



ΨΗΛΑ ΞΥΛΙΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜJØSTÅRNET ΣΤΗ ΝΟΡΒΗΓΙΑ

Άρθρο των:
ΧΑΡΗ ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ, αναπληρωτή καθηγήτη,
πολιτικού μηχανικού με ειδίκευση στις ξύλινες
κατασκευές, Τμήμα Δομοστατικής Μηχανικής,
Norwegian University of Science & Technology
ΠΩΡΓΟΥ ΜΑΝΤΑΝΗ, καθηγήτη, επιστήμονα ξύλου,
Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

©Ricardo Foto

Το ξύλο στη σημερινή εποχή έχει δικαίως χαρακτηριστεί ως **το υλικό του 21ου αιώνα**. Πολλά μεγάλα έργα ανά τον κόσμο υλοποιούνται σήμερα με καινοτόμα προϊόντα ξύλου και υπάρχουν σαφείς ενδείξεις της αλματώδους εξέλιξης της κατασκευαστικής τεχνολογίας, η οποία θέτει αυτό το οικολογικό υλικό στη θέση που πραγματικά του αρμόζει. Επιπροσθέτως, οι εξελίξεις δεικνύουν ότι το ξύλο καλύπτει όλες τις σύγχρονες προδιαγραφές για ασφαλείς κατασκευές και μπορεί να υπερκεράσει εκτενές εύρος απαιτήσεων της αρχιτεκτονικής μελέτης. Μάλιστα, είναι χαρακτηριστικό ότι ορισμένα από αυτά τα έργα αφορούν σε ψηλά κτίρια που κατασκευάζονται σε διάφορα μέρη του πλανήτη –είναι γνωστά ως "ψηλά ξύλινα κτίρια" (tall timber buildings)– διεκδικώντας βραβεύσεις σε αρκετούς αρχιτεκτονικούς διαγωνισμούς. Αυτό το άρθρο αναφέρεται σε ένα τέτοιο παράδειγμα - έργο, που αφορά στο ξύλινο κτίριο με την ονομασία Mjøstårnet, η κατασκευή του οποίου ξεκίνησε στη Νορβηγία τον Απρίλιο του 2017 και

ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2019. Η κατασκευή του φέρωντος οργανισμού και των προσόψεων είχε ήδη ολοκληρωθεί τον Οκτώβριο του 2018. Η "σύμβαση με το κλειδί στο χέρι" της αναδόχου εταιρείας κατασκευής αποτιμήθηκε σε περίπου 450 εκατομμύρια νορβηγικές κορόνες (περίπου 38 εκατομμύρια ευρώ με βάση τη σημερινή ισοτιμία), πλην του Φ.Π.Α.

Τοποθεσία και διαστάσεις

Το Mjøstårnet βρίσκεται στην κωμόπολη Brumunddal της Νορβηγίας, 140 χιλιόμετρα βορειότερα από το Όσλο. Το κτίριο έχει κύρια θέα στη λίμνη Mjøsa, στη μεγαλύτερη λίμνη της Νορβηγίας. Η ονομασία "Mjøstårnet" στη νορβηγική γλώσσα, ουσιαστικά σημαίνει "Ο πύργος της λίμνης Mjøsa". Με 18 ορόφους και συνολικό ύψος 85,4 m, το κτίριο Mjøstårnet είναι σήμερα (το 2022) το ψηλότερο κτίριο στον κόσμο με εξ ολοκλήρου ξύλινο πρωτεύοντα φέροντα οργανισμό, σύμ-



φωνα και με το Συμβούλιο για τα Ψηλά Κτίρια και τους Αστικούς Οικοτόπους (CTBUH - Council on Tall Buildings and Urban Habitat). Οι διαστάσεις της κάτοψης του κτιρίου είναι $16,3 \times 36,8$ (m) και η συνολική επιφάνειά του ανέρχεται σε 11.300 m^2 . Στο συνολικό ύψος των $85,4 \text{ m}$ περιλαμβάνεται μία κατασκευή πέργκολας στην κορυφή του κτιρίου. Η πέργκολα προσδίδει ύψος στο κτίριο, καθώς και μια ξεχωριστή αρχιτεκτονική όψη. Το ύψος του κτιρίου χωρίς την πέργκολα ανέρχεται σε $68,2 \text{ m}$.

