή: dezeen.com
- 33 Seagram Building - Πηγή: The New York Times, nytimes.com
- 35 Rose Center for Earth and Space - Πηγή: heintges.com
- 36 Tsai Centre for Innovative Thinking - Πηγή: dezeen.com
- 38 Όψη διπλής επιδερμίδας των γραφείων Farnborough, Hampshire - Πηγή: The Arup Journal, Summer 1985, σελ. 2
- 40 Willis Faber & Dumas Headquarters - Πηγή: Arch2O.com
- 41 Το κτίριο της βιβλιοθήκης πολυμέσων Sendai Mediatheque - Πηγή: archilovers.com
- 42 Ουρανοξύστης Gherkin - Πηγή: wikipedia.org
- Αίθουσα της Φιλαρμονικής Ορχήστρας στο Szczecin - Πηγή: divisare.com
- 43 Fondation Louis Vuitton - Πηγή: divisare.com
- Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη της Ουτρέχτης - Πηγή: archello.com
- 44 Ινστιτούτο Φαρμακευτικής του Basel - Πηγή: architecturaviva.com
- 46 Όψη του Karela Office Park - Πηγή: divisare.com
- 48 Ουρανοξύστης Torre de Crystal - Πηγή: wikipedia.org

