RIVESTIMENTI IN ANELLI DI CONCI PREFABBRICATI DI GALLERIE REALIZZATE CON TBM

Brescia, 23 Giugno 2022

Aula Magna Ingegneria - Università di Brescia (UniBs)

ORGANIZZATORI

Collegio dei tecnici della Industrializzazione Edilizia

Società Italiana Gallerie
Italian Tunnelling Society

CON IL PATROCINIO DI

Ordine Ingegneri della provincia di Brescia

Università degli Studi di Brescia 1982 | 2022

fib CEB-FIP Fédération Internationale du Béton

MEDIA PARTNER

ingenio informazione tecnica e progettuale

SAIE Bologna, 19/22 ottobre 2022

PRESENTAZIONE

PIZZAROTTI FONDATA NEL 1910

Ing. Giorgio Clavarino
Technology and Technical Office
Chief Engineer
clavarino@pizzarotti.it

PRODUZIONE DI ARMATURE SALDATE AD ELEVATA AUTOMAZIONE PER CONCI PREFABBRICATI

1. VANTAGGI DELLE ARMATURE SALDATE
2. ESPERIENZE IN FRANCIA – GRAND PARIS EXPRESS
3. ESPERIENZE IN FRANCIA – ASSEMBLAGGIO ELEMENTI PRESALDATI
4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE
5. SEQUENZA ASSEMBLAGGIO ELEMENTI PRESALDATI
6. PROCESSO SALDATURE DI 1^FASE
7. PROCESSO SALDATURE DI 2^FASE
8. ELEMENTI DI VALUTAZIONE

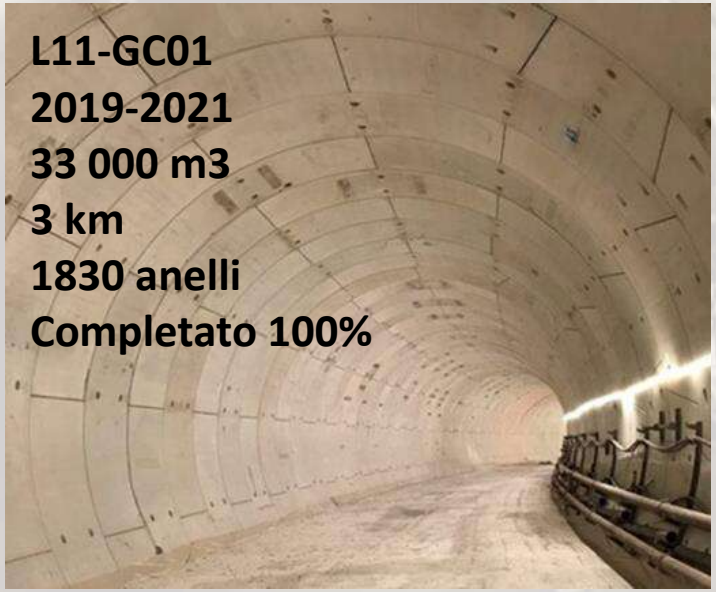
1. VANTAGGI DELLE ARMATURE SALDATE

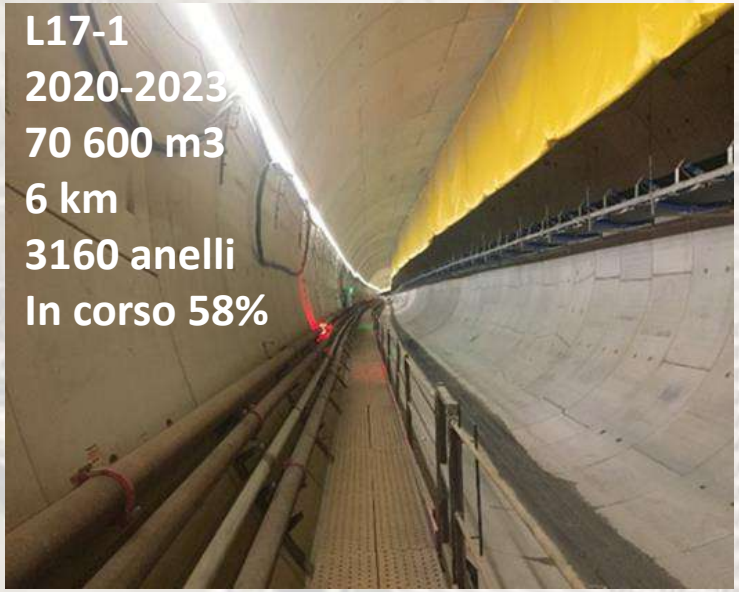
- **Ottimizzazione dell'armatura** dovuta all'eliminazione delle sovrapposizioni strutturali tra le barre e alla miglior distribuzione dei fili di armatura nelle zone più critiche (spigoli, frettaggio).
- Migliore **distribuzione spaziale del calcestruzzo** grazie all'assenza di zone di sovrapposizione.
- Utilizzo di **reti elettrosaldate preassemblate** in officina, che compongono la fibra superiore ed inferiore, oltre che i lati al contorno della gabbia.
- Possibilità di **industrializzazione, robotizzazione, digital twin** della maglia di armatura.
- Disponibilità di soluzioni tecniche per la **saldatura robotizzata delle armature.**
- Controllo delle saldature per il tramite di **procedure standardizzate**.

- Incremento degli **standard qualitativi**.
- Sensibile **riduzione delle ore di assemblaggio in fabbrica conci**, con l'utilizzo in stabilimento di reti già preassemblate.
- **Riduzione dei rischi operativi** (riduzione procedure manuali).
- **Riduzione impatto della logistica** (trasporto bobine o pacchi di maglie elettrosaldate a misura)

2. RITORNO D'ESPERIENZA IN FRANCIA – GRAND PARIS EXPRESS

Pizzarotti, come socio del consorzio ALLIANCE, ha confezionato dal 2018, nell'impianto di prefabbricazione conci di Limoges-Fourges a Sud di Parigi, **più di 10.000 anelli con armature saldate,** per i progetti della Grand Paris Express:

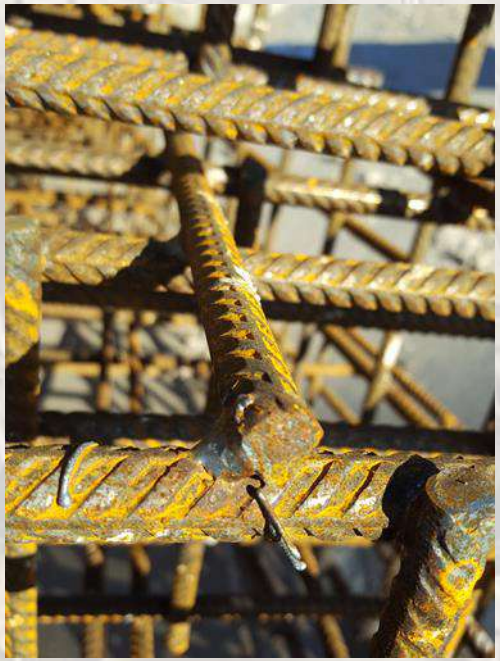




3. RITORNO D'ESPERIENZA IN FRANCIA – ASSEMBLAGGIO ELEMENTI PRESALDATI

L' esperienza di Pizzarotti per assemblaggio delle gabbie di armatura con giunzioni saldate, derivante dalle attività in corso presso la fabbrica conci di Limoges-Fourches a Sud di Parigi, ha permesso di verificare i vantaggi di questa metodologia costruttiva, che puo' essere applicabile al rivestimento dei tunnel in scavo meccanizzato dei grandi progetti ferroviari.