Χρήση του κτιρίου

Στο Mjøstårnet στεγάζονται γραφεία (κατώτεροι όροφοι), ξενοδοχείο (εστιατόριο και χώρος αναμονής στο ισόγειο και δωμάτια στους μεσαίους ορόφους), καθώς και διαμερίσματα (στους ανώτερους ορόφους). Η ταράτσα του κτιρίου είναι επισκέψιμη για τους ενοίκους του ξενοδοχείου και τους εργαζόμενους, όπως επίσης και για το κοινό κατόπιν αιτήσεως. Το κτίριο έχει δύο κλιμακοστάσια και τρεις ανελκυστήρες. Ακριβώς δίπλα σ' αυτό το κτίριο έχει κατασκευαστεί ένα μεγάλο κλειστό κολυμβητήριο.

Ιστορικό

Η αρχική ιδέα για την κατασκευή του πολυώροφου ξύλινου κτιρίου ανήκει στον Νορβηγό επενδυτή Arthur Buchardt. Το όραμά του ήταν να κατασκευαστεί ένα τέτοιο "ξύλινο έργο", που θα αποτελεί σύμβολο της "πράσινης αλλαγής" και απτή απόδειξη ότι ψηλά κτίρια μπορούν να υλοποιηθούν με ανανεώσιμα υλικά, όπως το ξύλο. Πράγματι, η ξυλεία, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου, παρήχθη στο εργοστάσιο της εταιρείας Moelven Limtre, σε απόσταση μόλις 15 χιλιομέτρων από την κωμόπολη Brumunddal.

