

Note per le slide delle lezioni del corso "Organizzazione della produzione navale".

Cap. 6 – IL CANTIERE NAVALE. IMPIANTI E TECNOLOGIE

Slide 1-5.

Lo scopo di questo capitolo è di analizzare i fattori che determinano l'assetto impiantistico, tecnologico e organizzativo di un Cantiere di costruzione navale.

La gran parte dei Cantieri italiani ed europei ha una lunga storia alle spalle, storia che ne determina e condiziona i punti di forza e di debolezza. Poiché le tecniche costruttive e i prodotti si sono evoluti nel tempo, anche i Cantieri hanno dovuto trasformarsi adeguando le proprie strutture per poter mantenere ed accrescere il livello di potenzialità costruttiva e di posizionamento competitivo nel mercato.

E' utile e istruttivo studiare la storia e l'evoluzione dei Cantieri: è un pezzo di cultura industriale, perché l'assetto di un Cantiere e i suoi cambiamenti nel tempo sono stati frutto di riflessioni e di studi approfonditi da parte di chi aveva la responsabilità di farlo.

Chi come ingegnere di produzione lo sta facendo oggi o si accinge a farlo trae sempre da questa conoscenza utili insegnamenti per la propria attività: una regola semplice ma fondamentale è osservare, studiare e imparare dagli altri chiedendosi come fare meglio.

La storia centenaria del Cantiere di Monfalcone è a questo proposito istruttiva: dalle ragioni e dai criteri con i quali è stato fondato il Cantiere a come si è evoluto negli anni rimanendo sempre un punto di forza delle Società che l'hanno gestito.

Non è e non è stato facile: la costruzione navale è condizionata, come si è già commentato in precedenza, dall'andamento del commercio mondiale come riflesso dell'andamento dell'economia mondiale e quindi alterna inesorabilmente periodi di sviluppo ad altri di crisi, in più soffre di cause specifiche quali la sovraccapacità produttiva e il dumping commerciale di alcuni Paesi produttori.

Già dagli anni 60, con il progressivo spostamento del baricentro della produzione cantieristica mondiale verso il sud-est asiatico, la Comunità Economica Europea cominciò ad emettere delle Direttive per i Paesi membri per indirizzarli ad interventi di ristrutturazione ed anche, negli anni successivi, di ridimensionamento strutturale della capacità produttiva. In quegli anni, era il 1965, fu varato dal *Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE)* il *Piano Caron*¹, che diede luogo alla prima grande ristrutturazione postbellica con la creazione della Società **Italcantieri**, nella quale confluirono i cantieri di proprietà pubblica, i *Cantieri Riuniti dell'Adriatico (CRDA)* con il *Cantiere di Monfalcone*, *l'Ansaldo di Genova* con il *Cantiere di Sestri Ponente*, la *Navalmecanica* di Castellammare di Stabia. Fu anche decretata la dolorosa chiusura del Cantiere San Marco di Trieste che da poco aveva consegnato la nave passeggeri di linea *Raffaello*.

Proprio in quegli anni il cantiere di Monfalcone viene ristrutturato con una nuova linea produttiva (linea grandi Impianti) e un grande bacino per la costruzione di grandi navi da carico avendo in mente un processo di fabbricazione caratterizzato dalla costruzione dello scafo in blocchi prefabbricati di grande peso e dimensione da imbarcare direttamente in bacino per il montaggio della nave: il ciclo produttivo era pensato come un flusso continuo in linea e così era stato pensato il layout del cantiere, linea grandi impianti appunto. Al contempo però, con lungimiranza, le strutture impiantistiche erano state pensate per essere ulteriormente espandibili come capacità impiantistica e produttiva. Ciò era stato possibile proprio per le caratteristiche fondative dei punti di forza del Cantiere, caratteristiche che

¹ Giuseppe Caron, trevisano vissuto quasi tutto il secolo scorso, allora sottosegretario per il Bilancio, fu capo della Commissione interministeriale di studio per i Cantieri navali le cui conclusioni furono recepite dal CIPE nell'ottobre del 1965.

trovate descritte nella **slide 3**, il cui contenuto è tratto da un documento dell'inizio del 1932 dell'allora *Cantiere navale Triestino*².

Come trovate chiaramente scritto, il Cantiere fu costruito nel 1907 in una zona molto vasta e protetta dal mare, il Golfo di Panzano, che avrebbe permesso future espansioni, al centro di importanti vie di comunicazione e vicino alle industrie e al Porto di Trieste, allora porto molto importante, quindi con la possibilità di sviluppare anche le attività di riparazione navale.

Nella foto dell'epoca, **slide 4**, potete constatare la grande estensione del Cantiere ed anche l'insediamento urbano costruito dai Cosulich per le proprie maestranze, il Villaggio di Panzano.

Il layout del Cantiere, **slide 5**, è caratteristico del modello costruttivo di allora, ovvero più linee/scali di costruzione per più navi in contemporanea, officine a terra di lavorazione e foratura delle lamiere e dei profili - allora le navi si costruivano con chiodatura - varie officine per la fabbricazione dei manufatti di allestimento, posizionate vicino alle banchine di allestimento, bacino di carenaggio per attività di riparazione navale, grande parco per i materiali ferrosi alimentato da un raccordo ferroviario collegato alle linee ferroviarie principali per Venezia e per Vienna.

Il Cantiere, in definitiva, si è evoluto e trasformato nel tempo in funzione di nuovi e diversi criteri costruttivi e tipologia di navi, della tecnologia disponibile e del posizionamento della produzione a livello mondiale, come descritto sinteticamente al paragrafo 1. Infatti, dopo l'intervento degli anni '60, altri processi di grande trasformazione sono avvenuti negli anni '90 con l'avvento della produzione di navi passeggeri e negli ultimi 15 anni, con un processo tuttora in corso, di potenziamento della capacità produttiva e di ridisegno del modello produttivo.

Nel corso del capitolo saranno descritte le modifiche delle logiche costruttive intervenute nel tempo, già con una breve sintesi e inquadramento nel par. 1.

Al **par. 2** vengono indicati i parametri che caratterizzano la produzione, le dimensioni e la performance di un Cantiere navale di costruzione, non intesi come elementi definiti per sempre ma invece come valutazioni sottoposte a continua verifica per poter sostenere la costante sfida del miglioramento e dell'efficienza.

I criteri e i requisiti di organizzazione e di evoluzione della struttura produttiva sono esposti nel **3° paragrafo**, con l'intento di spiegare le varie e possibili opzioni e valutazioni che devono essere prese in considerazione.

Se ci poniamo il problema di valutare e di confrontare lo stato dei processi, della tecnologia e della prestazione di un Cantiere rispetto ai cantieri concorrenti, ovvero il suo posizionamento nel mercato, è necessario dotarsi di una metodologia che di solito viene messa a punto da società internazionali di consulenza.

Il **par. 4** illustra l'interessante metodologia adottata da *First Marine International Ltd.(FMI)*³ qualche anno fa per valutare il Cantiere di Monfalcone e viene illustrato un esempio di applicazione della metodologia.

Anche la Comunità Economica ha commissionato studi per poter indirizzare la riorganizzazione dei Cantieri comunitari e la relativa filiera di fornitura verso livelli di

² Il Cantiere fu costruito su iniziativa dei *Fratelli Cosulich*, Armatori in Trieste, che avevano bisogno di nuovo naviglio e non potevano trovarlo facilmente sul mercato, favoriti dalle notevoli sovvenzioni dell'Impero Austro-Ungarico.