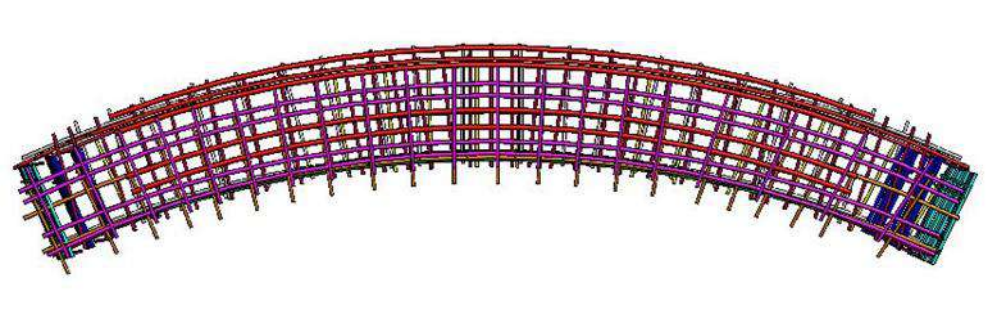
3. RITORNO D'ESPERIENZA IN FRANCIA – ASSEMBLAGGIO ELEMENTI PRESALDATI



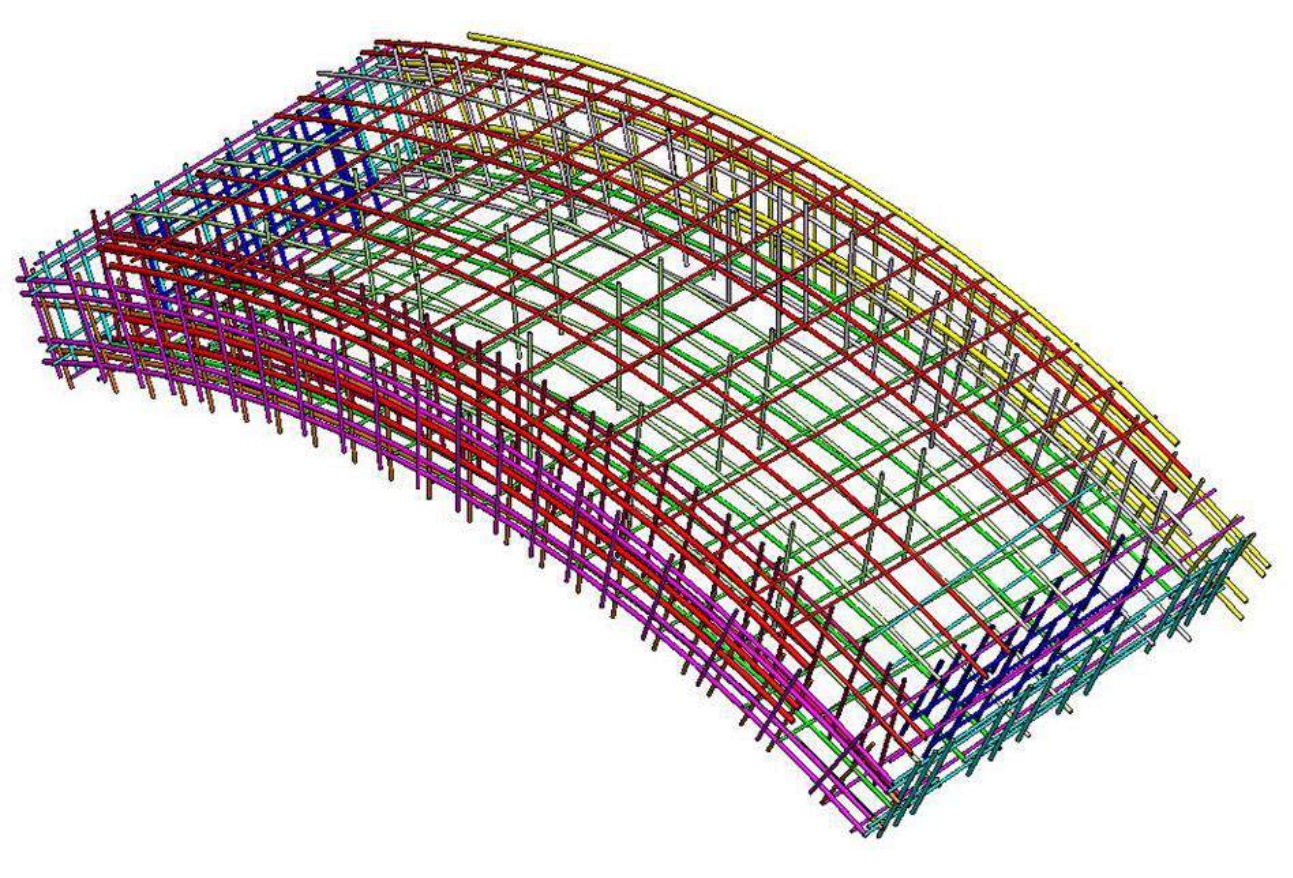
4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Nell'ambito del progetto dei conci delle gallerie in meccanizzato del Lotto 2 della linea Ferroviaria Giampilieri-Fiumefreddo, si è studiata, con il contributo di Rocksoil e AWM, la soluzione di armatura dei conci a gabbie in acciaio elettrosaldate.

Proposta di armatura a gabbie elettrosaldate



ANELLO	
Diametro interno (mm)	8000
Spessore anello (mm)	500
Volume anello (m³)	24,01
Peso anello (t)	60,03