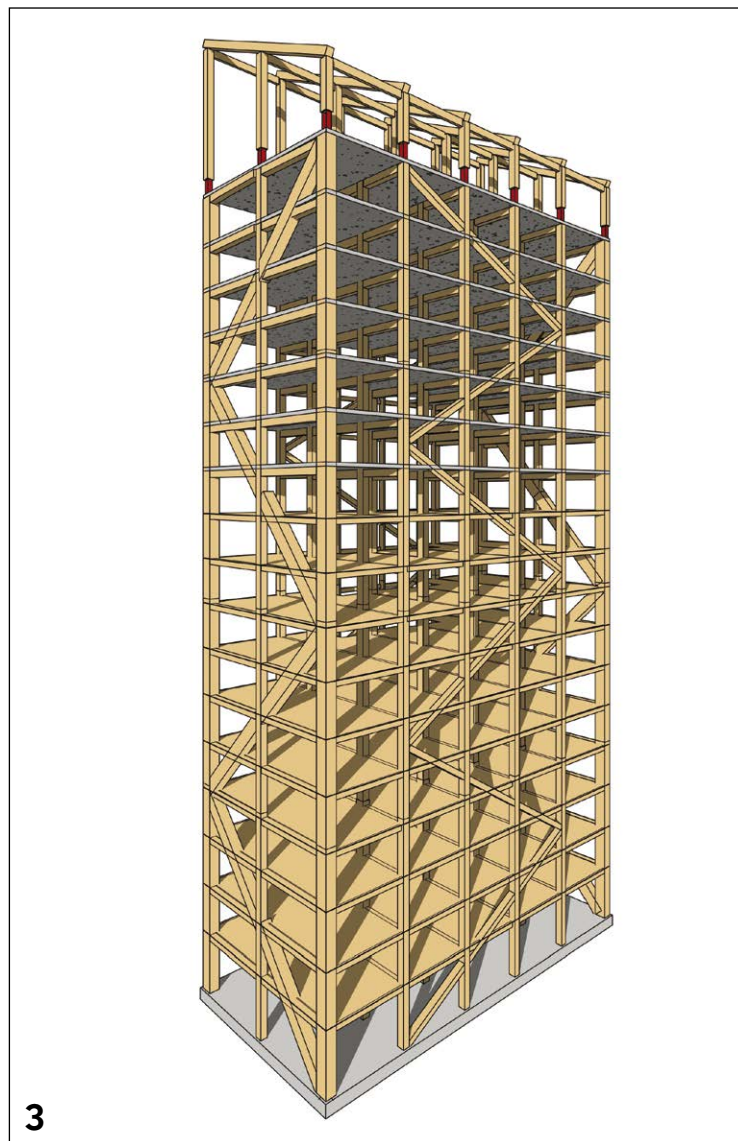
Σύστημα δόμησης

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από μεγάλης κλίμακας στοιχεία επικολλητής ξυλείας (glulam) κατηγορίας μηχανικής αντοχής GL30c και GL30h, σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 14080 (CEN 2013). Το Mjøstårnet είναι κλασική κατασκευή τύπου δοκού - υποστυλώματος (post and

1. Το αρχικό όραμα ήταν να κατασκευαστεί ένα "ξύλινο έργο", που θα αποτελεί σύμβολο της "πράσινης αλλαγής" και απτή απόδειξη ότι ψηλά κτίρια μπορούν να υλοποιηθούν με ανανεώσιμα υλικά, όπως το ξύλο. ©Ricardo Foto.



2



3

beam) με διαγώνια στοιχεία για την ανάληψη των οριζόντιων φορτίων. Τα διαγώνια στοιχεία είναι τοποθετημένα στις τέσσερις όψεις του κτιρίου. Η πέργκολα είναι επίσης κατασκευασμένη από στοιχεία επικολλητής ξυλείας. Η ξυλεία glulam του φέροντος οργανισμού συντίθεται από φυσική ξυλεία ερυθρελάτης (*Picea abies*) από τη Νορβηγία.

Η εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες ξυλεία στην πέργκολα αποτελείται από δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*), προστατευμένη υπό πίεση με κατάλληλες εμποτιστικές ενώσεις χαλκού. Οι συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων επικολλητής ξυλείας γίνονται με πολλαπλές μεταλλικές πλάκες και βλήτρα. Αυτός ο τύπος συνδέσεων είναι πολύ διαδεδομένος σε ξύλινες κατασκευές μεγάλης κλίμακας στη Σκανδιναβία, λόγω της υψηλής αντοχής τους. Το κλιμακοστάσιο είναι κατασκευασμένο από σταυρωτή επικολλητή ξυλεία (CLT), ωστόσο δεν συμμετέχει στην ανάληψη οριζόντιων φορτίων. Επίσης, τα στοιχεία τοικωμάτων και οι προσόψεις δεν υπολογίζονται ως στοιχεία που συμβάλλουν στη συνολική δυσκαμψία του κτιρίου. Στους χαμηλότερους ορόφους (2ος - 11ος) τα δάπεδα είναι σύνθετα, πλήρως προκατασκευασμένα και αποτελούνται από

ξυλεία glulam και σύνθετη ξυλεία επικολλητών φύλλων (LVL). Το μέγιστο άνοιγμα των πατωμάτων είναι 7,5 m. Τα στοιχεία είναι μονωμένα με πετροβάμβακα. Τα περισσότερα δάπεδα έχουν τσιμεντοκονίαμα 50 mm στην κορυφή. Τα σύνθετα δάπεδα κρίθηκαν προτιμότερα έναντι δαπέδων σταυρωτής επικολλητής ξυλείας (CLT) λόγω, μεταξύ των άλλων, της μικρότερης χρήσης υλικού. Τα σύνθετα δάπεδα επιλέχθηκαν επίσης εξαιτίας της υψηλής τους δυσκαμψίας και του χαμηλού αποτυπώματος άνθρακα (ήτοι 65 kg CO₂/m²).

Στους επτά ανώτερους ορόφους (12ος - 18ος), τα δάπεδα είναι πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 300 mm. Αυτά τα δάπεδα θεωρούνται σύνθετα, καθώς ο ξυλότυπος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους αποτελεί το κατώτερο μέρος των δαπέδων. Το σκυρόδεμα προσδίδει σημαντικό βάρος στο κτίριο, το οποίο είναι απαραίτητο για τον περιορισμό των ανεμοεπιταχύνσεων. Επίσης οι πλάκες προσδίδουν καλύτερες ακουστικές ιδιότητες στους ανώτερους ορόφους που αποτελούνται από διαμερίσματα. Η ογκώδης πλάκα θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα στηρίζεται επάνω σε πασσάλους που εδράζονται στο βρα-

2. Το κτίριο στο στάδιο της κατασκευής, πριν από τη συναρμολόγηση της πέργκολας. ©Courtesy of Moelven.

