

Copertura delle tribune dello Stadio Euganeo a Padova

In occasione dei mondiali di calcio del 1990 il Comune di Padova avviò il rifacimento delle tribune est e ovest dello stadio di calcio "Euganeo" (Figg. 1-2), avvalendosi dei finanziamenti stanziati per quell'evento. Nonostante il progetto esecutivo redatto in quel momento comprendesse anche la copertura (Fig. 3), il Comune di Padova decise di realizzare in un primo momento solo le tribune, senza la copertura, in modo da rendere agibile lo stadio nel minor tempo possibile. Questa decisione consentì di scorporare le opere in cemento armato, che caratterizzano le tribune, dalle opere in carpenteria metallica, che caratterizzano la copertura. Il progetto del nuovo stadio di calcio fu comunque sviluppato comprendendo già la copertura delle tribune, sia negli aspetti formali che nel calcolo strutturale, in modo da dimensionare correttamente le opere di fondazione e di sostegno, predisposte per l'accoglimento della copertura.

Nel 1998 il Comune di Padova ha indetto una gara d'appalto per la realizzazione delle opere in carpenteria metallica della copertura, per completare il progetto dello stadio.

LA PROGETTAZIONE E PROGRAMMAZIONE DELL'OPERA

La documentazione alla base della gara d'appalto consisteva in un progetto esecutivo della copertura, che ne individuava le caratteristiche morfologiche (dimensioni, forma e materiali) e il comportamento statico; all'impresa assegnataria erano demandati la progettazione costruttiva e la verifica dei calcoli statici. Si trattava di uno dei primi casi in Italia di gara d'appalto con progetto esecutivo, reso neces-

La realizzazione della copertura delle tribune est e ovest dello stadio Euganeo di Padova costituisce un esempio di come gli aspetti procedurali di progettazione, programmazione ed esecuzione stiano progressivamente acquistando un ruolo fondamentale, soprattutto in relazione alle commesse di carattere pubblico e con l'avvento della legge Merloni e dei suoi regolamenti attuativi. La necessità di mantenere agibile lo stadio ha portato innanzitutto allo scorporo tra le opere civili, per la costruzione delle tribune, e le opere in carpenteria metallica, per la realizzazione delle coperture, in due appalti differenti e ha vincolato le modalità di messa in opera della struttura di copertura, richiedendo un'adeguata progettazione operativa. Lo scorporo delle lavorazioni ha costituito l'occasione per i produttori di costruzioni metalliche di esaltare le attività di tipo gestionale, capacità discriminante per la realizzazione di opere che rispettino tempi e costi contrattuali e garantiscano la qualità e affidabilità della costruzione.

Roof of the stand in the Euganeo Stadium, Padua

The construction of the roofs for the east and west stands in the Euganeo Stadium in Padua is an example of how the design, programming and execution aspects are gradually taking on a fundamental role, especially in relation to commissions of a public nature, and with the issue of the Merloni law and the regulations for its application.

The need to ensure that the stadium was still able to operate during the work led to the separation of the civil works for the construction of the stands and the metal structural work for the construction of the roofs into two distinct tenders, and restricted the methods used for the installation of the roof structure, which meant that adequate operational planning was necessary.

The separation of these two aspects of the work offered metal construction companies the occasion to enhance their management skills, their ability to discriminate with a view to completing the operations within the deadlines and contract costs and the guarantee of quality and reliability.