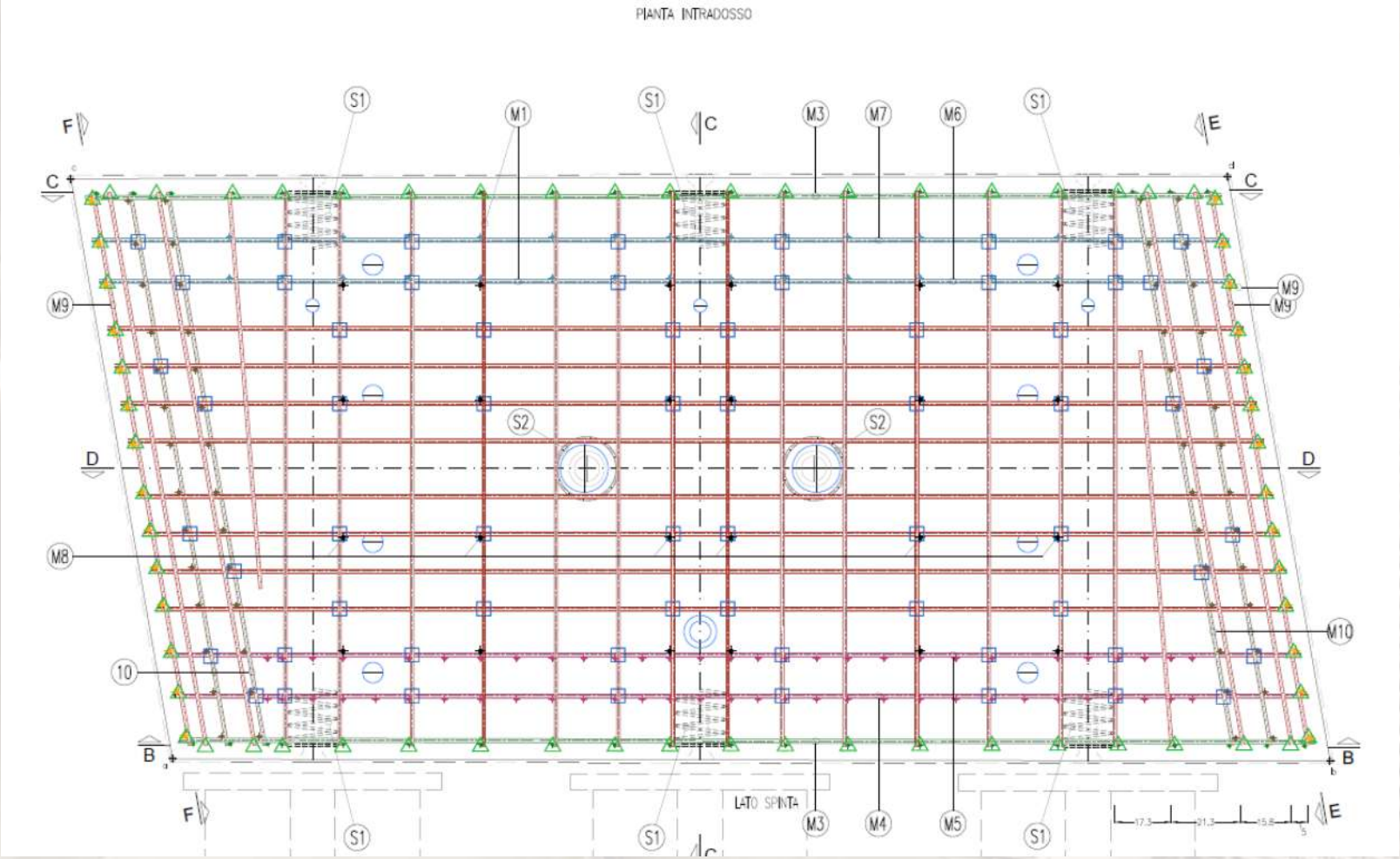


4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Proposta di armatura a gabbie elettrosaldate

Elementi presaldati costituiti da:

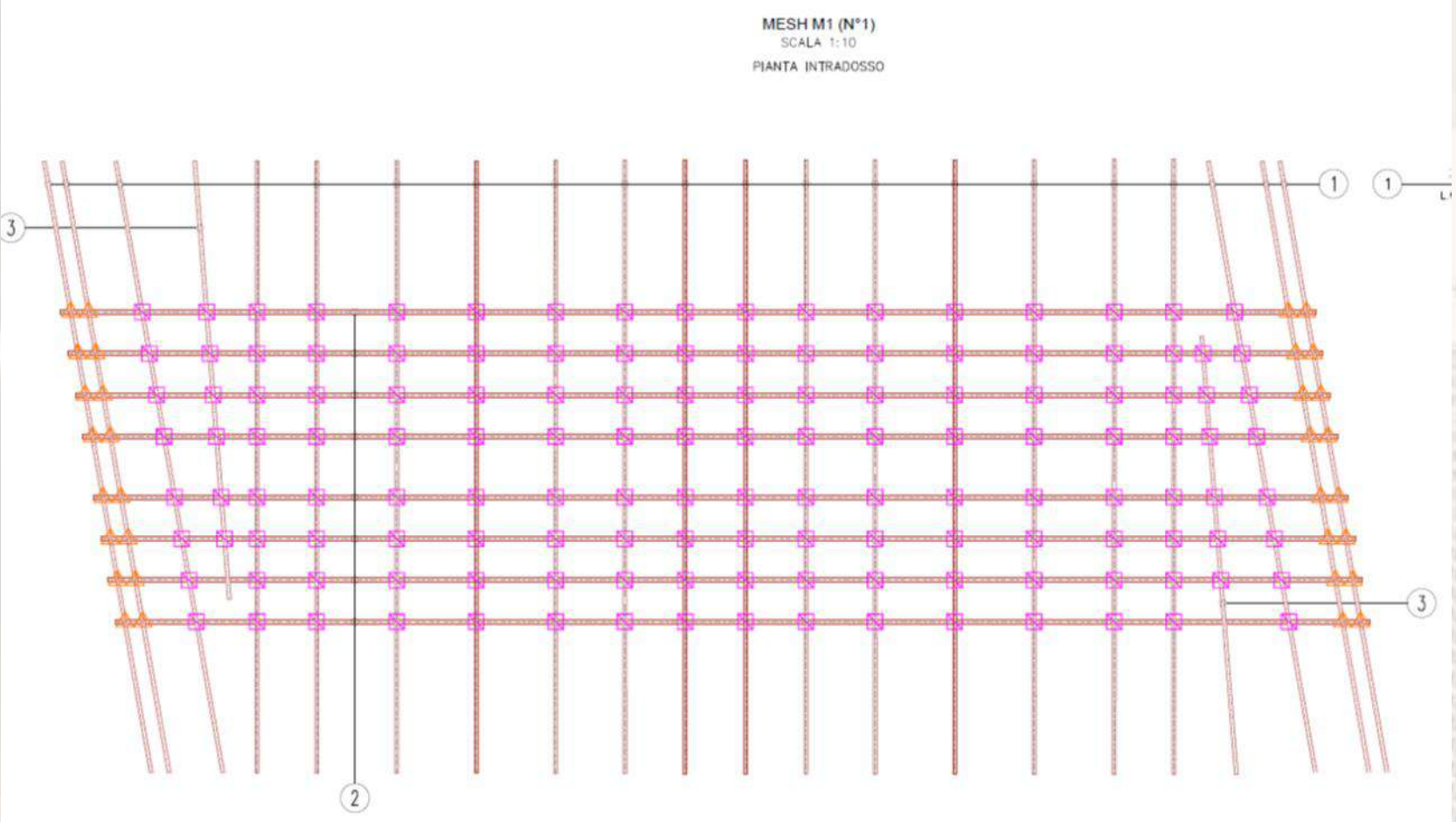
- Maglia elettrosadata caladrata estradosso
- Maglia elettrosadata caladrata intradosso
- Testata curva lato TBM
- Testata curva lato lining
- Scalette curve di frettaggio
- Testate dritte lati corti
- Scalette dritte di frettaggio