3. Ο ξύλινος φέρων οργανισμός του Mjøstårnet από στοιχεία επικολλητής ξυλείας. ©Courtesy of Moelven.



4



5

4.
Η κατασκευή έγινε κατά βάση με συναρμολόγηση προκατασκευασμένων στοιχείων επί τόπου με χρήση γερανού.
©Courtesy of Moelven.

5.
Λεπτομέρεια της ξύλινης κατασκευής τύπου δοκού - υποστυλώματος με διαγώνια στοιχεία, τοποθετημένα στις τέσσερις όψεις του κτιρίου.
©Courtesy of Moelven.

6
Συναρμολόγηση της πέργκολας στην απόληξη του κτιρίου.
©Courtesy of Moelven.



6

κώδες υπόβαθρο. Τα τέσσερα γωνιακά υποστυλώματα επικολητής ξυλείας αναλαμβάνουν τα μεγαλύτερα κατακόρυφα αξονικά φορτία και έχουν διατομή 1.485 x 625 (mm), ενώ τα εσωτερικά υποστυλώματα έχουν διατομές 725 x 810 (mm) και 625 x 630 (mm).

Τυπικές διαστάσεις των δοκών επικολητής ξυλείας είναι 395 x 585 (mm) ή 395 x 675 (mm) (για τις δοκούς που υποστηρίζουν τα ξύλινα δάπεδα) και 625 x 585 (mm) ή 625 x 720 (mm) για τις δοκούς που υποστηρίζουν τα δάπεδα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διατομή της μεγαλύτερης διαγωνίου επικολητής ξυλείας είναι 625 x 990 (mm).

Τα μεγάλα προκατασκευασμένα στοιχεία πρόσοψης είναι προσαρτημένα στο εξωτερικό των ξύλινων στοιχείων και αποτελούν το περίβλημα του κτιρίου. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν τη μόνωση και τα εξωτερικά πετάσματα. Η δομική ξυλεία βρίσκεται στο εσωτερικό της πρόσοψης και προστατεύεται από τη βροχή και τον ήλιο, ενώ αυξάνει την ανθεκτικότητα και μειώνει τη συντήρηση. Αφήνει επίσης την ξυλεία να "αναπνέει" ελεύθερα στο εσωτερικό. Η κλάση κλίματος 1 (service class 1) χρησιμοποιείται για όλη την ξυλεία, εκτός φυσικά από την πέργκολα. Συνολικά τοποθετήθηκαν 2.600 m³ ξυλείας στο κτίριο Mjøstårnet.

Συναρμολόγηση

Η κατασκευή του Mjøstårnet έγινε κατά βάση με συναρμολόγηση προκατασκευασμένων στοιχείων επί τόπου με χρήση γερανού. Όλες οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες (π.χ. οι οπές για τις συνδέσεις) ήταν ήδη διαμορφωμένες στα στοιχεία. Αυτή η τεχνική είναι κατάλληλη για γρήγορη ανέγερση. Πράγματι, η συναρμολόγηση του κτιρίου έγινε αρκετά γρήγορα και εντός του χρονοδιαγράμματος. Η απαιτούμενη ακρίβεια για τη συναρμολόγηση των στοιχείων ήταν μόλις 1 χιλιοστό. Από ένα σύνολο αρκετών εκατοντάδων στοιχείων μόνο μία διαγώνιος δεν μπόρεσε να συναρμολογηθεί και αντικαταστάθηκε. Στο παρελθόν και σε αντίστοιχα έργα, η κατασκευάστρια εταιρεία (Moelven Limtre) συναρμολογούσε πρώτα μεγάλα τμήματα του φέροντος οργανισμού στο εργοστάσιο. Στην περίπτωση του Mjøstårnet, όμως, όλα τα ξύλινα στοιχεία έφτασαν μεμονωμένα στο εργοτάξιο. Η τελική μέγιστη απόκλιση του κτιρίου μεταξύ της τελικής και της θεωρητικής θέσης του ανέρχεται σε μόλις 19 mm. Κατά την κατασκευή, τα σόκορα των στοιχείων επικολητής ξυλείας, που είναι ευαίσθητα στην προσρόφηση υγρασίας, ήταν προστατευμένα με πλαστικά ή ξύλινα καλύμματα. Τα ξύλινα δάπεδα ήταν επίσης καλυμμένα με χρήση προστατευτικής μεμβράνης. Κατά τη διάρκεια της ανέγερσης δεν κρίθηκε απαραίτητη η χρήση μεγάλης κλίμακας "τέντας". Η περιεχόμενη υγρασία στην ξυλεία ελεγχόταν με συνεχείς μετρήσεις σε πολλά δομικά στοιχεία.