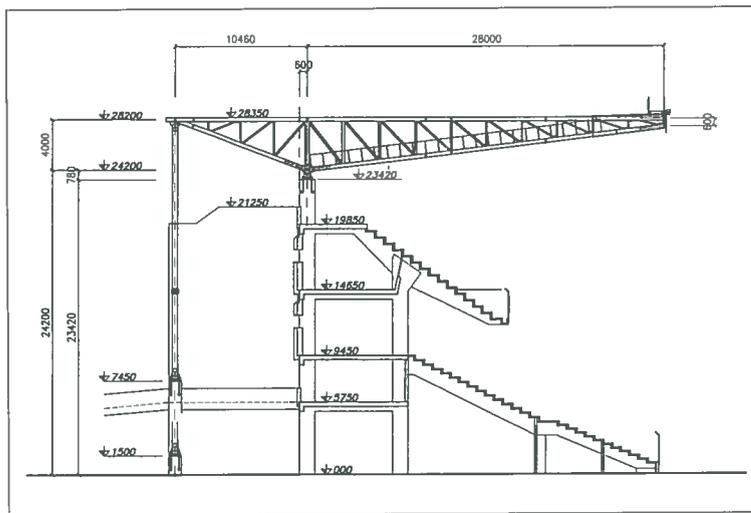


Fig. 1.
Vista dello stadio
Euganeo di
Padova.



Fig. 2.
Vista delle
tribune laterali.

Fig. 3.
Sezione verticale
di una delle
tribune laterali.



sario dallo scorporo delle lavorazioni in due fasi differenti, che ha portato a definire in maniera dettagliata il dimensionamento delle strutture portanti. Questo progetto è stato sviluppato fino al livello esecutivo prima dell'entrata in vigore della legge Merloni (L. 109/94), che in seguito ha reso obbligatoria l'elaborazione del progetto esecutivo come documentazione contrattuale alla base della gara d'appalto.

Occorre sottolineare che, in questo caso, il progetto della gara d'appalto dello stadio di Padova era sviluppato dal punto di vista del dimensionamento delle strutture in acciaio, in quanto era necessario conoscere i carichi gravanti sulle strutture di fondazione e sulle tribune che dovevano essere costruite in un primo tempo, ma non entrava nel merito della progettazione costruttiva, lasciando in questo senso libertà al costruttore. L'appaltatore ha dunque sviluppato, solo dopo la gara, gli aspetti costruttivi, integrando i dettagli relativi ai nodi e alle modalità di giunzione in relazione alle proprie specificità di lavorazione dell'acciaio. In questo caso l'appaltatore ha operato con una protezione superficiale realizzata con zincatura a caldo ed ha utilizzato unioni bullonate: ha proceduto quindi alla definizione di un progetto costruttivo di officina e di montaggio, con la verifica del calcolo statico e la stesura di un programma lavori, mediante la programmazione delle diverse fasi, anche per rispettare i tempi contrattuali per il completamento dell'opera.

Nella fase di progettazione costruttiva è diventata fondamentale l'interlocuzione che si è creata con la

figura che svolgeva l'attività di verifica e controllo per conto dell'ente appaltante, ossia il direttore dei lavori. La disponibilità da parte di questa figura ad affrontare e a risolvere i problemi è risultata importante per la realizzazione dell'opera in conformità ai patti contrattuali e nel tempo previsto: lo spirito che ha animato il rapporto tra impresa e direttore dei lavori non è stato di 'controllato' e 'controllore', ma di collaborazione all'obiettivo finale, ossia la realizzazione di un'opera di qualità, ferme restando le specifiche competenze e responsabilità.

Una volta redatti il progetto costruttivo e una dettagliata programmazione preventiva, i rischi di imprevisti in fase di esecuzione dell'opera sono stati praticamente annullati, generando notevoli vantaggi in termini di tempi e di costi.