³ FMI è una società di consulenza della Royal Haskoning DHV olandese (<http://www.royalhaskoningdhv.com>). Lo studio citato era stato commissionato da Matitech ASE (che sta per: *National Shipbuilding Research Program Advanced Shipbuilding Enterprise*, programma promosso dal Congresso degli Stati Uniti allo scopo di sostenere e promuovere lo sviluppo della cantieristica americana) riguardava, 20 anni fa, il benchmark dei cantieri europei.

competitività superiori e far fronte allo strapotere della cantieristica asiatica. Nello stesso paragrafo si riporta una sintesi di uno di questi studi commissionati dalla C.E. alla *KPMG/FMI*⁴.

Negli anni '90 la cantieristica europea consolidò la propria leadership nella costruzione delle navi passeggeri, in Italia, in Germania, in Francia ed in Finlandia principalmente.

La Commissione europea, d'intesa con *CESA*⁵, mise a punto nel 2002 un'iniziativa comunitaria, **LeaderSHIP 2015**, il cui slogan era: "*Defining the future of the european shipbuilding and shiprepair industry*", quindi un "programma ambizioso avente lo scopo di assicurare una prosperità a lungo termine del settore in un mercato in crescita dinamica".⁶ Il programma individuava "*5 key strategic elements*":

- *Improving leadership in selected maritime market segments;*
- *Continuing to drive and protect innovation;*
- *Strengthening customer focus;*
- *Improving industry structure and implementing a networkdriven operating model;*
- *Emphasising production optimisation and shift towards a knowledge based production.*

Tale programma è stato poi aggiornato nel 2013 in **LeaderSHIP 2020**⁷, individuando le seguenti priorità:

- *Employment and skills*
- *Improving market access and fair market conditions*
- *Access to finance*
- *Research, development and innovation*

Al **par. 5** si illustrano i due strumenti con i quali si sviluppano gli interventi di miglioramento nella prassi gestionale del Cantiere per accrescerne la competitività.

Alcuni esempi e confronti di layout di Cantieri europei che costruiscono navi passeggeri sono riportati al **par. 6**.

Infine, esempi di applicazione dell'automazione e della robotica sono riportati al **par.7**.

Par. 6.1 - Evoluzione degli impianti e della tecnologia

Slide 6-8.

Le 3 slide vanno lette in maniera discorsiva: esse riassumono i concetti espressi in premessa e il contesto socioeconomico attuale nel quale si trova ad operare un Cantiere navale e del quale è necessario tener conto nelle scelte produttive in termini di sostenibilità.

Par. 6.2 - Missione, volume e performance

Slide 9-10.

In un'attività industriale che si confronta nel mercato aperto, come quello della costruzione navale, non è usuale avere condizioni di continuità con volumi produttivi elevati, costanti e per lungo tempo, com'era la situazione della costruzione di navi passeggeri fino

⁴ La KPMG è una rete di società indipendenti internazionali di fornitura di servizi professionali alle imprese; in particolare fornisce servizi di revisione dei bilanci.

⁵ *Community of European Shipyards' Associations*, oggi confluita in *SEA Europe* (ved. cap. 1).

⁶ Se digitate su google: *leadership2015_en* potete scaricare il relativo documento della Commissione europea.

⁷ Il report lo trovate digitando su google: *leadership 2020-final-report_en*.

all'insorgere dell'attuale *pandemia da corona-virus*. Si è quindi di fronte ad un nuovo periodo di incertezza e ci vorrà del tempo per verificarne l'impatto.

Non solo in un processo di riorganizzazione e di ristrutturazione aziendale ci si trova a dover affrontare con periodicità e comunque ad ogni riprevisione della pianificazione strategica i punti elencati nella **slide 9**, se non altro per confermarli, ma soprattutto per intervenire se cambiano le sollecitazioni esterne e se l'andamento interno non è all'altezza della sfida, costituita dal rispetto dei vincoli contrattuali e ambientali e dal raggiungimento degli obiettivi prestazionali.

La **slide 10** esemplifica schematicamente un caso di riorganizzazione della mission produttiva di un cantiere verso la costruzione di navi passeggeri, con gli obiettivi di volume e di performance produttiva da raggiungere a medio termine. Come vedete sono indicati:

- mission: navi da crociera da 50.000 a 80.000 TSL
- volume: 1,5-2 navi/anno
- dimensionamento: ore manodopera e/o TSLC
- performance: in ore manodopera/TSLC e in riduzione del lead time di costruzione

Riutilizzeremo questo esempio al par. 4 per valutare l'*obiettivo di posizionamento* del cantiere a livello internazionale (*benchmark*).

Par. 6.3 – Organizzazione e struttura impiantistica

Slide 11-15.

Nel definire, in base alla mission e al volume di produzione, il modello produttivo e quindi il dimensionamento della struttura organizzativa e impiantistica, si tiene conto in premessa:

- delle scelte di make or buy,
- dei criteri di impiego del lavoro in appalto,
- di indici standard di prestazione del lavoro,
- di rapporto tra lavoro operaio e lavoro impiegatizio per dimensionare la struttura organizzativa,
- di indici di performance degli impianti, indici di performance delle aree produttive e degli spazi logistici, tenendo conto della tipologia e della quantità dei componenti da produrre e degli apparati del prodotto da costruire.

Il modello produttivo del Cantiere, come illustrato nelle **slide 11 e 12**, si è evoluto verso un'attività prevalente di assemblaggio più che di fabbricazione e dove sono ben definite, in termini di *strategia di make or buy*, le competenze interne (*core competences*) da quelle affidate all'esterno, come sintetizzato nella **slide 13**. Dal punto di vista organizzativo questo modello produttivo presenta caratteristiche di grande flessibilità e di semplificazione della complessità organizzativa e operativa.

I valori di riferimento del prodotto/processo produttivo, a fronte del modello descritto, sono esemplificati nella **slide 14**, indicativa della ripartizione di una *nave passeggeri* in termini economici (le prime due torte) e di manodopera.⁸

La **slide 15** si riferisce invece ad un *traghetto passeggeri*: come si vede la consistenza del *carico pagante* è notevolmente inferiore rispetto alla nave passeggeri e cambia molto il mix *make or buy*.

Slide 16-20.

⁸ *m.o.* sta per manodopera e *mat.* per materiali.

La configurazione del Cantiere, il layout, si modifica rispetto al passato e viene ad assumere le caratteristiche descritte nelle **slide 18, 17 e 18** e riassunte nella **slide 19**.

La differenza di maggior evidenza con un Cantiere dedicato alla costruzione di navi mercantili quali cisterne, bulk o container, sta nell'abbondanza di aree logistiche - uffici, mini-officine, aree stoccaggio - dedicate alle attività terze dei fornitori e degli appaltatori e delle relative aree dei servizi (spogliatoi, mense), quest'ultimi necessari non solo per il personale proprio dell'azienda ma anche per quello esterno, di gran lunga prevalente.

Ulteriore specifica caratteristica è la logistica dedicata agli Enti di Classifica e in particolare alla Società armatrice, essendo numeroso il personale dedicato alle ispezioni e, in concomitanza alla consegna nave, notevoli le necessità di addestramento e di alloggio di una parte consistente dell'equipaggio della nave.