Στατική μελέτη

Ο υπολογισμός των φορτίων σχεδιασμού και των συνδυασμών φόρτισης έγινε βάσει του Ευρωκώδικα (EN 1990 και EN 1991) και των σχετικών εθνικών παραρτημάτων. Με βάση τη μελέτη, οι συνδυασμοί φορτίου με τον άνεμο ως πρωτεύον φορτίο ήταν οι πλέον καθοριστικοί. Ο άνεμος προσομοιώθηκε ως στατικό φορτίο. Δοκιμές της αεροσήραγγας δεν κρίθηκαν απαραίτητες λόγω της κανονικής γεωμετρίας της κατασκευής. Ο σεισμικός σχεδιασμός είναι πολύ



σπάνια καθοριστικός για κτίρια στη Νορβηγία. Η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους στην περιοχή του Brumunddal είναι μικρή σε σύγκριση με των περισσότερων χωρών. Σύμφωνα με τις νορβηγικές προδιαγραφές, τα σεισμικά φορτία δεν ήταν απαραίτητο να ενσωματωθούν στον σχεδιασμό, επειδή τα ανεμοφορτία ήταν πιο κρίσιμα.

Λόγω κυρίως του χαμηλού βάρους τους, τα ψηλά ξύλινα κτίρια υπόκεινται σε σημαντικές ανεμοεπιταχύνσεις στους ανώτερους ορόφους που μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία στους ενοίκους. Ο περιορισμός αυτών των ανεμοεπιταχύνσεων σε αποδεκτά επίπεδα είναι συνήθως ένα από τα πλέον καθοριστικά κριτήρια για τον σχεδιασμό. Αυτός ο έλεγχος είναι τυπικό παράδειγμα ελέγχου για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Παρ' όλα αυτά, στις περιπτώσεις των ψηλών ξύλινων κτιρίων αυτός ο έλεγχος είναι αρκετά συχνά πιο καθοριστικός για τη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού σε σχέση με τους ελέγχους για την οριακή κατάσταση αστοχίας. Οι πλάκες σκυροδέματος στους ανώτερους ορόφους προσδίδουν βάρος στην κατασκευή, που συμβάλλει στη μείωση των ανεμοεπιταχύνσεων. Οι ανεμοεπιταχύνσεις υπολογί-

7. Τοποθέτηση στοιχείων πρόσοψων. ©Courtesy of Moelven



8. Λεπτομέρεια της κατασκευής εσωτερικά του κτιρίου. Τα στοιχεία επικολητής ξυλείας, που συνθέτουν τον ξύλινο φέροντα οργανισμό, συνδέονται με πολλαπλές μεταλλικές πλάκες και βλήτρα. [©]Courtesy of Moelven.

στηκαν με βάση τη μέθοδο του Ευρωκώδικα I, μέρος I - 4 (CEN 2005). Τα αντίστοιχα όρια προσδιορίστηκαν βάσει του προτύπου ISO 10137. Οι επιταχύνσεις και τα αντίστοιχα όρια αφορούν σε φορτίο ανέμου με περίοδο επαναφοράς ενός έτους. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, οι ανεμοεπιταχύνσεις είναι οριακά αποδεκτές στον 17ο όροφο και λίγο επάνω από το όριο στον 18ο όροφο. Ο ιδιοκτήτης του έργου αποδέχθηκε αυτήν τη μικρή παρέκκλιση. Τέλος, η μέγιστη υπολογιζόμενη οριζόντια μετακίνηση στην κορυφή του κτιρίου λόγω του ανέμου ανέρχεται σε 140 mm.