4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Gabbie costituite da elementi presaldati :

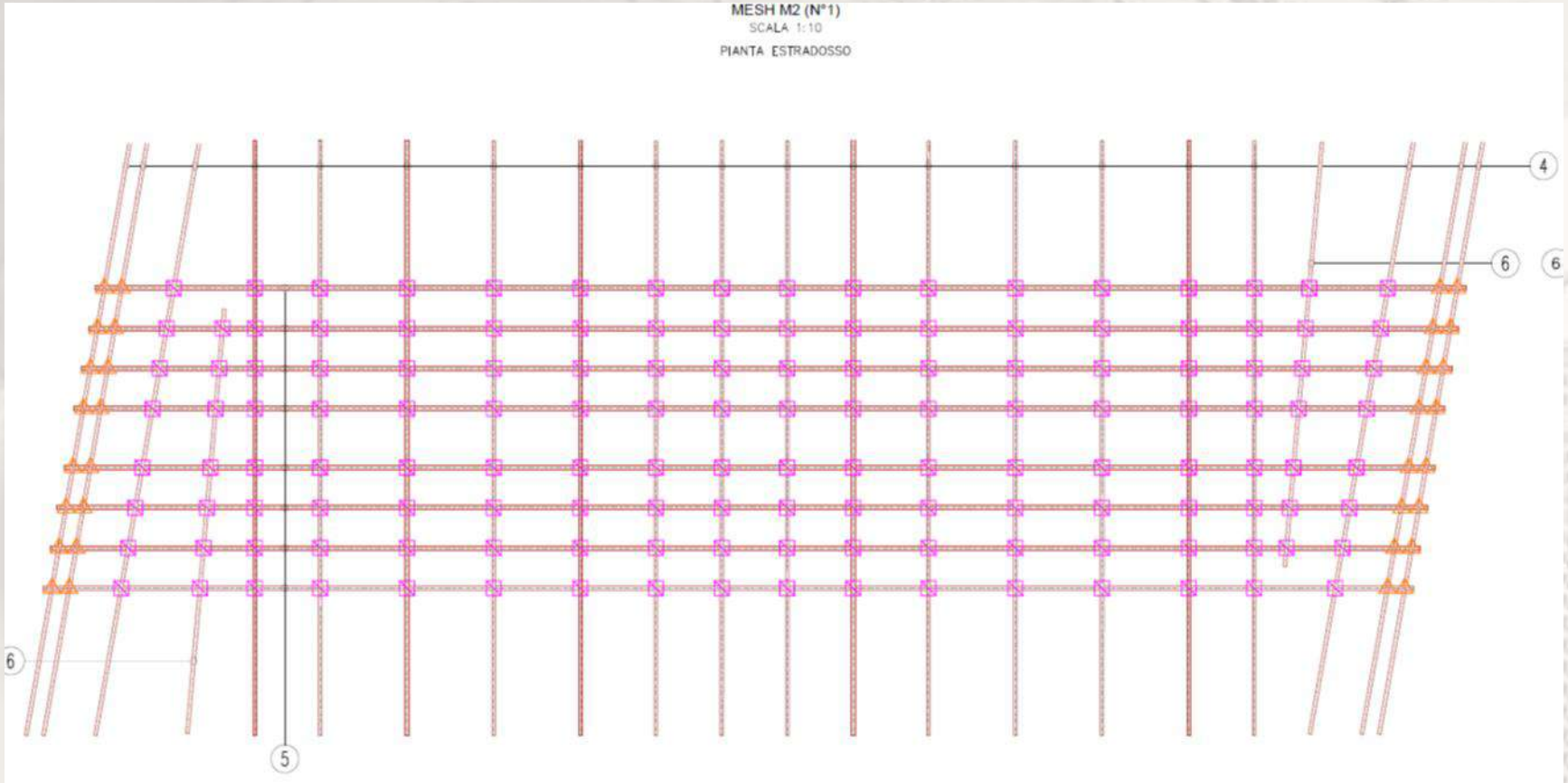
- Maglia elettrosadata caladrata estradosso (M1)



4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Gabbie costituite da elementi presaldati :

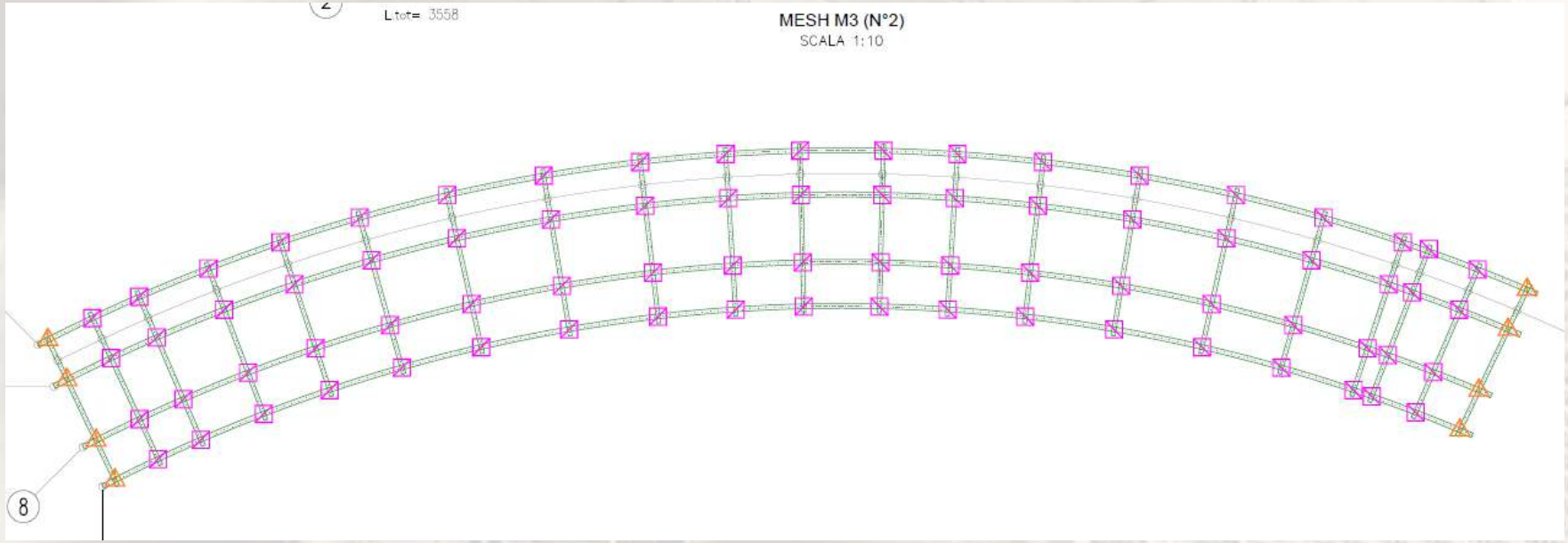
- Maglia elettrosadata caladrata intradosso (M2)