L'altro aspetto caratterizzante è l'attenzione alla gestione della sicurezza del personale, molto numeroso e concentrato durante le lavorazioni a bordo, all'integrità di un manufatto, la nave, di elevato valore economico, al rispetto delle norme sul trattamento dei rifiuti (imballaggi, residui di lavorazione, etc.), a causa della gran quantità di materiale di scarto e di liquami da eliminare dopo lo sbarco da bordo.

Slide 20.

Lo schema logico quale layout organizzativo di riferimento di un moderno Cantiere navale dedicato alla costruzione di navi passeggeri è indicato nella **slide 20⁹**.

Il dimensionamento impiantistico delle aree di produzione è determinato, per quanto riguarda principalmente la lavorazione dello scafo, dai seguenti criteri¹⁰:

- la tipologia e il volume delle navi da costruire, delle quali è necessario conoscere le quantità delle parti da costruire all'interno, servendosi della banca dati delle mappe di processo con lo studio di Production Engineering; deve essere quindi definita preliminarmente la dimensione standard o commerciale dei materiali acquistati quali lamiere e profili, scelta in base a più tipologie di navi da costruire (dimensione longitudinale degli anelli nave);
- le ATO nelle quali viene utilizzata una impiantistica automatizzata e/o robotizzata sono ovviamente dimensionate in base alla prestazione del processo tecnologico, quali ad esempio la velocità di taglio, la velocità di saldatura, di manipolazione, di spostamento dei pezzi in lavoro¹¹,
- la turnazione di lavoro su 24 ore, normalmente su 2 turni di lavoro alla capacità massima, con una percentuale di saturazione e di utilizzo degli impianti che può essere assunta pari a 75-85%, in ragione del criterio di affidabilità;
- laddove è prevalente il lavoro manuale si utilizzano indici, in base all'esperienza, riferiti alla quantità di ore di manodopera/tonnellate di prodotto sviluppabili per m² (potenzialità della manodopera per m² di area di lavoro);
- i mezzi di sollevamento e di trasporto sono dimensionati in base alle indicazioni dello studio dei pesi dei manufatti da movimentare, in particolare per i mezzi di

⁹ Questo schema è stato discusso nel cap. 4 in un'altra forma, col nome dei Centri produttivi e delle Officine, delle ATO e delle ATI.

¹⁰ A monte di qualsiasi studio deve essere definito il *modello produttivo* con le scelte di Make or Buy, cioè quello che deve essere il piano di commessa standard di riferimento, in funzione delle potenzialità del contesto industriale ovvero dell'offerta della filiera industriale, avendo valutato la convenienza economica e l'affidabilità delle varie forniture relative a quello che si considera debba essere il *ciclo proprio*.

¹¹ A questo scopo è necessario che chi studia i processi di produzione (con la P.E.) coltivi la conoscenza dell'offerta tecnologica e impiantistica del mercato, i benchmark prestazionali; studi, analisi e valuti quanto viene fatto dai cantieri concorrenti e sia in grado di sviluppare un'attività e un know-how propri di innovazione.

movimentazione e di sollevamento a servizio delle aree di prefabbricazione blocchi, Unità e montaggio in bacino;

- la dimensione del bacino - in lunghezza, larghezza e pescaggio¹² - è scelta usualmente in base alla dimensione delle costruzioni di maggiori dimensioni o un multiplo della stessa, prevedendo in questo caso delle barcaporte intermedie per parzializzare il bacino in concomitanza al varo di una delle navi in costruzione;
- le aree di pre-montaggio sono normalmente ubicate di fianco al bacino ed hanno la stessa dimensione del bacino se non maggiore, asservite possibilmente agli stessi mezzi di sollevamento e di movimentazione;
- per un Cantiere che costruisce navi di dimensioni medie, dell'ordine dei 150-200 m si può optare per il montaggio in piazzale (molto spesso coperto) e non in bacino, e varo per traslazione su barge affondabile o su piattaforma ascensore immergibile (sincrolift)¹³.

Attenzione va dedicata preliminarmente al flusso e alla movimentazione dei manufatti tra le officine e le aree di stoccaggio, al dimensionamento delle aree di stoccaggio coperte e scoperte, ai percorsi delle persone, alle aree di servizio per la nave in banchina per l'imbarco dei materiali e lo sbarco dei materiali di scarto delle lavorazioni (normalmente considerati come rifiuti e quindi trattati con regole e modalità definite e controllate), etc.

Slide 21-22.

Un esempio di dimensionamento organizzativo è rappresentato nella **slide 21**, avendo a riferimento un Cantiere dimensionato come riportato alla **slide 10**, utilizzando appunto indicatori standard, avendo definito l'apporto del lavoro in appalto, per tutti i 3 Centri di produzione¹⁴. Come vedete si fa riferimento alle ore di manodopera come driver del dimensionamento organizzativo.

La **slide 22** è un esempio del dimensionamento di tutte le risorse professionali, operai, diretti ed indiretti, e impiegati, tecnici e amministrativi.¹⁵

Slide 23.

Il layout di un *Cantiere di riparazione navale*, illustrato schematicamente nella **slide 23**, evidenzia differenze marcate con un Cantiere di sola costruzione:

- la presenza di più bacini di carenaggio, anche galleggianti, con mezzi di sollevamento di notevole potenza, in particolare se l'attività è orientata verso la riparazione e il refitting di mezzi offshore quali le piattaforme, che hanno grandi pesi e dimensioni,

¹² Va tenuto presente che un bacino di costruzione ha caratteristiche differenti da un bacino di carenaggio: quest'ultimo deve avere di norma pescaggi superiori perché deve ricevere navi operative che hanno immersioni superiori a quelle di una nave in costruzione al varo; nel contempo la soletta del bacino di carenaggio deve avere resistenza omogenea in tutta la superficie per supportare il peso in chiglia della nave in qualsiasi posizione del bacino.

¹³ E' sicuramente il caso di gran parte delle navi militari e degli Yacht di grandi dimensioni.

¹⁴ Ricordo che, nella consuetudine Fincantieri, *MAS* è il Centro dedicato alla prefabbricazione dei blocchi di scafo, *MTG* e il Centro dedicato al pre-montaggio delle Unità (*MTG/SCA*), al pre-allestimento dei blocchi e all'allestimento anticipato delle Unità (*MTG/ALL*), ai servizi e all'assistenza a bordo (*MTG/ASS*), mentre *BOR* è il Centro dedicato all'allestimento finale e al commissioning con le sue 3 Officine (*APP, FAM, ELE*).

¹⁵ Nella tabellina *PRO*, sta per impiegati tecnici di Produzione (i supervisor delle Officine e del Controllo Produzione), *ALB* sta per impiegati tecnici del Centro Albergo (Supervisor delle attività riguardanti le forniture chiavi in mano delle aree di arredamento), *PLA* sta per impiegati tecnici del Centro Preparazione Lavoro (Ingegneria di dettaglio), *Servizi* sta per impiegati tecnici dedicati agli impianti e alla manutenzione e per gli impiegati degli Uffici Amministrativi e del Personale.