Σχεδιασμός πυροπροστασίας

Ο πρωτεύων φέρων οργανισμός του κτιρίου, δηλαδή τα δικτυώματα επικολητής ξυλείας, έχει σχεδιαστεί να αντέξει 120 λεπτά πυρκαγιάς με βάση τη μέθοδο της εναπομένουσας μετά την απανθράκωση βάσει του Ευρωκώδικα 5, μέρος I-2 (CEN 2004) –η επικολητή ξυλεία είναι ακάλυπτη. Αντιστοίχως, τα δευτερεύοντα στοιχεία όπως π.χ. τα

πατώματα, είναι σχεδιασμένα για αντοχή 90 λεπτών. Στις συνδέσεις, τα μεταλλικά στοιχεία (βλήτρα και μεταλλικές πλάκες) βρίσκονται σε βάθος τουλάχιστον 85 mm μέσα στην ξυλεία για να αποφευχθούν αυξημένες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Τα κενά και οι σχισμές μεταξύ των δομικών στοιχείων είναι εφοδιασμένα με ειδικό υλικό, το οποίο διογκώνεται περίπου 20 φορές, όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 150°C.

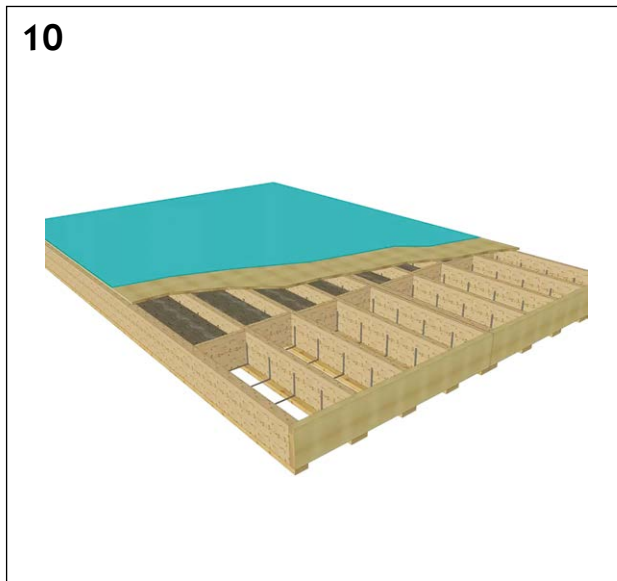
Επιπλέον, αυτός ο σχεδιασμός ενισχύεται από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν το 2016 στο SP Firetech στο Τρόντσαϊμ της Νορβηγίας, στα οποία τα στοιχεία επικολητής ξυλείας ογκώδους διατομής τοποθετήθηκαν σε έναν κλίβανο για να υποστούν πυρκαγιά κατά ISO για 90 λεπτά. Όταν οι καυστήρες έκλεισαν, τα στοιχεία συνέχισαν να απανθρακώνονται για ορισμένο χρονικό διάστημα. Έπειτα η θερμοκρασία μειώθηκε σταδιακά και η καύση σταμάτησε λόγω της υψηλής θερμομονωτικής ιδιότητας της απανθρακωμένης ξυλείας. Αυτά τα ευρήματα αποδεικνύουν το πλεονέκτημα της επικολητής ξυλείας να είναι "αυτοσβε-



νόμενη", γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την αποφυγή κατάρρευσης του κτιρίου λόγω φωτιάς. Στα ανωτέρω πειράματα δοκιμάστηκαν επίσης και στοιχεία που περιελάμβαναν μεταλλικές συνδέσεις.