4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Gabbie costituite da elementi presaldati :

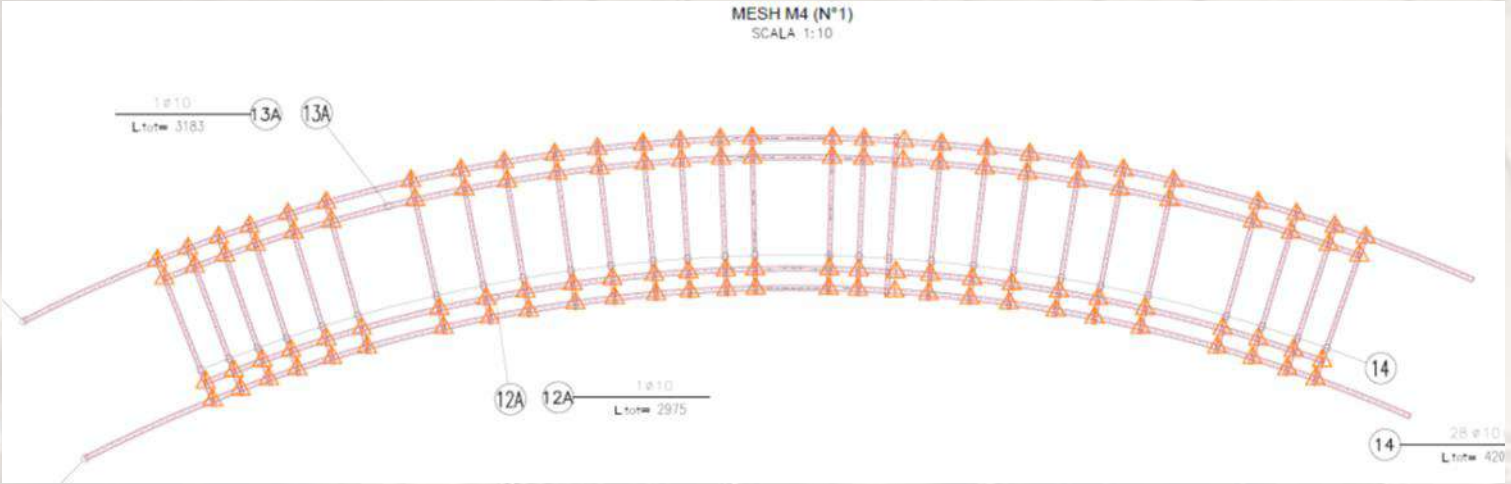
- Testata curva lato TBM (M3)
- Testata curva lato lining (M3)



4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

Gabbie costituite da elementi presaldati :

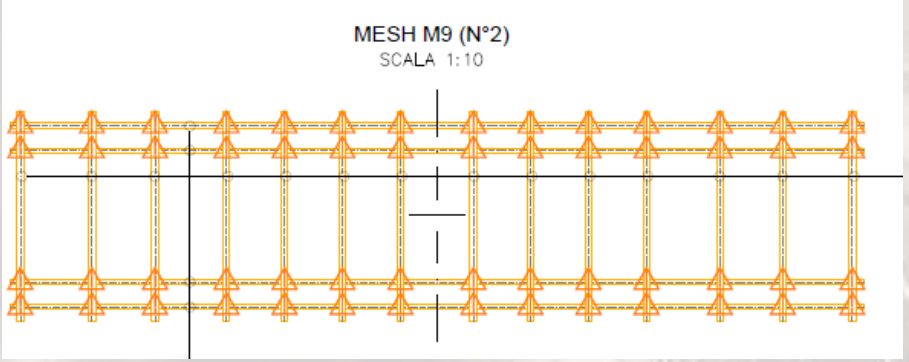
- Scalette curve di frettaggio (M4, M5)



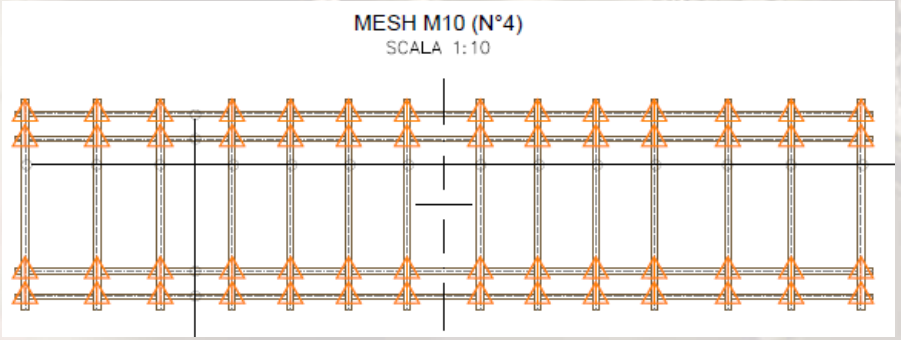
- Scalette curve di frettaggio (M6, M7)

4. PROGETTAZIONE DELLE ARMATURE SALDATE

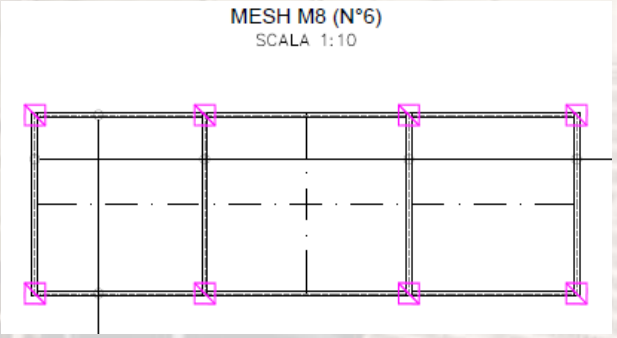
- Testate dritte lati corti (M9)



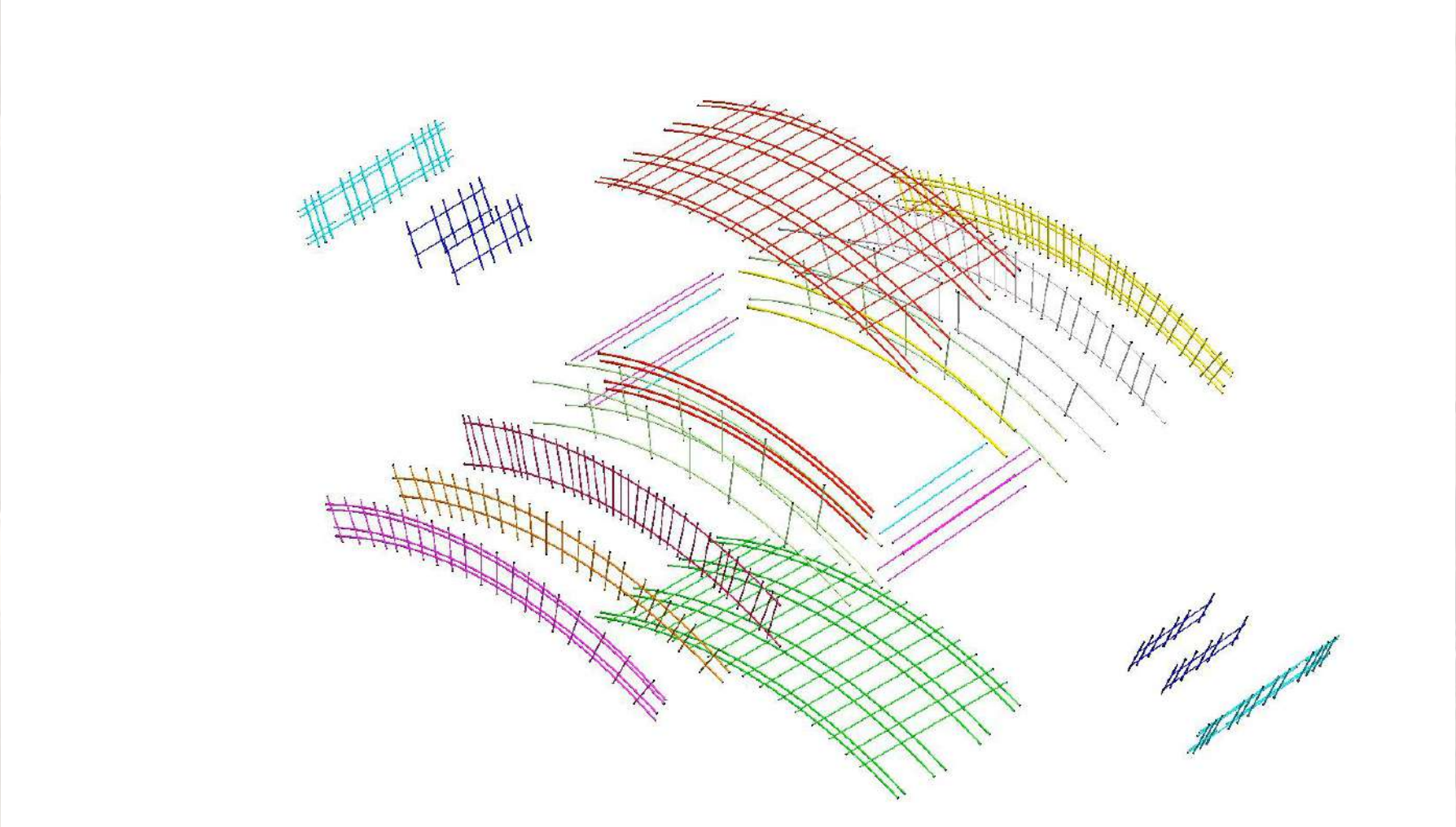
- Scalette dritte di frettaggio (M10)



- Ripartitori (M8)



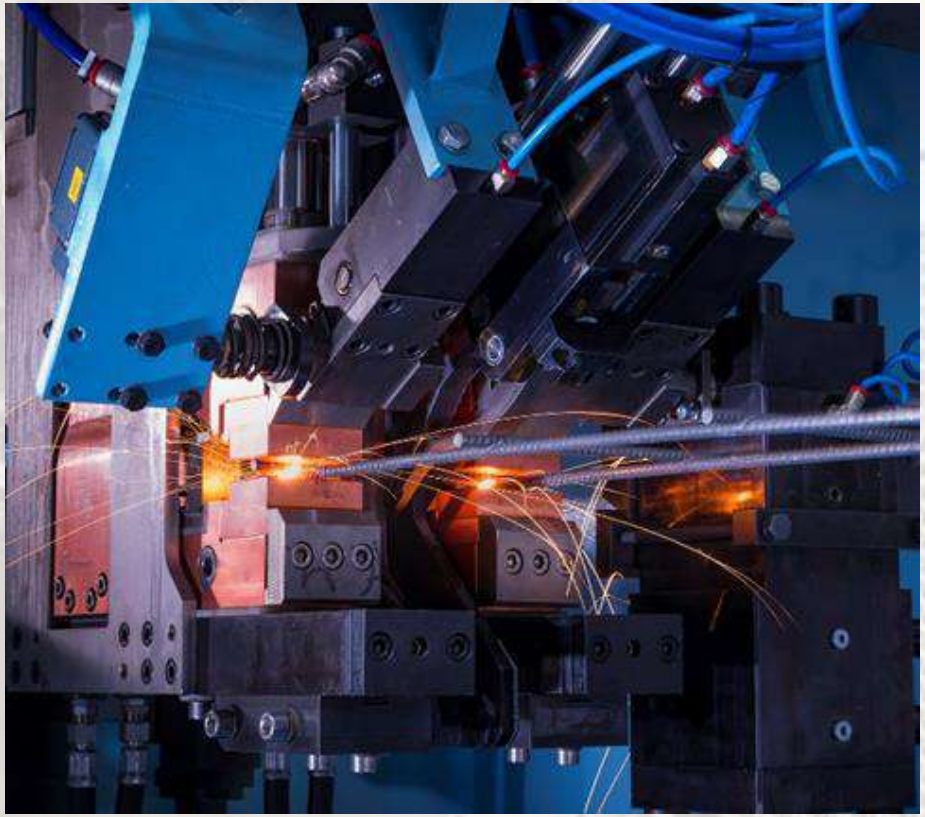
5. Assemblaggio elementi presaldati



6. PROCESSO SALDATURE DI 1^FASE

Gli elementi preassemblati (scalette curve e dritte, reti di intradosso ed estradosso), vengono realizzate da:

- **Impianti completamente automatici** a partire da filo in rotolo,
- permettono di raddrizzare, posizionare, saldare e tagliare a misura il prodotto finito con:
  - **strettissime tolleranze dimensionali**
  - **senza operazioni manuali**.



Processo di saldatura

- Saldatura effettuata sfruttando l'effetto Joule ("saldatura a resistenza") senza altro apporto di materiale.
- I fili da saldare incrociati vengono chiusi tra due elettrodi di rame tramite un cilindro pneumatico.
- Il processo dura pochi decimi di secondo, la tensione sul circuito secondario si può regolare elettronicamente per variare la potenza di saldatura che viene applicata in modo da avere la saldatura ottimale per tutti i diametri dei fili.
- Sistema comunemente usato per la produzione di rete e tralicci elettrosaldati.
- Tecnologia in uso da almeno 70 anni, giunta ad un avanzatissimo stadio di sviluppo ed affidabilità.

6. PROCESSO SALDATURE DI 1^FASE

Controllo qualità di saldatura

- Le macchine sono dotate di controllo automatico della qualità di saldatura.
- Il controllo viene effettuato in questo modo:
  - ogni trasformatore è collegato ad un sistema elettronico che misura la quantità di corrente utilizzata per ciascuna saldatura.
  - Se, durante il normale funzionamento, la corrente non raggiunge un valore predeterminato, la macchina si ferma e genera un allarme consentendo all'operatore di verificare le cause della mancata qualità e sospendendo immediatamente la produzione di elementi non conformi.
  - Il valore di corrente corretto per ogni prodotto viene determinato con prove distruttive su elementi di test e salvato nella memoria della macchina.

.

Il corretto posizionamento dei fili nella macchina è garantito da sistemi controllati da servomotori elettrici a controllo elettronico azionati attraverso una trasmissione derivata dalla tecnologia delle macchine utensili, al fine di garantire la massima ripetibilità e precisione senza la necessità di alcuna operazione manuale.
La precisione del sistema consente la produzione di elementi estremamente accurati sia nel raggio che nel passo tra i fili.

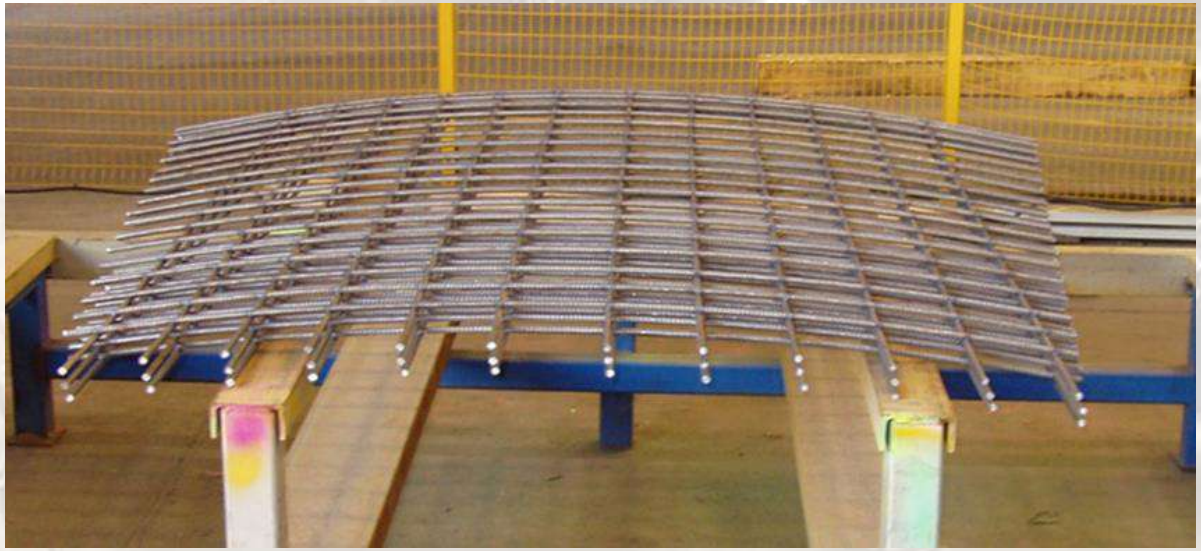
6. PROCESSO SALDATURE DI 1^FASE

Curvatura delle reti di intradosso ed estradosso

Le reti elettrosaldate, prodotte con sistemi automatici, vengono curvate automaticamente da una calandra a controllo elettronico e manipolate da un sistema robotizzato che garantisce la massima precisione di esecuzione.

Le reti elettrosaldate sono prodotte con la corretta dimensione, compresi i lati inclinati, senza sfridi.

.



7. PROCESSO SALDATURE DI 2^FASE

L'assemblaggio degli elementi di armatura pre-saldati puo' essere realizzato all'impianto di prefabbricazione conci, in un'officina dedicata.

L'officina di assemblaggio delle armature è costituita da un capannone organizzato in più postazioni di saldatura attrezzate con una dima d'assemblaggio delle armature.

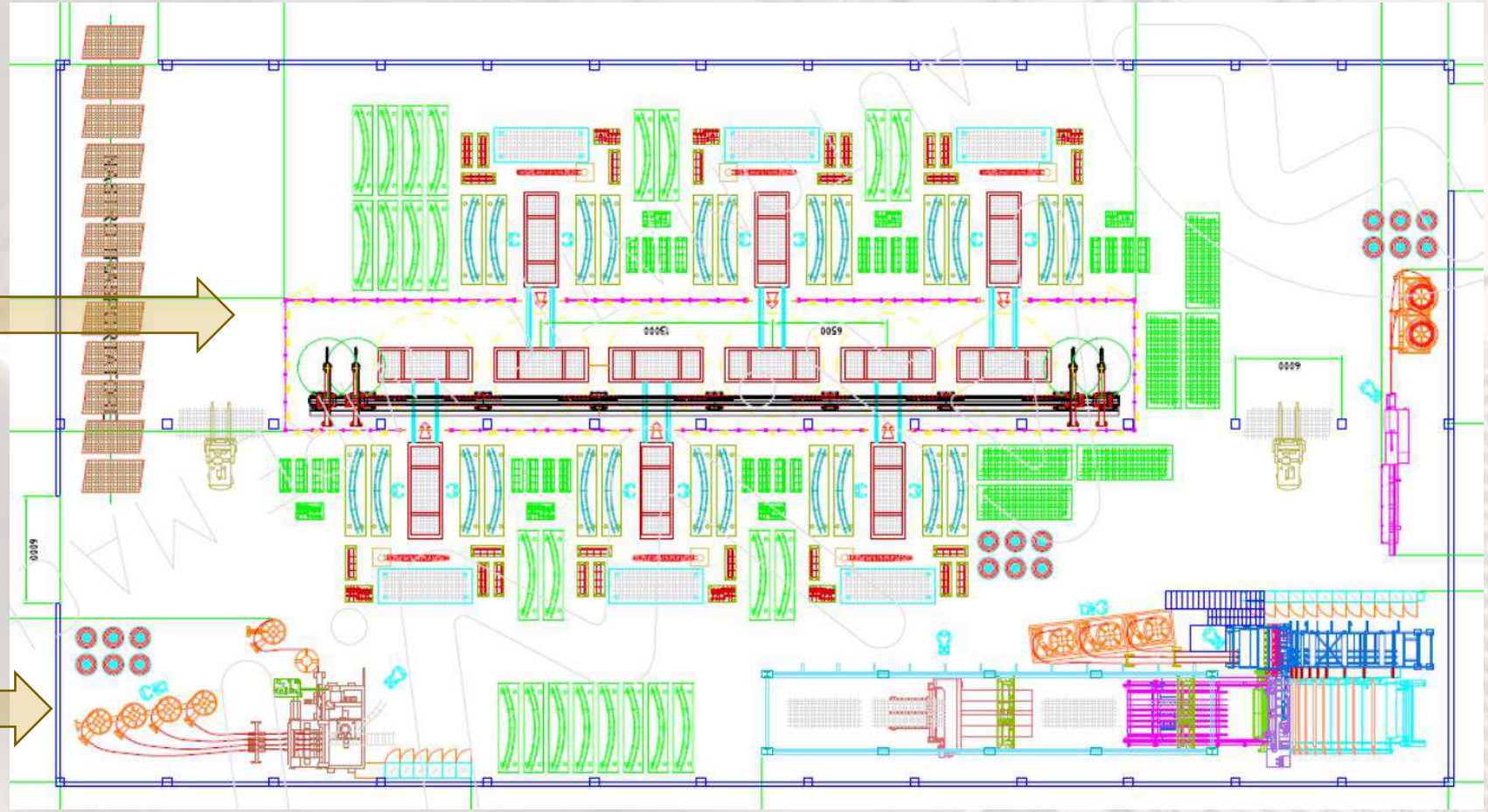
Si puo' prevedere un processo manuale o un processo completamente automatizzato con robot che eseguono tutte le saldature di seconda fase dopo un assemblaggio manuale degli elementi presaldati (maglie e scalette) all'interno di dime opportunamente concepite per mantenere i ferri in posizione per la successiva fase di saldatura.

7. PROCESSO SALDATURE DI 2^FASE - AUTOMAZIONE CON ROBOT

L'officina di assemblaggio delle armature puo' contenere anche le attrezzature per l'esecuzione degli elementi scalette e maglie (saldature di 1^fase).

Saldature di 2^fase

- Assemblaggio elementi presaldati nelle dime
- Traslazione dime nella zona saldature
- Saldature automatizzate con n.4 robot



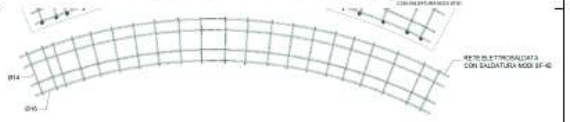
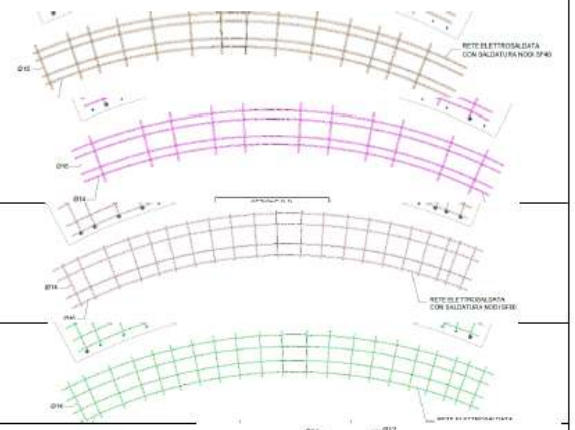
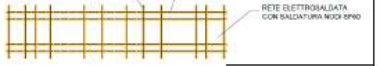
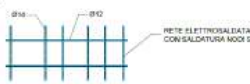
Saldature di 1^ fase

- Saldature a filo delle scalette
- Saldatura a filo delle maglie
- Calandratura delle maglie

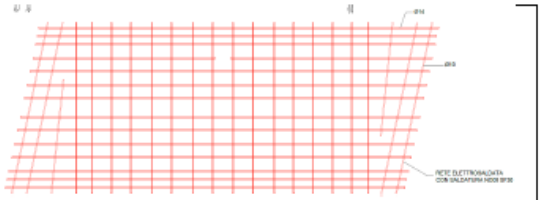
7. PROCESSO SALDATURE DI 2^FASE MANUALE

Le saldature di 2^fase possono essere eseguite anche manualmente con l'assemblaggio elementi presaldati nelle dime e saldatura manuale dei punti previsti a disegno, seguendo una procedura definita in fase preliminare ed approvata dal cliente.

Posizionamento elementi pre-saldati nella dima

1	Posizionare il pannello curvo di intradosso	
2	Posizionare lato fronte scavo l'elemento terminale di parete curva (sez. D-D)	
3	Posizionare lato fronte scavo gli elementi interni di parete curva (sez. F-F; sez. C-C)	
4	Posizionare lato imbocco tunnel l'elemento terminale di parete curva (sez. E-E)	
5	Posizionare lato imbocco tunnel gli elementi interni di parete curva (sez. F-F verde)	
6	Posizionare l'elemento esterno lato corto di destra (sez. H-H)	
7	Posizionale gli elementi interni lato corto di destra (sez. L-L)	

Posizionamento pannello curvo di estradosso

1	Posizionare il pannello curvo di estradosso nella dima	
2	Regolare la posizione del pannello curvo di estradosso	

Saldature estradosso, elementi laterali curvi ed elementi laterali dritti

1	Connessione elemento terminale curvo lato scavo (sez. D-D)/pannello curvo di estradosso: 21 punti (SF60)	
2	Connessione elementi interni curvi lato scavo (sez. F-F e C-C)/pannello curvo di estradosso: 4 punti (SF60)	
3	Connessione l'elemento terminale curvo lato imbocco tunnel (sez. E-E)/pannello curvo di estradosso: 21 punto (SF60)	
4	Connessione elementi interni curvi lato imbocco tunnel (sez. F-F verde)/pannello curvo di estradosso: 5 punti (SF60)	
5	Connessione elemento dritto esterno dx (sez. H-H)/pannello curvo di estradosso: 12 punti (SF60)	
6	Connessione 2 elementi dritti interni dx /pannello curvo di estradosso: 6 punti (sez. L-L)	
7	Connessione elemento dritto esterno sx (sez. H-H)/pannello curvo di estradosso: 12 punti (SF60)	
8	Connessione 2 elementi dritti interni sx /pannello curvo di estradosso: 6 punti (sez. L-L)	
9	Connessione 4 elementi dritti interni /pannello curvo di estradosso: 5 punti (sez. G-G)	

8. ELEMENTI DI VALUTAZIONE

Aumento della produttività.

- Realizzazione delle gabbie tradizionali (taglio e piega) : **90 min/gabbia**
- Realizzazione gabbie saldate (saldature di 2^fase manuali): **45 min/gabbia**
- Realizzazione gabbie saldate (saldature di 2^ fase automatizzate con robot): **30 min/gabbia**

Riduzione delle ore di assemblaggio in fabbrica conci.

Passando dalla realizzazione delle gabbie tradizionali (taglio e piega) alle gabbie saldate si ottiene:

- **Riduzione della m.o. del 25-30%** , (saldature di 2^fase manuali)
- **Riduzione della m.o. del 55-60%** (saldature di 2^ fase automatizzate con robot)

Ottimizzazione peso armature.

Sulla base delle verifiche progettuali effettuate, si ottiene una **riduzione delle armature di circa il 10%**, passando da gabbie tradizionali (taglio e piega) alle gabbie saldate, a parità di caratteristiche di resistenza dell'anello prefabbricato.

8. ELEMENTI DI VALUTAZIONE

In conclusione:

La soluzione proposta presenta vantaggi sia operativi che statici, permettendo di realizzare le armature di conci prefabbricati in modo rapido, industrializzato, semplice e con precisioni operative/standard qualitativi elevati, garantendo maggiore precisione nel montaggio.

GRAZIE