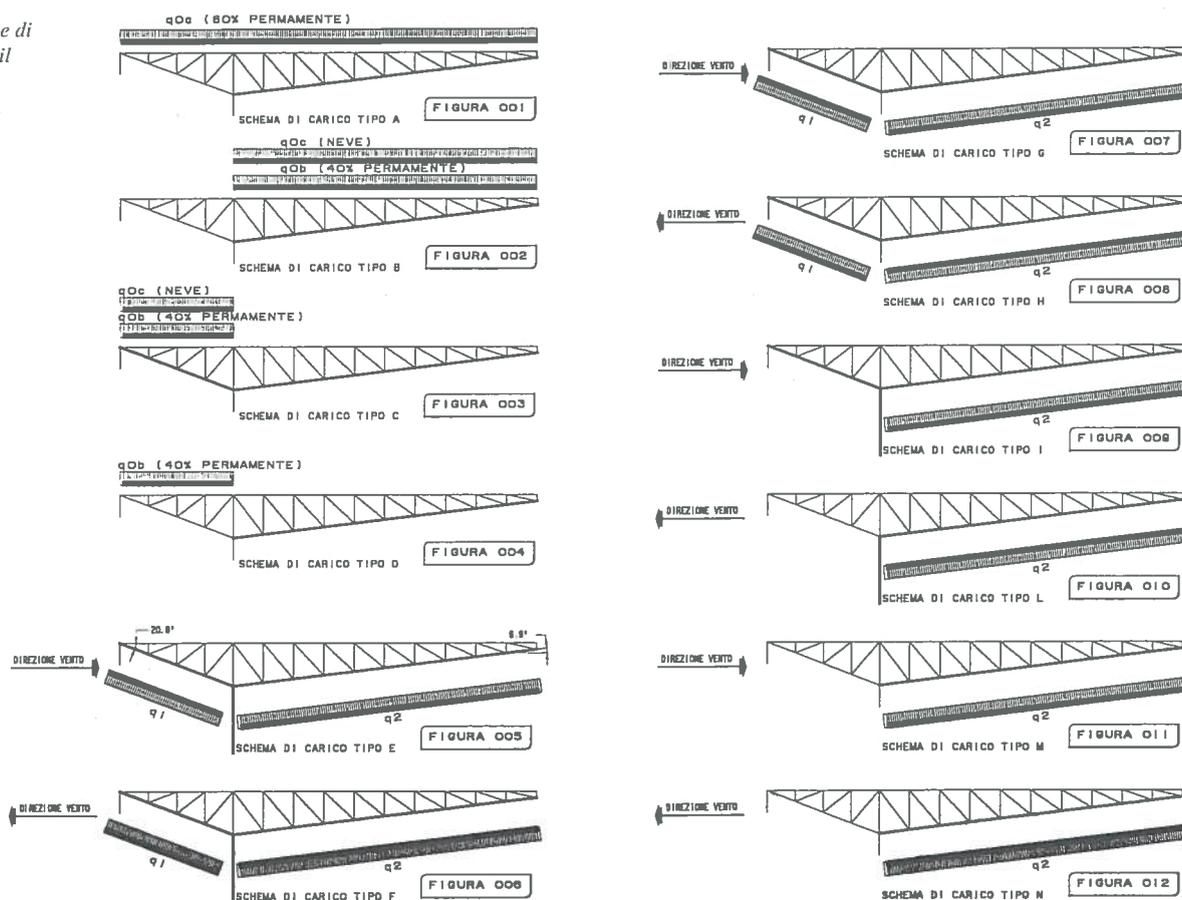
TIPOLOGIA E CALCOLO STRUTTURALE DELLA COPERTURA

Il progetto esecutivo redatto nella fase iniziale di progetto delle due tribune est e ovest prevedeva la copertura delle tribune tramite

due strutture metalliche perfettamente simmetriche della dimensione planimetrica di 162.0x39.2 m. L'idea era quella di creare delle pensiline aggettanti che si protraessero completamente a sbalzo sopra le tribune e che fossero sostenute da pilastri emergenti dalla parete esterna delle tribune, alle spalle degli spettatori (Fig. 3). Dallo studio strutturale è derivata la progettazione di una trave reticolare rispettosa dell'andamento del diagramma dei momenti flettenti, di forma triangolare rovesciata, il cui vertice inferiore diventa il punto di appoggio che sollecita a compressione i pilastri in cemento armato delle tribune. Per bilanciare l'aggetto sulle tribune è stato previsto che l'estremità della trave reticolare, che si protende esternamente allo stadio, venisse ancorata a tiranti in acciaio.

Per il calcolo strutturale è stato adottato il metodo delle tensioni ammissibili (Fig. 4). Inoltre sono stati rispettati il D.M. del 09.01.1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", il D.M. del 16 gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e il D.M. del 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche". Per la definizione delle sollecitazioni sono stati presi a riferimento i seguenti valori di variazioni termiche: per le strutture in c.a. e c.a.p. +/- 15 °C per le strutture esposte e +/- 10 °C per le strutture protette; per le strutture in acciaio +/- 25 °C per le strutture esposte e +/- 15 °C per le

Fig. 4.
Simulazione di
carico per il
calcolo
strutturale.



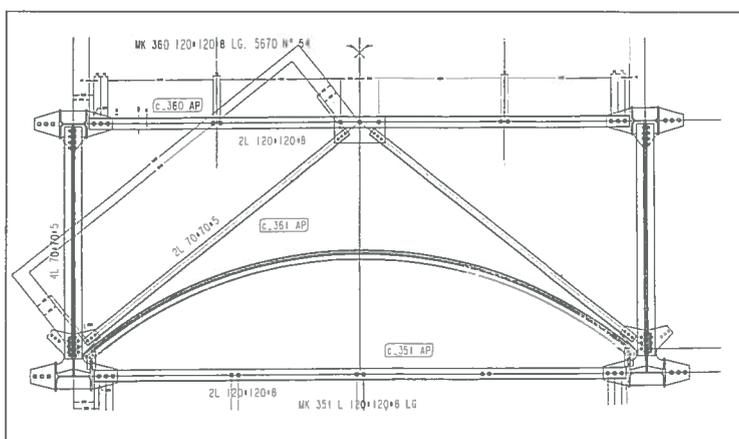
strutture protette. I carichi sono stati applicati ai nodi della trave per le due condizioni elementari di carico corrispondenti alla pressione del vento agente secondo le due direzioni principali ortogonali alla copertura. La pressione del vento è stata calcolata, in base alla zona, alla classe di rugosità e alla categoria di esposizione del sito, in 120 daN/cm². Il carico della neve preso a riferimento è stato di 160 daN/cm².

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le coperture delle tribune sono state realizzate in struttura metallica zincata a caldo: si tratta di 56 travi reticolari a sezione variabile, 28 per ogni tribuna, costituite da briglie superiori in profilati HEA 300, da briglie inferiori in profilati HEA 400 e da aste di parete in profilati a L (Fig. 5). Il vertice inferiore delle travi reticolari è vincolato, a quota 23.42 metri, a pilastri in cemento armato, realizzati precedentemente, che emergono dalle tribune.

Alla sommità dei pilastri sono state previste delle basi di appoggio in lamiera dello spessore di 70 mm, ancorate alla struttura in calcestruzzo mediante quattro tirafondi del diametro di 36 mm (Fig. 6). Tra le piastre e le travi reticolari sono stati collocati degli elementi di appoggio con teflon che consentono la rotazione e gli spostamenti in direzione trasversale e longitudinale.

Dal punto di vista statico le travi reticolari non trasmettono ai pilastri sollecitazioni flettenti e taglianti, ma solo i carichi verticali. Le otto travi in corri-



spondenza dei nuclei ascensori hanno un comportamento statico differente, poiché trasmettono anche le sollecitazioni taglianti alle strutture in calcestruzzo sottostanti: gli elementi di appoggio con teflon permettono in questo caso la sola rotazione delle strutture metalliche.

Le travi, disposte con un interasse di sei metri, si protendono a coprire le gradinate con uno sbalzo di 28.0 m. Le briglie superiori si prolungano dietro le tribune per una lunghezza di 10.46 m, in modo da essere ancorate a tiranti posteriori in profilo cavo circolare del diametro di 406.4 mm e dello spessore di 8.8 mm (Fig. 7). I tiranti sono a loro volta ancorati alle fondazioni a due livelli diversi mediante piastre metalliche dello spessore di 60 mm provviste di quattro tirafondi ciascuna del diametro di 52 mm.

Fig. 5.
Sezione verticale
di un modulo della
copertura.

Fig. 6.
Fase di ancoraggio delle travi reticolari ai pilastri esistenti.



Fig. 7.
Vista dei tiranti di ancoraggio delle travi reticolari, collocati all'esterno dello stadio.



Fig. 8.
Vista in dettaglio del raccordo di scolo delle acque tra la briglia inferiore e il canale di gronda che corre nel punto di appoggio delle travi reticolari.

Il piano in cui giacciono le briglie superiori delle travi reticolari è interamente controventato, in modo da trasmettere tutti i carichi orizzontali ai nuclei in cemento armato. La controventatura è costituita da profilati a L e HEA. Le briglie inferiori sono vincolate allo stesso piano per mezzo di una controventatura verticale costituita da profilati a L e HEA; anche le travi sono controventate nella parte posteriore con una controventatura inferiore costituita da profilati a L.

Il manto di copertura è stato realizzato con una serie di cupole ad arco ribassato in policarbonato alveolare dello spessore di 16 mm, con tripla camera, che vengono fissate alle briglie inferiori delle travi reticolari. Il sistema autoportante è composto da centine in alluminio anodizzato, disposte con un interasse di 100 cm. La particolare sagoma del profilo consente il fissaggio delle centine alla struttura portante. Appositi profilati a L, bullonati esternamente ai correnti inferiori delle travi principali, fungono da appoggio per le cupole. La lastra di copertura è vincolata attraverso un piatto esterno premi-lastra in alluminio anodizzato, con inserite guarnizioni di tenuta: in questo modo la lastra è libera di dilatarsi senza compromettere la tenuta all'acqua.

Particolare è il sistema di scolo delle acque meteoriche: le briglie inferiori delle travi svolgono anche la funzione di raccogliere le acque meteoriche provenienti dai cupolini e di convogliarle in corrispondenza dei pilastri (Fig. 8), dove vengono fatte confluire in un canale corrente che collega tutte le travi e quindi scaricate in pluviali in alluminio (Fig. 9). Lungo l'estremità dello sbalzo delle travi reticolari corre una passerella di servizio della larghezza di 1.20 m, costituita da profilati UNP e IP.

I profili, le travi e i tirafondi e tutti gli elementi della struttura in acciaio sono tutti in acciaio Fe 430B.

IL MONTAGGIO

Uno dei vincoli posti dall'ente appaltante era di garantire l'utilizzo dell'impianto anche durante le fasi di realizzazione delle coperture, in modo da consentire lo svolgimento delle manifestazioni calcistiche, atletiche e di spettacolo. È stato dunque necessario prevedere la costruzione della copertura delle due tribune in due tempi differenti, in modo da lasciarne sempre una agibile, e inoltre è stata necessaria un'accurata progettazione operativa in relazione alle modalità di assemblaggio, in modo tale da poter intervenire sempre dall'esterno, senza invadere mai il campo da gioco.

La soluzione è stata quella di costruire la copertura a partire da moduli composti da due travi portanti unite tra loro da arcarecci e controventature (Fig. 9). Questi moduli sono stati assemblati nell'area attorno allo stadio e sono stati messi in opera uno alla volta (Figg. 10-11), lasciando tra un modulo e l'altro lo spazio di una singola campata. In una fase successiva sono stati fissati gli elementi di giunzione tra i moduli, completando così la struttura della copertura. Particolare accuratezza ha richiesto la programmazione del tiro in quota delle travi in quanto le dimensioni della gru da 350 tonnellate, necessaria per tale operazione, condizionava le lavorazioni del cantiere a pié d'opera.



Fig. 9.
Vista in dettaglio
del raccordo tra il
canale di gronda e
i pluviali.

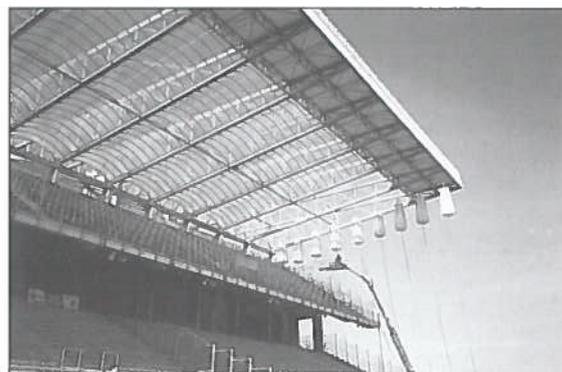


Fig. 12.
Prova di carico
durante il collaudo
della struttura.

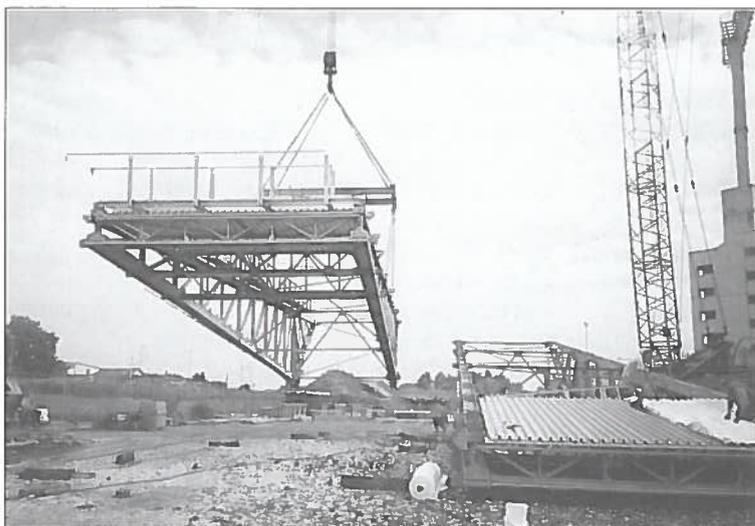


Fig. 10. Fase di montaggio di un modulo della struttura di copertura.

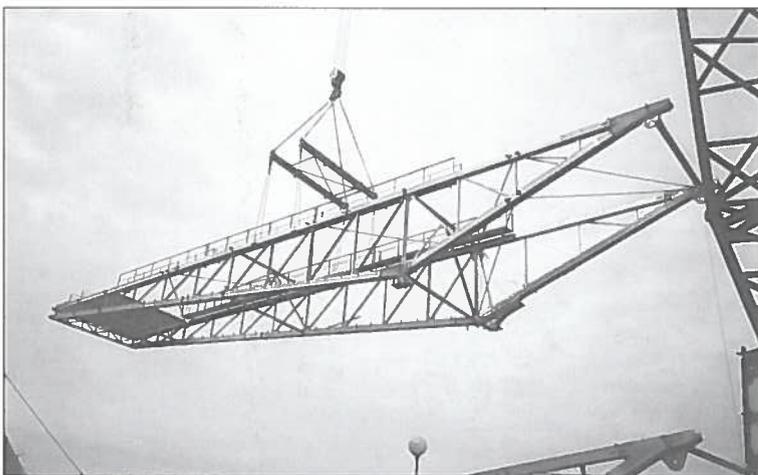


Fig. 11. Fase di montaggio di un modulo della struttura di copertura.

Per garantire una elevata durabilità, gli elementi in acciaio sono stati sottoposti a processo di zincatura a caldo. Dopo la zincatura in stabilimento, i componenti sono stati trasportati sciolti e assemblati a piè d'opera per bullonatura con serraggio dinamometrico.

La modalità di assemblaggio per bullonatura a piè d'opera ha consentito di contrarre i tempi di cantiere e di agire con maggiore libertà nella posa e fissaggio dei moduli ai pilastri di sostegno e ai tiranti di irrigidimento.

La realizzazione del manto di copertura, assegnata in subappalto a un'azienda specializzata, è avvenuta in un secondo tempo, a struttura già montata.

IL COLLAUDO STATICO

La struttura è stata sottoposta a una verifica del comportamento statico tramite una prova di carico sulla seconda trave della tribuna ovest, dove sono stati agganciati dei contenitori riempiti con acqua per testare le deformazioni della copertura sottoposta a carico verticale (Fig. 12).

Il Direttore dei Lavori ha prescritto una serie di prove e richiesto certificati, che sono diventati parte integrante della relazione di collaudo: certificati dei materiali di base, prove di laboratorio, certificati dei saldatori, procedimenti di saldatura, prove di saldatura, certificati di bulloneria, certificato di zincatura.

CONCLUSIONI

Il processo costruttivo della copertura delle tribune dello stadio di Padova costituisce uno dei primi esempi di realizzazione pubblica in Italia che, per perseguire l'obiettivo della qualità e del rispetto dei tempi e dei costi contrattuali, ha seguito, anticipandone i tempi, l'iter, ora reso obbligatorio dall'entrata in vigore della legge Merloni.

Nel caso dello stadio di Padova, il fatto che la copertura sia stata svincolata dalla realizzazione delle tribune, scorporando dunque l'esecuzione delle opere vivi-

li da quelle in carpenteria metallica, ha costituito l'occasione per l'appaltatore di assumere direttamente l'appalto e di gestire tutte le attività inerenti, ossia le fasi di progettazione costruttiva, prefabbricazione in officina, assemblaggio, montaggio e collaudo. Questo è un esempio di come un'azienda possa operare per offrire servizi completi: non è infatti più sufficiente occuparsi di produzione e gestire l'officina, ma occorre sempre di più espandere gli aspetti gestionali e progettuali, soprattutto per poter offrire un prodotto di qualità.

Le attività di programmazione e progettazione sono diventate strategicamente importanti per un'azienda che intenda concorrere a gare d'appalto,

soprattutto dopo l'introduzione della legge Merloni: questa legge riconosce alle aziende che si occupano di carpenteria metallica anche il ruolo di coordinamento, che in passato appariva prerogativa delle imprese generali di costruzioni, le quali delegavano gli aspetti esecutivi specialistici tramite subappalto. Questa pratica costruttiva ha comportato spesso una frammentazione di responsabilità e apporti tale da compromettere la qualità del risultato finale. L'introduzione, da parte della legge Merloni, dell'obbligo della redazione del progetto esecutivo ha conferito un'importanza centrale alle operazioni di programmazione e progettazione a monte della

produzione degli elementi costruttivi e della messa in opera. Nel caso dell'acciaio la fase più delicata è proprio la progettazione degli elementi, mentre il cantiere diventa solo il luogo dell'assemblaggio, dove non è più possibile operare aggiustamenti. Esaltare la centralità al progetto consente di comprimere i tempi di realizzazione e di evitare fermi di cantiere per varianti in corso d'opera. Investire dunque negli aspetti gestionali di progettazione e programmazione porta a un risparmio economico se si considera l'intero processo e diventa strumento necessario per poter garantire la qualità e affidabilità dell'oggetto costruito.

DATI DI PROGETTO

Superficie coperta: 10.000 mq
Tempi di realizzazione:

Peso acciaio impiegato: 1.500 tonn.
tribuna ovest: giugno-settembre 1998

Valore delle opere: 5 miliardi
tribuna est: aprile-giugno 1999

Committente:	Comune di Padova
Progettista:	arch. Gino Zavanella, Mantova
Direttore dei lavori:	ing. Alberto Borghi, Comune di Padova
Progettista delle strutture:	ing. Bruno Breda, Padova
Costruzione e montaggio carpenteria metallica:	MBM, Caselle di Sommacampagna (VR)
Calcolo strutturale d'officina:	ing. Andrea Pippa, Colognola ai Colli (VR)
Collaudatore:	ing. Roberto Bernardoni, Padova
Costruzione e montaggio del manto di copertura:	Thermoserr, Arluno (MI)