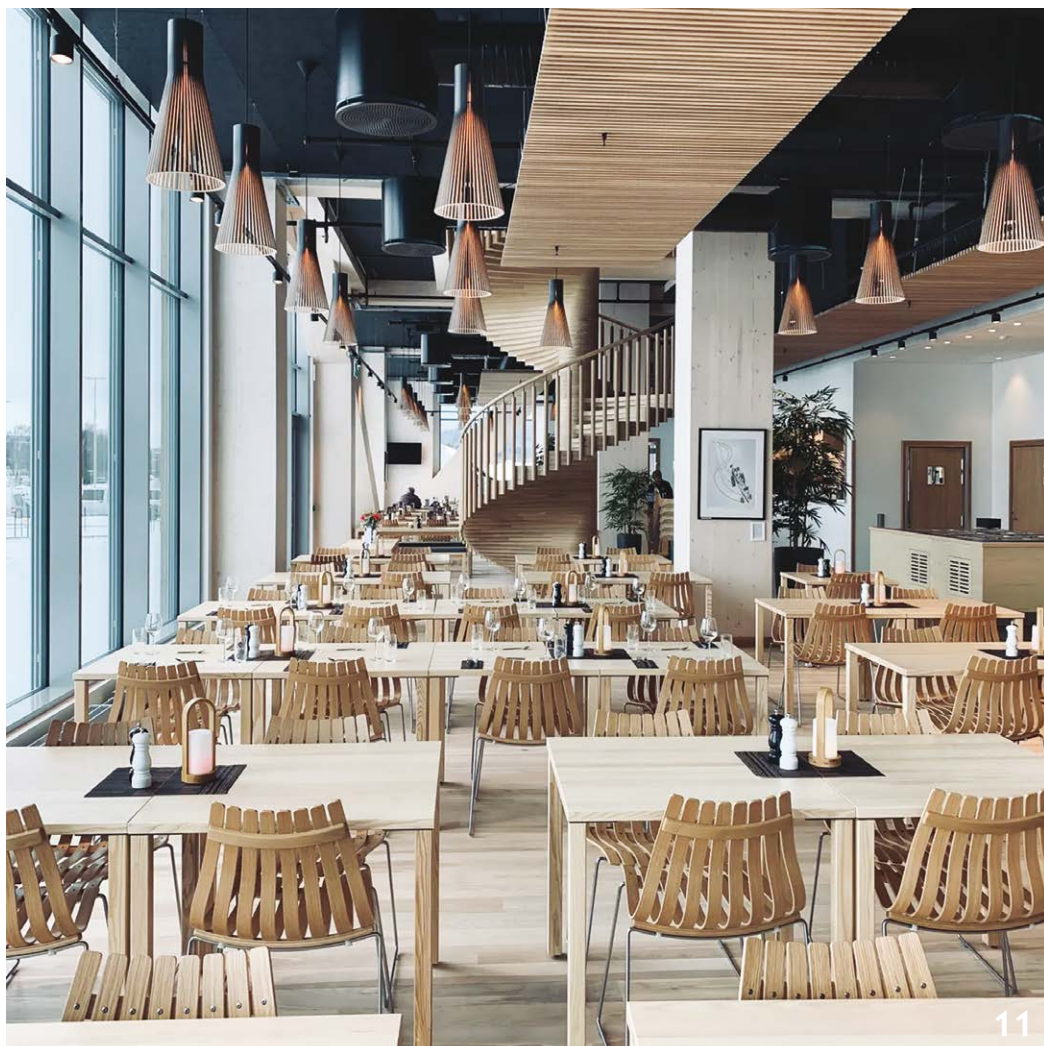
Η εμφανής ξυλεία στις οδούς διαφυγής, καθώς και στους εσωτερικούς τοίχους στο κλιμακοστάσιο και στους ανεγκυστήρες, φέρει βαφές επιβραδυντικών φωτιάς. Για να επιτευχθεί υψηλή πυροπροστασία για τη σταυρωτή επικολλητή ξυλεία (CLT), ο αρμόδιος μηχανικός εκτίμησε ότι οι εκτεθειμένοι τοίχοι στη σκάλα διαφυγής πρέπει να καλυφθούν με γυψοσανίδες. Βάσει πειραματικών συμπερασμάτων τα τοιχώματα σταυρωτής επικολλητής ξυλείας μπορούν να ανατροφοδοτήσουν τη φωτιά σε γειτονικά τοιχώματα, αυξάνοντας τον κίνδυνο για πολλαπλές αναφλέξεις. Όλοι οι όροφοι, όλα τα διαμερίσματα και τα δωμάτια των ξενοδοχείων αποτελούν ξεχωριστές κυψέλες πυρκαγιάς, που εμποδίζουν την εξάπλωση της φωτιάς. Επιπλέον, σειρά άλλων μέτρων ενισχύουν την προστασία έναντι της φωτιάς. Ενδεικτικά αναφέρονται η ύπαρξη συστημάτων ψεκασμού