- molteplici banchine di attracco per le lavorazioni di riparazione e di refitting a nave galleggiante;
- punti di appoggio a terra per lavorazioni di allestimento (piccole officine di supporto attrezzate per costruire in emergenza tubi, condotte, etc.
- Officine di scafo in grado di prefabbricare blocchi anche di grande dimensione ma non in grandi volumi,
- Logistica dimensionata sulla presenza concentrata nel tempo di numerose ditte di appalto e di personale della nave e degli Armatori, con magazzini adeguati soprattutto se il Cantiere svolge attività di service per gli Armatori (stoccaggio pezzi di rispetto, etc.).

Par. 6.4 – Piano di miglioramento e piano degli investimenti

Slide 24-25.

Nella gestione dell'attività produttiva di Cantiere, ma vale per qualsiasi azienda, costante deve essere la ricerca e l'azione per incrementare la performance, ridurre i costi e migliorare l'ambiente di lavoro complessivamente. Allo scopo, si interviene nei processi tecnologici con gli investimenti e nell'attività gestionale con azioni di miglioramento. Queste attività vengono di norma dalle aziende pianificate a lungo termine con dei *piani di investimento* e programmate a breve con dei *piani di miglioramento*; è prassi costante, inoltre, come vedremo nel prossimo capitolo, verificare periodicamente e frequentemente l'andamento di questi due piani e se necessario aggiornarli.

Le due slide illustrano in particolare lo scopo degli investimenti e si fa cenno alla valutazione di convenienza economica degli stessi, come vedremo nel prossimo capitolo.

Slide 26-27.

Il circolo virtuoso che si innesca nella *pianificazione degli investimenti* e nella *gestione dei piani di miglioramento* è schematizzato nella **slide 26**. Come si vede ci si confronta sempre con una situazione di partenza, si valorizzano gli interventi e si simula il risultato in termini di *assetto ideale* che porta ad un *conto economico ideale* di Cantiere, individuando così gli obiettivi di medio termine ai quali finalizzare gli interventi.

L'assetto ideale si declina poi in termini organizzativi, tecnologici, logistici e produttivi.

Va osservato che i piani di investimento e di miglioramento agiscono sull'assetto e sul bilancio del Cantiere¹⁶ da un lato e dall'altro sul risultato economico delle commesse lavorate dal Cantiere: questo porta a valorizzare due piani di miglioramento, quello di Cantiere e quello di commessa.

Il *piano di miglioramento di commessa*, elaborato e gestito dal *Project manager* raccoglie anche i piani di miglioramento specifici delle funzioni *Ingegneria ed Acquisti* (i tre processi *primari*).

La **slide 27** riporta un esempio di valorizzazione del piano di miglioramento di Cantiere: ci sono le leve di intervento che realizzano i miglioramenti per effetto delle azioni dovute alla qualità, alla produttività, ai servizi, all'impatto degli investimenti e della migliore pianificazione e programmazione delle attività; ulteriori leve sono la gestione delle aree di lavoro (ATO/ATI), dei materiali e delle prestazioni di terzi, l'addestramento e l'istruzione del personale. Gli obiettivi e le azioni messe in campo hanno diretta influenza sulle voci di costo del Cantiere: questi costi vengono evidenziati in un documento, il ***Planus***, citato nella slide. Vedremo nel prossimo capitolo di che si tratta.

¹⁶ Queste azioni del Cantiere influenzano la "***tariffa di trasformazione***", come sarà definita nel prossimo capitolo 7, che dà la misura della prestazione competitiva del Cantiere.

Par. 6.5 - Best practice, Benchmark e performance

Slide 28-29.

In questo paragrafo si prende in considerazione un metodo condiviso a livello internazionale per valutare le performance e il posizionamento di un Cantiere navale rispetto ai concorrenti.

Come si vede nella **slide 28**, si utilizzano due indici riferiti di norma ad un periodo annuale:

- *l'indice di Produttività* quale rapporto tra le ore lavorate e le TSLC corrispondentemente prodotte,
- *l'indice di Competitività* quale rapporto tra il costo di trasformazione e le TSLC prodotte nel periodo.

Questi indici, calcolati normalmente da società di consulenza specializzata, vanno “presi con le molle”, perché non è semplice ottenere i dati dai Cantieri, per ovvie ragioni di riservatezza, ma anche perché non è facile confrontare omogeneamente, ad esempio, le ore di manodopera impiegate, a causa del fatto che la ripartizione *make or buy* è diversa da cantiere a cantiere e quindi il dato può non essere omogeneo. Con questi limiti, attenuati dall'esperienza di consulenti professionali, i confronti che se ricavano non sono solo indicativi.

Va da sé che la “sentenza finale” viene data dal prezzo che viene riconosciuto dal mercato acquisendo la nave.

La **slide 29** riporta il confronto tra *l'indice di produttività* e un altro indice chiamato *best practice rating*, traducibile in “*parametro di valutazione del processo ottimale*” (che non rende l'idea come il termine inglese, purtroppo). Vedremo nelle prossime slide che questo indice viene valutato in una scala da 1 a 5, avendo a riferimento una tabella che definisce le caratteristiche di ciascun livello della scala stessa.

Faccio notare che questa tabella è il frutto di uno studio condotto dalla Comunità Europea con lo scopo di valutare il gap con i Cantieri asiatici e quindi individuare le linee di intervento a sostegno dei cantieri comunitari, come vedremo alla fine di paragrafo.

E' abbastanza semplice constatare dalla lettura del diagramma che:

- i Cantieri piccoli hanno performance minori,
- i Cantieri con migliore applicazione delle *best practice* nei processi produttivi hanno anche le migliori performance in termini di ore manodopera per TSLC (CGT),
- che i Cantieri più competitivi erano (e tuttora sono, nel segmento mercantile tradizionale) quelli asiatici¹⁷.

Slide 30-31.

La tabella riportata nella **slide 30** da' un'idea del differente valore dei vari tipi di nave in termini di *valore aggiunto di break-even per TSLC*, cioè di costi di trasformazione in equilibrio con i ricavi, avendo detratto i costi esterni (materiali e servizi).

La **slide 31** illustra analogamente il confronto in termini di costo totale (compreso materiali e servizi) per TSLC.

Entrambe le tabelle indicano chiaramente la scala dei valori per tipologia di navi, confermando come le navi passeggeri abbiano un costo 3-4 volte quello di una nave mercantile, mentre il costo unitario di una gasiera sia pari a quello di un traghetto.

All'epoca questi rappresentavano valori di riferimento competitivo (*Valori di Benchmark*): quelli attuali non sono significativamente variati.

¹⁷ Al tempo dell'indagine, il 2002, la cantieristica cinese era agli esordi, quindi non venne valutata.

Par. 6.5.1 - Il metodo di valutazione First Marine International Ltd

Slide 32-34.

Queste slide spiegano il metodo messo a punto da *First Marine International (FMI)* per definire e per valutare il livello di *best practice* di un Cantiere navale: per ciascun livello sono poi definiti dei parametri di valutazione utilizzati dai professionisti di FMI per assegnare un punteggio da 1 a 5; si vedrà tra poco un esempio pratico.

Lo scopo della valutazione (assessment) è di individuare i punti di forza e di debolezza dei processi produttivi di un Cantiere per pianificare un'azione di miglioramento e quindi di efficientamento complessivo dell'azienda.

Le **slide 33 e 34** mostrano le definizioni dei 5 livelli presi a riferimento.

Come si vede il *livello 1* è assegnato a Cantieri tradizionali, poveri di tecnologia e con modelli produttivi adottati in Europa fino ai primi anni '60 del secolo scorso. Il *livello 5* si riferisce a Cantieri fortemente automatizzati e robotizzati con pieno impiego di sistemi CAD/CAM/CAE e con elevati standard di accuratezza esecutiva.

Slide 35-37.

I processi di un'azienda di cantieristica navale usualmente sottoposti a valutazione da parte di FMI sono quelli elencati nella **slide 35**: si tratta di tutti i processi di produzione di scafo e di allestimento, di progettazione e di ingegnerizzazione del prodotto e del processo (P.E.), dell'assetto del cantiere (layout e ambiente), delle risorse umane, della filiera di fornitura e dell'interazione con il mercato (marketing). La slide esemplifica un risultato possibile con un punteggio per ciascun processo.

In effetti lo scopo è misurare lo scostamento di ciascun processo da un benchmark di riferimento del mercato, come rappresentato nella **slide 36** e, di conseguenza, individuare i processi deficitari che richiedono azioni di miglioramento.

Si parte quindi da un *assessment* di partenza, rappresentato nella **slide 37**, per confrontarlo poi nel tempo dopo aver messo in campo le azioni di miglioramento.

Slide 38-41.

Esempi di valutazione (*assessment*) di alcuni processi e sottoprocessi tipici di cantiere sono riportati in queste slide con punteggi da 1 a 5.

Nella **slide 38** viene valutato il processo di prefabbricazione dei blocchi di scafo nelle varie aree di lavoro (ATO), utilizzando la definizione dei livelli vista in precedenza.

La **slide 39** si riferisce alla valutazione dei processi di montaggio dello scafo, della saldatura, dell'allestimento, dei servizi di assistenza a bordo, dell'accesso e delle aree di lavoro, della pitturazione.

La **slide 40** prende in considerazione la preparazione documentale del lavoro, della progettazione, della documentazione di lavoro, della codifica, della P.E., dell'accuratezza e dei metodi di tracciatura e di marcatura.

La **slide 41** riguarda invece la valutazione dell'organizzazione del lavoro, della pianificazione e della programmazione delle attività, del controllo della produzione, degli stoccaggi, dei metodi di calcolo dell'efficienza, del reporting di produzione per il management del Cantiere.

Slide 42-43.

Si introduce il concetto di bilanciamento dei processi tecnologici e operativi, **slide 42**, nel senso di sostenere la necessità di un equilibrio complessivo all'interno del Cantiere.

Il livello tecnologico deve confrontarsi con il contesto industriale nel quale viene ad essere introdotto e deve essere valutato in termini di convenienza economica. Ad esempio, se il costo della manodopera è molto basso, impianti tecnologici sofisticati e costosi molto probabilmente non si giustificano e possono trovare difficoltà ad essere introdotti e impiegati se il livello professionale e la cultura della forza lavoro non è immediatamente adeguata.

Ci deve essere quindi un bilanciamento della tecnologia nel contesto dato del mercato e del Cantiere: la logica di queste considerazioni è riportata nella **slide 43**.

Slide 44.

In sintesi, il metodo di valutazione, dopo aver fatto l'assessment della situazione di partenza serve a confrontarsi con la curva di benchmark che individua il valore ottimale da raggiungere in termini di costo di trasformazione per TSLC per essere competitivi nel mercato, avendo messo in atto mirati piani di investimenti e di miglioramento.

Slide 45.

Un esempio pratico di questa metodica e di questo approccio è rappresentato nella **slide 45** che si riferisce al Cantiere di Monfalcone: viene confrontato il posizionamento iniziale nell'anno 1992 con quello del 2000 in termini di miglioramento della performance, paragonato anche a quello di Cantieri di altri paesi.

Nel 1992 la produzione del Cantiere era mista mercantile/passeggeri, mentre quella del 2000 era completamente dedicata alle navi passeggeri. Questo fatto porterebbe a dire che il confronto non sia omogeneo dato il diverso tipo di produzione: in realtà l'elemento di omogeneizzazione e di compensazione dei dati è il parametro TSLC, che appunto tiene conto della diversa tipologia di naviglio costruito.

Slide 46-49.

Ricordiamoci ora dell'esempio fatto all'inizio nel paragrafo 6.2 e riportato nella **slide 46**: erano fissati la mission, il volume e la performance di partenza e di obiettivo, da 23,5 a 16,5 ore/TSLC. Ricordiamoci anche del peso dei *Supplier* nella costruzione della nave come riportato nella **slide 47** e assumiamo grossolanamente che l'apporto esterno di manodopera sia pari a quello interno¹⁸.

Ora siamo in grado di fare un rapido calcolo, **slide 48**, per verificare che l'obiettivo di miglioramento che il Cantiere si era posto puntava a un posizionamento competitivo con un valore migliore del benchmark, come evidenziato nella **slide 49**. L'esempio qui riportato si riferiva ad un caso concreto...e andò proprio così nella realtà.

Par. 6.5.2 - Le indicazioni dello Studio della C.E. del 1992

Slide 50-54.

Lo studio¹⁹ sullo stato di competitività dei Cantieri comunitari effettuato quasi 30 anni fa dalla Commissione della Comunità Economica, riportato in sintesi in queste slide, contiene delle osservazioni e delle considerazioni tuttora attuali e, dal punto vista metodologico, utili.

Anche qui si prendono in considerazione i processi più importanti di un'azienda cantieristica, **slide 50**; per ciascuno di essi, **slide 51-54**, viene indicato quali sono le caratteristiche e le azioni dei cantieri migliori rispetto a quelli meno competitivi.

¹⁸ Nella realtà è di meno, come si può constatare nella **slide 14**.

¹⁹ Lo trovate digitando su Google: "Report of a study into the competitiveness of European Community shipyards" di KP Marwick – 1992.

Dal punto di vista della strategia e del marketing è meglio puntare e concentrare la propria azione diretta su uno specifico mercato e su Clienti fidelizzati; negli Acquisti si deve puntare alla qualificazione e alla stabilizzazione della filiera di fornitura ricercando anche economie di scala con altri Cantieri, a vantaggio di tutti; la politica delle risorse umane è attenta all'aggiornamento e alla crescita professionale, alla ricerca e all'identificazione dei talenti (*empowerment*), alla flessibilità e alla riconversione professionale (*multi-skilling e re-skilling*); nell'ingegneria, il largo ricorso ai sistemi informatici CAD/CAM/CAE; la grande cura nella pianificazione e programmazione delle attività della produzione e dei sistemi di controllo gestionale informatizzati; in Produzione, la ricerca della saturazione degli impianti e della standardizzazione dei processi di lavoro.

Par. 6.6 – Layout: esempi

Slide 56-59.

Il Layout del *Cantiere di Monfalcone* ha subito nel tempo molte modifiche, dopo il suo riassetto degli anni '60, per assumere la configurazione attuale: come vedete l'iniziale assetto in linea delle aree di produzione, principalmente dello scafo come già detto in precedenza, era dovuto al modello produttivo di quegli anni.

L'attuale modello produttivo invece è basato su aree o *moduli produttivi* non vincolati, quindi c'è il modulo scafo terra per la prefabbricazione dello scafo, **slide 57**, seguito dal modulo per il pre-montaggio, il preallestimento e il montaggio in bacino, **slide 58**, infine il modulo per l'allestimento finale a banchina, **slide 59**: i 3 moduli corrispondono ai 3 centri produttivi.

La tendenza attuale è attuare un outsourcing delle prime lavorazioni di scafo e di tubisteria, creando Centri Servizi esterni controllati, per lo stoccaggio dei materiali ferrosi e le prime lavorazioni di taglio e di prefabbricazione dei sottoassiemi, o per lo stoccaggio e la prefabbricazione dei tubi, riconvertendo le corrispondenti aree interne a lavorazioni di maggior valore aggiunto come l'arredamento o a maggiori esigenze logistiche.

Slide 60.

Il layout del *Cantiere di Ancona*, ristrutturato in anni più recenti, ha la configurazione razionale del cantiere moderno, con i moduli produttivi disposti in parallelo al bacino di costruzione, come indicato nella **slide 60**.

Slide 61.

Il *Cantiere di Sestri Ponente* ha un layout fortemente condizionato dalla sua antica storia. Il layout attuale, **slide 61**, è frutto di notevoli interventi di ristrutturazione: il cantiere infatti aveva tre bacini di costruzione disposti in parallelo, due di questi sono stati coperti e trasformati in area di pre-montaggio razionalmente parallela al residuo bacino più grande. Rimane il portato storico negativo dell'area di prefabbricazione dello scafo ubicato oltre la ferrovia che attraversa il cantiere: è in corso ora un'iniziativa per spostare quest'area a mare, disponendola razionalmente in parallelo alle altre due aree, incrementando anche complessivamente la superficie a disposizione del Cantiere.

Slide 62-64.

Chantiers de l'Atlantique è un grandissimo cantiere francese di proprietà dello Stato francese e in parte minoritaria di Naval Group²⁰. La caratteristica più evidente è il grande bacino di costruzione, (900x63) m, e la grande capacità di sollevamento con una gru a cavalletto da 1400 t, quindi può costruire più navi contemporaneamente o usare l'area del bacino per la fase di pre-montaggio di grandi Unità (di peso quasi doppio rispetto a quelle costruibili a Monfalcone) e quindi ridurre i tempi di costruzione in bacino o costruire navi di grandissime dimensioni, quali navi passeggeri da 220.000 TSL. Si è dedicato anche alla costruzione di gasiere e al service offshore.

Slide 65-71.

Il Gruppo tedesco *Werften*, di proprietà dell'armatore *Genting* di Hong Kong, recentemente si è dedicato alla costruzione di grandi navi passeggeri (204.000 TSL) per conto del proprietario, ha 3 grandi Cantieri ubicati nell'ex-Germania dell'Est, come descritto nella **slide 65**. Le altre slide mostrano i layout dei 3 Cantieri con lavorazioni in buona parte fatte al coperto, in particolare nel Cantiere di Stralsund, **slide 70**.

Slide 72-81.

Il *Cantiere Meyer Werft* di Pappenburg nel Nord della Germania rappresenta sicuramente un assetto esemplare per la razionalità del layout e la concentrazione degli spazi. E' situato su un fiume a qualche decina di km dal mare.

La *caratteristica più significativa* è la costruzione e l'allestimento della nave interamente al coperto in un grande capannone di ca. 500 m di lunghezza e 120 di larghezza che comprende sia il bacino di costruzione che le aree di premontaggio adiacenti e gli uffici e i servizi, come illustrato nelle **slide 74 e 75**.

Si è trattato di investimenti tecnologici molto elevati con le caratteristiche e i vantaggi elencati nella **slide 73**.

Il modello produttivo adottato prevede, *altra specificità del Cantiere*, la concentrazione della prefabbricazione delle parti cilindriche della nave in Cantiere e la fornitura delle parti avviate di poppa e di prora da altri cantieri sociali e/o da cantieri polacchi. Questa scelta ha massimizzato l'utilizzo degli investimenti tecnologici nella prefabbricazione dei grandi pannelli piani dei ponti e dei fasciami unitamente ad una notevole standardizzazione dei componenti.

Notevole è l'applicazione della saldatura automatizzata con il processo laser-ibrido, illustrato nella **slide 76**, nella linea di taglio-prefabbricazione dei pannelli piani, **slide 77**, con la scelta di utilizzare lamiere di dimensione standard da preunire nella prima fase di lavoro della linea pannelli piani.

In adiacenza al bacino, sempre al coperto, viene sviluppata l'attività di premontaggio e di preallestimento delle Unità di montaggio, **slide 78 e 79**.

La **slide 80** mostra l'officina di preallestimento di moduli meccanici e di tubi.

Il layout del Cantiere si completa con altre officine di prefabbricazione blocchi e con l'officina di prefabbricazione tubi. Molto spazio è dedicato alla predisposizione del materiale di allestimento raccolto in package containerizzati.

La **slide 81** illustra una nave nella fase finale di allestimento: il modello produttivo, a differenza di quello adottato nei cantieri Fincantieri, prevede che la nave al varo sia praticamente pronta per effettuare le prove a mare.

²⁰ *Naval Group*, fino al 2017 con il nome di *DCNS*, è un gruppo industriale francese dedicato alla produzione navale militare, per il 75% di proprietà dello Stato francese e per il 25% di Thales (corrispondente in Italia per i sistemi d'arma a Leonardo, ex Finmeccanica). Con Naval Group, nel 2019, Fincantieri ha costituito la società paritetica *Naviris SpA* per porsi assieme sul mercato mondiale dei mezzi navali militari.

Par. 6.7 – Automazione e robotica. Esempi

Slide 82-84.

Gli investimenti tecnologici in meccanizzazione (poi in automazione ed infine in robotica) sono stati realizzati nei Cantieri a partire dalla fine degli anni '50 e primi anni '60, concentrandosi nelle lavorazioni dello scafo e dei tubi, dapprima con il taglio delle lamiere e dei profili e nel taglio meccanico e nella curvatura a macchina dei tubi.

Le **slide 82, 83, 84** descrivono l'evoluzione tecnologica avvenuta e i relativi campi di applicazione nei Cantieri.

La spinta è partita dalla Produzione con lo scopo di aumentare efficienza e produttività del lavoro in concomitanza a grandi ristrutturazioni operando il passaggio dal Cantiere tradizionale al Cantiere industrializzato moderno.

Con l'avvento della prefabbricazione, l'applicazione della *Group Technology* e degli studi di Production Engineering, con il trasferimento a terra in officina delle lavorazioni dello scafo, si sono create le condizioni per l'applicazione graduale della tecnologia.

Nella lavorazione dello scafo lo sviluppo del piano di costruzione veniva fatto in grandi *sale tracciate* in scala 1:1; il *rilevato* veniva quindi tracciato sulle lamiere o su sagome utilizzate nelle prime macchine da taglio ossiacetilenico, chiamate *pantografi*, appunto perché erano dotate di un meccanismo di copiatura della sagoma e trasferimento con pantografo al movimento del cannello di taglio; successivamente furono introdotti nei pantografi i lettori ottici che seguivano la traccia degli schemi di taglio riportati su disegni in scala 1:10. In parallelo si sviluppò la capacità di disegnare il piano di costruzione con il computer (CAD) e quindi di estrarre le informazioni (CAM)²¹ da trasferire alle macchine da taglio a C.N. (controllo numerico), dapprima su nastro perforato, poi su compact disk, oggi direttamente on-line (*macchine a CNC, Computer Numerical Control*).

Uno sviluppo analogo venne introdotto nelle macchine a C.N. per la curvatura automatica dei tubi, assistita da sistemi CAD/CAM idonei a gestire forma, lavorazione e caratteristiche tecniche dei tubi dagli schemi funzionali ai disegni costruttivi.

Con lo sviluppo sempre più sofisticato dei sistemi CAD/CAM si creano le premesse e si supporta l'applicazione, negli anni '70, dell'automazione dedicata nell'area della prefabbricazione dello scafo e successivamente, negli anni '80, della robotica.

L'automazione si concentra principalmente nel processo di saldatura, oltre che in quello di taglio²², successivamente in quello di manipolazione/assiemeaggio dei pezzi e di movimentazione dei prefabbricati di scafo.²³

Le prime applicazioni della robotica, sul finire degli anni '80, riguardano la saldatura con procedimento MIG/MAG²⁴ a filo continuo, procedimento che, per la sua maggiore efficienza, in applicazioni semiautomatiche, aveva progressivamente sostituito la saldatura manuale con elettrodo.

L'impiego dei robot al tempo era ostacolato da due fattori non trascurabili:

- dovendo operare su manufatti di grandi dimensioni, i robot antropomorfi (a braccio flessibile con 5-6 assi di movimento) che portavano la torcia di saldatura dovevano essere

²¹ CAD: Computer Aided Design; CAM: Computer Aided Manufacturing.

²² Dal taglio ossiacetilenico si passa al taglio al plasma e al taglio laser.

²³ Nei grandi cantieri giapponesi già negli anni '60 vengono introdotte linee meccanizzate per la formazione e la saldatura ad arco sommerso dei pannelli piani dei fasciami retti, delle paratie e dei ponti delle navi da carico.

²⁴ E' la saldatura a filo continuo con protezione gassosa, con gas inerte (Metal Inert Gas), come l'argon, con gas attivo (Metal Active Gas), come la CO₂.

installati su grandi portali che assicuravano il movimento cartesiano, su 3 assi integrati con quelli del robot, per grandi spostamenti: ne conseguiva un elevato costo impiantistico che non rendeva conveniente l'investimento;

- la programmazione on-line del robot richiedeva molto tempo, non essendo ripetitiva come nella produzione di serie (ad esempio quella automobilistica), dovendo operare su oggetti poco ripetitivi e di forma diversa e con larghe tolleranze dimensionali²⁵.

Il primo problema è stato attenuato nel tempo installando più robot su un solo portale, scontando però una programmazione più sofisticata dei movimenti integrati dei robot.

Il secondo problema fu superato negli anni con l'implementazione dei sistemi di programmazione simulativa off-line e quindi con l'integrazione delle informazioni CAD della geometria e della giacitura dei pezzi con il CAM di programmazione del robot: di fatto il tempo di programmazione è esterno all'impiego del robot, il quale può quindi lavorare senza tempi di attesa dovuti alla programmazione di ciclo.

Le applicazioni più frequenti della robotica riguardano la prefabbricazione dei sottoassiemi e dei blocchi.

Slide 85.

Nelle slide che seguono vengono illustrati alcuni esempi di impianti meccanizzati con livelli "convenzionali" di automazione.

La **slide 85** è un esempio di linea di trattamento superficiale delle lamiere e dei profili; essa è collocata di norma tra il parco dei materiali ferrosi e l'officina dedicata al taglio e alla curvatura delle lamiere e dei profili, alla quale segue la prefabbricazione dei blocchi di scafo.

Questo tipo di linea trovava giustificazione nel passato quando il materiale veniva approvvigionato al grezzo e i tempi di stoccaggio erano molto lunghi con il pericolo di superare il tempo di decadenza dell'eventuale trattamento di "primerizzazione".²⁶ La tendenza attuale dei Cantieri è di approvvigionarsi di materiale già sabbiato e primerizzato direttamente dal fornitore o da un centro servizi esterno che si occupa anche dello stoccaggio temporaneo prima della lavorazione.

La linea trattamento illustrata nella slide è essenzialmente costituita da una rulliera per l'alimentazione del materiale dal parco e per la disalimentazione verso le altre aree di lavoro; il trattamento prevede macchinari dedicati per pulizia, asciugatura e sabbiatura, seguito dalla fase di pitturazione/asciugatura e di marcatura dei pezzi.

Seguendo l'illustrazione della slide, la sequenza delle fasi da sinistra in ingresso a destra in scarico è la seguente: caricamento (*loading*), pulizia (*brushing*), preriscaldamento/asciugatura (*pre-heating*), sabbiatura con graniglia (*shotblasting*), pitturazione (*painting*), essiccazione (*drying*), marcatura (*marking*), scarico (*unloading*). Le foto nella slide si riferiscono a ai macchinari e ai dispositivi citati.

Poiché il trattamento produce dei fumi inquinanti, questi impianti devono essere dotati di dispositivi di trattamento dei fumi certificati dal punto di vista ambientale.

Slide 86-88

La linea di prefabbricazione pannelli piani (*Panel line*) è una delle aree di più antica meccanizzazione e automazione nella cantieristica: è anche l'area con maggiore consistenza

²⁵ La tolleranza dimensionale dei pezzi, che in cantieristica è dell'ordine dei mm e talvolta dei cm richiede che il robot sia dotato di dispositivi sofisticati di inseguimento del giunto da saldare; nelle prime applicazioni l'affidabilità era scarsa.

²⁶ La primerizzazione è l'applicazione del primer ovvero di una pittura antiruggine compatibile con la successiva applicazione del ciclo di pittura. Normalmente il periodo di decadenza non supera i 6 mesi e quindi entro tale tempo è necessario applicare il ciclo previsto. Lo spessore del primer non supera i 15-25 micron per evitare difettosità nella successiva lavorazione di saldatura.

nella prefabbricazione dello scafo²⁷, assieme alla successiva linea prefabbricazione blocchi piani.

Un pannello piano, di ponte o di fasciame, può essere costituito da 5-10 lamiere e 30-40 profili longitudinali e può avere una dimensione nel senso longitudinale nave di 15-20m²⁸ ed una larghezza superiore ai 30 m.

Ciascuna stazione di lavoro deve avere quindi una lunghezza pari alla larghezza del pannello ed una larghezza pari alla sua lunghezza.

Se analizziamo la **slide 86** individuiamo le seguenti stazioni di lavoro:

1. preparazione dei giunti e assiemaggio delle lamiere di base con saldatura (*plate welding*) che di norma è del tipo one-side ad arco sommerso o MIG/MAG o ibrido MIG/Laser,²⁹
2. montaggio e saldatura dei profili (*stiffeners fitting and welding*); tra questa stazione e la precedente e quella successiva c'è la possibilità di ruotare il pannello in caso di necessità,
3. montaggio e saldatura di bagli e anguille (*web fitting and welding*) con portali di servizio in assistenza alla saldatura semiautomatica,
4. stazione di sollevamento per l'inserimento di un carrello trasportatore.

Nelle linee "tradizionali", come quella illustrata, c'è una stazione per il montaggio dei profili e una stazione per la saldatura. Nelle linee più recenti la stazione è unica con un impianto che esegue il ciclo completo di montaggio e saldatura dei profili, con l'impiego del processo laser ibrido che descriveremo più avanti.

Nella stazione di saldatura bagli e anguille si impiega invece uno o più portali con più robot di saldatura con procedimento di saldatura MIG/MAG.

Nelle linee più complete, dopo la stazione di assiemaggio delle lamiere e prima di quella di sistemazione dei longitudinali, è interposto un impianto, illustrato nella **slide 88**, che esegue il taglio perimetrale del pannello, la tracciatura della posizione dei profili e l'asporto del primer in corrispondenza del profilo per evitare difettosità nella saldatura della base del profilo stesso (il primer causa difettosità).

La **slide 88** illustra un tipico portale (*gantry*) di servizio che porta gli impianti per la saldatura semiautomatica di bagli e anguille.

Slide 89-90.

Queste slide mostrano alcuni tipici impianti di Cantiere. Nella **slide 89** si vede una macchina curvatubi automatica, una calandratrice tipicamente per la curvatura del ginocchio del fasciame, due macchine per il taglio delle lamiere.

Nella **slide 90** si vedono delle macchine per la saldatura e il taglio di tubi di grande diametro.

Slide 91-93.

In queste slide vediamo delle tipiche applicazioni per l'impiego dei robot. La **slide 91** mostra la configurazione più consueta di un impianto con robot con torcia, appeso ad un portale per la saldatura dei bagli di un pannello.³⁰

²⁷ Per una nave passeggeri di grandi dimensioni i blocchi prefabbricati dello scafo sono circa 1000 e i pannelli piani sono non meno di 400.

²⁸ Questa dimensione condiziona anche la larghezza della linea pannelli piani che può quindi essere di 15-20 m.

²⁹ Il processo ad arco sommerso è impiegato prevalentemente in linee per pannelli di spessore ≥ 15 mm; per spessori inferiori sono preferibili gli altri due processi citati. Poiché in prevalenza i pannelli delle navi passeggeri hanno spessori 4-12 mm è consigliabile non impiegare il processo ad arco sommerso, il cui apporto di calore induce eccessive deformazioni e distorsioni del pannello stesso difficilmente eliminabili.

La **slide 92**: alcuni esempi di processi tecnologici di taglio al plasma, di pallettizzazione, di impianto di saldatura pannelli con laser ibrido.

La **slide 93**: una moderna applicazione con un portale robotizzato con due robot per la saldatura dei rinforzi di una linea pannelli.

Slide 94-95.

L'impiego della tecnologia laser nei Cantieri navali data dagli anni '90, dapprima nell'area del taglio lamiera, per la flessibilità d'impiego e velocità di taglio di più tipi di materiali, poi in quello della saldatura dei pannelli composti da lamiera sottili.

Nella costruzione di navi passeggeri la gran parte dei pannelli piani di scafo ha spessore 4-6 mm e l'impiego nelle linee pannelli di procedimenti di saldatura testa/testa one-side³¹ ad arco sommerso (*SAW, Submerged Arc Welding*) o *MIG/MAG* creano, per l'eccessivo apporto termico in particolare nel processo ad arco sommerso, deformazioni trasversali e soprattutto longitudinali (nel senso del giunto)³² non accettabili, che comportano una costosa post-lavorazione di raddrizzatura.

L'applicazione del laser si giustifica per la velocità di esecuzione, per il ridotto apporto termico con una zona termicamente affetta del giunto saldato molto contenuta, con il risultato di azzerare praticamente il problema della deformazione dei pannelli.

Le prime applicazioni con laser autogeno senza apporto di materiale presentavano difficoltà non trascurabili sia dal punto di vista delle caratteristiche tecnologiche del giunto (fragilità, insufficiente resilienza) che per la richiesta precisione di preparazione dei lembi del giunto da saldare.³³ La correzione di questi inconvenienti, che non rendevano possibile l'impiego della tecnologia nell'ambiente reale del Cantiere, fu aggiungere materiale d'apporto a filo continuo per ottenere le volute caratteristiche tecnologiche del giunto e la preparazione dei lembi da saldare delle lamiera con taglio meccanico con fresa; tuttavia il grado di affidabilità del sistema e le notevoli potenze richieste dal tipo di laser impiegato³⁴, quindi l'alto costo dell'investimento ed il grande consumo di energia (il rendimento della fonte laser era molto basso all'inizio, ca. 10%) non rendevano conveniente l'impiego della tecnologia.

La soluzione si è trovata con un'attività di ricerca che ha introdotto un processo di saldatura ibrido affiancando il laser al processo *MIG/MAG*, con una riduzione delle potenze richieste alla fonte laser e ottenendo la somma dei vantaggi offerti dai due processi, ovvero l'affidabilità del processo *MIG/MAG*, la velocità di esecuzione e l'assenza di deformazioni del processo laser (apporto di calore zona termicamente affetta ridotti).

³⁰ La proiezione in rosso che si vede è il sistema di visione con telecamera impiegato dal robot come sistema di guida.

³¹ Il processo di saldatura one-side prevede la saldatura da un lato solo, senza ribaltamento e ripresa dal lato opposto del giunto saldato, con l'impiego di un supporto (*backing*) metallico o ceramico al piede del giunto che assicura la corretta deposizione del cordone di saldatura.

³² Nel senso longitudinale si genera un accorciamento del giunto che provoca un fenomeno di "buckling", ovvero una deformazione scivertata dei lembi terminali delle lamiera saldate, deformazione che per essere corretta richiede secondo la buona pratica il taglio della parte terminale del giunto, la raddrizzatura e il ripristino della saldatura, quindi rilavorazioni manuali.

³³ La saldatura laser di questo tipo richiede precisioni dell'ordine di 0,2-0,3 mm, non raggiungibili con i tradizionali sistemi di taglio (ossitaglio, taglio al plasma) dei Cantieri.

³⁴ Normalmente si impiega il laser ad anidride carbonica con potenze di ca. 1 kW per ogni mm di spessore dei giunti da saldare: in definitiva servivano potenze di 15 kW per saldare spessori fino 12-15mm, con potenze almeno 15 volte superiori nel generatore.

La **slide 94** mostra la configurazione delle teste di saldatura: la torcia MIG o MAG fa da apripista e il raggio laser assicura la penetrazione della saldatura del giunto. Questa accoppiata lavora bene con una sola *passata* (un solo cordone di saldatura) per spessori ≤ 10 mm; per spessori superiori (pannelli di fasciame e del doppio fondo) è necessario aggiungere un ulteriore gruppo di saldatura con la funzione di completare il riempimento del giunto in saldatura: sono le due torce, a destra della slide, chiamate MAG/Tandem perché operano in contemporanea con le torce ibride.

La **slide 95** evidenzia il confronto delle “macro” (sezione trasversale del giunto con la zona termicamente affetta) dei diversi processi di saldatura con le quali si possono apprezzare le differenze significative tra il processo MIG/MAG e i processi con laser e con laser ibrido. Nella slide è riportata anche la scheda WPS (*Welding Process Specification*) che contiene i parametri omologati³⁵ del processo.

³⁵ L'omologazione è la certificazione del processo di saldatura e del relativo impianto emessa dal Registro navale, come per tutti i procedimenti di saldatura impiegati nel Cantiere.