10



9. Τα μεγάλα προκατασκευασμένα στοιχεία πρόσοψης (façades) είναι προσαρτημένα στο εξωτερικό των ξύλινων στοιχείων και αποτελούν το περιβλήμα του κτιρίου. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν τη μόνωση και τα εξωτερικά πετάσματα. "Ricardo Foto.

10. Σύνθετο ξύλινο πάτωμα τύπου Trä8.



II.
Εστιατόριο
στο ισόγειο
του κτιρίου.
©Øystein_Elgsaas.

νερού στο σύνολο του κτιρίου και η τοποθέτηση firestop στις προσόψεις για να αποτραπεί τυχόν εξάπλωση της φωτιάς προς τα επάνω. Σε ό,τι αφορά στη δομική ακεραιότητα, η κατασκευή έχει σχεδιαστεί για απώλεια της οριζόντιας δυσκαμψίας ενός πατώματος, καθώς επίσης και για πρόσκρουση ενός πατώματος στο υποκείμενο πάτωμα.

Βραβεία

Το ψηλό ξύλινο κτίριο Mjøstårnet έχει αποσπάσει την εθνική διάκριση Norwegian Tech Award, 2018 και το διεθνές βραβείο New York Design Awards, 2018. Βρίσκεται επίσης στον κατάλογο με τα βραβεία Guinness ως το "ψηλότερο ξύλινο κτίριο" του πλανήτη (έτος επιβεβαίωσης 2019). Οι συγγραφείς ευχαριστούν θερμά τον γενικό διευθυντή της εταιρείας Moelven Limtre κ. Rune Abrahamsen για την άδεια δημοσίευσης στο "ΚΤΙΡΙΟ", συμπεριλαμβανομένου και μέρους του φωτογραφικού υλικού.

Αρχιτεκτονική μελέτη: **Voll Arkitekter**
Ιδιοκτήτρια εταιρεία: **AB Invest / Arthur & Anders Buchardt**
Ανάδοχος εταιρεία: **HentAS**
Παραγωγή και τοποθέτηση ξύλινων δομικών στοιχείων, πέργκολας και μπαλκονιών:
Moelven Limtre
Δομοστατική μελέτη: **Sweco**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abrahamsen, R., **Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building**, Internationales Holzbau-Forum IHF, 2017.
- Abrahamsen, R., **Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building**, Forum Bau Garmisch, 2017.
- Abrahamsen, R., **Mjøstårnet-18 storey timber building completed**, Internationales Holzbau-Forum IHF, 2018.
- CEN: European Committee for Standardization, **EN 1991-1-4:2005: Actions on structures - Part 1 - 4: General actions - Wind actions**, Brussels, Belgium.
- CEN: European Committee for Standardization, **EN 1995-1-2:2004: Design of timber structures - Part 1 - 2: General - Structural fire design**, Brussels, Belgium.
- CEN, **EN 14080-2013: Timber structures - Glued laminated timber and glued solid timber - Requirements**, Brussels, Belgium.
- ISO, International Organization for standardization, **ISO10137: 2007 Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations**, Geneva, Switzerland.
- Σταματόπουλος Χ., **Ξύλινα κτίρια: Προσομοίωση, σχεδιασμός και προκλήσεις, προσκεκλημένη διάλεξη**, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 11-11-2020.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Τα είδη ξύλου στις κτιριακές κατασκευές. Ποιο είναι κατάλληλο για κάθε εφαρμογή; Τεύχος 4/2021, σελ. 59.
- Ξύλινες εφαρμογές σε κτίρια. Επεμβάσεις συντήρησης. Τεύχος 10/2020, σελ. 71.
- Προστασία των ξύλινων κατασκευών. Νέες τεχνολογίες & συνήθειες τεχνικές. Τεύχος 1/2020, σελ. 117.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ
& ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ
στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr