UNIVERSITÀ DI PARMA
ARCHIVIO DELLA RICERCA

University of Parma Research Repository

Lineamenti di gestione della produzione industriale

This is a pre print version of the following article:

Original
Lineamenti di gestione della produzione industriale / Consiglieri, Claudio. - (2011).

Availability:
This version is available at: 11381/2380591 since: 2015-02-17T10:21:55Z

Publisher:
MUP-MONTE UNIVERSITA' PARMA EDITORE

Published
DOI:

Terms of use:

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available

Publisher copyright

note finali coverpage

(Article begins on next page)

19 April 2024

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 LA PRODUZIONE COME SISTEMA COMPLESSO 7

2.1 **Informazioni introduttive 7**

2.2 **Sistemi e sottosistemi 10**

2.3 **Sistema e informazione. 12**

2.4 **Sistemi e multifinalità. 13**

2.5 **Gerarchia delle variabili. 14**

2.6 **Vincoli e contingenze 16**

3 ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE 19

3.1 **La scelta del processo di produzione 20**

3.2 **Le attività di supporto 27**

3.3 **I problemi della produzione 28**

4 EVOLUZIONE DELL'IMPRESA NEL XX SECOLO 31

4.1 **Esigenza di una produzione flessibile 31**

4.2 **L'automazione dei processi industriali 37**

4.3 **Innovazione tecnologica e gestionale. 42**

4.4 **Un concetto globale di automazione 43**

4.5 **L'integrazione 45**

4.6 **Computer Integrated Manufactoring - CIM 46**

5 PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE 53

5.1 **La produzione nell'industria di processo 54**

5.2 **Il piano generale di produzione 56**

5.3 **La pianificazione dei materiali** **60**

5.4 **La pianificazione della capacità produttiva** **63**

5.5 **Come si controlla la produzione** **65**

5.6 **Produzione a flusso** **67**

5.7 **Il sistema J.i.T.** **68**

5.8 **MRP II e JiT a confronto** **69**

5.9 **I sistemi di controllo della produzione** **71**

6 LA GESTIONE DEI MATERIALI **77**

6.1 **La funzione delle scorte e i tipi di scorta** **79**

6.2 **La gestione delle scorte** **81**

6.3 **L'approvvigionamento** **83**

7 DALLA PRODUZIONE TRADIZIONALE ALLA "*OPEN*" E " *TRASPARENT FACTORY*" **85**

7.1 **Innovazione e crescita economica dell' azienda.** **85**

7.2 **Ostacoli alla crescita.** **87**

7.3 **L'innovazione e crescita economica.** **90**

7.4 **Il problema dell'automazione e l'approccio CIM** **96**

7.5 **CIM: Computer Integrated Manufacturing** **97**

7.6 **PLC: Struttura e funzionamento.** **98**

7.7 **Il modello a piramide della fabbrica tradizionale.** **102**

7.8 **Architettura di un sistema di controllo** **106**

7.9 **Rete MAP** **108**

7.10 **La Open Factory livella la gerarchia piramidale.** **110**

8 BIBLIOGRAFIA **115**

1 INTRODUZIONE

Il panorama dei sistemi socio-tecnici é in costante mutamento: l'evoluzione delle tecniche dipende fortemente dallo sviluppo delle scienze di base, e presenta un andamento sostanzialmente esponenziale. Ciò che é più interessante é il modo in cui lo sviluppo di settori particolari delle scienze s'integra con l'evoluzione delle applicazioni e soprattutto con l'integrazione verticale ed orizzontale dei processi produttivi. L'innovazione di prodotto, di processo e di mercato, la ricerca di prodotti a "qualità totale" ed ecocompatibili, il rapido invecchiamento delle tecnologie e dei prodotti, la mondializzazione dei mercati vanno di pari passo con l'impatto informatico, l'iter programmato dei processi decisionali, l'analisi organizzativa della produzione, il cambiamento dei sistemi di controllo e retroazione, i ricuperi di efficienza, i risparmi energetici, l'igiene e la sicurezza ambientale.

Il testo intende facilitare quello che gli esperti di management chiamano "approccio sintetico ai problemi emergenti", che nel campo degli studi sui cicli di produzione é il risultato di apporti concettuali ed esperienze sul campo, un approccio diverso da quello che, normalmente s'intende come "teoria e pratica delle decisioni direzionali di Azienda": le decisioni sono studiate non come sequenze sconnesse puntuali, ma come "processi dinamici in interazione fra loro, per il conseguimento di obiettivi programmati".

Sono ormai parecchi anni che la cosiddetta "rivoluzione sistemica" ha coinvolto la scienza economica in generale e le scienze aziendali in particolare. La conseguenza più interessante del nuovo indirizzo, nell'ambito di queste ultime, è il sorgere di un modo di pensare l'azienda non soltanto come insieme di funzioni organizzate verso uno scopo, ma come sistema complesso interattivo. Questa espressione, a prima vista oscura, dice semplicemente che:

A) qualsiasi azienda è uno degli elementi (sottosistemi) di sistemi più vasti che li includono (il sistema industriale, incluso nel sistema economico nazionale, incluso a sua volta in sistemi ancora più grandi...);

B) il sistema azienda è un sistema complesso, dotato cioè di un crescente numero di relazioni organizzate con gli altri sistemi e con l'ambiente (environment, ciò che circonda, che sta intorno, cioè sistemi di ordine gerarchico più elevato); relazioni delle quali si ha una conoscenza limitata e imperfetta ed una informazione inadeguata;

C) il sistema complesso è interattivo nel senso che vi è una forte interdipendenza

e interazione tra le parti con le quali intercorrono le relazioni di cui sopra. In altre parole, piccola o grande che sia, l'azienda, per il fatto stesso di esistere sul mercato, è in grado di modificare l'assetto generale del sistema più vasto che la include e ne viene a sua volta modificata;

D) in un sistema complesso interattivo, la dinamica di una parte interagisce con la dinamica dell'insieme: studiare l'azienda significa quindi analizzare un insieme che "non può essere isolato" e che è influenzato, per l'analisi delle interazioni, dall'atteggiamento dell'osservatore (ossia dallo scopo che l'osservatore si prefigge e dal metodo di indagine con il quale l'azienda viene osservata);

E) inoltre la relativa novità di questo punto di vista consiste nel primato dei "processi totali" rispetto alle "strutture parziali". Ciò che l'azienda fa e produce è visto come un "sistema di flussi" che non è solo pertinente allo specifico settore aziendale, ma all'intero contesto sociale, ed è materia di studio anche della politica economica dello Stato, delle attività dei servizi, del mercato del lavoro e delle materie prime, del settore energetico, dei trasporti, della distribuzione e di altri ancora, il tutto in un quadro giuridico e istituzionale che rincorre affannosamente il suo rapido sviluppo.

Detto ciò, sorgono numerosi dubbi metodologici, molti dei quali restano per ora privi di risposta. L'analisi intersettoriale permette livelli di certezza sufficienti a trasformare un modello sistemico descrittivo in un modello previsionale valido per un certo periodo. Il modello sistemico è coerente e adatto al punto da poter divenire il fondamento di una "introduzione" alla scienza aziendale? E, in caso di risposte negative, come e in quali casi il modello può comunque essere utile alla gestione, utilizzato come "modello locale di interpretazione e guida"?

Lo schema di E.O.Attinger riassume, schematicamente, le potenzialità del metodo. Esso consentirebbe:

a) il principio di comprendere prima di agire
b) la chiarificazione dei concetti che entrano in ogni discorso
c) il riconoscimento delle interdipendenze
d) la possibilità di formalizzare le relazioni
e) le definizioni di ingressi, parametri del sistema e uscite
f) la definizione di obiettivi col loro grado di rilevanza
g) la creazione di priorità dentro la struttura dei sistemi
h) una ricerca convergente di soluzioni che portino alla diminuzione della differenza traguardo/distacco, alla articolazione degli obiettivi e delle attività in programma
i) una stima della distribuzione delle risorse

Il metodo, che l'autore applica alle scienze sociali, può venire esteso allo studio delle scienze aziendali.

Pensare per sistemi significa accettare il principio secondo cui evidenziare fatti o

risolvere problemi che riguardano l'azienda significa connettere fatti e problemi con tutto ciò con cui essi sono in relazione diretta o indiretta e che abbia una "rilevanza di grado stabilito a priori".(Vedremo in seguito un metodo per stimare questo indice).Le scelte e le decisioni sono in grado di provocare conseguenze piccole e grandi, a seconda della "forza" delle interazioni che intercorrono fra gli elementi del sistema, su tutti i sistemi o elementi di essi o sul sistema principale più vasto.
Anche se apparentemente le dimensioni delle variazioni non sono di grande portata le conseguenze finali si rilevano difficilmente quantificabili, in quanto anche piccole variazioni possono innescare tutta una serie di mutazioni ramificate. Come vedremo, piccole cause possono generare grandi effetti (o viceversa).
In realtà, pensare per sistemi comporta un atteggiamento di pensiero sintetico, poco consueto. Mentre con un atteggiamento analitico la spiegazione del tutto è ricavata dalla spiegazione delle caratteristiche delle parti, l'approccio sintetico richiede che ciò che deve essere spiegato sia inteso come parte di un sistema più vasto e venga analizzato in ragione della funzione che svolge in questo più vasto insieme.
L'approccio sintetico è più inteso ad aggregare le cose che a separarle: ad un modo chiuso si contrappone un modo aperto di osservare e di pensare. Ovviamente contrapporsi non significa sostituirsi: le due modalità sono entrambe necessarie. Pensare per sistemi significa anche accettare che ogni parte del sistema tenda a funzionare al meglio delle sue possibilità, ma "in rapporto al criterio con cui si vuole che l'insieme delle parti funzioni".
Ciò deriva come logica conseguenza dal fatto che, per uno dei principi sistemici (che vedremo più avanti), la somma del funzionamento delle parti è raramente eguale al funzionamento dell'insieme (del sistema).Ad esempio: si supponga di poter acquisire, dalla concorrenza o dal mercato, il miglior venditore, i manager più prestigiosi, il personale operativo più esperto. Se in questo modo si hanno rilevanti probabilità di ottenere la migliore delle aziende, lo stesso risultato potrebbe però anche essere il frutto di una circostanza fortunata; acquisire alla propria azienda risorse di prim'ordine può rivelarsi solo "una delle infinite configurazioni" per raggiungere eguali risultati. Infatti, non è detto che gli operatori migliori si adattino uno all'altro in maniera efficace. Può risultare determinante l'apporto di una efficiente organizzazione mediante la quale vengono valorizzati gli effetti sinergici reciproci che amplificano i rendimenti delle singole unità e quindi dell'intera azienda. Raggiungere con successo gli obiettivi aziendali dipende da come le parti si combinano tra di loro e non semplicemente come ognuna di esse funzione separatamente presa. In altri termini, dipende soprattutto "dalle interazioni piuttosto che dalle azioni" delle parti stesse, senza trascurare i rapporti che il sistema considerato intrattiene con

l’ambiente esterno al quale deve continuamente riferirsi (Environment come mercato allargato, come sistema integrato che comprende tutti i sistemi e le loro intersezioni).
Possiamo stabilire quindi che il sistema azienda, secondo il metodo in esame, deve essere considerato come una totalità dinamica di parti (elementi, sottosistemi) nella quale le interazioni producono “nuove proprietà integrative non riducibili a quelle dei suoi elementi presi isolatamente”, e che il sistema azienda fa parte di sistemi più vasti coi quali è connesso. In definitiva, il metodo verte sull’analisi delle transazioni (interazioni forti) tra il sistema azienda e il suo ambiente, e sulla successiva sintesi delle proprietà integrative emergenti.

2 LA PRODUZIONE COME SISTEMA COMPLESSO

2.1 **Informazioni introduttive**

L'opinione secondo cui le imprese integrate verticalmente sono meno flessibili e governabili e che l'accelerazione del cambiamento è "la forza ambientale più importante che ogni azienda deve imparare a fronteggiare nei prossimi anni" è entrata a far parte del sapere gestionale. Anche l'idea che la combinazione di tematiche in rapida evoluzione impedisce di prevedere il comportamento dei principali attori del mercato: con l'aumentare del loro numero, aumenta il numero dei punti di interferenza e dei potenziali conflitti è largamente condivisa. Ma vi sono casi in cui le opinioni tradizionali vengono contraddette. Nella pratica comune certe regole e procedure non funzionano se non in ristretti campi di applicazione. Con questo intendiamo dire che una teoria generale dell'azienda stenta ad affermarsi e forse, tra le molte ragioni di ciò, si inserisce una questione di metodo.

Neppure la teoria dei sistemi, che affronta queste tematiche con un approccio diverso, ambisce ad essere una teoria generale. E nemmeno una nuova teoria rivoluzionistica: vuole semplicemente essere un metodo fondato sulla razionalità limitata che studia la complessità. Un metodo che abbandona il principio argomentativo secondo il quale esistono soluzioni lineari per problemi semplici e non lineari per problemi meno semplici (in azienda esistono molti problemi complessi) e che privilegia l'analisi delle "relazioni tra oggetti" rispetto a quella degli oggetti stessi.

Detto ciò, percorrere il sentiero sistemico è utile per almeno quattro ordini di motivi.

Il primo motivo è che l'azienda, quando si pone in un ottica di eguaglianza delle opportunità, assume il "cambiamento" come categoria e criterio operativo. Ma se non è in grado di fare previsioni nel contesto di un macrosistema più vasto in cui agiscono una serie di "interazioni", l'assunzione del cambiamento non può diventare un punto di forza dell'azienda. Ciò in quanto le interazioni stesse non avvengono solo tra aziende in competizione, ma anche, fra le altre, tra aziende e istituzioni, organismi sociali, corpi politici. In questo quadro ogni interazione deve essere valutata secondo il rischio, i costi, i tempi, le prospettive di sviluppo.

Il secondo motivo riguarda il cambiamento: se l'attenta osservazione degli elementi in gioco e delle loro interazioni è importante, altrettanto importante è

analizzare ciò che avviene all'interno della singola azienda, in cui tutto si muove tramite connessioni tra funzioni (o sottosistemi). Diventa difficile affidare il proprio futuro a procedure immutabili, statiche, presumendo che gli adeguamenti aziendali alla realtà diventino altrettanto veloci quanto la volatilità delle tecniche e le esigenze del mercato.
Il terzo motivo attiene alla pratica della gestione. Il modello sistemico abitua ad "ordinare" l'importanza dei problemi e le loro priorità.
Tenuto conto dello scarso tempo che i responsabili hanno a disposizione per fare scelte decisive, un programma ordinato che disponga le attività per grado di rilevanza e tenga conto delle precedenze gioca un ruolo decisivo.
Ma il motivo più interessante è l'attitudine del metodo al pensiero "per sistemi".
Consideriamo ora alcuni aspetti del problema sistema/ambiente. Estendendo una analogia (non sempre condivisa dagli studiosi) , l'azienda intesa come unità può essere considerata isomorfa (avente la stessa struttura di) con un organismo. Come tale, essa viene assimilata a un insieme di attività strettamente connesse tra loro, organizzate per sopravvivere e per realizzare, secondo una logica di razionalità strumentale, determinati fini.
L'azienda/organismo affronta "problemi" e compie "scelte" giorno dopo giorno, e per quanto concerne conflittualità interne ed esterne, acquisisce un atteggiamento costruttivistico, ossia vuol poter influire (se non proprio esercitare un pieno controllo), sui cambiamenti prevedibili della realtà e sugli eventi che tendono a farla deviare dai propri scopi istituzionali.
Non solo si adatta al mercato, ma cerca di modificarlo: anticipandone gli atteggiamenti, inducendo i bisogni, pilotando le tendenze alle novità, ampliando le esigenze dei consumatori abituandoli a soluzioni standardizzate di alta qualità, inventando tecniche per vincere la insopprimibile resistenza al cambiamento delle abitudini.
Perché ciò avvenga, è necessario che il sistema azienda si corregga di continuo (al proprio interno contestualmente alle modificazioni dell'ambiente esterno: mode, opinioni, stili di vita), e si sviluppi incrementando l'autoformazione e l'autoapprendimento. Anziché navigare come un turacciolo sulla cresta delle onde, l'azienda, come dice la canzone, "si fa amici il mare e il vento".
Queste considerazioni, che a tutta prima sembrano non pertinenti a un discorso puramente tecnico, assumono un certo rilievo quando il sistema azienda trascura l'ottica delle interdipendenze di più lungo periodo, che si devono poter anticipare prima che i mutamenti indesiderati siano avvenuti (assimilati agli "effetti perversi" del cambiamento di R.Boudon, ovvero effetti non voluti di azioni che si ritorcono contro le intenzioni positive iniziali e che nessuno era in grado di prevedere in anticipo).
Ad esempio, la crescita dei costi esterni dovuti agli adempimenti di legge contro l'inquinamento, o dei costi interni per l'adeguamento della qualità alle

normative comunitarie, così come le decisioni aziendali sugli stock di materie prime fondamentali, ecc.
Nonostante si affermi che "i sistemi di feedback" del mercato operino automaticamente per lo sviluppo del sistema generale e nello stesso tempo per uno spazio ecologicamente "pulito", è bene che le variabili che riguardano questi output vengano inserite nel modello concettuale aziendale prima di attuare scelte strategiche determinanti.
L'ipotesi che il sistema azienda possieda caratteristiche isomorfe con i sistemi sociotecnici diventa importante quando nel modello sorgono dubbi sulla immissione di variabili capaci di modificare il sistema senza che si possa controllare una determinata contingenza di cui si ha conoscenza; oppure quando possono essere quantificati con stime fenomeni che altrimenti potrebbero venire ignorati. Su questa base è possibile riconoscere le interrelazioni e le reciproche dipendenze ai vari livelli gerarchici e formalizzarne i rapporti. Gli obiettivi diventano definibili nei termini delle loro caratteristiche oggettive e si può stabilire una certa gerarchia di valori predominanti riducendo l'incertezza di fondo: l'azienda diventa un sistema "dotato di memoria", che possiede "una storia".
Consideriamo ora l'adattività del sistema all'ambiente. In primo luogo è intuitivo che più l'ambiente è vasto, più la flessibilità gioca un ruolo determinante: Lo stesso si può dire della velocità di adattamento.
Secondariamente, la capacità di autoapprendere (procedere per prove ed errori, ovvero far tesoro degli errori passati per progettare il presente e, per estensione, il futuro) deve tener conto del fatto che presente e futuro non verranno mai giocati con situazioni e regole simili a quelle usate in passato. Di solito il sistema azienda punta sul "cambiamento prudente", giacché (e questo è importante) l'incertezza pervasiva del sistema viene ridotta all'ipotesi semplicistica che non esisterà mai una mossa sicuramente vincente.
Dovendo anticipare il mercato (tra idea e realizzazione del progetto possono trascorrere anni) e in situazioni di incertezza, vengono scelte opzioni che rendano minimo il rischio di grossi errori, mediante le modalità della ricerca operativa. D'altra parte scelte fondate su una forte propensione al rischio, puntando sul fattore sorpresa o su prodotti fortemente innovativi, hanno dato ottimi risultati.
Analogamente, il riconoscimento di sinergie delle risorse umane, messe nelle migliori condizioni operative e decorosamente motivate, accentua l'importanza di questo fattore produttivo anche nelle aziende con forte tendenza a privilegiare capitale e tecnologia.: Una esasperata automazione, con linee che si automodificano entro range prestabiliti troppo ristretti, comporta una rigidità insostenibile con la rapida differenziazione degli output.
Considerazioni simili si possono fare nei riguardi dei modelli organizzativi

gerarchici aziendali in cui il principio sistemico di interrelazione delle risorse umane viene costantemente disatteso.
Quando la struttura gerarchico/funzionale o per matrici o per obiettivi non segue l'evoluzione interattiva dei sistemi di tecniche, delle scienze amministrative e gestionali, del marketing, gli organismi non risultano più connessi con l'insieme dei problemi conseguenti alla progressiva differenziazione di attività specialistiche; la crescita della complessità non strutturata diventa incontrollabile e mette in moto processi di irrazionale semplificazione che operano tagliando o aggiungendo, indifferentemente, interazioni essenziali e interazioni accessorie del sistema.
Deve essere chiara la regola secondo cui la complessità totale del sistema è composta da "isole di complessità strutturata", che si attivano al momento opportuno.

2.2 **Sistemi e sottosistemi**

Giunti a questo punto, quanto abbiamo detto ci permette di osservare "dentro" il sistema, trascurando le interazioni con l'ambiente esterno. Questo sarà argomento delle prossime pagine e qui ne accenniamo solo brevemente.
Secondo il modello in esame, il sistema azienda si suppone ripartibile in sottosistemi funzionali (ad es. produzione, vendite, amministrazione), ciascuno dei quali comprende una gerarchia di sotto-sottosistemi (rispettivamente reparti di produzione, filiali, contabilità) e le loro interazioni.
Il livello di individuazione può scendere fino al punto in cui non è più utile una ulteriore riduzione (elementi primari irriducibili, come le macchine o le persone). Inoltre:

A) - I sottosistemi specifici non hanno le stesse proprietà del sistema che li comprende (la proprietà del sistema è il fattore emergente, una conseguenza delle interazioni tra le parti) e sono fra di loro interconnessi con relazioni "forti" o "deboli", per cui la modificazione di un sottosistema (o di uno dei suoi elementi primari) genera modificazione del sistema stesso che lo include.Questo vale soprattutto per quei sottosistemi in cui insistono interazioni rilevanti con l'ambiente esterno (es. il sottosistema vendite).

B)- Il sistema azienda si suppone ripartibile in "configurazioni sistemiche" costituite da strutture formali, aventi l'obiettivo di raggruppare, in forma logica e ordinata, informazioni su insiemi di sottosistemi, con le rispettive interazioni, nel modo ritenuto più opportuno per l'analisi gestionale.
La configurazione sistemica può quindi essere assimilata a un'astrazione concettuale, a un punto di vista particolare, provvisorio, necessario in un determinato momento della vita dell'azienda per prendere decisioni. La "configurazione budget annuale" o la "pianificazione di medio termine" sono i casi più comuni

C)- Ciascuna configurazione convenzionale si avvale di elementi primari (es. le varie configurazioni di costi) e di indicatori di controllo, ossia di misure quantitative delle configurazioni stesse. Ad esempio, la sottoconfigurazione dei costi standard servirà per la configurazione budget e per la configurazione efficienza; la sottoconfigurazione costi contabili consuntivi per la configurazione bilancio, etc.

D) - La risposta tipica dei sottosistemi alle influenze del sistema, e viceversa, è quella di sviluppare le loro strutture verso un livello "energetico" più alto, più complesso (più ordinato). L'interscambio di informazioni non può rimanere a lungo casuale, non strutturato, ma diventa selettivo attraverso la capacità di fare programmi, di codificare procedure, di trattare informazioni.

E)- La complessità come principio metodico (è un criterio) secondo cui le relazioni dipendono da altre relazioni, i sistemi da un osservatore che non occupa più un posto privilegiato da cui si diramano univocamente e ordinatamente tutte le prospettive; le relazioni, l'osservatore, non occupano più i ruoli loro affidati, perché tendono a scambiarsi le posizioni, e mettere in luce un luogo comune ove pareva esserci una assodata certezza, a relativizzare le identità e le contraddizioni, a scoprire connessioni inaspettate.." (E. Laszlo).

Man mano che si procede lungo i "livelli della gerarchia dei sottosistemi" , questi ultimi divengono sempre più aperti, nel senso che vengono coinvolti in un più ampio interscambio con una maggiore varietà di aspetti del sistema aziendale. I sottosistemi diventano in grado di tracciare "mappe" o rispondere selettivamente ad una gamma più dettagliata della infinita varietà di aspetti dell'azienda.

F)- I sottosistemi che compongono il sistema e le relative interdipendenze si esplicitano, sul piano delle interazioni interne fra i componenti, in una determinata struttura. Quest'ultima tende ad assumere, in relazione al progressivo innalzamento del suo grado di complessità, una nuova immagine, dovuta all'azione concomitante di due processi. Per quanto concerne il primo, ovvero il processo di differenziazione, ad un aumento della specificità funzionale dei sottosistemi e dei componenti dei sottosistemi stessi corrisponde la diminuzione della loro reciproca indipendenza funzionale e una migliore capacità del sistema azienda di rispondere agli input ambientali che si verificano al proprio interno.

Il secondo processo di trasformazione che accompagna l'aumento della complessità riguarda le funzioni di controllo dei sottosistemi e cioè quei particolari aspetti delle interazioni sistemiche che riguardano il mantenimento e l'osservanza dei vincoli che le regolano, ossia le "procedure" interne che consentono un luogo, "uno spazio ordinato e flessibile" di lavoro.

2.3 **Sistema e informazione.**

L'informazione aziendale, intesa come sistemi di reti (mappe, ologrammi) interconnesse, è intrinseca all'azienda (informazione interna come procedure e norme di comportamento) ma ne costituisce solo il primo livello.
Una rete (una sfera di relazioni) più vasta avvolge il sistema delle aziende, queste ultime coi mercati reali e potenziali, e un livello ancora superiore coinvolge il settore specifico agli altri settori (sociale, politico, istituzionale), costituendo una gerarchia informativa.
Il sistema aziendale, in quanto complessità organizzata, è inserito in una struttura multilivello: mentre si sale di livello, le relazioni (informazioni) delle parti divengono più flessibili e la struttura diventa progressivamente più fluida, aumentando le possibilità di comportamenti alternativi aperti alle componenti.
In questo modo le interazioni fra i sistemi dello stesso livello o fra livelli diversi dipendono dal flusso informativo, verticale ed orizzontale.
D'altro lato, l'informazione non è una sostanza o una entità concreta, ma piuttosto una relazione tra insiemi di varietà strutturata: sotto questo profilo la teoria sistemica costituisce semplicemente un "metodo" di stesura di reti relazionali attraverso le quali scorrono le informazioni.
Le interazioni fra sistemi azienda, mediate dallo stimolo selettivo dei flussi di informazione, sono possibili in quanto le componenti sono autorganizzate e relativamente instabili, tanto da reagire facilmente a una piccola influenza del segnale opportuno e possono liberare quantità di energia molto maggiore di quanta ne è incorporata nel particolare segnale di stimolo.
Ovviamente, ciò non succede in ogni caso: una certa informazione che provoca ad es. una sensibile variazione dell'aspetto finanziario dell'azienda (valutazione del titolo in Borsa) può lasciare indifferente il sistema produttivo, tecnicamente inteso.
L'informazione può quindi essere definita come ciò che permette il lavoro logico di orientamento dell'azienda nello spettro delle possibili alternative di azione dell'azienda stessa.
Abbiamo già evidenziato il fatto che, data la natura dei sistemi adattivi complessi in grado di trattare informazione, il concetto di feedback (o retroazione) gioca il ruolo della intenzionalità, ed è una caratteristica dei sistemi aperti che sono "orientati allo scopo".
La retroazione come principio comprende una configurazione caratteristica dell'azienda (configurazione che include parametri fissi e variabili critiche), oltre a un sistema sensibile in grado di selezionare le informazioni che possono deviare il comportamento e quindi il tragitto dell'azienda versi i propri scopi.
La intenzionalità esclude il concetto di retroazione come un mero automatismo, caratteristico dei sistemi chiusi.
È un canale informativo privilegiato, che in base agli algoritmi di un modello

prestabilito è in grado di selezionare gli input destinati al cambiamento di rotta. Ciò vale a dire che la gestione della retroazione consente all'azienda di reagire ai mutamenti del mercato (sia in termini qualitativi che quantitativi); alle novità legislative; al mercato del lavoro; alle crisi del sistema politico o istituzionale e così via, mantenendo la sua "unità" integrata, e questo fino a quando non intervengono fenomeni di sovraccarico o forti anomalie del macrosistema economico.

2.4 **Sistemi e multifinalità.**

Il principio di "autoregolazione orientata" ottenuto mediante feedback (retroazione) non include solo quegli interventi "nel" sistema e "tra" sistemi (processi nei complessi scambi tra aziende e ambiente), che tendono a preservare o a mantenere la forma, l'organizzazione o lo "stato del sistema", ma anche quei processi che anziché smorzare le deviazioni tendono ad amplificarle, che tendono cioè ad elaborare o a mutare la forma, la struttura o lo stato dell'azienda (feedback positivi).
Questi ultimi sono processi indispensabili per un rapporto intenzionalmente adeguato con l'ambiente in cui l'azienda è immersa, ovvero con altri sistemi aziende o sistemi di livello più elevato in cui essa è inclusa.
È mediante questi processi che l'organizzazione cambia, più o meno radicalmente, reagendo ai rapidi mutamenti, ai punti di rottura e alle discontinuità del mercato. Tutti questi processi sono definiti "a spirale" o "a interessi composti".
Essi comprendono le relazioni reciproche causali che, amplificando una spinta iniziale (a volte insignificante o accidentale) determinano una deviazione che si allontana dalla condotta iniziale, generando una tendenza al mutamento strutturale. Un classico esempio di questa azione è il ciclo di trasformazione in senso evolutivo di una azienda che si espande e diventa più grande: altre aziende collegate sorgono intorno al nucleo originario; si sviluppano infrastrutture e servizi: questi a loro volta creano altri centri di produzione, e così via.
Questo processo causale reciproco che amplifica le deviazioni (morfogenetico, in contrapposizione a quello morfostatico) suggerisce anche un'altra caratteristica del sistema azienda: quella secondo la quale condizioni iniziali simili possono condurre a risultati differenti (multifinalità). Aziende simili con input eguali e contemporanei, se si comportano (autoapprendono dalla esperienza) in modo differente generano output o risultati diversi.
Una ultima considerazione tiene conto del fatto che, secondo i principi sistemici, i feedback negativi e positivi possono agire simultaneamente, senza che vi siano compensazioni.
Ciò avviene ad esempio, nel contesto della organizzazione interna, quando rendere stabile la struttura dell'azienda significa reagire agli stimoli interni (es.:

variazione dei processi produttivi) ed esterni (es.: interferenza di azioni sindacali, modifiche per legge dei tempi di lavoro).L'azione stabilizzante della retroazione negativa fa pensare alla azienda come un luogo dove lo stato del sistema viene preservato dalla turbolenza e dal caos esterni (tendenza del management alla conservazione e alla tradizione).
È un fatto assodato che la costante conformità delle procedure semplifica le decisioni lasciando scarsi margini al caso e alla relativa imprevedibilità del mercato. Ma la conformità diventa un punto di debolezza, quando si presenta sulla scena un prodotto o un processo fortemente innovativi e quando il mercato cambia rapidamente certe regole consuete e stabilizzate per contrastare, ad esempio, una forte concorrenza estera.
In questi casi la flessibilità della struttura e la propensione al cambiamento (al rischio) diventano vincenti.
Le considerazioni di cui sopra permettono di dare un fondamento logico e pragmatico più incisivo all'approccio transazionale che studia i sistemi adattivi complessi.
Uno strumento in grado innanzitutto di "comprendere e prima di agire". Nel caso di innovazione riportato sopra, l'attenzione verso l'ambiente deve sempre essere desta, in quanto se l'input delle esigenze del mercato diventa dirompente, il mantenimento di una struttura standardizzata comporta una inadeguatezza al cambiamento rapido.
Il mutamento "nel sistema" si trasforma in un mutamento "del sistema", il che significa che si impongono decisioni drastiche e traumatiche (es.: le tipiche "ristrutturazioni"). Quando la struttura organizzativa interna tende ad una difesa ad oltranza delle posizioni gerarchiche o di potere personali, assorbendo in se stessa oppure ignorando i cambiamenti radicali necessari alla sopravvivenza dell'azienda nel suo insieme, il sistema azienda registra un sovraccarico di esigenze (interne dell'organizzazione ed esterne del mercato) che mette in pericolo l'esistenza dell'azienda stessa.

2.5 **Gerarchia delle variabili.**

Allo scopo di comprendere le dinamiche della conservazione e dello sviluppo è necessario considerare sia il maggior numero di variabili che interagiscono nel sistema e nel suo contesto ambientale, sia tutti i vincoli tecnico/economici.
Le variabili entrano nel sistema attraverso due vie: la prima costituisce l'input (variabili output di altri sistemi dell'ambiente esterno o del macrosistema); la seconda via è costituita dai vari feedback del sistema considerato.
Ogni input e ogni retroazione sono relazioni che possono essere rappresentate da modelli matematici deterministici o casuali anche se, più frequentemente, tali modelli hanno natura e relazioni non lineari, molto difficoltose da trattare (i modelli deterministici, in particolare, sono usati raramente e per interazioni

tecnologiche fortemente consolidate; più frequente l'uso di modelli stocastici).
I vincoli rappresentano i limiti tecnici o economici al disopra o al disotto dei quali non è possibile il "funzionamento del sistema" , a meno di interventi esterni (es. : al disotto di una certa potenzialità produttiva certi impianti di produzione non sono efficienti ; al disopra della loro potenzialità nominale il funzionamento diventa impossibile).
Spesso le relazioni possono riferirsi a una funzione gradino (step function) secondo la quale una variabile ha un effetto non rilevante fino al momento in cui il suo valore non è aumentato o diminuito nella misura di una variazione prestabilita. Oppure può trattarsi di alcune variabili incerte, in cui appunto predomina lo stato di incertezza nei riguardi degli stati futuri possibili. Secondo alcuni studiosi di sistemica aziendale, esiste comunque la possibilità di "ordinare" l'importanza (il peso) degli input in quanto il loro insieme è costituito di parti aventi una diversa influenza sulle interazioni. Ogni variabile del sistema, infatti, può percorrere tutta la scala che va dalla relativa irrilevanza al più assoluto predominio sulle altre.
In altre parole, ciascuna variabile non ha un identico peso nel generare gli "stati caratteristici" del sistema.
Non è trascurabile, inoltre, il riconoscimento delle relazioni reciproche tra le variabili scelte come rilevanti e costituenti l'insieme più ampio, ossia quello che comprende un ambiente sistemico regolato da un aggregato di "anelli di feedback". Questi ultimi generano gradi di significatività indeterminati, intersecandosi tra di loro secondo leggi difficili da formalizzare.
Ad esempio, un elemento input di scarso peso è la conoscenza della capacità di disturbo di un concorrente molto piccolo e situato all'altro capo del mondo, che sappiamo non essere in grado di turbare, con la sua presenza, il settore di mercato di attuale interesse aziendale. Ma se questo concorrente fosse in grado di acquisire una joint venture, servendosi dei know how complementari di una grande concorrente nello stesso settore in cui l'azienda opera, l'input informativo acquisisce un peso determinante per le strategie aziendali.
Si nota subito la rilevanza che può assumere una informazione parcellizzata che a tutta prima sembra di scarso rilievo se "assunta come tale", ma che diventa fondamentale qualora venga interpretata in modo sistemico dall'insieme informativo aziendale.
Quest'ultimo può essere paragonato a un grande imbuto in cui le informazioni convergono, si riducono, si aggregano mediante filtri opportuni (filtri probabilistici selettori/semplificatori). Questo permette di gestire un limitatissimo numero di variabili input e delle loro interazioni. Rimane comunque molto vasto il campo dell'incertezza, anche se i "modelli ad imbuto" sono molto usati dalle aziende moderne.
Abbiamo parlato di "interdipendenza funzionale" degli input del sistema azienda

rispetto al tradizionale concetto di “dipendenza causale”.
L’interdipendenza deve possedere, ovviamente, caratteristiche dinamiche e non statiche, altrimenti appare difficile applicare i principi sistemici quando si tratta di affrontare i problemi del cambiamento e dello sviluppo, che vanno studiati in termini di competizione e di “gioco imprenditoriale”.

2.6 **Vincoli e contingenze**

Si è compreso da quanto detto sopra, come il concetto di organizzazione del sistema azienda sia intimamente collegato a quello di informazione.
L’azienda è un insieme di elementi correlati fra loro attraverso interdipendenze che si manifestano con scambi di flussi informativi, oltre che di flussi di beni e flussi simbolici.
In altre parole, emerge l’idea di organizzazione come interdipendenza di parti organizzate in cui operano sia dei vincoli che agiscono tra gli elementi (privilegiando certe relazioni) sia dei “gradi di libertà” che rendono l’organizzazione dinamica e flessibile al mutare delle condizioni interne ed esterne dell’azienda. Ad esempio, è diventata prassi comune di tutte le aziende cercare di conoscere i propri punti di forza e di debolezza sia nell’organizzazione interna sia nei rapporti esterni.
Abbiamo anche detto che le azioni correttive possono essere automatiche nel senso del “mantenimento della situazione” tramite la retroazione, che modifica in senso non radicale lo stato del sistema. Ma se esistono dei vincoli non risolubili, i gradi di libertà nel senso dell’adattamento saranno fatalmente compromessi. Un recupero di efficienza non può essere ottenuto se vi sono vincoli interni (accordi sindacali) o esterni (limitazioni nelle materie prime).
Vi è poi una terza nozione, quella di contingenza, che distingue le modificazioni organizzative a seconda del grado di importanza o delle necessità.
L’organizzazione può quindi essere visualizzata come un insieme di elementi, ognuno dei quali è associato al proprio insieme di “interazioni alternative” con altri elementi. Ciascuno di questi a sua volta possiede una certa libertà di scelta di interazioni, regolata secondo un dato ordine di contingenza, e limitata da vincoli tecnico/economici.
Nella visione sistemica dell’azienda, l’organizzazione è il motore del black box: esprime le modalità con cui l’input genera l’output del sistema.
Ovviamente questa non è una “configurazione di comodo” per poter definire un list di obiettivi, contingenze, vincoli e gradi di libertà. Per altro, come già detto all’inizio, l’organizzazione interna dell’azienda non è un’astrazione staccata da tutto il resto del sistema produttivo (sistema di tutte le aziende) e dal macrosistema sociale (insieme dei sistemi della società). Infatti, interazioni importanti avvengono anche mediante configurazioni alternative. Ad esempio, il sistema imprenditoriale (insieme dei responsabili dell’azienda), il sistema

dirigenti d’azienda (insieme dei dirigenti di tutte le aziende) , il sistema dei dipendenti (con le loro organizzazioni sindacali) costituiscono configurazioni che possono avere interessi ed obiettivi se non contrastanti , diversi dagli obiettivi e dalla “missione” dell’azienda.

3 ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE

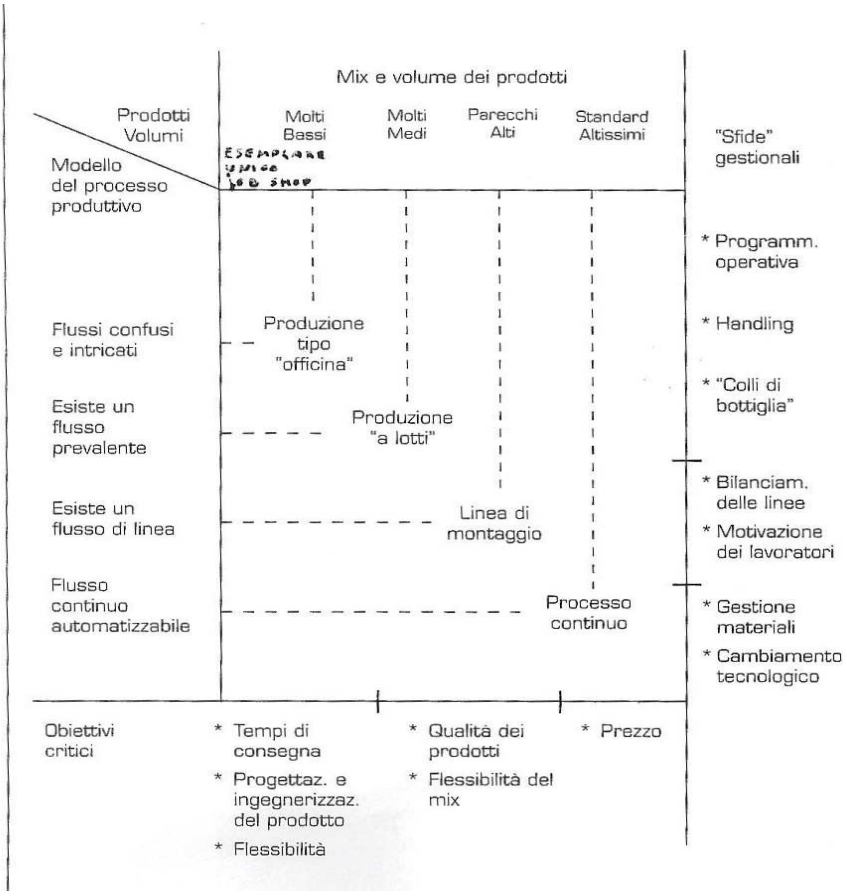
La struttura di un'organizzazione è molto più di un organigramma; è tutta una serie di interazioni e di coordinamenti che collegano i compiti e le componenti umane per assicurare che siano soddisfatti i suoi scopi. Due sono le finalità principali: facilitare il flusso delle informazioni all'interno dell'organizzazione, allo scopo di ridurre le incertezze del processo di decisione e ottenere un'effettiva coordinazione/integrazione.
La struttura organizzativa deve tener conto delle componenti ambientali perennemente caratterizzate da incertezze (per esempio, il comportamento dei clienti, dei membri dell'organizzazione, ecc.); delle possibilità tecniche e tecnologiche e delle quantità da produrre (alti o bassi volumi), del tipo di mix, delle caratteristiche del prodotto (discreto o di processo), della specializzazione degli impianti, ecc.
Le strutture di un'organizzazione sono la diretta conseguenza di scelte strategiche fatte dalla Direzione e variano secondo la loro funzione.
E' da tenere presente che gli elementi razionali, le strategie, le strutture stesse, gli strumenti operativi, mutano nel tempo in un periodo molto più lungo che non gli elementi, i processi sociali, i comportamenti che, invece, cambiano in un lasso di tempo molto breve.
La massima efficacia è subordinata alla coerenza interna ed esterna degli obiettivi.

Le risorse fondamentali sono:

- persone;
- capitale;
- macchinari;
- materiali.

La fig. 3.1 illustra la relazione tra le quantità-mix del prodotto ed il modello del processo produttivo. Essa aiuta, inoltre, ad identificare le diversità tra i sistemi di produzione ed evidenzia gli obiettivi critici e le sfide gestionali.

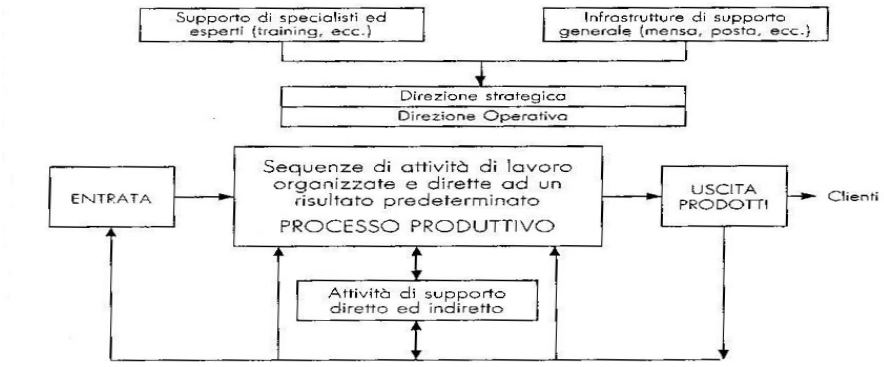
Figura 3.1 Tipologia dei processi produttivi



3.1 **La scelta del processo di produzione**

La scelta del più adatto ed efficiente processo dipende principalmente dai seguenti fattori:
la quantità da produrre (ad esempio, annualmente) e la vita prevista del prodotto;
le caratteristiche fisiche: peso, volume, forma, sostanza (gassosa, liquida, cristallina, ecc.);
la complessità del prodotto: tipi di materiale e loro fonte, tipi di lavorazione necessari per la fabbricazione, numero dei livelli/fasi;
la specializzazione delle macchine e degli impianti necessari;
il mix dei prodotti e la dimensione del lotto minimo;
gli obiettivi critici: possibilità di personalizzazione, elasticità nei volumi e nel mix, flessibilità, costi, ecc.;
le norme concernenti sia il prodotto, che gli operatori.

Figura 3.2 Rappresentazione del processo produttivo



Il processo produttivo comprende:
la struttura organizzativa e le persone;
il processo di produzione, cioè tutte le fasi (stadi) successive di lavo-razione (persone, macchine, impianti, ecc.) opportunamente collegate per poter trasferire il prodotto in lavorazione. Queste fasi successive sono le tappe del flusso di produzione (layout fisico): in esso sono inclusi i posti o le stazioni per rilavorazioni, riprese, ricollaudo;
il materiale in corso di lavorazione e nei magazzini interoperazionali (se previsti), il sistema di identificazione, trasferimento dei materiali (pallet, contenitori, ecc.) durante le varie fasi della produzione ed infine il sistema di rifornimento dei materiali alle linee di produzione;
la descrizione dettagliata delle sequenze, dei cicli per ogni singola fase (stadio della produzione) ;
il sistema informativo di programmazione e controllo della produzione;
le modalità del coordinamento e della supervisione; i sistemi di controllo e supervisione del processo per il rilievo di dati, delle caratteristiche sul prodotto e per il controllo della qualità con operatori (controllo visivo), operatori e strumenti, controlli automatici;
le specifiche tecniche, i diagrammi di flusso, i diagrammi uomo/macchina e gli altri dati necessari per produrre.

Fasi (stadi) del processo
In ogni fase della lavorazione si possono avere:
posti di lavoro o gruppi di lavoro; posti singoli, doppi, multipli per operazioni manuali o con piccoli attrezzi;
posti o centri di lavorazione (isole) per uno o più operatori con una o più macchine;
centri meccanizzati/automatizzati, orientati al prodotto con alta produttività; in questo caso gli operatori possono sorvegliare più centri;
centri ibridi che riuniscono diversi tipi di macchine e impianti;

impianti o macchine specifiche, per esempio di verniciatura, di trattamenti chimici, galvanici, termici, ecc.

Layout

Secondo una classifica basata sull'avanzamento del prodotto si possono avere produzioni:

intermittenti per bassi volumi e pochi modelli (con alta flessibilità) in un processo di tipo funzionale (job shop):

con lavorazioni a lotti;

con un numero discreto di stazioni di lavoro con macchine e attrezzature standard o convenzionali; in ogni stazione di solito c'è un solo operatore ed i percorsi tra le stazioni di lavoro sono casuali e dipendono dal prodotto;

discontinue per bassi volumi e molti modelli in un processo del tipo in linea discontinua;

condizionate dai ritmi degli operatori e dal prodotto per molti modelli e medi volumi;

continue di lotti anche piccoli; l'orientamento di questo modo di pro-durre è quello di abbandonare o ridurre al minimo il concetto di lotto. Il suddetto modo di produrre è adatto per medi/alti volumi con media diversità di prodotti piuttosto semplici (cioè fatti con un numero relativamente basso di materiali o sottoassiemi) e si presta bene all'unione con sistemi flessibili, con celle di produzione. Con linee corte e parallele si aumenta la flessibilità al cambio di prodotto e si è meno sensibili ai guasti;

continue per alti volumi e pochi modelli. L'impianto è rigido, automatizzato, con scarsa flessibilità; la sequenza delle operazioni è determinata in sede di progettazione dell'impianto. Il problema è soprattutto quello della sorveglianza, del mantenimento e della regolazione delle condizioni operative;

dedicate (specifiche), se si produce un solo prodotto o una famiglia di prodotti, poco diversi, in grandi volumi. E un grande passo verso la semplificazione, ma non sempre è economicamente conveniente;

ibride, che sono una combinazione di processi di diverso tipo. Per esempio, gran parte dell'industria alimentare, farmaceutica ha fasi a monte gestite a lotti e fasi finali gestite in linea a flusso continuo.

I layout, secondo un'altra classificazione, possono essere:

di processo;
di prodotto;
misti;
funzionali;
a celle.

Le linee di produzione possono avere i posti/stazioni di lavorazione: in linea, se sono disposti sequenzialmente accanto o sulla stessa linea di avanzamento;

in linea a U, se l'entrata e l'uscita della linea sono dalla stessa parte: si hanno

vantaggi sia nell'utilizzazione degli operatori, sia nella movimentazione dei materiali;
ad anello, che si ottiene chiudendo la linea su se stessa; i materiali in lavorazione possono compiere anche più giri e si può utilizzare la linea come "linea polmone";
a raggi: i materiali in lavorazione passano sempre per uno stesso punto centrale prima di andare alle varie stazioni di lavorazione;
a rete, derivata dalla disposizione ad anello, ma con un "by pass" di disimpegno.

Figura 3.3 Produzione in linea

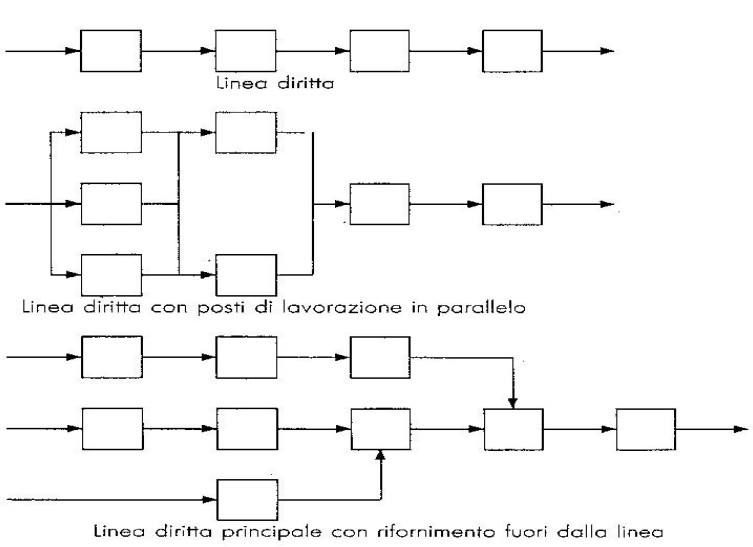


Figura 3.4 Linea ad U

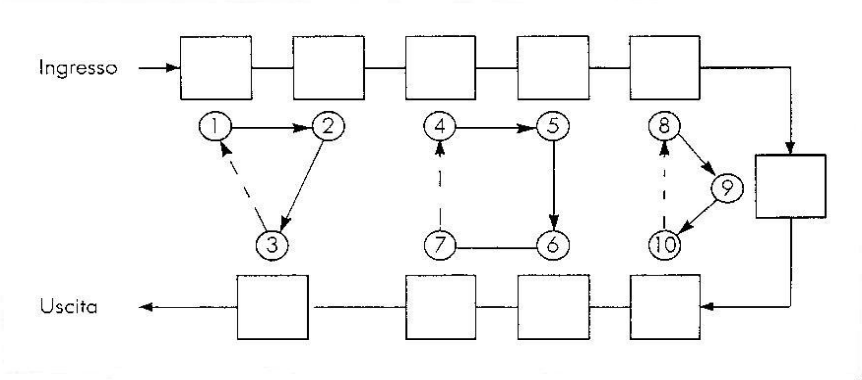


Figura 3.5 Produzione funzionale

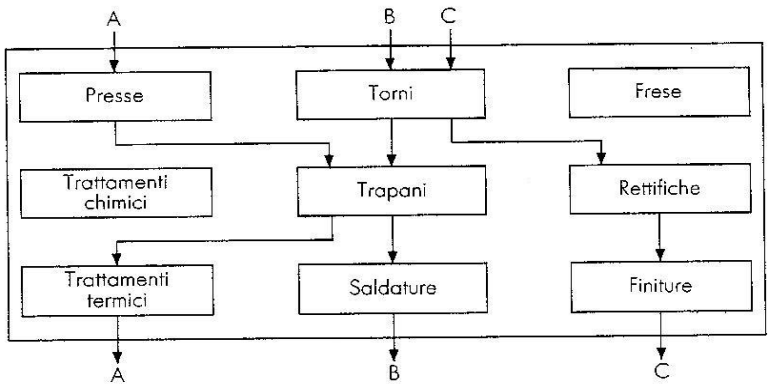
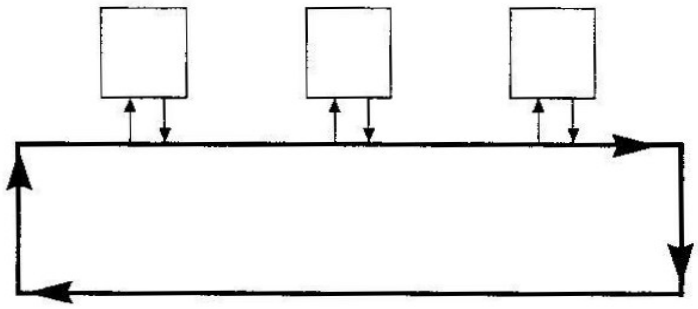


Figura 3.6 Linea flusso ad anello



Materiali e movimentazione nel processo

In ogni posto/stazione di lavorazione si possono avere:

materiali in attesa prima della lavorazione;
- materiali in lavorazione;
- materiali in attesa dopo la lavorazione;
- materiali in movimentazione.

Si possono avere inoltre magazzini interoperazionali oppure convenzionali e sistemi automatici di immagazzinamento e prelievo.

La soluzione ottima è quella di avere magazzini e ricevitorie “dedicate” e di rifornire le linee di produzione direttamente.
Il sistema di movimentazione costituisce lo scheletro del flusso produttivo e sarà in futuro sempre più automatizzato.

Diagrammi

I diagrammi di flusso sono molto utili nella pianificazione e nella gestione dei processi produttivi e rappresentano il modo in cui materiali, parti, semilavorati, prodotti si muovono fisicamente, attraverso l’unità produttiva, fino alla consegna. Dal diagramma totale si possono ricavare programmi parziali eventualmente più dettagliati. Sono messi in evidenza i materiali e i diversi centri/stazioni di lavorazione o reparti, la sequenza delle fasi/stadi, fino al completamento di un certo livello o della struttura totale del prodotto.
I diagrammi di flusso possono essere correlati all’organizzazione (qualità, manutenzione, ecc.) o ad altri parametri: ad esempio, è interessante la correlazione ai tempi di transito (da cui si possono ricavare i tempi d’attesa) per ogni singolo livello del prodotto.
I diagrammi uomo-macchina (o di saturazione) sono dispositivi grafici che permettono di creare il modello delle attività simultanee dell’operaio e della macchina su cui opera.

Group technology (tecnologia di gruppo)

Si tratta di un approccio metodologico e organizzativo che porta a raggruppare e quindi a codificare le parti, da assemblare o da lavorare, di qualunque prodotto secondo criteri di “lavorabilità”.
Si ha così la possibilità di fabbricare/lavorare in lotti (o per famiglie) parti aventi simili caratteristiche geometriche o necessità di lavorazione. Si ottengono vantaggi economici associati con la possibilità di produrre a flusso.
I benefici di un valido sistema di classificazione/codifica possono essere estesi a molti reparti (settori), dalla progettazione agli approvvigionamenti, ecc.
Dalla definizione suddetta discende che le parti da lavorare sono raggruppate e così pure le macchine necessarie alle lavorazioni.
Le macchine raggruppate formano una cella di lavorazione (v. fig. 3.8). Nella cella si presta maggiore attenzione alla famiglia di prodotti, che non ai singoli particolari da lavorare.
Questo modo di produrre deriva dal fatto che si cerca di identificare sia componenti diversi che possono essere prodotti (in lotti) con processi simili, sia

operazioni diverse che possono produrre parti simili. A tale scopo si riuniscono in gruppo varie macchine funzionali (per esempio, macchine operatrici) per ottenere produzioni ripetitive a flusso

Figura 3.7 Diagramma di flusso

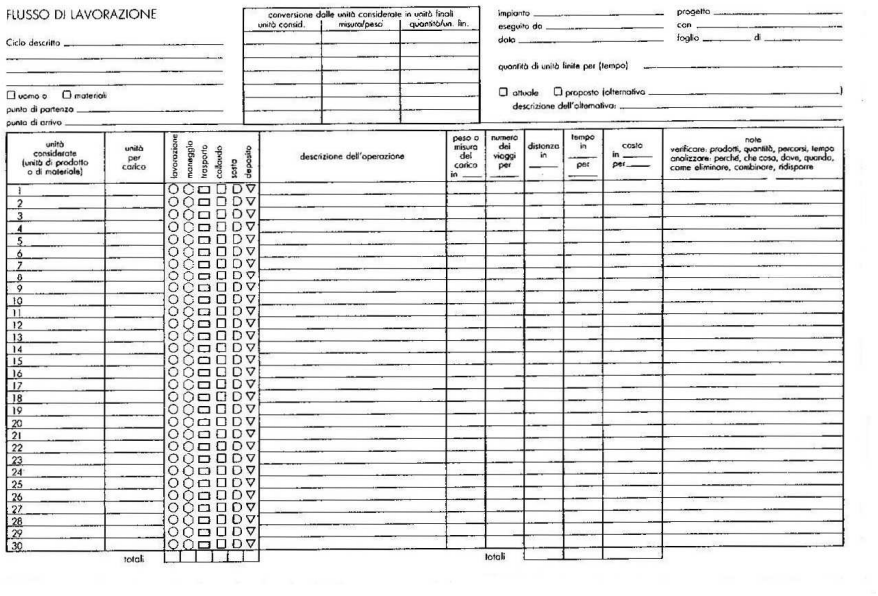
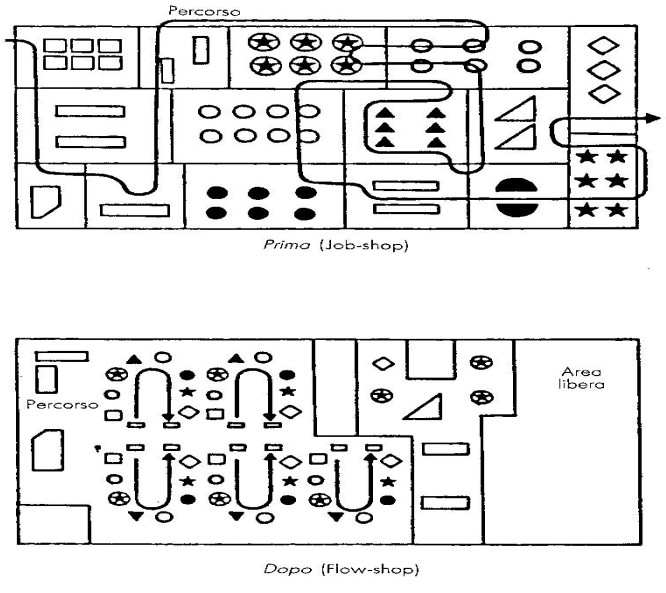


Figura 3.8 Confronto tra produzione funzionale e produzione a flusso



3.2 **Le attività di supporto**

Le attività di supporto diretto sono le seguenti:

- i servizi tecnici;
- il controllo della qualità;

la pianificazione e il controllo dell'avanzamento;
la manutenzione elettrica, elettronica e meccanica.
Le attività di supporto indiretto sono invece:

- il sistema informativo
- la contabilità industriale ;
- i servizi del personale.

I servizi tecnici provvedono (o partecipano) all'industrializzazione del prodotto, alla progettazione e alla realizzazione del processo ed allo studio e realizzazione del layout. Si occupano inoltre della ricerca di un ottimo posto di lavoro, del posizionamento del materiale e della strumentazione sempre in riferimento al posto di lavoro, del posizionamento del materiale sulla linea di produzione, e, infine, del modo di rifornire tale linea.
I servizi tecnici effettuano lo studio e alla revisione dei metodi e della struttura del lavoro, eliminando il lavoro non necessario, combinando operazioni o elementi di operazioni, modificando la successione delle operazioni (cicli) e semplificando quelle necessarie, sia delle persone, che delle macchine; ottimizzano il lavoro secondo gli standard di produzione e la valutazione del rendimento.
Ancora, ai servizi tecnici spetta il compito, divenuto priorità inderogabile dei processi a flusso (e non solo), di ridurre i tempi di attrezzamento (di cambio di set up), che condizionano fortemente la flessibilità produttiva e le scorte. La riduzione di questi tempi consente di produrre (economicamente) lotti più piccoli con notevoli vantaggi anche per l'organizzazione di vendita.
La manutenzione e la manutenzione preventiva acquistano un ruolo fondamentale nelle produzioni a flusso e automatizzate. Il processo deve essere strutturato in modo da consentire rapidi e facili interventi. Quanto più una fabbrica è meccanizzata (automatizzata), tanto più importante diventa la disponibilità degli impianti. Possiamo scrivere:

$$\text{disponibilità} = \frac{\text{tempo medio tra i guasti}}{(\text{tempo medio tra i guasti}) + (\text{tempo medio riparazione})}$$

Scopo della manutenzione è quello di eliminare:

- le fermate causate da guasti;
- la velocità inferiore a quella prevista;

- le perdite per scarti o rilavorazione;
- le perdite di produzione all’avviamento;
- le perdite di informazioni.

3.3 **I problemi della produzione**

Fra i principali problemi vanno ricordati i seguenti:
realizzazione di flessibilità produttiva mediante riduzione del tempo di transito, per mezzo di layout ben studiati e operatori polivalenti per aiuto reciproco o sostituzione in caso di assenza;
miglioramenti delle operazioni e delle macchine per restringere i tempi di ciclo;
piccoli lotti che richiedono bassi tempi di attrezzamento e cambio e minime scorte nel processo;
diminuzione dei tempi di trasporto (trasporti più veloci, stazioni più vicine) o magazzini attigui ai reparti di utilizzazione;
disponibilità per ogni posto/centro di tutte le informazioni necessarie (standard di riferimento) relative alle operazioni ed al controllo delle medesime.
Tendenzialmente oggi si riconosce che non vi sono persone standard che lavorano in un sistema standard con tempi standard; perciò si avrà sempre un naturale sbilanciamento. Nelle linee a flusso, in particolare, il rimedio può essere il recupero “cooperativo” con un gruppo di 4/5 persone. Ovviamente la linea deve essere disegnata in modo tale che posizioni vicine possano darsi reciproco aiuto.
Il processo produttivo utilizza come abbiamo visto persone che devono essere gestite, formate, addestrate;capitali per il materiale usato, per i macchinari impiegati e per tutte le spese e competenze specifiche (know-how).
E’ richiesta pertanto una grande abilità nella fase della progettazione e dell'attuazione del processo e della scelta delle tecniche (informatiche) usate per selezionare le informazioni e processare una massa ingente di dati.
Il processo dipende dal prodotto, dalle quantità da realizzare, dalla tecnologia e dagli obiettivi dell'impresa (costi, qualità, affidabilità, flessibilità, ecc.).
Le caratteristiche del processo determinano la capacità produttiva disponibile; occorre che quest'ultima sia congruente con la capacità produttiva necessaria (carico) per soddisfare i programmi di produzione concordati con le vendite.
Il processo produttivo richiede attività di supporto diretto e indiretto. Si tende a realizzare (ove possibile) una produzione a flusso con un avanzamento regolare e continuo. Lo studio del processo e dei metodi di lavorazione e la relativa misurazione sono fondamentali per poter ricercare la massima efficienza operativa.
Il controllo della qualità del prodotto e del processo e la riduzione dei tempi di attrezzamento e cambio per diminuire il tempo di transito e la manutenzione

acquistano, con le moderne tecniche di produzione, un'importanza sempre maggiore.

4 EVOLUZIONE DELL'IMPRESA NEL XX SECOLO

4.1 **Esigenza di una produzione flessibile**

Il secolo appena concluso ha avuto come uno dei fenomeni industriali più rilevanti la produzione di massa.
Dopo avere portato la produttività del lavoro e la produzione di massa a livelli tali da elevare nettamente i redditi e da inondare il mondo di beni e di servizi, il modello di produzione e di consumo *taylor-fordista* è entrato in crisi con gli anni settanta e da allora evolve verso un modello chiamato per convenzione post-fordista[1].
Il periodo fordista fu rivoluzionario per quanto riguarda l'organizzazione e la meccanizzazione del lavoro e si fondava sul paradigma della produzione rigida.
Esso è nato dall'unione di nuove modalità di organizzazione della produzione (taylorismo) con un modello di mercato radicalmente più evoluto (consumo di massa da parte dei produttori diretti) ed ha dato origine ad una lunga ondata tecnologica facendo sì che la meccanizzazione e le tecnologie di produzione su larga scala sostituissero le tecnologie artigiane della piccola serie.
Obiettivo principale della produzione rigida era quello di ottenere delle economie di scala, ossia di diminuire il più possibile il costo medio unitario di produzione aumentando il volume di produzione.
Le economie di scala furono perseguite grazie all'intuito di Henry Ford, tramite la diffusione generalizzata della meccanizzazione o processo meccanizzato di produzione che comportò un accrescimento dei costi fissi rispetto a quelli variabili ma con conseguente riduzione dei costi medi unitari.
Henry Ford lo introdusse negli impianti della sua impresa automobilistica negli U.S.A. nel primo decennio del secolo.
L'impiego di macchine nell'attività produttiva era finalizzato a sostituire l'energia umana con energia meccanica, maggiormente efficiente e operosa nonché meno costosa.
La macchina si poteva considerare a tutti gli effetti un operatore esecutivo in grado di svolgere compiti più o meno complessi ma certamente non era ancora capace di raccogliere informazioni ed elaborarle come riesce a fare oggigiorno.
Si attribuisce alla coppia Taylor-Ford l'introduzione della catena di montaggio.
Il "processo meccanizzato di trasformazione" era portato avanti con macchine

[1] Accornero A. , Dal fordismo al post-fordismo: il lavoro e i lavori , da www.ossimoro.it

nelle quali entrava sempre lo stesso input ed usciva sempre lo stesso output: in altre parole entravano ed uscivano pezzi uguali o comunque della stessa famiglia (produzione in serie). Si trattava di macchine specializzate non universali (ossia del tipo in cui l'addetto di volta in volta, avrebbe sostituito gli attrezzi ora per tornire, ora per fresare, ora per forare ecc.), quali torni, fresatrici, ognuna impegnata esclusivamente in un segmento del ciclo produttivo sostitutive di attività manuali[2].

Particolarmente trasformata fu la figura dell'operaio, cui il sistema tayloristico tolse ogni tipo di discrezionalità: venne costretto ad adattarsi ai ritmi e ai metodi scelti dai manager quando gli era stato possibile fino ad allora la scelta a lui più idonea. Le singole operazioni della catena erano parcellizzate in modo da massimizzare la capacità operativa degli operai nell'esecuzione di quei compiti.

L'uso dell'uomo in qualità di macchina operatrice entro una catena di montaggio è ampiamente menzionata come aspetto alienante dei tempi moderni[3]. Proprio per questo il taylorismo fu duramente criticato dal movimento sindacalista.

Oltre che dalla produzione rigida gli impianti fordisti erano caratterizzati dalla grande dimensione e dalla cospicua presenza di scorte e giacenze di magazzino conseguenti all'incremento della produttività. D'altronde era l'offerta che trainava la domanda in quei tempi e non viceversa come accade al giorno d'oggi. Il fordismo si avvalse della teoria economica dell'organizzazione scientifica del lavoro elaborata dall'ingegnere Frederick Winslow Taylor la quale si avvaleva del principio che la migliore produzione si determina quando a ogni lavoratore è affidato un compito specifico da compiere in un determinato tempo e in un determinato modo. Secondo Taylor ogni manager doveva in base a verifiche empiriche stabilire quanto sopra descritto.

L'obiettivo da raggiungere era quello della razionalizzazione del ciclo produttivo attraverso l'eliminazione degli sfori inutili, l'introduzione di sistemi di incentivazione, la gerarchizzazione interna e la rigorosa selezione del personale.

Un esempio di sistema di incentivazione è stato l'introduzione del pagamento a cottimo, che consisteva nel pagamento dell'operaio proporzionalmente alla quantità di pezzi prodotti.

Ma come abbiamo già accennato all'inizio, questa rigida visione del binomio uomo-macchina si è decomposto nel passaggio dalla società industriale alla società post-industriale, detta più comunemente come "post-fordismo".

Anche se per la maggior parte degli storici economisti l'inizio coincise con il primo shock petrolifero del 1973 i primi segnali di cambiamento si erano già sentiti a causa dei difficili rapporti dell'impresa con il mercato e con il lavoro.

Difficoltà avute dall'industria automobilistica, ossia quella che aveva lanciato la

[2] Chiacchierini E. (2003) , *Tecnologia e produzione,* Edizioni Kappa , Roma.

[3] Celebre è la caricatura che del lavoro tayloristico ne ha fatto Charlie Chaplin nel film "*Tempi Moderni"*.

produzione rigida del binomio Taylor-Ford.
I problemi principali a cui dovettero far fronte le aziende automobilistiche riguardarono i costi di stoccaggio dei prodotti finiti e la difficoltà nel reperire personale a causa delle forti contestazioni operaie.
Questo problema comune a molte case automobilistiche non risparmiò per esempio la Fiat di Torino che investì ingenti somme per arginare il problema, inserendo una "robotizzazione spinta" con lo scopo di eliminare le operazioni più contestate. Ma nemmeno questo fu sufficiente visto che i principi che avevano fatto del Taylor-Fordismo il motore dell'industrializzazione stavano decadendo.
Quindi dal 1973 e per tutto il decennio successivo le aziende occidentali ed europee dovettero fronteggiare una situazione molto instabile dal punto di vista sociale, economico e concorrenziale che possiamo far risalire a questi diversi fattori:
Il cambiamento tecnologico degli anni ottanta.
Secondo molti studiosi il cambiamento tecnologico degli anni ottanta ha segnato la fine di un lungo ciclo di crescita. Fine del ciclo di crescita favorita dal raggiungimento della maturità da parte delle innovazioni tecnologiche più importanti che ne avevano in passato determinato l'avvio.
Il cambiamento economico.
Pur con andamento alterno, molti indicatori macroeconomici (PIL, occupazione, inflazione) mostravano segno negativo.
L'internazionalizzazione dei mercati.
L'internazionalizzazione dei mercati determina a rigor di logica un allargamento dell'ambito concorrenziale. Quindi nuovi concorrenti, nuovi prodotti, nuovi prezzi, nuovi fattori produttivi.
L'evoluzione della domanda.
Evoluzione della domanda significa sviluppo di nuovi e differenziati modelli di consumo con consumatori significativamente differenziati per quanto riguarda le esigenze e i comportamenti di acquisto e consumo. Questo è derivato probabilmente dalla diffusione del benessere, che ha spinto il consumatore a richiedere una maggiore personalizzazione del prodotto. Conseguenza di questo è stata la nascita di nuovi mercati, molti di questi di nicchia.
Forte concorrenza.
Questa nasce dalla saturazione dei mercati. Le imprese avvertono la necessità di innovare le proprie produzioni.
Riduzione del ciclo di vita del prodotto.
Questa è dovuta alla forte competizione tra le aziende, che spinge queste ultime a cercare nuovi prodotti sempre migliori.
Costo del lavoro in forte aumento
Questo problema si cercherà di arginarlo ricorrendo ad investimenti sostitutivi.

La via d'uscita alla crisi del taylor-fordismo è venuta da un'offerta assai differenziata e continuamente variata: quella che ha dato un mercato planetario al marchio Benetton. Mentre nell'Ottocento si produceva e si consumava per piccoli lotti e nel Novecento per grandi serie, ora si produce e si consuma per grandi serie di piccoli lotti. L'impresa cerca di raggiungere la massa dei consumatori inseguendo il singolo acquirente: si passa pertanto dalla "scala" allo "scopo"[4].

Si chiamano economie di scopo quelle ottenute quando il costo totale della produzione congiunta di due o più beni è minore della somma dei costi totali sostenuti producendoli separatamente, e cioè:

Costo Produzione (Bene1, Bene2) < Costo Produzione (Bene1) + Costo Produzione(Bene2)

Le economie di scopo si originano in differenti situazioni:

la produzione congiunta di due beni consente un utilizzo completo di risorse materiali che rimarrebbero sotto utilizzate nei casi di produzione disgiunta;

- un determinato processo produttivo realizza congiuntamente due o più prodotti secondo rapporti relativamente fissi;
- le conoscenze produttive o di marketing sviluppate da un'impresa o anche l'immagine conquistata per un certo prodotto risultano utilizzabili vantaggiosamente per altri tipi di prodotti;

In molti casi di produzione di beni industriali le economie di scopo sono state ottenute grazie all'introduzione di sistemi di produzione automatizzati.

I macchinari altamente specializzati fordisti erano invece in molti casi in grado di produrre un solo modello di prodotto.

Solo la presenza di una domanda sostenuta e stabile avrebbe permesso ai vecchi impianti rigidi e altamente specializzati di ottenere economie di scala con guadagni, anziché ingenti perdite, che si stavano prefigurando di fronte al repentino cambiamento del contesto economico.

Infatti per far fronte alla crescente segmentazione dei mercati, le soluzioni impiantistiche ed organizzative tipiche della produzione rigida non erano più idonee. Questo spinse le imprese alla ricerca di nuove economicità.

L'instabilità, l'accresciuta concorrenzialità dei mercati nonché la segmentazione della domanda posero come obiettivo principale della nuova impresa quello di mantenere e ampliare le quote di mercato abbassando il punto di pareggio.

Inoltre in un contesto di mercato molto variabile e di condizioni di produzione estremamente mutevoli (aleatorietà dei comportamenti umani, difetti dei materiali, guasti ecc.), le condizioni di razionalità limitata sono la norma piuttosto che l'eccezione e non si riesce ad ottimizzare il processo, né a isolarlo dall'esterno. Pertanto l'impresa fordista, studiata in condizioni statiche e determinate, viene ad essere disseminata di risorse sotto utilizzate in un contesto

[4] Accornero A. , Dal fordismo al post-fordismo: il lavoro e i lavori , da www.ossimoro.it

di ambiente turbolento: aumento dei tempi d'ozio, delle scorte di materie prime, di prodotti finiti.
I prodotti devono essere innovati con frequenza.
Requisito essenziale della nuova impresa post-fordista diventa quindi la flessibilità.
La flessibilità è la capacità intrinseca di un sistema o sottosistema di fabbricazione di reagire e d'adattarsi al mutamento delle condizioni esterne e dei disturbi interni, ad esempio mix, volumi e tipologie di prodotti, situazioni transitorie per avarie o malfunzionamenti localizzati in qualche parte del sistema[5].
Quanto più la domanda di mercato diventa incerta e fluttuante nel tempo, tanto più le imprese spostano la loro attenzione verso meccanismi di adattamento di breve periodo. La funzione obiettivo viene quindi a cambiare: non si tratta più di minimizzare i costi di produzione per una pianificata quantità dell'output produttivo, ma di ricercare soluzioni che rendano minimo l'ammontare dei costi totali cumulati, al fine di fronteggiare richieste del mercato sempre più turbolente.
Si rende necessaria la ricerca di una maggiore produttività anche su produzioni di piccola-media serie e l'aumento del grado di differenziazione dei prodotti sia in senso statico (ampliamento della gamma dei prodotti che l'impresa è in grado di offrire contemporaneamente), sia in senso dinamico (rinnovamento continuo della medesima gamma di prodotti). Crescente importanza riveste una migliore gestione della produzione, sia sotto l'aspetto della programmazione sia per quanto riguarda il controllo e la produzione di qualità (lo scopo diventa perseguire la qualità *ex-ante* e non attraverso controlli selettivi a valle)[6].
La necessità di migliorare e ampliare la varietà produttiva imposta dall'esterno, risulta possibile solo grazie a una ristrutturazione interna del ciclo produttivo, visto che gli impianti fordisti erano rigidi e in molti casi in grado di produrre un solo modello di prodotto.
La concezione stessa dell'impresa cambia e la rivoluzione riguarda tutte le aree funzionali coinvolte, ossia la progettazione la gestione della produzione la produzione stessa ed infine la distribuzione.
Si diffonde in tutto il macrosettore industriale un grande interesse verso un nuovo paradigma organizzativo e gestionale conosciuto come "***lean production***" o modello della produzione snella, soluzione necessaria di fronte alla complessità e alla turbolenza del nuovo contesto economico.
D'altra parte si era identificata la chiave del successo di parecchi settori industriali giapponesi in una serie di innovazioni di natura organizzativa e gestionale che hanno posto le basi per abbattere i limiti del paradigma

[5] Flego M. (1991) , *La fabbrica flessibile* , Franco Angeli , Milano
[6] Frey M. (2001) , Economia e gestione dell'innovazione aziendale , Cedam , Padova

dominante della produzione di massa: viene a cadere l'antinomia tra produzione (organizzata da piani) e mercato (anarchico) grazie ad un approccio che persegue una sincronia adattativa alle variabili esterne; il miglioramento continuo viene a superare *l'one best way* proposto dal razionalismo taylorista-fordista. All'efficienza delle singole risorse e funzioni si contrappone una visione per processi che trova nella competizione basata sul tempo la sua nota dominante.
All'origine della produzione snella ovvero *lean-production* c'è una lontana scelta della fabbrica di camion giapponese Toyota, che si era proposta di superare la ristrettezza del proprio mercato nazionale facendo dell'auto un bene personalizzato di assoluta qualità.
Diversificare a tal punto i singoli esemplari e costruirli con "zero difetti" richiedeva uno snellimento e un affinamento dell'organizzazione produttiva così drastico da contrapporsi alla produzione di massa occidentale e da superare gli standard qualitativi tedeschi[7].
E' appunto dalla fabbrica giapponese Toyota che deriva il termine Toyotismo.
La chiave del successo della produzione snella e del modello giapponese è stato il metodo *just in time*. L'obiettivo primario del *just in time* consiste nel garantire al sistema produttivo la continuità e la regolarità operativa del flusso dei materiali, minimizzando i tempi di attraversamento del sistema stesso. L'azione inizia dall'eliminazione del principio dell'accumulo di scorte, in quanto queste disaccoppiano le varie fasi sequenziali dei processi, allungando i *lead time*[8] e rendendo più lenta e difficoltosa l'individuazione di anomalie, poiché impediscono che queste ultime si propaghino subito nelle fasi successive del processo. Inoltre ogni singolo comparto dell'apparato produttivo diventa autonomo per integrarsi con gli altri orizzontalmente, in modo da accrescere l'elasticità del tutto.
Attraverso la creazione di una maggiore integrazione operativa tra le varie fasi si ottiene anche lo scopo di migliorare la flessibilità del mix produttivo, consentendo al sistema di adattarsi più velocemente alla variabilità qualitativa della domanda nel breve periodo.
Questo approccio può essere ricondotto a sei aree di intervento:
<u>interventi sul prodotto</u>, che hanno il compito di semplificarne la struttura e l'industrializzazione. Si pone la necessità di standardizzare il più possibile i componenti e di modularizzare gli elementi per rendere i prodotti diversificabili solo nella fase terminale del processo. Si deve cercare di standardizzare congiuntamente prodotti e processi per uniformare i vari cicli di lavorazione e minimizzare il costo complessivo dell'industrializzazione, analizzando i costi diretti, indiretti ed occulti.

[7] Accornero A. , Dal fordismo al post-fordismo: il lavoro e i lavori , da www.ossimoro.it
[8] Tempo necessario per attraversare il flusso produttivo dall'inizio alla fine.

interventi sul processo, che hanno l'obiettivo di garantire la continuità spazio-temporale del flusso e l'uniformità temporale del mix produttivo. Si riescono così a riottenere economie derivanti dalla riduzione dei tempi morti e di coda, in genere sottovalutate rispetto a quelle di scala conseguibili grazie alla concentrazione delle risorse produttive in grandi centri di lavoro. Per garantire l'uniformità temporale del mix si cerca di ridurre i tempi di attrezzaggio, in modo da diminuire i lotti di produzione.

interventi sulla gestione della produzione che mirano a sincronizzare produzione e mercato e velocizzare il flusso dei materiali. La tecnica fondamentale è rappresentata dal controllo pull del flusso realizzato attraverso il kanban, un sistema di schede in cui ogni centro di lavoro esegue le operazioni nel momento e nelle quantità effettivamente richieste dalla stazione a valle. In questo modo l'intero processo viene ad essere controllato dall'ultima attività che è quella che tira il flusso dei materiali anziché essere governato da un precostituito piano di produzione.

interventi sull'organizzazione del lavoro, effettuati al fine di coinvolgere e motivare la forza lavoro per ottenere flessibilità e polivalenza, autonomia decisionale e mobilità.

interventi sui rapporti con i fornitori, che hanno come obiettivo l'affidabilità qualitativa, quantitativa e temporale delle consegne ed il loro sincronismo con i processi interni di lavorazione. Il tessuto connettivo che deve permeare l'intero sistema per garantire questi risultati è costituito dalla cooperazione e dalla fiducia reciproca.

interventi nella distribuzione fisica, effettuati solo in quelle imprese in cui la logistica distributiva rappresenta un anello importante della catena del valore.
Dopo lo stupore dei primi anni anche le aziende occidentali hanno iniziato a seguire l'esempio giapponese importando molti aspetti organizzativi e meccanismi produttivi. L'innovazione tecnologica con l'introduzione dell'automazione flessibile insieme all'innovazione gestionale saranno fattori competitivi determinanti nell'affrontare le insidie del post-fordismo e saranno il mezzo principale per la competitività dell'impresa.

4.2 **L'automazione dei processi industriali**

Per essere competitiva, in condizioni di mercato come quelle attuali, l'industria in generale, ma in particolar modo l'industria manifatturiera deve oggi produrre

ad elevati livelli quantitativi e qualitativi. Gli obiettivi principali da raggiungere sono:

- produrre a qualità costante
- fornire le quantità che il mercato può assorbire
- migliorare la produttività.

In altre parole, la turbolenza ambientale richiede strutture e modelli d'impianto più flessibili, cioè adattabili in tempi brevi al mutamento delle condizioni esterne all'impresa, e le condizioni di mercato (crescita della pressione concorrenziale) obbligano al miglioramento della produttività, ossia alla ricerca e allo sfruttamento di tutte le opportunità di abbassamento dei costi[9].
La flessibilità può manifestarsi in una pluralità di forme:

Flessibilità produttiva
Con questa intendiamo la possibilità di eseguire lavorazioni differenti, producendo una gamma di prodotti differenziati utilizzando le stesse materie prime e senza diminuire la precisione. Questa caratteristica detta anche versatilità raggiunge il top quando i tempi di adattamento per il passaggio da una lavorazione all'altra sono così rapidi da consentire un inserimento casuale del prodotto nel sistema delle lavorazioni.

Flessibilità dell'impianto
Con questa intendiamo la possibilità di cambiare il mix di prodotti senza incremento dei costi dovuti al riattrezzaggio dei macchinari.

Flessibilità progettuale
Con questa intendiamo la possibilità di cambiare la tipologia di un prodotto e di adattare a questo le varie fasi del ciclo produttivo.

Flessibilità di volume
Con questa intendiamo la capacità di adattare il volume di produzione di ciascun pezzo a seconda delle esigenze dettate dal mercato. Tutto questo cercando di mantenere il più possibile stabili i costi unitari di produzione.

Flessibilità di programma
Con questa intendiamo la capacità del sistema di ovviare in modo automatico ad alterazioni delle normali condizioni di funzionamento quali il guasto di una macchina, oppure lavorazioni che non rispettano le tolleranze e i livelli di qualità previsti. Questa rappresenta una caratteristica molto importante dal punto di vista economico ma è difficile da acquisire poiché non prevede solo la

[9] Sciarelli S (1987) , *L'impresa flessibile* , CEDAM , Padova

costituzione di margini di sicurezza nel funzionamento delle macchine, ma anche la necessità di mettere a punto un software di controllo particolarmente sofisticato.

Flessibilità di riutilizzo
Con questa intendiamo la capacità delle apparecchiature di essere riutilizzate per lavorazioni di prodotti diversi.

Flessibilità all'innovazione
Con questa intendiamo la capacità di mettere rapidamente in produzione nuovi prodotti o processi oppure modificando quelli esistenti.
Possiamo dire che in linea di massima un sistema di produzione è flessibile quando consente di variare congiuntamente i tipi di prodotto, il loro livello di qualità, e il volume produttivo.
Un sistema è tanto più flessibile quanto maggiori sono le variazioni dell'output, quanto minori sono i costi dei mutamenti e quanto più rapidi sono i mutamenti stessi[10].
Una delle vie che a permesso alle imprese di diventare flessibile per fronteggiare la turbolenza ambientale è stata l'applicazione in fabbrica delle nuove tecnologie, sfruttando al meglio le opportunità derivate dallo sviluppo crescente dell'elettronica, dell'informatica, della capacità sistemistica. Questa innovazione tecnologica ha permesso l'applicazione nella fabbrica dell'automazione industriale o automazione flessibile e dell'integrazione delle fasi dei processi produttivi, che hanno permesso di fronteggiare la rapida internazionalizzazione dei mercati nonché l'evoluzione dei processi produttivi e dei prodotti, sempre più differenziati dall'evoluzione dei gusti del consumatore.
La parola automazione deriva dall'inglese *automation*, termine introdotto negli Stati Uniti negli anni 50' per individuare la tecnica di produzione automatica, in particolare quella automobilistica. Con l'applicazione più ampia di processi automatici in vari campi e con il migliorare e il perfezionarsi di questi processi, il termine ha assunto un significato più articolato, in quanto ad una concezione statica se ne è venuta sostituendo una più elastica e più aderente all'articolata realtà attuale[11].
Dopo essere stato coniato negli Stati Uniti il termine "automazione" entra nel vocabolario tecnico italiano agli inizi degli anni 60.
Quindi nel tempo il termine "automazione" ha assunto connotazioni diverse: dal semplice uso di macchine in luogo di lavoro umano si è passati alla prospettiva di diverse generazioni di robot programmabili ed alla fabbrica completamente automatica.

[10] Sciarelli S (1987) , *L'impresa flessibile* , CEDAM , Padova
[11] Flego M. (1991) , *La fabbrica flessibile* , Franco Angeli , Milano.

In senso più ristretto, per “automazione industriale” si intende comunemente quell’insieme di teorie e tecniche operative utilizzate per progettare e realizzare nel campo industriale una progressiva sostituzione dell’attività umana con sistemi anche molto complessi di produzione, composti prevalentemente da macchine, dispositivi meccanici ed apparecchi elettronici.
Ma non sono stati solo la ricerca di flessibilità, di una maggiore produttività del lavoro e del capitale e la crescente concorrenzialità in termini di costo e di qualità dei prodotti per far fronte ad un ambiente economico turbolento gli unici fattori che hanno accentuato la ricerca e lo sviluppo dei processi di automazione dell’attività industriale.
Una grossa spinta è stata data dal crescente interesse verso le tematiche ambientali per il rispetto dell’ecosistema, al fino di ridurre al minimo lo spreco di risorse nocive per l’ambiente. Altro fattore decisivo è stata la volontà di sostituire l’uomo nelle fasi più pericolose, garantendo a quest’ultimo una maggiore sicurezza.
Lo sviluppo di elettronica e informatica hanno quindi permesso di disporre di dispositivi elettronici e microelaboratori sempre più sofisticati e con costi decrescenti in grado di svolgere svariate funzioni consentendo gradualmente di introdurre automatismi in praticamente tutte le fasi del processo produttivo.
La possibilità di integrare e di collegare le diverse fasi del processo produttivo è stato il fattore maggiormente innovativo ed ha fatto si che venisse radicalmente modificata l’organizzazione produttiva. Questo ha richiesto nuova professionalità nella gestione, nel controllo e nella manutenzione dei sistemi automatici.
La diffusione della microelettronica ha consentito l’applicazione dei sistemi di automazione anche all’industria manifatturiera con conseguenze di grande rilevanza, specialmente occupazionali, su tali produzioni tipicamente ad alto contenuto di lavoro. Altro discorso vale per l’industria di processo (es. le acciaierie o le raffinerie) la quale, per ragioni intrinseche alle modalità di produzione, fu automatizzata precedentemente rispetto ai settori manifatturieri.
La diffusione *dell’Information Technology* ha consentito la creazione di un nuovo valore aggiunto rappresentato dai flussi informativi ed ha consentito di integrare via via le fasi di montaggio interessate al processo di automazione con l’automazione di altre fasi del processo produttivo, quali la progettazione, il trasporto dei materiali e dei prodotti, l’imballaggio e il magazzino.
Si è andata col tempo delineando un nuovo modello di impresa.
Le funzioni produttive di progettazione, pianificazione della produzione, produzione, assemblaggio, trasporto di pezzi, trasporto di informazioni controllo dei pezzi finiti, gestione del magazzino e dell’intera impresa appaiono dunque unificate dalla filosofia CIM ovvero *Computer Integrated Manufacturing* in un’unica rete computerizzata, che costruisce la fabbrica automatica, flessibile ed

integrata del futuro.
Un'altro fenomeno particolarmente rilevante generato dall'introduzione dell'automazione industriale è stato quello denominato come terziarizzazione industriale, che ha comportato la creazione di nuove mansioni nelle fasi di progettazione, controllo, organizzazione, manutenzione ma più importante ancora nella commercializzazione e servizio. Questo è avvenuto parallelamente alla riduzione dei livelli di occupazione nelle attività dirette di produzione, determinando quindi una focalizzazione delle attività a monte e a valle.
I contenuti si fanno meno manipolativi e più cognitivi, i compiti tendono a essere meno esecutivi ed estranianti, più cooperativi e coinvolgenti, e le conoscenze sono in genere meno specialistiche e più polivalenti[12].
L'automazione è risultata quindi come una delle vie obbligatorie da seguire per conseguire gli obiettivi citati, ma non il solo.
Infatti verso la fine degli anni ottanta la fabbrica automatica ha iniziato a conoscere un lento ma inesorabile declino, dovuto principalmente all'osservazione degli insuccessi che l'applicazione delle soluzioni teoriche aveva dato luogo. I motivi sono stati ricercati in molteplici fattori: a fronte di investimenti cospicui si sono ottenuti benefici modesti, si sono avuti problemi tecnici di implementazione (standardizzazione dei formati dei dati, dei protocolli di trasmissione e difficoltà nell'integrazione con isole di automazione preesistenti), si sono riscontrate notevoli resistenze organizzative ed incongruenze tra i progetti di automazione e le strutture organizzative esistenti. Per superare queste difficoltà si è dovuto dar luogo a una seconda generazione di modelli di integrazione informatica tenendo conto delle determinanti di natura organizzativa e gestionale, ispirandosi ai nuovi principi derivati dall'esperienza giapponese quali il *Just in Time* del quale abbiamo parlato nel precedente paragrafo.
Organizzazione e tecnologia rappresentano risorse sinergiche nell'ottenimento della maggiore flessibilità del sistema produttivo[13].
In questo tipo di sistema integrato tutte le variabili si influenzano reciprocamente e la forza dell'integrazione è tanto più elevata quanto più stretto è l'intreccio delle reciproche influenze. Ossia le singole componenti che lo costituiscono interagiscono fra loro ed hanno un comportamento autoadattivo, in funzione del raggiungimento del risultato ottimale; l'influenza reciproca e il comportamento autoadattivo si manifestano a diversi livelli[14].
Per concludere, le imprese tendono perciò ad abbandonare il tradizionale schema competitivo basato sulla mera efficienza per passare a una competizione

[12] Accornero A. , Dal fordismo al post-fordismo: il lavoro e i lavori , da www.ossimoro.it
[13] Sciarelli S (1987) , *L'impresa flessibile* , CEDAM , Padova
[14] Chiacchierini E. (2003) , *Tecnologia e produzione*, Edizioni Kappa , Roma.

che si fonda sull'innovazione[15].
Innovazione che deve diventare una funzione continua per l'impresa, fondamentale per un successo duraturo.

4.3 **Innovazione tecnologica e gestionale.**

Ai tempi dell'industria fordista gli aspetti tecnico-innovativi erano fondamentalmente di natura meccanica. A partire dagli anni 60' hanno iniziato a mutare, raccogliendo competenze in altre nuove discipline in rapida ascesa quali elettronica, elettrotecnica, pneumatica, idraulica. Negli ultimi decenni è stata l'informatica che ha dato la maggiore spinta nell'innovazione dei processi industriali.
L'automazione di oggi è fatta dall'unione di tutte le discipline sopra menzionate che insieme alla capacità sistemistica rendono un sistema produttivo automatico come un sistema capace di perseguire in modo autonomo gli obiettivi pianificati dai manager.
Questo obbliga il sistema a prendere decisioni, e ad agire di conseguenza, auto controllandosi ed autoregolandosi in caso di necessità.
Vi è stato quindi nella storia dell'automazione una progressiva sostituzione dell'attività umana, prima con attività prettamente meccaniche arrivando fino alla sostituzione oggi possibile della mente umana; la cosiddetta intelligenza artificiale.
Possiamo considerare un sistema produttivo automatico come composto da due funzioni fondamentali:
il sistema di comando; che prende le decisioni
il sistema di potenza; che è il sistema di attuazione delle decisioni prese dal sistema di comando
Possiamo a questo punto riassumere quali sono i vantaggi di una fabbrica automatica:
Semplificare il lavoro dell'uomo, il quale essendo sostituito dalla macchina nelle mansioni meno desiderabili ha la possibilità di svolgere ruoli più gratificanti.
Aumentare la sicurezza nel lavoro assolvendo l'uomo dall'esecuzione delle fasi di lavoro più pericolose.
Permettere il cambiamento in tempo reale sia del tipo che della quantità da produrre.
Migliorare la qualità dei beni prodotti, affidando alla macchina, tramite programmazione, il rispetto di predefiniti standard qualitativi.
Accrescere la produttività; quindi al giorno d'oggi per essere competitiva in condizioni di mercato come quelle attuali, l'industria manifatturiera deve produrre ad elevati livelli quantitativi e qualitativi. Per ottenere questo e in più per riuscire a fornire la giusta quantità che il mercato può assorbire,

[15] Gros-Pietro G. (1990) , *Automazione Flessibile e Industria* , Franco Angeli , Milano

l’automazione diventa una delle vie obbligatorie da seguire per l’industria.
Come già riportato in precedenza, l’introduzione dell’automazione industriale può portare vari vantaggi al sistema produttivo aziendale.
Questi vantaggi possono essere suddivisi in due categorie principale:

- benefici non economici
- benefici economici

Tra i benefici non economici occorre segnalare l’enorme flessibilità garantita dall’applicazione di automatismi industriali, che garantisce ulteriori vantaggi quali la semplificazione dello sforzo logistico e la semplificazione dell’organizzazione.
Questa semplificazione dello sforzo logistico e dell’organizzazione è resa possibile dal fatto che grazie all’automazione industriale è possibile anche per le lavorazioni più tecnologiche la lavorazione per linea, riducendo quasi a zero la necessità di lavorare per lotti con il vantaggio di dover gestire minori scorte per il funzionamento. Da questo consegue semplificazione dello sforzo logistico e dell’organizzazione.
I benefici economici risultano invece ulteriormente divisibili in due categorie principali:

- benefici diretti
- benefici indiretti

Tra i benefici diretti emerge la diminuzione dei costi diretti; tale diminuzione è derivante dal fatto che diverse mansioni e non solo, in precedenza svolte dall’uomo, oggi sono effettuate da macchine altamente specializzate comandate da calcolatori.
Tra i benefici indiretti occorre distinguere
Semplificazione del prodotto
Maggiore qualità del prodotto

4.4 **Un concetto globale di automazione**

E’ la produzione che permette all’impresa di competere con le concorrenti garantendole la possibilità di ottenere vantaggi competitivi rispetto a queste ultime.
Le tre variabili che permettono all’impresa di competere e che quindi vanno ritenuti come obiettivi da raggiungere sono:
costo (costo del prodotto e/o ROI dell’investimento)
qualità (rispetto delle specifiche e/o affidabilità)
servizio (es. rispetto delle date di consegna)
Ma di fronte alla situazione di turbolenza del contesto economico attuale possiamo inserire un’ulteriore variabile decisiva; la flessibilità, nelle sue diverse sfaccettature.

Nessuno degli attributi della flessibilità è percepibile dall'uomo come lo possono essere il basso costo oppure la puntualità nella consegna e la qualità, ma questi vantaggi per il consumatore sono raggiungibili solo avendo un sistema produttivo flessibile.
In sintesi, la flessibilità "non si vede ne si vende", e si traduce sempre in costo, qualità, servizio. Non è quindi un fattore differenziante, e non può costituire una priorità competitiva, e un orientamento strategico; è invece uno strumento, che deve essere mirato e attuato in modo coerente con le priorità strategiche che l'azienda assegna alla sua struttura produttiva[16].
L'azienda deve quindi diventare flessibile. Questa è l'unica strada percorribile al fine di soddisfare il consumatore sempre più esigente e con gusti sempre diversi, proponendogli prodotti di qualità e affidabili.
La conseguenza di queste innovative strategie di competizione è un cambiamento sostanziale del sistema operativo dell'azienda che si traduce con l'adozione di un'automazione intelligente e flessibile che riguarda non solo la sfera produttiva vera e propria, ma anche le funzioni a monte e a valle della produzione stessa.
Per la parte prettamente produttiva l'automazione dovrà quindi riguardare le seguenti fasi:

- preparazione
- lavorazione
- montaggio
- verifica
- finitura

Ma in più dovrà riguardare le ulteriori fasi di:

- progettazione
- programmazione dei flussi produttivi
- gestione dei magazzini
- gestione degli ordini dei clienti

Viene quindi a delinearsi un nuovo concetto di automazione industriale che coinvolge tutta la logistica interna dell'impresa e che va al di la della visione classica dell'automazione industriale che tiene conto solo delle funzioni automatizzate svolte all'interno dell'officina.
Diventa quindi essenziale l'integrazione delle varie funzioni interne oggetto di automazione. Questo può essere perseguito grazie all'informatica.
Il percorso di automazione si è ormai compiuto per intero con l'estensione delle relative applicazioni che partendo dai processi fisici sono state successivamente

[16] Boscarelli L. (1990) , La flessibilità nella strategia di produzione , L'Impresa n.4

introdotte nei processi virtuali per poi giungere ai processi aziendali nella loro interezza ed estensione. I processi aziendali a cui si applica oggi l'automazione sono infatti realizzati a partire da "una sequenza ordinata di operazioni fisiche, costituite da movimentazioni o lavorazioni, oppure virtuali, costituite da comunicazioni ed elaborazioni, con il cui insieme si forma "la catena del valore del business" . Una tale definizione comprende i processi aziendali nella loro globalità ed estensione, ricoprendo tutte le attività che si svolgono in un'organizzazione, da quelle operative in fabbrica ed in ufficio, a quelle manageriali e persino creative.[17]

4.5 **L'integrazione**

La nuova impresa deve avere una funzione produttiva in grado di variare la composizione del mix di prodotti senza subire sensibili cali di efficienza.
La strada che hanno seguito molte grandi aziende è stata la flessibilità sia come proprietà dell'apparato produttivo di lavorare una diversa gamma di prodotti in base alle richieste del mercato che come proprietà di variare la gamma senza interventi costosi di riattrezzaggio dei macchinari. L'automazione industriale ha reso questa caratteristica realmente applicabile, ma con in più la totale o quasi totale autonomia dei macchinari di lavorazione, totalmente o quasi indipendenti dalla presenza dell'uomo. Questa caratteristica fa si che anche le sequenze produttive più difficili possano oggi essere eseguite da macchine altamente specializzate. Ad esempio la capacità di alcune macchine di sostituire automaticamente gli utensili usurati, nonché la possibilità di fronteggiare guasti imprevisti senza la necessità di interrompere la produzione oppure la capacità del complesso produttivo di valutare autonomamente la qualità del semilavorato fabbricato o del prodotto assemblato.
Ma oltre alla flessibilità l'altra scelta strategica fatta dalle grandi imprese è stata l'integrazione delle attività aziendali.
L'integrazione rende possibile ad un ciclo produttivo formato da varie fasi di produzione complementari di essere ricondotte da un unico sistema gestionale informatico rendendo la fabbrica maggiormente trasparente e più facilmente gestibile e guidabile e garantendo un'ottimizzazione globale.
L'integrazione può essere di diverso grado, che dipende dal segmento di produzione gestito da un unico sistema unitario di comando.
L'integrazione minima può essere per esempio quella di un'unica macchina a controllo numerico governata dalla sua unità di controllo.
Un esempio d' integrazione di grado più elevato può essere quello di una cella con più macchine coordinate tra loro da un unico centro di governo.

[17] Papeschi R. (2001) , *Automazione globale* , Sistemi & Imprese n.5

Il grado di integrazione quindi aumenta proporzionalmente all'aumentare delle macchine coinvolte ma anche dal collegamento tra diverse unità o stazioni di lavoro che effettuano cicli di lavoro diversi ma complementari tra loro.
Un' esempio classico di sistema flessibile integrato è l'FMS o *Flexible Manufacturing System* composto da più celle integrate tra loro.
Ma l'integrazione oltre a coinvolgere il processo prettamente produttivo può riguardare tutte le attività aziendali e quindi può coinvolgere sia la progettazione del prodotto e del processo che la pianificazione e il controllo della produzione.
L'integrazione totale CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) risultata applicabile grazie alle nuove tecnologie informatiche è considerata oggi come uno strumento con grandi potenzialità, che permette all'azienda di avere una funzione produttiva completamente integrata nell'ambito dell'intero contesto aziendale.
Essendo l'impresa un organismo in evoluzione a causa dei continui cambiamenti che si realizzano al suo interno e del contesto estremamente dinamico e discontinuo in cui è collocata, un'azione integrativa è l'unica in grado di consentirle di rispondere alle esigenze di flessibilità che le vengono richieste[18].
Possiamo dire quindi che integrazione e flessibilità sono due termini complementari o meglio "flessibilità funzione di integrazione".

4.6 **Computer Integrated Manufactoring - CIM**

Si è progressivamente affermata in questi anni l'idea che la ricerca dei vantaggi competitivi sostenibili da parte delle imprese industriali non possa prescindere dalle modalità con cui le risorse vengono utilizzate nei processi di trasformazione: tali vantaggi sono cioè legati sempre più alla capacità di produrre valore reale per l'utente finale in modo efficiente[19].
L'incredibile sviluppo di elettronica, informatica e capacità sistemistica hanno reso possibile all'industria manifatturiera in particolar modo di diventare globalmente automatizzata. Oltre al controllo numerico si sono affiancate sia l'automazione nell'area fisica che in quella organizzativa.
Automazione di attività fisiche sono per esempio la robotica industriale, il trasporto automatico materiali, lo stoccaggio automatico, il controllo automatico della qualità, mentre automazione nell'organizzazione sono per esempio la progettazione con l'aiuto del computer, la programmazione e il controllo della produzione. Attività automatizzate che hanno permesso alle moderne industrie manifatturiere di far fronte alla crescente internazionalizzazione del mercato e

[18] Roversi A. (1990) , Computer Integrated Manufacturing: La scelta giapponese , L'Impresa n.4
[19] Bartezzaghi E., Spina G., Verganti R. (1990) , *Innovazione e Integrazione nei Sistemi Produttivi* , L'Impresa n.4

alla rapida evoluzione dei prodotti e dei mercati, aumentando la flessibilità in tutte le sue sfaccettature, nonché ad una sensibile riduzione dei costi di produzione.
L'obiettivo dell'integrazione delle funzioni è appunto quello di minimizzare i costi che riguardano il trasferimento fisico degli oggetti e delle informazioni, realizzando quindi celle o sistemi flessibili di lavorazione e sistemi di logistica automatizzata utilizzando reti locali di comunicazione LAN, sistemi di gestione base dati, controlli di cella.
Appunto in merito alla nuova visione del manufacturing si sono viste varie proposte, ma unite tutte da un medesimo intento: l'integrazione.
Tra le varie proposte quella di maggior successo e rilievo è stata certamente quella del CIM, presentatosi come uno strumento ideale al perseguimento dell'obiettivo di integrare la funzione produttiva nell'ambito dell'intero contesto aziendale sfruttando al meglio le opportunità offertegli dalle moderne tecnologie informatiche nei campi dell'automazione e della trasmissione delle informazioni. Si tratta quindi di un'integrazione globale, interfunzionale.
Se i due termini dell'acronimo CIM, *Computer e Manufacturing*, esprimono, il primo, l'uso delle tecnologie informatiche come strumenti di comunicazione ed elaborazione delle informazioni, e il secondo, la funzione di trasformazione fisica delle materie prime in prodotto finito, il termine *Integrated* non è invece facilmente riconducibile alla realtà dell'azienda. La parola "integrato" esprime l'azione di fornire il complemento della parte di un tutto, tramite un atto finito nel tempo. E' il concetto che viene applicato nel "pacchetto integrato", che si presenta come erogatore di un insieme di funzioni che esauriscono la globalità delle aspettative del cliente.[20]
Si tratta di integrazione delle diverse funzioni aziendali e quindi anche di condivisione delle informazioni.
Solo un'azione integrativa permette all'impresa di raggiungere la flessibilità richiesta dall'evoluzione del mercato.
È chiaro che un simile approccio non riguarda esclusivamente l'automazione delle funzioni, ma deve coinvolgere attivamente tutto il personale dell'impresa.
Questo approccio è basato sulla responsabilizzazione della persona, che diventa un nodo decisionale fondamentale al funzionamento dell'impresa stessa assumendosi responsabilità, superando la visione classica di semplice esecutore di operazioni. È quindi chiaro che l'implementazione del CIM all'interno di un'azienda manifatturiera deve prevedere oltre che una rivoluzione tecnologica, un'altrettanto notevole rivoluzione organizzativa.
Si può quindi anche parlare di CIM come *Computer Integrated Management*.
Ma vediamo un attimo quali sono stati i motivi principali che hanno indotto le imprese a prendere in considerazione questo sistema integrato dotato di elevata

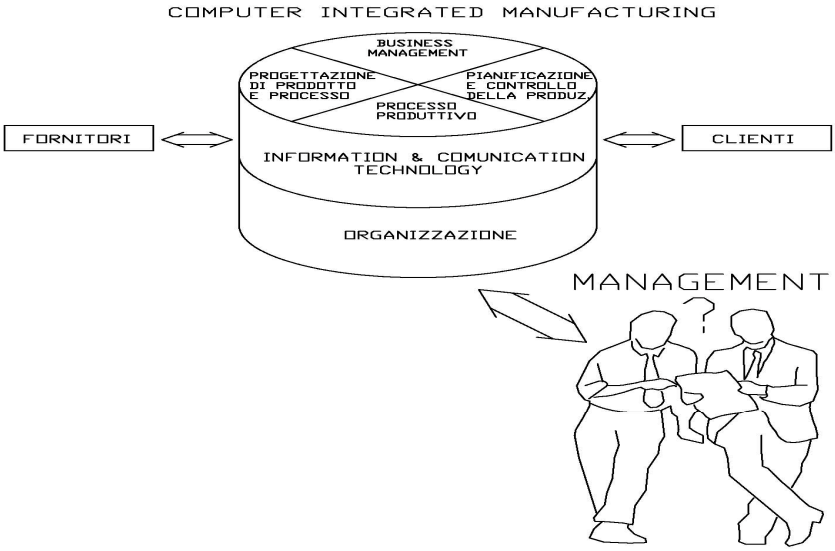
[20] Roversi A. (1990) , Computer Integrated Manufacturing: La scelta giapponese , L'Impresa n.4

efficienza e flessibilità.
Innanzitutto l'evoluzione informatica ha permesso l'applicazione di un'automazione integrata nelle sue diverse fasi superando la visione classica di automazione a isole.
L'evolversi dell'automazione può essere schematizzato come un processo in tre stadi[21]:
il primo stadio implica l'automazione di singole attività o fasi specifiche nei diversi sottosistemi aziendali (rappresentati da sfere di attività);
il secondo stadio vede l'automazione intra-sfera, ossia l'integrazione di attività precedentemente automatizzate all'interno dello stesso sottosistema;
il terzo stadio, l'automazione inter-sfera, coinvolge attività di processi e sottosistemi diversi.
In questo senso l'integrazione è soprattutto connessa alla capacità della tecnologia di supportare e svolgere non solo attività di trasformazione, ma anche di coordinamento, controllo e comunicazione.
Decisivo al fine dell'integrazione è stata la ferma intenzione di superare il punto di vista funzionale e specialistico dell'automazione, cercando un'efficienza globale del sistema produttivo nel suo complesso anziché focalizzare l'attenzione sulle singole fasi o attività. Fondamentale è stata anche la nuova visione di processo produttivo come "flusso di materiali e informazioni" unita a quella classica di "sommatoria di operazioni". E' con particolare riguardo a questo punto che si è cercata una maggiore collaborazione con clienti e fornitori allargando la gestione delle informazioni al di fuori dell'unità produttiva stessa e favorendo l'orientamento al mercato.
Possiamo a questo punto riassumere le caratteristiche principali del CIM ossia:
Integrazione tecnologica di apparecchi e macchinari tecnologicamente avanzati.
Visione sistemica delle attività produttive e logistiche.
Integrazione di approcci.
Infatti il CIM va considerato complementare e sinergico ad altri approcci gestionali quali il just in time, ma esaminando in dettaglio gli elementi che contraddistinguono il CIM notiamo che esso consiste nell'integrazione dei tre macro-processi tipici di un'industria manifatturiere. Questi sono:

- Progettazione di prodotto e processo
- Processo produttivo
- Pianificazione e controllo della produzione

[21] Bartezzaghi E., Spina G., Verganti R. (1990) , *Innovazione e Integrazione nei Sistemi Produttivi* , L'Impresa n.4

Figura 4.1 Rappresentazione schematica di CIM

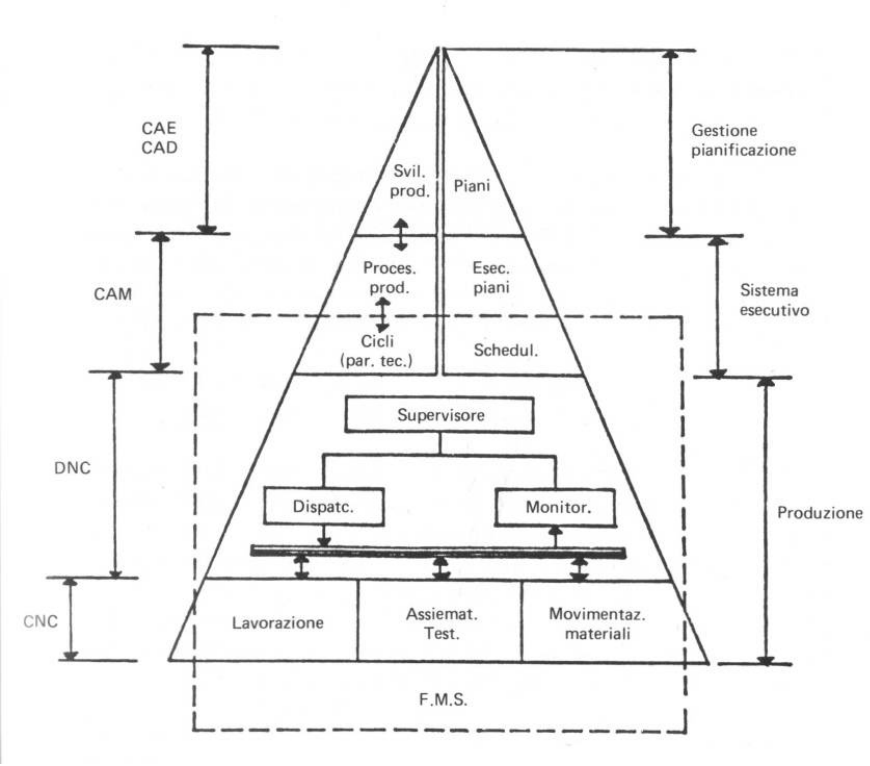


Nello schema il CIM è rappresentato come una torta composta dai vari macroprocessi tipici dell'industria manifatturiera e funzionante grazie alle fonti dell'innovazione, ossia *l'Information e Comunication Technology* che ha lo scopo di integrare i tre macroprocessi e una nuova organizzazione d'impresa, necessaria per far fronte al cambiamento dell'impresa e coordinare con successo le nuove variabili che la compongono al fine di raggiungere gli obiettivi preposti.
Sicuramente di fronte a questo nuovo concetto di impresa diventa primario il ruolo del management che ha il compito di effettuare scelte coerenti al fine di trasformare i singoli ingredienti in una ricetta di successo. Management che ha l'obbligo di partecipare attivamente alla vita d'impresa poiché deve interagire con le tre macroaree e diventare attore principale dell'innovazione più ancora delle tecnologie integratrici che sono presupposto fondamentale, ma da sole non sono certamente in grado di creare vantaggi competitivi. Tanto più che il termine maggiormente idoneo vista la presenza decisiva del fattore umano sarebbe Computer Human Integrated Manufacturing "CHIM".
Come descritto nel disegno di Figura 4.1, particolarmente importante diventano le interazioni con i soggetti che indirettamente fanno parte al processo

produttivo aziendale; ossia i rapporti con fornitori i clienti.
Ma alla luce di queste considerazioni vediamo di fare una panoramica su quelli che sono i processi ed i relativi sottoprocessi che compongono un sistema produttivo oltre che (tra parentesi) gli strumenti innovativi che compongono il CIM e che sono a disposizione dell'azienda[22]:
La logica del CIM vorrebbe che la fabbrica del futuro fosse tutta perfettamente integrata e computerizzata, ma al momento non può essere così. Nella maggior parte dei casi si parla di implementazione parziale del CIM in cui si ha solamente un'integrazione tra qualche processo del sistema produttivo.
E' una realtà diffusa quella in cui le aree dove il CIM viene maggiormente implementato sono quelle più strettamente legate al processo produttivo e al coordinamento dei flussi del materiale a monte e a valle di esso e quindi di produzione, ricevimento degli ordini, progettazione del processo, approvvigionamento, vendite, consegne. Questa realtà è il risultato del fatto che il CIM è nato principalmente come automatizzazione delle fasi produttive e integrazione dei processi di lavorazione. Un esempio di integrazione di processi può essere quello tra due distinti processi. Da una parte la fabbricazione e l'assemblaggio e dall'altra la programmazione operativa e il controllo. Questi sono integrabili tramite un modulo denominato MRP II e tramite i sistemi di rilevazione automatica.
È possibile anche l'integrazione tra progettazione logica del prodotto e progettazione del processo realizzabile. Il tutto tramite l'integrazione tra il CAD e il CAM.
Una rappresentazione che può rendere bene l'idea riguardo alle particolarità del CIM è quella in cui questo viene visto come una piramide con alla base le funzioni più strettamente di officina quali la lavorazione dei pezzi, la movimentazione ed il trasporto, l'assiematura, il controllo della qualità e la supervisione, il monitoraggio delle macchine e della lavorazione, il dispatching, ovvero la distribuzione dei dati e dei comandi alle macchine.

[22] Bartezzaghi E., Spina G., Verganti R. (1990), *Innovazione e Integrazione nei Sistemi Produttivi* , L'Impresa n.4

Figura 4.2: Funzioni presenti nella struttura produttiva integrata CIM[23]



Queste funzioni sono realizzabili mediante tecnologie a controllo numerico quali il CNC ossia il "Computer Numerical Control" ed il DNC "Direct Numerical Control" . Il CNC rappresenta l'evoluzione del più obsoleto CN ed è una macchina in grado di ricevere informazioni riguardo le operazioni lavorative da effettuare e di gestire tali operazioni in maniera molto precisa. Il DNC rappresenta invece il controllo numerico diretto, e permette l'integrazione tra un computer e una o più macchine a controllo numerico.
Nella punta della piramide vi sta la fase di gestione e pianificazione, di ricerca e progettazione attuabili tramite software evoluti quali il Computer Aided Design "CAD" e il Computer Aided Engineering "CAE". Il CAD permette tramite l'uso di un computer la progettazione del prodotto, ricavando rapidamente la concezione delle parti componenti, il disegno del progetto nonché la generazione della distinta base, avendo quindi maggiori informazioni riguardo la composizione del prodotto finito e dei singoli pezzi che lo costituiscono. Il CAE è invece un software che permette calcoli e verifiche dimensionali e strutturali riguardo al prodotto finito e ai singoli componenti. Permette quindi grazie al calcolatore l'analisi ingegneristica del progetto.
Per la pianificazione vi sono invece altri strumenti denominati "Production

[23] Flego M. (1991) , *La fabbrica flessibile* , Franco Angeli , Milano

Planning Control" che permettono l'elaborazione di programmi specifici di pianificazione della produzione aziendale "EDP".
Al centro della piramide troviamo invece il "CAM" ovvero il Computer Aided Maunfacturing, che grazie all'integrazione con il CAD permette di definire tramite un computer il processo di produzione ed i cicli che le singole macchine a controllo numerico devono eseguire per ottenere i pezzi che compongono il prodotto finale.

5 PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Nella lavorazione “tipo officina” con produzioni su commessa, l’organizzazione del lavoro è alquanto complessa[24] e si possono solamente adattare i principi generali ad ogni singola situazione. Conta l’esperienza e conta la possibilità di fare simulazioni di alternative differenti, con l’ausilio dell’elaboratore, per trovare la soluzione ottimale.I prodotti costruiti su commessa, data la limitata ripetitività, l’alta flessibilità e la difficoltà nel formalizzare qualsiasi tipo di processo, non sono, in generale, interessati dall’automazione.
Le nuove tecnologie sono interessanti se migliorano la qualità dell’operazione. Sistemi esperti, specifici, nel futuro potranno trovare applicazione in questo settore.
La situazione produttiva è caratterizzata da:
una varietà di centri di lavorazione;
“lavori” o “ordini”, che si muovono nell’organizzazione, i quali presentano differenti modalità di flusso tra i centri di lavorazione;
lotti in lavorazione irregolari:
tempi molto variabili da lavoro a lavoro;
nuovi lavori che entrano continuamente nel sistema.
Gli *obiettivi*, spesso in contrasto, sono dati da:

- consegne puntuali;
- bassi costi totali;

minimi tempi di attesa sia di macchina, sia di mano d’opera;
bassi livelli di materiale in coda.
Il flusso *informativo* ha caratteristica rigida e l’impegno di mantenere le informazioni aggiornate e regolari costituisce un punto fondamentale. Occorrono “input” di informazione fissi (ore, persone, regole di priorità, standard, ecc.) e variabili (ordini in corso, avanzamento della produzione, code, guasti, assenteismo, ecc.).
Per l’elevato numero di dati (l’organizzazione deve garantire la qualità dell’informazione), sia fissi che variabili, è necessario ricorre all’ausilio dell’elaboratore.
Il programma e il controllo sono basati sulle dimensioni dei lotti. Programmare l’officina significa scadenzare le commesse e assegnarle, secondo priorità, alle lavorazioni dei singoli centri.

[24] per es.: se si hanno 5 macchine e 5 lavorazioni, si possono avere 5! = 120 alternative diverse

I principali modelli di programmazione, sia per lo scadenzamento degli ordini, sia per il calcolo delle priorità, sono basati sull'impiego di tecniche reticolari PERT o simili.
Le *fasi principali* della programmazione sono le seguenti:
fase di scadenzamento (lancio di nuovi ordini, accorpamento di ordini già lanciati in funzione delle scadenze e delle lavorazioni in corso);
fase del calcolo della priorità e del carico istantaneo, tenendo conto del carico massimo di ogni centro di lavorazione;
fase di programmazione operativa (è lo sviluppo del piano di lavoro dettagliato).
Le *regole di priorità* usate più di frequente per programmare i centri di lavorazione sono:
si lavora per prima la commessa con la data di consegna più vicina;
si lavora per prima la commessa che ha il minimo tempo di scorrimento.
Questo metodo assicura un minimo livello di scorta, un minimo livello medio dei ritardi, un'ottima saturazione delle risorse.
Con tale regola i lavori in coda sono di quantità inferiore rispetto alla regola che prevede la precedenza per le lavorazioni con tempo più breve (SOF) ed alla regola MSA, che dà priorità alle operazioni che richiedono più risorse nelle fasi successive.
Uno dei parametri critici, relativo a tutte le lavorazioni, è il tempo necessario per consegnare una parte o la totalità del prodotto finito dal momento in cui questa parte o la totalità è stata individuata come necessaria.

5.1 **La produzione nell'industria di processo**

Nei processi produttivi, dove il ritmo della produzione è determinato in modo meccanico o tecnologico, si riduce l'importanza della funzione pianificazione e controllo della produzione (chiamata anche controllo del flusso). Infatti, *in sede di progettazione degli impianti, sono definiti i volumi e le sequenze produttive;* l'impianto incorpora pure i meccanismi di controllo e regolazione del processo. Tutti i prodotti, fabbricati "continuamente", sono prodotti standard, destinati ai magazzini dell'organizzazione commerciale.
Il compito "dell'esercizio" è soprattutto quello di mantenere in funzione, al massimo dell'efficienza e per quanto più tempo possibile, gli impianti. *Il problema dell'efficienza e del contenimento dei costi diviene un fattore strategico;* occorre quindi ridurre al minimo i tempi di interruzione del flusso produttivo.
Con riguardo agli *approvvigionamenti*, nella maggior parte delle produzioni a processo, che comportano la trasformazione di rilevanti quantità di materie prime, la politica degli approvvigionamenti stessi viene gestita a livello centrale, rimanendo a livello di stabilimento la gestione degli approvvigionamenti dei

materiali ausiliari di produzione.
La programmazione dell'esercizio è assai spesso rigida, perché i tempi e i costi di riattrezzaggio sono elevati.
I prodotti "semplici" fabbricati in grandi quantità (ad esempio, nei processi chimici) sono automatizzati già da molti anni. In questo caso, le tecnologie informatiche ed elettroniche possono migliorare prevalentemente i sistemi di controllo operativo, di qualità, di misura, di monitoraggio, ecc.
Se le previsioni e gli ordini aperti, tradotti (ad esempio, mensilmente) in programma di produzione, sono errati, i costi di variazione di ritmo o di sequenza del processo causano di solito notevoli perdite.
Nella preparazione del *piano generale di produzione* MPS nell'industria di processo si presta attenzione ai costi fissi e all'utilizzazione dell'impianto; le soluzioni produttive sono ricercate nell'ambito di capacità di produzione non flessibile. Occorre individuare in modo preciso "colli di bottiglia" e possibilità di "conflitti", inoltre le dimensioni dei lotti sono determinate in base ai costi e alle esigenze di processo.
In questo tipo di industria si usa fare la verifica della capacità produttiva prima del calcolo del fabbisogno dei materiali
La pianificazione della capacità produttiva è pilotata dal piano generale di produzione MPS, è dettagliata nel breve termine e aggregata nel lungo termine; tiene conto delle capacità "pratiche" rispetto a quelle teoriche e prevede inoltre utilizzazioni dell'impianto con mix alternativi di prodotto. Si richiede un controllo (continuo) del livello delle scorte (predeterminate) in corso di lavorazione.
Agli effetti della pianificazione sono necessari:

- la distinta base (elenco delle materie prime);
- le quantità dei prodotti ed il mix;

l'indicazione della linea, dell'impianto su cui si deve produrre;
la capacità produttiva espressa in unità o volume prodotto in un'ora.
I *piani di produzione*, a titolo di esempio, possono essere sviluppati come segue:
gli ordini della clientela, raccolti centralmente (eventualmente integrati con le previsione di vendita e con le quantità di prodotto necessarie per reintegrare le scorte), non subiscono alcuna classificazione finché non raggiungono un volume complessivo pari al periodo standard di produzione (spesso quattro settimane).
Si discute un nuovo ciclo produttivo con i responsabili della programmazione dello stabilimento un mese prima del "lancio", per concordare il mix da produrre giornalmente, raggruppando ordini uguali. Quest'ultima fase è molto delicata perché gli impianti presentano caratteristiche e capacità produttive diverse; *per massimizzare efficienza e profitto è indispensabile conoscere il margine di contribuzione di ogni singolo prodotto.*
La fase successiva della programmazione prevede, con un anticipo, ad esempio,

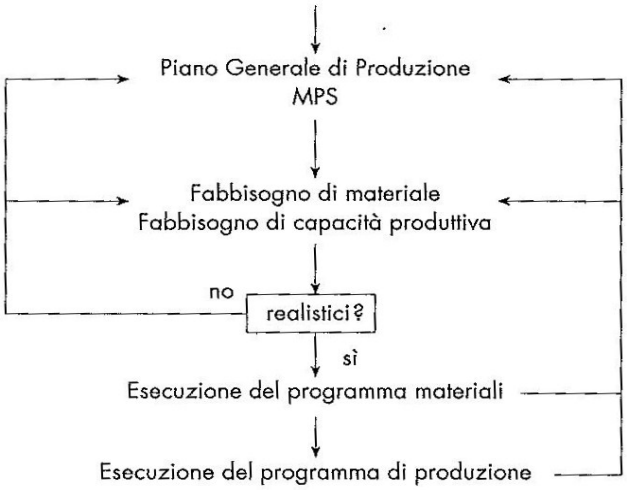
di una settimana, la determinazione della sequenza con cui evadere gli ordini dei clienti. In alcuni tipi di processo quest'ultima fase richiede, per effetto di personalizzazione del prodotto, ulteriori programmazioni a livello di alcuni reparti di produzioni (varie dimensioni nell'industria cartaria, imballaggi, ecc.); in un processo ibrido il programma di produzione viene, per esempio, lanciato ogni metà mese e prevede consegne per il mese successivo. In questo caso il tempo concesso all'unità produttiva per evadere il programma è compreso tra due e sei settimane. Se il ciclo tecnologico (rigido) richiede un mese di lavoro per la preparazione (a lotti) di prodotti intermedi, è necessario produrre sulla base di *previsioni,* in una prima fase, e, in una seconda fase, con un processo in linea o continuo (per esempio, il confezionamento del prodotto finale). Quest'ultima fase è pilotata dagli ordini in corso da evadere. Nell'ipotesi sopra descritta, le scorte di prodotti intermedi spezzano in due il flusso di produzione.

5.2 **Il piano generale di produzione**

Il sistema di pianificazione e controllo riflette il tipo di prodotto, la natura del processo e le diversità delle aziende (dimensioni, dislocazioni geografiche, sistema di distribuzione, ecc.).
Non tutte le aziende hanno bisogno di un sistema completo come quello che verrà in seguito descritto; le modalità con le quali viene assolta la funzione non è determinante, anche se oggi si ritiene che sia indispensabile l'uso dell'elaboratore qualora le transizioni ed i dati siano numerosi.
E importante considerare che qualsiasi tipo di controllo della produzione è incapace di eliminare gli effetti negativi di una pianificazione della produzione insufficiente.
Le difficoltà che sorgono dai processi produttivi incidono sulle modalità di controllo e sulle possibilità di programmazione almeno quanto l'instabilità o la variabilità della domanda.
In conclusione, la pianificazione ed il controllo della produzione incontrano difficoltà provenienti da situazioni sia interne, che esterne.
Il sistema che si descriverà si riferisce *prevalentemente* a processi o a parti del processo di produzione che sono specifici per produzioni ripetitive di lotti (piccoli o grandi) di prodotti (discreti) e che usano programmi e controlli basati su ritmi di produzioni.
Per realizzare un qualsiasi prodotto industriale con qualsiasi tipo di processo, su ordine (commessa) oppure su programma, sono necessari materiali (per il prodotto e per il processo) e capacità produttiva.
Il problema, nella sua impostazione più generale, è il seguente: dato un piano di produzione tempificato (realistico), per la sua attuazione occorre che il

fabbisogno dei materiali ed il fabbisogno di capacità produttiva siano sincronizzati. Se questa sincronizzazione è possibile, si passa dall'esecuzione, approvvigionando materiali e riservando capacità produttiva; se non è in nessun modo realizzabile, si deve rivedere il piano di partenza .

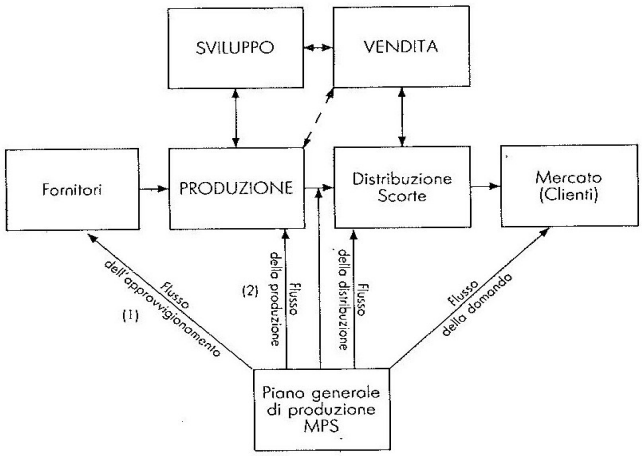
Figura 5.1: Struttura di un sistema di pianificazione e controllo



La domanda totale, che tiene conto delle previsioni di vendita, del piano di consegna, dei ritardi, delle scorte esistenti, dei materiali necessari per il servizio o di riserva, viene periodicamente (ad esempio, mensilmente) tradotta in un *piano di richiesta di prodotti.*
Questo programma, che deve essere congruente con il piano industriale (annuale), viene discusso a livello centrale; per ogni stabilimento si prepara un *piano di richiesta di produzione* (fabbricazione).
Quest'ultimo piano viene "proposto", in una riunione che può aver luogo, ad esempio, una o due volte al mese, all'Ufficio Pianificazione dello stabilimento (o dell'unità produttiva), che è delegato a discuterlo e ad accettarlo, qualora sia fattibile anche dal punto di vista dell'approvvigionamento, per conto dello stabilimento (o dell'unità produttiva).
Il piano accettato, che deve essere realistico, diventa il **Piano generale di produzione** (*Master Production Scheduling - MPS*)
Il periodo di pianificazione può essere di un mese o di una o più settimane, a seconda delle specifiche esigenze dell'unità produttiva.
Nei casi di aziende di piccole dimensioni, le fasi sopra indicate si riducono; quello che conta è l'accordo finale sul piano di produzione (operativo) tra i

proponenti e lo stabilimento (o unità produttiva).
L'MPS deve essere ben definito e strutturato, dettagliato secondo la data di consegna, secondo il tipo o la famiglia di prodotto, o secondo quantità.
Se dettagliato per famiglia di prodotto, viene abbinato a un *Piano Assemblaggio Finale* (FAS), che precisa quantità e dati di consegna per ogni singolo prodotto della famiglia.
L'MPS è un piano sviluppato nel tempo, che tiene conto della domanda, della capacità produttiva, dei tempi di approvvigionamento, dei tempi di transito, dei tempi tecnici e di programmazione; esso controlla, quindi, il flusso degli approvvigionamenti, della produzione, della distribuzione e, in definitiva, della domanda.

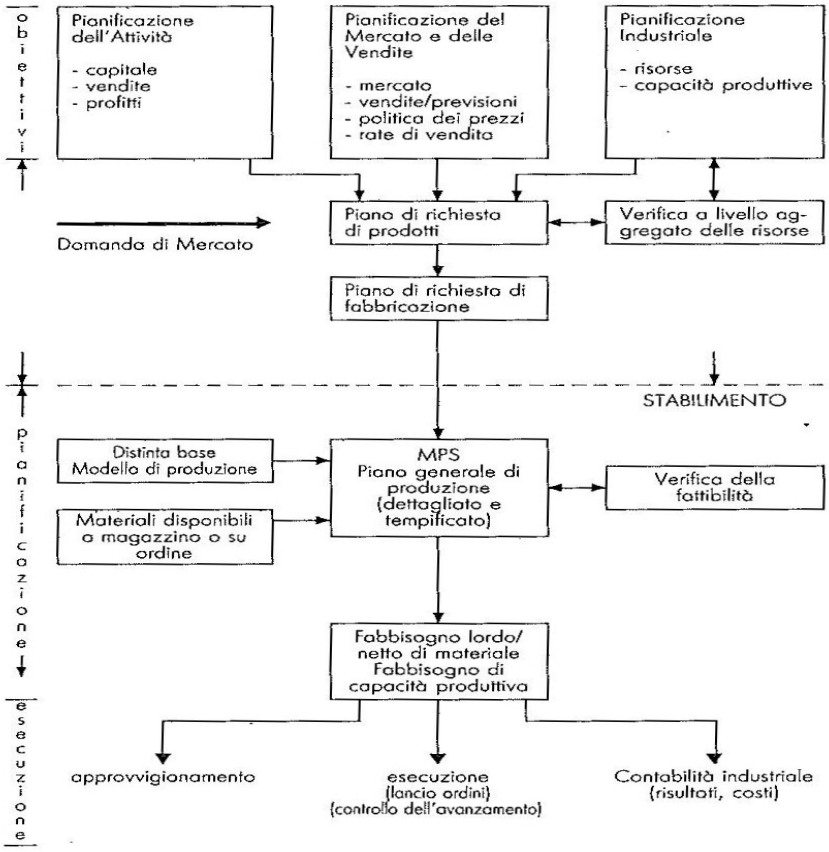
Figura 5.2 Funzioni del piano generale di produzione



L'MPS ha lo scopo di rendere disponibile, nel momento pianificato, quanto richiesto con il minimo investimento in scorta; indica la priorità di ogni ordine nel processo, dà il grado di utilizzazione della capacità produttiva, individua le risorse critiche sia di uomini, sia di materiali, sia, infine, di mezzi di produzione.
L'MPS non è un piano di vendita: indica **che cosa fare, quanto e quando**.
Nella preparazione dell'MPS si seguono criteri diversi a seconda del tipo di produzione. Ad esempio, nella produzione "tradizionale"si cercano soluzioni produttive nell'ambito di capacità di produzione in genere flessibili; spesso è sufficiente una verifica della fattibilità non dettagliata; si presta più attenzione ai costi variabili.
Nella produzione con elevata integrazione verticale si presta spesso più attenzione ai costi fissi; si fa attenzione ai cicli delle stazioni (reparti) che si alimentano in serie; vi possono essere "conflitti" di materiali e capacità

produttiva; si cerca di lavorare con minime scorte.
I piani usati per programmare i "reparti" (aree produttive) devono sempre avere come riferimento il piano generale MPS. Differiscono da questo perché riportano solamente i materiali e i prodotti di specifico interesse (per esempio, ad un reparto che produce alcuni livelli di uno o più prodotti vengono dati programmi tempificati relativi alle specifiche lavorazioni del medesimo). Gli orizzonti di tali piani operativi sono inferiori e limitati ad alcune settimane (si procede in modo tale da avere sempre due o più settimane di lavoro programmate).
In conclusione: l'MPS è base per l'area logistica, per l'area produttiva, per l'amministrazione e la finanza ed è il piano di riferimento per le vendite. Tutti i piani operativi ed esecutivi devono derivare da un unico Piano generale di produzione come riportato in figura 5.3.
Le previsioni di vendita sono importanti perché consentono l'approvvigionamento di quei materiali (con tempi di rifornimento superiori al tempo che intercorre tra l'accettazione del nuovo piano e l'inizio del periodo bloccato) necessari per le lavorazioni relative al periodo bloccato, che verrebbero a mancare qualora non ordinati in tempo debito secondo le previsioni.
I dati di orientamento sono particolarmente utili per valutare le stabilità o le variazioni della domanda commerciale e per conoscere le date di avviamento di nuovi prodotti o di cessazione della produzione.
Per una corretta e realizzabile programmazione dell'MPS e del derivato piano operativo di approvvigionamento è necessario conoscere, in particolare, i seguenti dati:
tempi di approvvigionamento dei materiali;
tempi di "fabbricazione" necessari per passare da un livello al successivo (tempi utilizzati anche nel calcolo del carico dei centri di lavorazione e della durata delle lavorazioni stesse);
tempo complessivo di "fabbricazione", cioè somma dei singoli tempi di "fabbricazione" pianificati lungo il percorso di maggiore durata, attraverso tutti i livelli della struttura del prodotto, partendo da quelli più bassi sino al raggiungimento del prodotto finito.

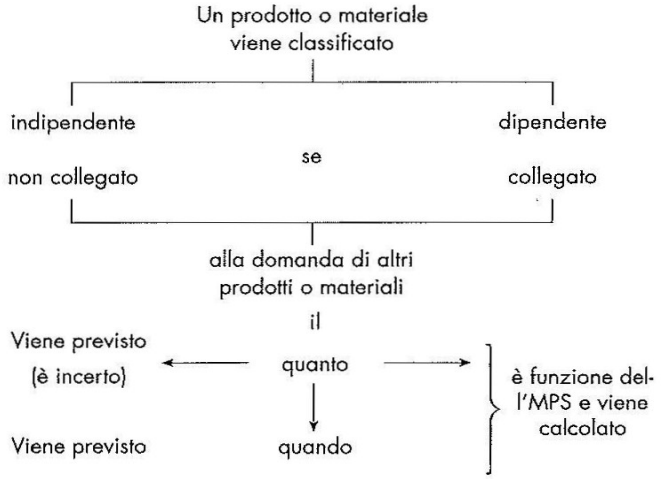
Figura 5.3: Esempio di pianificazione globale



5.3 **La pianificazione dei materiali**

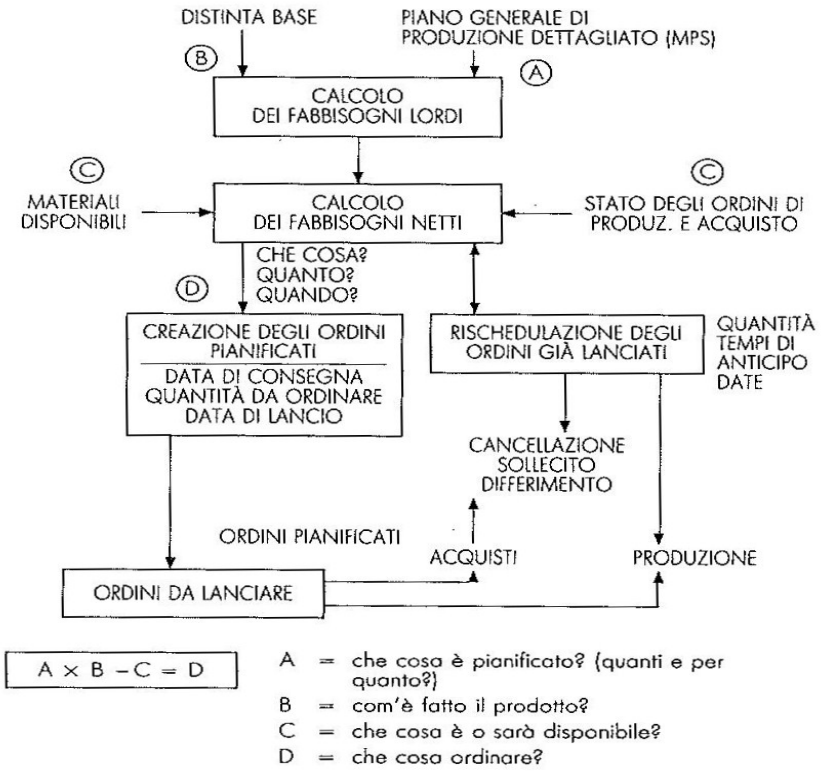
L'MRP è una tecnica di gestione dei materiali volta a far coincidere le giacenze con i fabbisogni di breve periodo, senza avere quindi, neppure per poco tempo, inutili immobilizzi.
Normalmente tale tecnica viene gestita con l'ausilio dell'elaboratore.
La classificazione in materiali indipendenti e materiali dipendenti rende possibile la pianificazione dei materiali stessi.

Figura 5.4 Per classificare materiali a domanda dipendente /indipendente



I sistemi MRP calcolano esattamente le esigenze di materiali (dipendenti), tenendo conto dei tempi di fabbricazione, e specificano il momento in cui emettere gli ordini, considerando i tempi di approvvigionamento, in modo che tutto il materiale arrivi esattamente nel momento del bisogno.
Questo processo di temporizzazione del materiale è chiamato "fasatura dei tempi".
Si determina anzitutto il *fabbisogno lordo* dei materiali moltiplicando il piano MPS (che è una lista "tempificata" di *prodotti indipendenti)* per la distinta base dei prodotti richiesti (B.O.M.).
Dal fabbisogno lordo (tempificato) così ottenuto si sottraggono le quantità di materiali "disponibili" nello stabilimento e le quantità che saranno "disponibili" per gli ordini in corso. Si ottiene, in questo modo, il *fabbisogno netto* di materiale (il cui orizzonte è determinato dai tempi di approvvigionamento e dai tempi complessivi di "fabbricazione"), dal quale deriveranno gli ordini di acquisto per le quantità mancanti. Contemporaneamente si riserverà capacità produttiva.
Occorre naturalmente che i fornitori abbiano la possibilità di fornire quanto richiesto alle date stabilite e che la capacità produttiva sia disponibile in modo tale da poterla sincronizzare, nel momento previsto, con il fabbisogno del materiale.
Per rispondere tempestivamente a variazioni si usa un metodo chiamato *net change* MRP, che tiene conto solamente dei cambiamenti verificatisi a partire dall'ultimo aggiornamento; esso calcola la nuova pianificazione dei fabbisogni ed i relativi ordini.

Figura 5.5: Logica della pianificazione

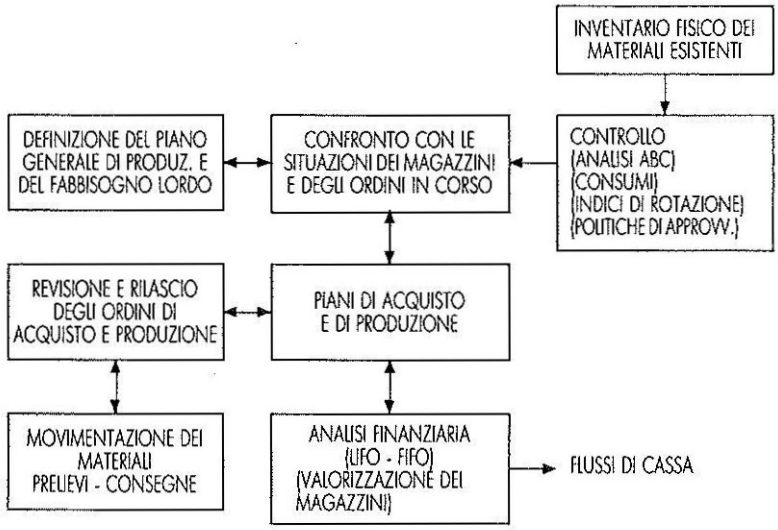


Gli obiettivi dell'MRP sono i seguenti:

- determinazione dei fabbisogni presenti e futuri dei materiali in funzione della domanda dei prodotti finiti;
- pianificazione degli ordini d'acquisto e di produzione mediante assegnazione di date d'inizio e di scadenza e quindi di priorità;
- risposta in modo dinamico alle variazioni di programma;
- riduzione dei materiali esistenti e di quelli in corso di lavorazione (compatibilmente con il tipo di processo produttivo);
- drastica riduzione delle mancanze di materiali.

Il piano MRP dà la possibilità di programmare priorità di produzione e di pianificare i fabbisogni di capacità. L'orizzonte del piano è determinato dai tempi di approvvigionamento e di fabbricazione del prodotto finito come di seguito rappresentato in figura.

Figura 5.6 La funzione della gestione dei materiali



5.4 **La pianificazione della capacità produttiva**

È definita “capacità” la massima produzione ottenibile di un dato prodotto con specifiche e contenuti di lavoro dati, in un determinato reparto e con un relativo processo. Le unità di misura della capacità sono le ore standard, l’euro, le tonnellate, i metri, i chilometri, i metri cubi, il numero di pezzi, ecc.
I fattori che riducono la capacità produttiva sono:
efficienza inferiore al previsto;

- assenteismo;
- ricontrolli di qualità;
- fermate e rallentamenti per manutenzione, cambi, mancanza di materiale,
- ragioni sociali;
- mancanza di attrezzature;
- sovraccarichi, “colli di bottiglia”, ecc.;

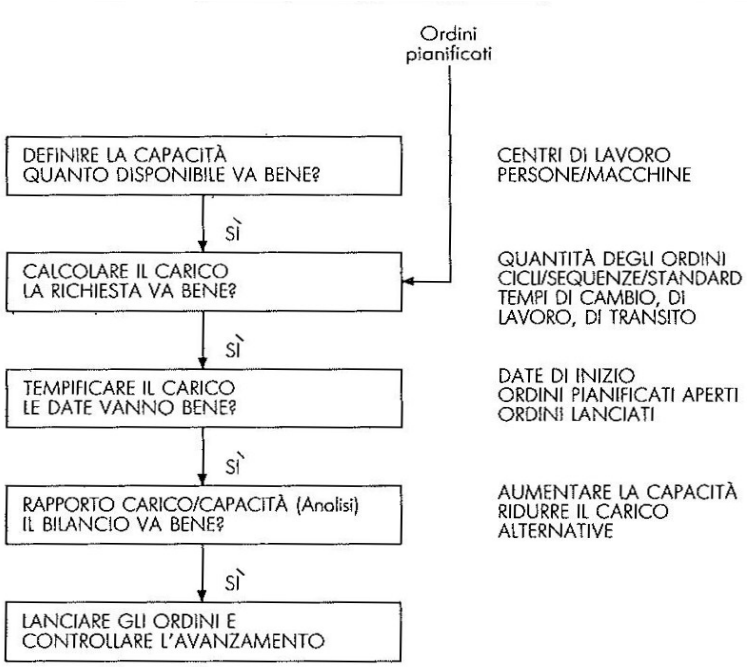
i fattori che aumentano la capacità produttiva sono invece:

- ore straordinarie;
- alternative;
- subcontratti;
- divisione dei lotti;

sovrapposizione delle lavorazioni, ecc.
La pianificazione dei fabbisogni di capacità e di controllo fornisce gli strumenti necessari per determinare il carico di lavoro, periodo per periodo, in ogni centro di lavorazione e per la distribuzione del lavoro stesso.

Il controllo della capacità è un sistema chiuso con alla base l'elemento umano. Esso si avvale sempre più del supporto dell'elaboratore per ottenere valutazioni rapide e complete, possibilità di ripianificazione e analisi delle eccezioni.
I dati necessari si ricavano:
dall'MRP, che dà i tempi di consegna "lanciati" e le date di disponibilità dei materiali;
dall'archivio ordini di produzione (tempificati);
dall'archivio sequenze cicli, che dà i tempi uomo/macchina; dall'archivio centri di lavorazione, che dà le capacità disponibili per ogni centro.
Il carico sopra menzionato viene confrontato con l'effettiva capacità disponibile in ogni centro nei periodi previsti; esaminando i risultati del confronto si possono prendere le decisioni più opportune per riequilibrare le situazioni di sovra o sottocarico.
Il confronto si effettua, sia in sede preventiva (tra previsione di flusso in entrata e piano di flusso in uscita), sia in sede consuntiva, tra i valori effettivi in entrata e quelli in uscita
La pianificazione della capacità produttiva nel breve termine viene pilotata dal piano fabbisogno materiali;

Figura 5.7. Schema di pianificazione della capacità produttiva



Quando si deve programmare la capacità produttiva occorre tenere presente che questa non è mai infinita.

In particolare, i “colli di bottiglia” sono limitazioni della capacità produttiva; si creano code e, di conseguenza, costi. In questo caso spesso si riducono i lotti che vengono ricomposti in funzione dei soli fabbisogni immediati.
Nella realtà dei singoli processi si possono presentare molte complicazioni, che hanno come conseguenza strozzature spesso anche coordinate.
E da tenere presente inoltre che la programmazione a capacità finita è assai più complessa di quella infinita e richiede molti più dati.
Nelle produzioni a flusso ed in quelle a processo si segue la tecnica della capacità finita.
Nelle linee di montaggio, che sono normalmente bilanciate per avere la massima efficienza, si segue la tecnica della capacità finita per la linea e quella della capacità infinita per le linee di alimentazione.

5.5 **Come si controlla la produzione**

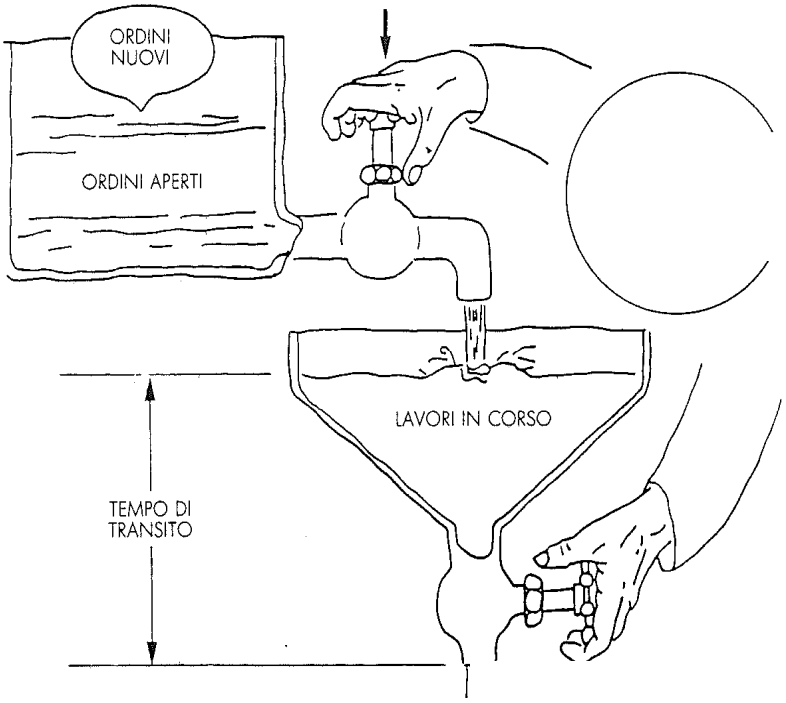
Controllare la produzione significa *variare la capacità produttiva* dello stabilimento (di un reparto, di un centro) *e variare il carico “lanciato”* (degli ordini o programmi), in modo che il livello dei lavori in corso (WIP), il tempo di transito ed infine il flusso in uscita di prodotto finito corrispondano a quanto previsto.
Per esempio, a parità di capacità produttiva, dare più carico significa aumentare scorte e tempo di transito. A parità di carico, derivante da un certo livello di ordini/programmi, aumentare la capacità significa ridurre le scorte e i tempi di transito e, di conseguenza, aumentare il flusso in uscita.
Anche in quest’area è di grande ausilio l’utilizzazione dell’elaboratore per raggiungere gli obiettivi ed assolvere i compiti con maggiore rapidità e precisione.
Gli obiettivi del controllo sono

- seguire e controllare *giornalmente* tutte le attività produttive interne ed esterne per realizzare il piano MPS;

verificare se le priorità date, per materiali e manodopera, dall’MRP sono realizzabili; se necessario, agire in modo da rispettare le date di consegna *recuperando i ritardi;*
fornire informazioni sullo stato di avanzamento della produzione;
utilizzare bene la capacità produttiva e migliorare l’efficienza controllando la produttività delle persone, delle macchine, degli impianti, raccogliendo dati per analisi e valutazioni;
lavorare con minima scorta;
fornire informazioni consuntive ai “tempi e metodi”, atte ad attribuire corretti tempi di lavorazione;

rilevare i dati necessari per poter calcolare i costi a consuntivo.
Il controllo ha il compito inoltre di convertire programmi/ordini pianificati in ordini “lanciati” e indicare le priorità necessarie;
emettere liste di assegnazione di lavoro complete di dati sulle operazioni e sui centri;
verificare la disponibilità delle risorse e decidere per la loro prevista utilizzazione;
seguire l’avanzamento della produzione raccogliendo dati;
confrontare carichi futuri con l’attuale capacità e prendere provvedi-menti in merito;
controllare i tempi di transito; misurare i risultati;
chiudere il programma/ordine quando è completato.

Figura 5.8 Controllo della produzione



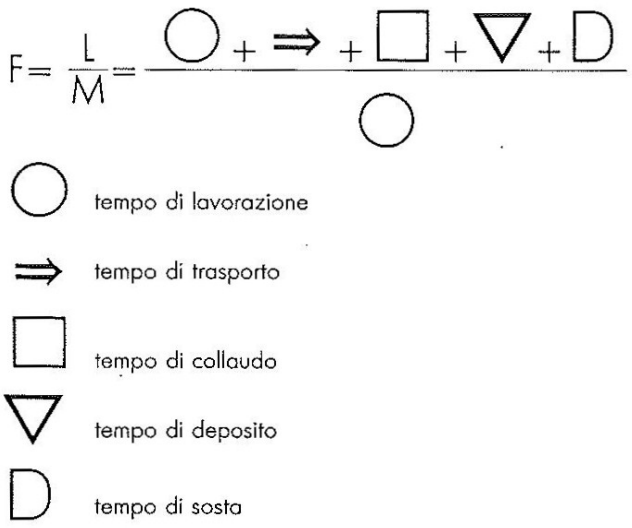
5.6 **Produzione a flusso**

Produrre a flusso significa fare in modo che il tempo di transito (tempo di produzione dalla materia prima al prodotto finito) sia uguale alla somma dei soli tempi di lavorazione.
Produrre a flusso significa dunque ridurre il più possibile i tempi di alcune fasi di lavorazione quali:
movimentazione e trasporto (percorsi corti o veloci);

- coda dei materiali prima e dopo ogni lavorazione;
- immagazzinamento;
- controllo, ispezione.

Si definisce *indice di flusso* F il rapporto tra il tempo medio di produzione, dalla materia prima al prodotto finito (numero di giorni, inclusi quelli non produttivi, moltiplicati per 24 ore), chiamato L, e le ore nette di produzione effettiva per unità di prodotto, dalla materia prima al prodotto finito, chiamate M.

Figura 5.9 Rappresentazione dell'Indice di Flusso (F)



I vantaggi della produzione a flusso sono:

- scorte in lavorazione (WIP) molto limitate;
- meno spazio necessario;
- brevi tempi di transito;
- trasporti ridotti;
- problemi di qualità evidenti;

- linee specializzate per prodotto o famiglia;
- impianti e macchine più piccole (meno costose).

Nella produzione a flusso si valuta l'efficienza della stessa in modo globale. La sua realizzazione pratica richiede miglioramenti continui, che si ottengono con l'individuazione e la soluzione dei problemi.
Produrre a flusso è anche una caratteristica base della produzione automatizzata. Si può, infatti, dire che il CIM *(Computer Integrated Manufacturing*) ha un approccio naturale al J.i.T. e costituisce di fatto la realizzazione tecnica degli obiettivi operativi perseguiti dal J.i.T., quali, ad esempio, la flessibilità, l'affidabilità, ecc.

5.7 **Il sistema J.i.T.**

Si tratta di un principio generale di organizzazione dei flussi produttivi, che ha come obiettivo la riduzione al minimo dei tempi di attesa del materiale e dei componenti, facendoli arrivare alle linee di lavorazione nel momento giusto, minimizzando così la necessità di immagazzina-mento.
I processi del montaggio finale pilotano e controllano l'avanzamento di tutti i livelli intermedi di fabbricazione e anche dei fornitori, rendendo quasi continuo il flusso dei materiali dal fornitore al mercato finale (il materiale è "tirato a valle" dal montaggio finale). Si utilizzano meglio gli spazi, ma soprattutto, con meno scorte, in ogni fase del processo produttivo si riduce il "capitale circolante netto operativo".
Il J.i.T. è un modo di produrre che richiede, nelle sue versioni più o meno meccanizzate/automatizzate, una sostanziale preparazione delle persone e un dettagliato studio del processo produttivo. E un sistema che deve essere inquadrato in un modello organizzativo adeguatamente definito, nel quale ci si propone di eliminare tutto ciò che aggiunge costi improduttivi.
Il sistema J.i.T. si presta per produzioni ripetitive, con una relativa stabilità della domanda, una gamma limitata ed una relativamente bassa complessità dell'ambiente produttivo; esso fornisce prestazioni in linea con gli obiettivi richiesti alla produzione.
La produzione "tradizionale a lotti (a commessa o ripetitiva), oppure a processo, può trarre beneficio se si applicano quelle "norme" del J.i.T. adatte al processo specifico
Il J.i.T. ha punti chiave specifici e altri generali e richiede, evidente-mente, anche l'applicazione di tecniche tradizionali.
Prima di commentare le "norme" del J.i.T., occorre rilevare che i punti chiave specifici e generali sono da rispettare tassativamente in tutte le fasi della produzione per le quali si è scelto il sistema J.i.T
Tale sistema richiede anzitutto una qualità totale che tenda a zero difetti; in particolare, è necessario avere introdotto un controllo statistico del processo e

occorre arresta-re la produzione in presenza di difetti con il controllo autonomo degli operatori o con sistemi automatici di rilevamento e arresto. Richiede una manodopera flessibile con operatori polivalenti e motivati che cooperino in un'azione continua di miglioramento, disponibili, inoltre, a ruotare, in caso di necessità e periodicamente, in differenti posti di lavoro, al fine di aumentare la loro flessibilità funzionale. In questo modo essi utilizzano in pieno le loro capacità, partecipando ai risultati del reparto. E' richiesto inoltre un nuovo tipo di rapporto con i fornitori accuratamente scelti per ottenere consegne più frequenti di una minore quantità di materiale
I punti chiave generali sono:
layout della produzione: deve essere disegnato per un flusso continuo, ben bilanciato nei posti di lavoro, realizzati con trasporti continui dei materiali. La fabbricazione (il montaggio) dei componenti, realizzati in prossimità dei punti di assemblaggio, favorisce la gestione della produzione J.i.T. I posti di lavoro e l'ambiente devono essere particolarmente curati;
riduzione dei tempi di attrezzamento e cambio: è una priorità inderogabile che determina la dimensione minima del lotto e aumenta la flessibilità produttiva. Lotti piccoli consentono anche un rifornimento continuo dell'organizzazione commerciale riducendo le scorte;
riduzione di tutti i tempi di attesa: i tempi di fermata delle attrezzature si evitano se non si sovraccaricano le macchine e si attua una manutenzione preventiva programmata. I tempi di fermata per ragioni di qualità o di mancanza di materiale si evitano intensificando le azioni di miglioramento e curando la gestione operativa dell'approvvigionamento;
standardizzazione dei cicli di produzione: viene fatta per bilanciare le linee di produzione, con una tecnica ben nota, ma curata al massimo. Il bilanciamento va fatto sul "collo di bottiglia" del momento, sia che si tratti di "collo di bottiglia" costituzionale oppure contingente, in quanto esso determina la velocità del flusso produttivo

5.8 **MRP II e JiT a confronto**

In ambienti produttivi relativamente complessi i vantaggi del sistema MRP II sono così notevoli da consigliarne, senza dubbio, l'uso anche se l'applicazione del sistema stesso non è sempre facile.
Con ambienti produttivi relativamente semplici, purché un certo numero di condizioni base siano rispettate, il sistema J.i.T./Kanban, orientato ad un'autoregolazione dei flussi produttivi, in tempo reale con programmi di produzione livellati nel breve termine (una/due settimane), dà ottimi risultati.
Ambedue i sistemi si basano sulla possibilità che la domanda possa variare e che non si debba mai avere una rottura di scorte.

Le differenze fondamentali fra i due sistemi sono rappresentate nella tab. 5.1.
A prescindere dalle convenienze e dalle possibilità di applicazione dei due sistemi descritti, è opportuno tenere presente quanto segue: - il sistema J.i.T./Kanban richiede tassativamente che un certo numero di condizioni base sia rispettato e sia in atto un processo di continuo miglioramento;
il sistema MRP TI è in grado di gestire qualsiasi realtà produttiva, pur-ché formalizzata, e non spinge al miglioramento.
Non ci sono assolutamente ragioni tali da non abbinare l'utilizzazione del sistema MRP II ad un'attività di miglioramento, attività che non può mancare nel "buon management".
Perché si devono avere lunghi tempi di cambio, di attesa per mancanza di materiale, difetti, "colli di bottiglia", ecc. quando, indipendente-mente dal sistema usato, è sempre possibile avere un miglioramento?
Sistemi misti possono essere usati se la situazione produttiva lo richiede specificamente.
Il sistema MRP II viene usato per le previsioni, per la programmazione mensile o settimanale e per la gestione dei reparti con avanzamento della produzione di tipo tradizionale, cioè a "spinta".
Il J.i.T. viene inserito nel sistema di pianificazione e controllo dell'MRP II modificando completamente la parte operativa di quei reparti funzionanti a "trazione" e precisamente:
il controllo della produzione deve rispettare le logiche di tipo Kanban sostituenti gli organi di lavoro;
gli approvvigionamenti possono essere pilotati da sistemi a schede Kanban.

Tabella 5.1 *Mrp2 e J.i.T. a confronto*

	MRP Il	J.i.T./Kanban
Logica	La programmazione delle vendite e gli ordini spingono il flusso fisico della produ zione	II reparto utilizzatore, secondo un piano livellato, trascina le parti o i sottosistemi del reparto che li produce o del fornitore che li fornisce
Fattore di successo	Rilevazione accurata dei dati sul flusso fisico e capacità di trattamento delle informazioni	Motivazione dei di pendenti, che si ottiene dando loro maggiore responsabilità
Obiettivo	Ridurre le scorte migliorando la programmazione delle operazioni,l'utilizzazione delle capacità	Ridurre con le scorte i tempi di transito e migliorare la qualità e la flessibilità

Limite	Rischia di essere rigido penalizzando la flessibilità	Difficile da applicare se manca la cooperazione dei dipendenti e dei fornitori
Minimo periodo programmazione	Una giornata	Una giornata
Programmazione	Richiede la fasatura di tutto il ciclo produttivo	Livellata
Piano generale di produzione MPS	Vincola il minimo periodo di programmazione	Flessibile entro limiti determinati

5.9 **I sistemi di controllo della produzione**

Il controllo del processo produttivo è uno dei pilastri del controllo d'azienda e si compone delle seguenti fasi:
rilevamento e misura dei dati;
confronto dei dati misurati con altri dati;
retroazione e intervento per riportare la situazione al livello desiderato.
Tutti i problemi del controllo possono essere ricondotti a tre categorie:

l'organizzazione;
l'applicazione;
le persone.

L'organizzazione dipende dalle strutture organizzative, di comunicazione, dalle procedure adottate e dal modo con il quale esse supportano il sistema di controllo.
L'applicazione è in relazione alla comprensione ed all'uso del sistema di controllo esistente e ai risultati ottenuti.
Le persone: va considerata la disponibilità delle persone verso il cambiamento dei propri atteggiamenti, del modo di lavorare, per utilizzare le possibilità offerte dal sistema adottato e per raggiungere un alto grado di prestazioni.
Il sistema base per il controllo della produzione comprende, nel caso più completo, i seguenti moduli:

A	Piano generale di produzione
B	Distinta base
C	Controllo dei magazzini
D	Fabbisogno dei materiali
E	Programma di approvvigionamento e controllo
F	Cicli – sequenze – centri di lavoro
G	Controllo degli ordini ai reparti
	"lancio" ordini ai reparti
H	Analisi del carico e delle capacità produttive
I	Supervisione e controllo dell'avanzamento

Il piano (operativo) generale di produzione è indicato dal modulo ed è relativo a prodotti definiti dal modulo **B**.
I moduli **C, D, E** pianificano e controllano il fabbisogno materiale.
I moduli **G, H, I**, con l'ausilio del modulo **F,** pianificano e controllano il fabbisogno di capacità produttiva.
I moduli sopra elencati devono avere specifiche caratteristiche; se queste mancano, o non sono sufficientemente definite, si hanno inconvenienti più o meno gravi. Per questa ragione elenchiamo qui di seguito alcune fra le principali caratteristiche:
A - Il piano generale di produzione deve:
avere l'orizzonte complessivo diviso in almeno due periodi, di produzione bloccata e di previsioni di vendita; non sempre è necessario un terzo periodo relativo agli orientamenti ;
avere un orizzonte, per ogni prodotto, maggiore del tempo complessivo di fabbricazione più il tempo di approvvigionamento;
essere basato sulla reale capacità produttiva e avere un elevato grado di accuratezza;
essere stabile entro limiti definiti;
essere completo, riportare pure le necessità del servizio, altre fabbriche, ecc.;
consentire di rilevare se i tempi di anticipo non sono sufficienti.
B - La distinta base deve:
essere completa, aggiornata, strutturata secondo i metodi di produzione, accurata, adatta alle modifiche, ecc.;
comprendere le liste dei materiali necessari per calcolare i fabbisogni
C - Il controllo dei magazzini deve:
tenere sotto controllo l'attività degli operatori;
essere accurato, documentato, in tempo reale;
essere in grado di "gestire" tutti i materiali.
D - Il fabbisogno materiali deve:
essere utilizzato per il calcolo lordo e netto;

consentire di calcolare le quantità da ordinare con diversi sistemi di acquisto (politiche di acquisto);
essere ben collegato all'MPS;
tenere conto dei reali tempi di approvvigionamento.

E - L'approvvigionamento ed il controllo devono:
essere capaci di creare ordini aperti per codice, per fornitore; dare indicazioni in anticipo degli ordini in scadenza;
dare indicazioni dei tempi di consegna;
poter valutare i fornitori;
dare indicazioni alla "ricevitoria materiali".

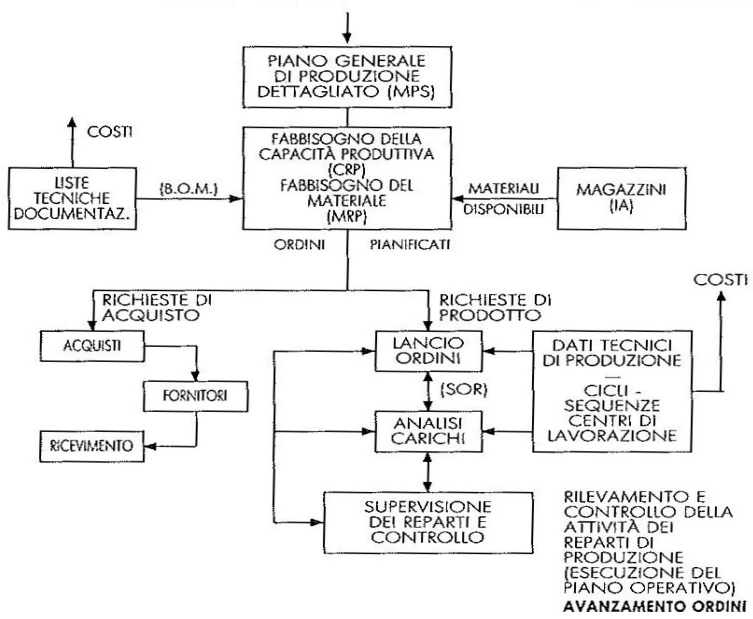
F - I cicli - sequenze - centri di lavoro devono:
comprendere tutte le sequenze e i cicli di lavorazione; comprendere tutte le informazioni relative ad ogni centro di lavorazione.

G -Il controllo degli ordini/programmi ai reparti e il lancio degli ordini/programmi ai reparti devono:
mantenere aggiornato un completo archivio di ordini/programmi pianificati aperti;
lanciare gli ordini/programmi per l'esecuzione e controllare l'avanzamento;
riservare i materiali necessari, selezionare i centri e le sequenze di lavorazione, previa verifica del carico;
preparare la documentazione necessaria.

H - Le analisi del carico e delle capacità produttive devono:
essere in grado di memorizzare le date previste di inizio e fine lavorazione per ogni ordine/programma lanciato, al fine di poter controlla-re il flusso delle lavorazioni nei reparti;
paragonare il carico con la capacità per ogni risposta (macchine, centri, posti di lavorazione, ecc.);
fornire informazioni sul lavoro eseguito e sulle capacità dei centri/posti di lavorazione;
essere capaci di fare analisi "input output" per ogni centro di lavorazione, memorizzando carichi "storici", previsti e in corso di lavorazione
calcolare i ritardi per ogni ordine/programma;
essere in grado di segnalare sovraccarichi, "colli di bottiglia"; poter effettuare simulazioni.

I - La supervisione ed il controllo dell'avanzamento devono:
fornire informazioni per gestire le risorse nei reparti;
seguire l'avanzamento degli ordini/programmi, le priorità, i carichi dei centri di lavorazione;
indicare gli *output* reali;
dare informazioni sulle presenze degli operatori;
dare ordini, se necessario, di rilavorazione e poter fornire rapportini stampati

Figura 5.10 Sistema di controllo della produzione



Le imprese che producono su commessa o a processo differiscono notevolmente, nell'organizzazione della produzione e nella pianificazione, da quelle che producono in linea lotti discreti o che producono "in modo più ripetitivo", a flusso, piccoli lotti discreti.
Per la produzione a commessa il programma ed il controllo sono basati sulla dimensione dei lotti; programmare l'officina significa scadenzare le commesse e assegnarle, secondo priorità, alle lavorazioni dei singoli centri.
Nei processi produttivi, dove il ritmo della produzione è determinato in modo meccanico e tecnologico, il compito dell"esercizio" è soprattutto quello di mantenere in funzione, al massimo dell'efficienza e per più tempo possibile, gli impianti.
Per quanto attiene alle imprese che producono in linea lotti discreti o che producono a flusso piccoli lotti discreti, rileviamo che le suddette utilizzano piani strategici per il medio e il lungo termine e piani operativi per il medio e il breve termine. Il controllo della produzione ha lo scopo di verificare se la realtà e la pianificazione coincidono.
E importante notare che qualsiasi tipo di controllo è incapace di eliminare gli effetti negativi di una pianificazione operativa insufficiente.
Tutti i piani devono essere fattibili, realistici, ben definiti e strutturati.
Per produrre occorrono materiale e capacità produttiva: questi due fabbisogni devono essere sincronizzati e le tecniche per determinarli e quantificarli, grazie all'ausilio del calcolatore, consentono la gestione della produzione e il suo controllo per un'ampia gamma di prodotti anche complessi.

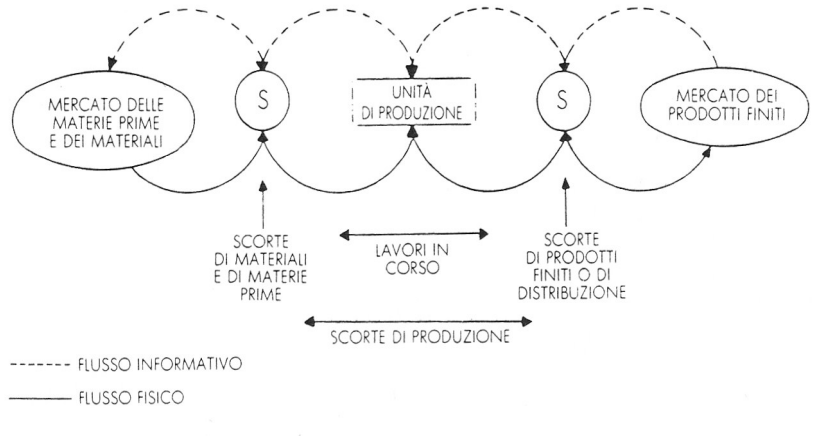
Uno strumento operativo base è il piano generale di produzione (MPS), con orizzonti sufficienti determinati dai tempi di consegna del materiale e dai tempi di fabbricazione. Esso formalizza quantità e tempi di consegna dei prodotti e viene convertito in specifiche esigenze (fabbisogni) di materiale e capacità produttiva.
Il piano MPS, periodicamente aggiornato, guida l'intero sistema approvvigionamento, produzione e scorta, fissando specifici obietti-vi alla produzione e rispondendo alla realtà di tutte le operazioni a valle.
La gestione dei materiali richiede la pianificazione dei fabbisogni lordi e netti (MRP), l'organizzazione e il controllo del flusso dei materiali, dall'approvvigionamento alla consegna del prodotto finito.
La pianificazione della capacità produttiva (CRP) è una tecnica che serve a determinare la capacità in personale, centri di lavoro ed impianti necessari per raggiungere gli obiettivi di produzione previsti dal piano MPS.
Infine, occorre controllare l'attività produttiva con le opportune tecniche di management delle priorità e delle capacità.
Dal punto di vista operativo, la produzione può essere organizzata secondo i due seguenti sistem,: a spinta – *push* (sistemi tradizionali, MRP II), o a trazione – *pull* (sistemi J.i.T./Kanban).
Quest'ultimo sistema consente, se l'applicazione è possibile e corretta, di ottenere risultati particolarmente interessanti, anche perché errori e problemi sono più "visibili" e il personale può intervenire per risolverli più rapidamente. Inoltre, si lavora con scorte minime, con brevi tempi di transito, dato che si applicano i concetti della produzione a flusso.
La produzione a flusso, che richiede bassi tempi di trasporto, deposito, sosta e collaudo, è adatta a tutti i tipi di produzione, ma è una caratteristica base della produzione automatizzata. La produzione a flusso, tra l'altro, tende a ridurre il tempo di transito, le scorte, lo spazio, ecc.
In ambienti con produzioni relativamente complesse, i vantaggi del sistema MRP II sono così notevoli da consigliarne, senza dub-bio, l'uso anche se l'applicazione del sistema stesso non è sempre facile.
In ambienti con produzioni relativamente semplici, purché un certo numero di condizioni base siano rispettate, il sistema Ji.T./ Kanban dà ottimi risultati.
Sistemi misti possono essere usati se la situazione produttiva lo richiede specificamente.

6 LA GESTIONE DEI MATERIALI

La programmazione dei rifornimenti e la gestione del materiale nello stabilimento (ricevimento, magazzini, lavori in corso e relative movimentazioni) devono essere fatte in modo da avere *scorte basse e bilanciate.*
Il livello delle scorte e l'indice di rotazione delle stesse sono segnalatori della "qualità" dell'organizzazione produttiva.
Se si analizza il costo di un prodotto all'uscita dall'unità produttiva (non per processo), si rileva che i costi del materiale e delle relative spese, pur variando da prodotto a prodotto, sono compresi tra il 40% e 1'80% del costo totale. I materiali, quindi, costituiscono un elevato investimento e le scorte giacenti sono un immobilizzo di capitale.
Per questa ragione la *logistica è* la fonte da cui possono derivare grandi riduzioni di costi, in quanto il suo obiettivo *è* quello di raggiungere il migliore *risultato globale.*
Integrando e unificando il controllo del flusso materiali, si possono ridurre tutte le scorte, tutti i tempi di transito ed avere, nello stesso tempo, un migliore livello di servizio al cliente. E' importante, inoltre, un rigoroso controllo delle scorte in transito, in particolare adattando i livelli di produzione, il più possibile, alle richieste di mercato.
La produzione partecipa alla logistica con:
l'approvvigionamento del materiale necessario per produrre;
l'immagazzinamento di materie prime e semilavorati;
i materiali in corso di lavorazione;
il prodotto finito a disposizione delle vendite.
Un approccio integrato consentirà alle vendite:
di avere rifornimenti regolari eliminando, per esempio, i picchi di fine mese e riducendo i lotti;
di avere una maggiore disponibilità di prodotti riducendo i tempi d'attesa;
di avere minori scorte e minori scorte di sicurezza;
di ridurre i costi logistici.
Compiti fondamentali della logistica e della pianificazione sono:
la riduzione al minimo dei tempi di transito fra fornitore e punto di vendita; un rigoroso controllo delle scorte in transito; la predefinizione dei livelli di costo e di servizio e l'ottimizzazione dei costi logistici totali.
Si hanno costi logistici:
presso il fornitore (magazzino e controllo);

per il trasporto (dal fornitore, tra unità produttive);
per l'immagazzinamento (costi del controllo di entrata e costi di giacenza);
per la movimentazione (per spostamenti interni all'unità produttiva); per la programmazione e la gestione del materiale; inerenti alla gestione degli ordini di acquisto, ecc.
Il sistema logistico è costituito da una serie di operazioni che generano due distinti, ma correlati, flussi:
il flusso fisico del materiale;
il flusso informativo sul materiale.

Figura 6.1 Flusso fisico e flusso informativo



Sono determinanti per il controllo:
la struttura del magazzino (aperto, chiuso); la struttura del flusso fisico del materiale
le persone (responsabilità, autorità, addestramento);
le procedure (documenti di ricezione, emissione, prelievo, ecc.); la gestione dei dati e delle informazioni.
Base del controllo fisico è l'esatta conoscenza delle "vere" quantità di materiale nelle sue varie fasi.
L'inventario periodico o ciclico è uno strumento per verificare se le quantità di materiale effettivamente esistenti corrispondono a quelle registrate.
Il sistema logistico dell'unità produttiva è molto complesso. Sono necessarie procedure gestionali e informative integrate relative: alla pianificazione della produzione e delle consegne;
alla pianificazione e gestione dell'approvvigionamento;
al controllo della produzione (avanzamento);
alla gestione del materiale e al controllo delle scorte;

al controllo dei costi.
Il sistema richiede collegamenti a livello interfunzionale e intrafunzionale. Inoltre è necessaria la conoscenza della normativa nazionale ed internazionale relativa alla movimentazione dei materiali.

6.1 **La funzione delle scorte e i tipi di scorta**

Le scorte rappresentano, come è noto, un rilevante impegno di capitale per le imprese manifatturiere e commerciali.
Le scorte nascono per i ritardi che si manifestano tra le diverse fasi dell'attività operativa. Esse appaiono come punti di compensazione o di sutura tra operazioni discontinue, onde consentire, nei limiti delle esigenze interne o di mercato, una continuità nel flusso operativo che collega tra loro i fornitori dei materiali e i clienti acquirenti dei prodotti finiti.
Infatti, le scorte consentono che i tre momenti della catena operativa (e cioè approvvigionamento - produzione - vendite) si svolgano in localizzazioni diverse e con differenti ritmi di intensità (differenze di quantità, di tempo e geografiche) .
Quindi, oltre alla funzione scorta attiva di transito, connessa al tempo necessario per la movimentazione del materiale, ossia per la trasformazione "economica" dal ricevimento del materiale alla consegna dei prodotti finiti, le scorte assolvono anche a queste altre funzioni:
funzione di *sicurezza* nello svolgere le operazioni, assorbendo le eventuali inaffidabilità dei fornitori, degli impianti e la casualità delle richieste della clientela;
funzione di *flessibilità* tra le varie parti/fasi in cui si articola l'attività, disancorando le une dalle altre
funzione di *convenienza economica* negli acquisti, nella produzione e nelle vendite, cioè in relazione al modo in cui si opera (a grandi o piccoli lotti).
Le scorte - e questo ha notevoli implicazioni in termini di metodi per la loro gestione - possono essere distinte in due grandi classi: le scorte di distribuzione e le scorte di produzione.
Le scorte di produzione non possono essere trattate che in modo coordinato con i problemi strutturali e di funzionamento della produzione e delle vendite. Si pensi ai legami delle scorte con l'ubicazione degli impianti e degli stabilimenti, con il layout di ciascuno stabilimento, con il sistema distributivo, con i caratteri tecnico-produttivi dei processi, con le caratteristiche di stagionalità o meno della domanda e così via.
Di qui l'esigenza di considerare anche le politiche attinenti alle scorte non come azioni indipendenti e staccate dal resto dell'attività dell'azienda; proprio per evitare di incorrere in evidenti pericoli di sotto-ottimizzazione, occorre vedere le politiche delle scorte inserite nelle altre politiche operative in un quadro

integrato.
Si possono avere scorte:

- presso il fornitore ed in transito;
- presso il controllo di accettazione e di qualità;
- nel magazzino materiali;
- nei reparti produttivi;
- di prodotti finiti in fabbrica;
- in transito verso l'organizzazione commerciale;
- strategiche, di sicurezza, di materiale ausiliario e vario;
- di materiale obsoleto o di scarso movimento.

Nell'ambito del processo produttivo si possono avere extra-scorte per:

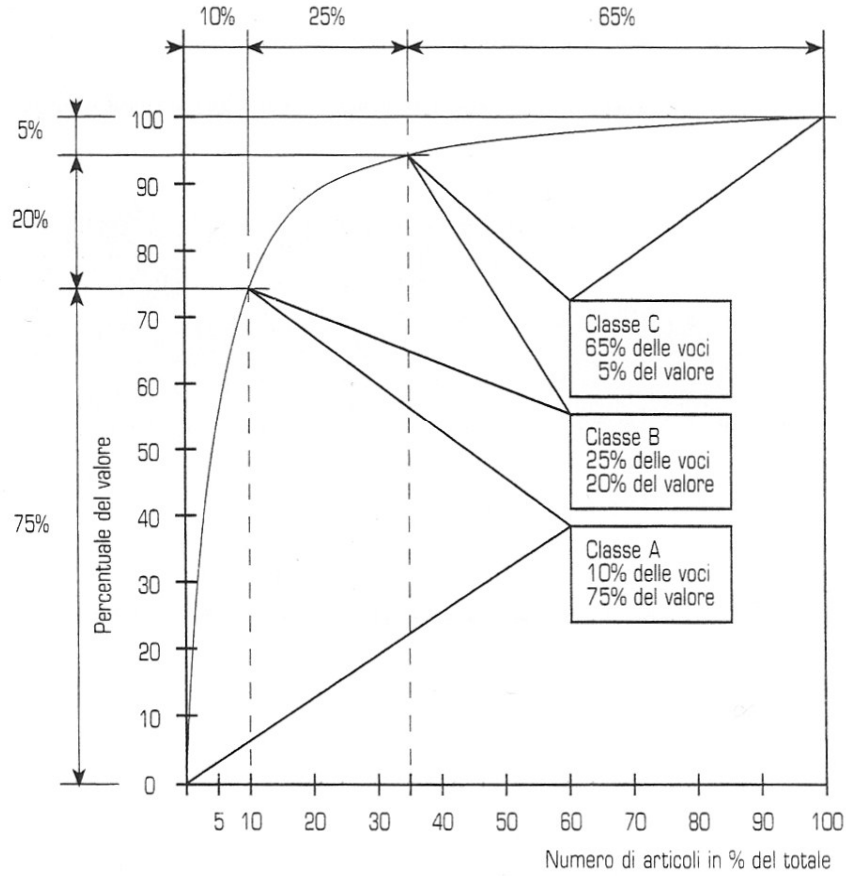
- "colli di bottiglia";
- cambi di attrezzaggio;
- fuori scorta di componenti o parti;
- scarso coordinamento della produzione, ecc.

Le scorte possono essere classificate secondo l'analisi ABC.
Il tempo di approvvigionamento determina inoltre la *scorta di sicurezz*a (o extra-scorta). Come si è visto, un certo numero di materiali può essere ordinato solamente basandosi sulle "previsioni". In questi casi si determina la quantità da approvvigionare secondo vari criteri. Ad esempio, si può tener conto, al momento dell'emissione dell'ordine, della massima previsione effettuata nei mesi precedenti il periodo bloccato; oppure si può tener conto della media delle previsioni, ecc.
La scorta di sicurezza, che è accettabile per far fronte a fluttuazioni della domanda, è usata anche per i materiali richiesti dal servizio o per prodotti semifiniti che consentono maggiore diversificazione del prodotto finale.
La scorta di sicurezza non è accettabile per far fronte a problemi di origine sia interna, sia esterna, della produzione.
Tra i materiali approvvigionati vi sono dei *materiali critici,* la cui mancanza causa arresti nel processo di produzione.
Per ridurre tali arresti occorre:
identificare questi materiali e compilare una lista da aggiornare periodicamente;
valutare i rischi di fornitura sia per i fornitori "critici", sia per i fornitori "chiave";
prevedere strategie di approvvigionamento con programmi di assistenza ai fornitori, investimenti aggiuntivi, una maggiore integrazione verticale; decidere su azioni a breve termine.

6.2 **La gestione delle scorte**

I principali prodotti sottoposti alla gestione delle scorte sono:
le materie prime, i componenti, i semilavorati, le parti, i prodotti finiti, gli imballaggi, il materiale di consumo, le parti di ricambio per la manutenzione, i prodotti obsoleti ed i rottami.
Con l'aumento delle scorte aumentano:
i costi di magazzino; gli interessi impliciti sul capitale investito; i costi di assicurazione; i rischi di obsolescenza; i rischi di deperimento, rottura e guasti; i rischi di ammanchi.
Con l'aumento delle scorte diminuiscono:
i costi di emissione degli ordini; aumentano gli sconti di volume; diminuisce il rischio di perdita di clientela (scorte di prodotto finito); diminuisce il rischio di perdita di vendite (scorte di prodotto finito). La quantità delle materie prime di scorta dipende anche dalla natura dell'attività produttiva (stagionalità, posizione geografica, materiali critici, ecc.).
Il modo di approvvigionare il fabbisogno (netto) di materiale per la produzione dipende:
dalle caratteristiche e dalla regolarità del flusso di utilizzazione; dall'importanza del singolo materiale, che può essere classificato, ad esempio, con l'analisi ABC, la quale consente, con una metodologia grafica, di individuare i materiali il cui prodotto "prezzo quantità" è più elevato. Secondo l'analisi di Pareto (ABC), generalmente il 20% del materiale costituisce il 70/80% del valore della scorta o del fabbisogno totale;
dall'affidabilità dell'approvvigionamento (incertezze, tempi di consegna).

Figura 6.2 Esempio di analisi ABC



Le scorte in entrata, dopo i controlli di tipo, quantità (sempre eseguiti) e qualità (non sempre eseguiti), devono essere immagazzinate; occorrono quindi persone, locazioni, documenti per gestire i magazzini.
I materiali devono essere movimentati in modo ottimale con persone, mezzi, documenti di vario tipo verso aree specifiche.
Il rifornimento di qualsiasi tipo di linea produttiva è un problema che richiede massima cura e studio dettagliato.
Coloro che decidono il layout dello stabilimento, dei reparti, dei magazzini hanno il compito di cercare, per i percorsi e per la lunghezza del flusso materiali, la soluzione più razionale
Il materiale, nel suo spostamento nell'ambito della fabbrica, deve essere sempre ben identificabile.
Alcuni requisiti operazionali per gestire "bene" le scorte nei reparti sono i seguenti:
standardizzazione delle quantità e dei contenitori;
restituzione periodica del materiale non impiegato;

previsione di aree di ricezione per i materiali sia nei reparti, sia in ogni linea.
In conclusione, il materiale necessario per produrre deve essere opportunamente gestito; la condizione ottima è quella di avere il materiale nella quantità giusta, nel momento e nel posto giusto.
Il livello dei materiali in corso di lavorazione nei reparti dipende dall'organizzazione della produzione e dal sistema di pianificazione.

6.3 **L'approvvigionamento**

L'approvvigionamento è una funzione importante che ha principal-mente il compito di identificare e sviluppare un limitato, ma valido numero di fonti di approvvigionamento, scegliere i fornitori, in una fase iniziale dello sviluppo del prodotto finito, e negoziare contratti.
Gli obiettivi sono:
il prezzo;
la qualità (richiede attenta selezione e qualificazione del fornitore); la rapidità e la frequenza delle consegne di lotti sempre più piccoli; la flessibilità alla variazione di programmi;
l'affidabilità (pieno rispetto degli impegni presi).
Precisamente tutti gli obiettivi che l'unità produttiva realizza a vantaggio del cliente devono, a loro volta, divenire obiettivi dei fornitori.
Tutto ciò si ottiene più facilmente se si imposta un rapporto di lunga durata e di stretta collaborazione con i fornitori. Si tratta di un rapporto che il sistema J.i.T./Kanban porta agli estremi sia per la semplificazione del sistema di comunicazione (schede), sia per la riduzione dei tempi di approvvigionamento, notevolmente più brevi rispetto a quelli ottenuti con metodi tradizionali.
Per raggiungere gli obiettivi sopra elencati, è utile che un rapporto "nuovo" venga stabilito con fornitori accuratamente selezionati.
Senza entrare in ulteriori dettagli sui compiti e sulle operazioni dell'attività dell'approvvigionamento, si ritiene utile fare alcune considerazioni in merito.
I materiali possono essere acquistati nei seguenti modi:
calcolando fabbisogni futuri necessari per realizzare un programma di produzione e lanciando ordini di acquisto tempificati che tengano conto dei tempi di approvvigionamento e delle scorte di sicurezza, sulla base dei fabbisogni per il periodo bloccato. Tale modo d'acquisto è di gran lunga preferibile per i prodotti di maggiore peso sulle scorte (A e B nella legge di Pareto), mentre per i materiali di minore valore si usa uno dei sistemi statistici;
basandosi su dati statistici, raccolti nel passato, cioè con sistemi a punto di riordino, nei quali, dato il livello di riordino, si ordina una quantità pari al lotto economico; oppure a riordino periodico, nei quali periodicamente si ripristina il livello massimo di scorta desiderata.
I sistemi a reintegro sopra descritti non tengono conto dei legami che sussistono

tra le giacenze nell'ambito della struttura del prodotto; ciò risulta particolarmente pericoloso per la gestione delle scorte di produzione, specie per quei prodotti che sono complessi per il numero dei livelli e/o per il numero dei codici che li costituiscono.
Tali sistemi si fondano su previsioni statistiche che trascurano le effettive richieste del mercato e della produzione, limitandosi a dare segnali del tipo "quando" oppure "quanto" ordinare o lanciare in produzione
Una delle caratteristiche di particolare importanza per la flessibilità della produzione è il *tempo di approvvigionamento, cioè il* tempo che intercorre fra la determinazione del fabbisogno e la disponibilità del materiale a magazzino (dopo il controllo di identificazione e qualità).
Parte di questo tempo *è* utilizzata dall'ufficio acquisti, la rimanente dipende dal fornitore e dal trasporto.
Se il fornitore non è affidabile, tale tempo viene ulteriormente allungato aggiungendo un *tempo di sicurezza (lead time* di sicurezza).
Le scelte strategiche operate in materia di politica delle scorte influenzano notevolmente il capitale circolante necessario per operare (per produrre). Questa è la principale ragione per cui si deve cercare di fare arrivare il materiale alla linea di produzione nel momento dell'utilizzazione.
Il flusso logistico di materiali, trasporti, movimentazioni, dalla ricezione alla spedizione del prodotto finito, e giacenze viene controllato a mezzo del flusso informativo.
Le scorte di produzione non possono essere trattate che in modo coordinato con i problemi strutturali e di funzionamento della produzione e delle vendite. Si pensi ai legami delle scorte con l'ubicazione degli impianti e degli stabilimenti, con i layout di ciascuno stabilimento, con i caratteri tecnico produttivi dei processi, con le caratteristiche di stagionalità, ecc.
Pur tenendo presenti le difficoltà elencate, la produzione dovrebbe sempre ricevere il materiale giusto nel momento e nel posto giusto.
A parità di condizioni, il livello delle scorte è un indicatore dell'efficienza del sistema produttivo.
L'approvvigionamento, che è sempre stato una funzione impor-tante, perché la scelta del fornitore influenza il costo, diventa oggi ancora più importante, dato che al fornitore si impongono, contemporaneamente, altri obiettivi in aggiunta ai costi. I nuovi obiettivi sono:
la qualità;
la rapidità e la frequenza delle consegne di lotti sempre più piccoli;
la flessibilità alle variazioni di programma;
l'affidabilità.
Il raggiungimento di tali obiettivi diventa più facile se si stabilisce un rapporto di lunga durata e di stretta collaborazione con i fornitori.

7 DALLA PRODUZIONE TRADIZIONALE ALLA "*OPEN*" E " *TRASPARENT FACTORY*"

Internet, in un'unica parola un concetto così vasto, affascinante, ignoto, che racchiude in se potenzialità di impiego non ancora pienamente comprese, in continuo divenire.
Abbiamo si capito che Internet permette di comunicare e scambiare dati, indipendentemente dalla distanza, a costi bassi. E' chiara a tutti l'utilità di un e-mail come è chiara quella di una telefonata: Internet è una tecnologia che è entrata ormai diffusamente nelle nostre case e nel panorama economico.
Pagine sono state a buona ragione scritte sul *trading on line*, innovazione ritenuta importante per la possibilità di avere un più rapido e diretto accesso ai propri conti correnti e per disporre a piacimento operazioni di borsa. Altri importanti contributi ci hanno chiarito che cosa è l' e-commerce, considerato una summa della tecnologia internet, una sua elevazione spirituale, una nuova possibilità per l'utente. Ancora si è fatta luce sulle aste *on line*, sui *marketplace*, sul commercio *business to business*, ovvero su quelle piattaforme virtuali in cui le aziende si incontrano in rete per spuntare un economia di spesa.
In questi ambiti la letteratura attuale predilige il punto di vista della transazione commerciale, ovvero la tecnologia internet finalizzata ad allestire un punto di accesso virtuale, una vetrina ben visibile, cui accedere per effettuare scambi, siano essi tra il cliente e la sua banca, tra il cliente e il negozio on-line, tra due aziende in un rapporto di fornitura.
In questa sede si vuole spostare il punto di vista, prendendo in esame il ruolo assunto dalle tecnologie internet nell'ambito dei cicli produttivi industriali e analizzando l'evoluzione del modello tradizionale di fabbrica nelle nuove forme di *Open Factory, Web Factory, E-Factory*.

7.1 **Innovazione e crescita economica dell' azienda.**

La crescita dell'impresa o della società è comunemente intesa come aumento del livello del fatturato, del capitale investito e del numero di addetti. Ovviamente, poiché l'intensità di capitale è fortemente variabile nei diversi settori e segmenti, i vari indicatori non coincidono necessariamente. Gli attuali contesti competitivi -sempre più caratterizzati da una rivalità intensa e geograficamente estesa -fanno sì che la crescita sia indispensabile per mantenere anche solo un soddisfacente

equilibrio interno. Molti elementi convergono nel determinare scenari competitivi di maggiore impegno per le imprese: a esempio l'intensità della competizione sui costi che comporta la necessità di sfruttare al meglio le economie di scala e di scopo; l'allargamento internazionale dei mercati che pone a diretto confronto prodotti e servizi che fino a pochi anni fa erano lontani; la rapidità e complessità del progresso tecnico sia nei settori cosiddetti "maturi" sia in quelli di avanguardia e il parallelo accorciamento della vita dei prodotti; la rapida evoluzione delle tecnologie riguardanti settori orizzontali come l'informatica, le telecomunicazioni e i materiali. Se ci limitiamo al nostro Paese possiamo ricordare i casi di eclatante crescita di società come TIM e Omnitel ma anche i successi di sviluppo internazionale di Sorin e di Mapei.

E' ben noto che uno dei maggiori problemi della nostra impresa piccola e media è rappresentato dalla loro generalizzata incapacità di crescere oltre certe dimensioni di nicchia. Molte imprese e società hanno successo nelle primissime fasi di sviluppo, ma poi bloccano la loro crescita a dimensioni relativamente limitate. Spesso gli imprenditori o i manager che guidano queste imprese sono molto accorti e dotati di intuizione, tanto che alcune loro aziende pur con dimensioni piccole riescono a diventare leader internazionali di segmento, spesso con buona redditività. In questo senso dimensione ridotta e nicchia si combinano in una strategia competitiva vincente. Ci sono molte aziende relativamente piccole che sono leader di mercato; ad esempio, IPM è leader nella progettazione, produzione e commercializzazione di sistemi di telefonia pubblica, Sorin è leader mondiale in segmenti di pregio delle tecnologie biomedicali, grazie anche alla capillare presenza distributiva e commerciale diretta in tutti i principali Paesi, Esaote compete e vince contro colossi mondiali attraverso un utilizzo sapiente della ricerca focalizzata su ben individuati segmenti della diagnostica.

In alcuni casi è possibile che la struttura famigliare dell'impresa sia un fattore rilevante di ostacolo alla crescita e non mancano esempi di questa situazione. I cantieri Ferretti per lungo tempo si sono trovati in una situazione di crescita modesta fino a quando sono entrati a far parte di un gruppo internazionale che ha introdotto ambizioni e strategia di crescita molto più coraggiose e innovativo

La povertà dei mercati finanziari italiani - in particolare l'arretratezza dei rapporti banca/industria e la natura limitata del nostro venture capital- rappresentano altre situazioni di possibile compressione delle potenzialità di crescita industriale. Ma questi aspetti non bastano a spiegare la limitatissima presenza di imprese con la scala della "media impresa internazionale", tipicamente società con 1 o 2 milioni di euro di ricavi per anno, generati su più aree geografiche. Persino nell'epoca successiva all'euforia della net economy le imprese che hanno solidi modelli di business e progetti interessanti non stentano a trovare, in Italia o all' estero, fondi da investire.

Analogamente, i tanti fattori generalmente addotti non sono sufficienti a spiegare la tendenza a scomparire della grande impresa italiana da settori industriali molto importanti.
In questo quadro non sembra inutile sottolineare perché la crescita è tanto importante. La crescita dell'azienda è fondamentale perché costringe a pensare allo sviluppo in senso ampio, non solo a livello quantitativo, ma anche qualitativo, imponendo una rivisitazione continua della propria posizione, dell'organizzazione, delle proprie capacità lungo tutta la catena del valore.
La scarsa propensione alla crescita dà origine a un duplice svantaggio: l'azienda rimane ancorata alla sua dimensione e perde quote rispetto allo sviluppo dei mercati e dei concorrenti e in tal modo presenta difficoltà crescenti nell'attrarre le risorse necessarie, soprattutto umane. Quando la situazione si prolunga l'impresa raramente rimane immobile sulle dimensioni raggiunte e si mettono in moto forze che la fanno regredire. In molti casi essa diventa preda di imprese concorrenti che ai valori di mercato correnti ritengono che una acquisizione sia conveniente.
L 'imprenditore che cede può anche aver fatto un buon affare a livello personale, ma è certo che in situazioni del genere si sono perse opportunità e sprecate risorse pure a livello collettivo.
In conclusione su questo punto, non è tanto la dimensione più o meno piccola che conta, quanto la crescita, la capacità di muoversi da una certa dimensione a una maggiore. Non è nella dimensione che le aziende esprimono le loro forze, ma è nella crescita. E' qui che si sprigionanole ambizioni, che si confrontano i piani e le realizzazioni, che si sfidano i concorrenti, che si scommette sul futuro, che si accettano i rischi, che si attraggono giovani che a loro volta vogliono condividere sfide. E' nelle organizzazioni che crescono che il lavoro trova le strutture più democratiche e vertici capaci di giudicare seriamente le prestazioni e di premiarle. E' in quelle organizzazioni che la flessibilità e l'autocontrollo battono la burocrazia.

7.2 **Ostacoli alla crescita.**

Vari fattori limitano la crescita delle nostre imprese:
1) La mancanza di grandi imprese che svolgano un effetto di trascinamento sulla crescita delle imprese minori. Questo ruolo si manifesta in vari modi. Ad esempio attraverso la politica degli acquisti delle imprese maggiori che le spinge a sforzi continui di riduzione di costi e di miglioramenti della qualità e nei casi migliori a formulare accordi di partnership dai quali possono sprigionarsi sinergie utili a tutti. Un altro effetto consiste nei vantaggi di agglomerazione: normalmente attorno alle imprese maggiori sorgono imprese minori di varie dimensioni e nell'ambiente si sviluppano diverse economie, dai vantaggi di servizi comuni a quelli dello scambio culturale all' apprendimento di nuove

formule organizzative. Un altro aspetto positivo della presenza di imprese di grandi dimensioni riguarda non la crescita delle imprese esistenti, ma la nascita di nuove imprese. Infatti, soprattutto in ambienti dove vi è la cultura del rischio e della iniziativa imprenditoriale, sono numerosi e importanti gli *spin off*, iniziative create da persone che fino a quel momento operavano, quasi sempre in attività di ricerca e di *business development*, in imprese grandi e che decidono di abbandonare una certa sicurezza per il gusto del rischio e del futuro profitto. Si deve sempre ricordare che, nei casi in cui funziona meglio, l'industria è un sistema, dove si realizzano vantaggi per tutti coloro che vi operano; in questo senso non si devono sottolineare solo i vantaggi per le imprese minori ma quelli che dalle imprese minori vanno a quelle maggiori. A esempio la presenza fitta di imprese minori nel ruolo di fornitori e subfornitori è estremamente importante. E' difficile, se non impossibile, pensare che nel breve e medio termine, il nostro Paese possa costruire un sistema di grandi imprese o medio-grandi. Per rafforzare e moltiplicare queste presenze sarebbe indispensabile una forte politica di sollecitazione di investimenti esteri in Italia (il nostro Paese è appena al nono posto considerando gli investimenti che provengono da altri Paesi Europei e addirittura al decimo in riferimento a quelli che non derivano da Paesi E.U.).

2) La pressione fiscale: i differenziali di aliquote fiscali danneggiano le imprese, in particolare quando si accompagnano a scarsità delle infrastrutture e a qualità insufficienti dei servizi pubblici ottenuti. Nel campione di imprese che abbiamo esaminato, tutte ricorrono ad autofinanziamento, più della metà a contributi e incentivi pubblici, meno della metà a indebitamento ed infine un quarto riesce a risparmiare sui costi di sviluppo grazie a cooperazioni in materia di sviluppo tecnologico. Gli effetti di una fiscalità elevata sono evidenti in particolare nel frustrare gli sforzi delle imprese che cominciano a fare profitti, probabilmente gli anni più difficili delle loro esistenza. Inoltre aliquote fiscali elevate divengono elementi ancora più sfavorevoli con il proseguire del processo di internazionalizzazione in quanto ciò facilità l'ingresso di paesi che già godono di vantaggi competitivi comunque difficilmente contrastabili.
3) Le imprese analizzate sottolineano anche vari aspetti attinenti le risorse umane. Accanto alle "classiche" considerazioni sulla flessibilità del lavoro, che si considera inferiore a quella presente presso i maggiori e più evoluti concorrenti, si lamenta la mancanza di scuole e di centri di formazione in diverse specializzazioni tecniche. In questo quadro si può anche considerare un certo provincialismo delle nostre forze di lavoro. Mentre gli stranieri disertano le Università italiane (l %), nelle Università inglesi gli stranieri sono l' 1l%, in quelle tedesche l'8%, in quelle francesi il 7%. Specularmente solo l' 1,8% degli studenti italiani frequenta l'Università in Paesi Europei (Fonte:

Eurostat).

4) Le nostre imprese registrano anche una mancanza di coerenza e di sforzo comune tra vari interlocutori. Tra le stesse imprese (e questa valutazione trova conferma in valutazioni internazionali che pongono l'Italia all'ultimo posto nell'Europa dei 15, relativamente alle iniziative di collaborazione e di cooperazione), e tra imprese, Università e centri di ricerca. Ma sulle caratteristiche e le possibili ragioni di questa situazione torneremo più avanti...
5) Le procedure amministrative sono troppo lente e la maggior parte delle pratiche autorizzative sono dominate dall'incertezza. E' appena il caso di ricordare che l'incertezza è una situazione anche peggiore di tempi lunghi ma certi. Altrove l'autorizzazione per insediare un impianto produttivo viene rilasciata entro 15/20 giorni, al massimo due mesi quando devono essere risolti problemi ambientali. Nella situazione italiana i tempi sono pressoché ignoti e non mancano casi di risposte attese per 5-6 anni.
6) La carenza di infrastrutture di trasporto e di aree industriali adeguate presenta una elevata frequenza di lamentazioni e critiche da parte delle imprese. Questi problemi, già gravi da tempo e ben identificati, hanno mostrato recentemente considerevoli appesantimenti a causa di una duplice inefficienza delle amministrazioni pubbliche:

La prima consiste nella lentezza del processo decisionale: i problemi vengono sottovalutati e le soluzioni rinviate fino a quando non si supera il punto critico, come è accaduto relativamente all'inquinamento e alla congestione delle aree metropolitane.

La seconda sta nella estrema lentezza delle opere pubbliche una volta che queste sono state decise e avviate. Si prevedono tempi lunghi, che sono regolarmente estesi ben oltre la misura iniziale e che hanno pochi raffronti in altri Paesi che si caratterizzano invece per realizzazioni celeri (a esempio la Francia, che ha messo sui binari il TGV da Lyon a Parigi in un tempo quattro volte inferiore a quello necessario all'Italia per posare i soli binari su una linea di meno di 300 km come la Firenze Roma.

Questo insieme di fattori di freno dello sviluppo è importante, ma è insufficiente a spiegare la perdita di competitività della nostra industria, la pochezza della crescita, la scarsità di imprese medio grandi e la quasi estinzione delle grandi. Soprattutto non spiega la persistente struttura produttiva caratterizzata da settori dove conta molto più l' innovazione in termini di creatività, di mercato, organizzativa e assai meno quella tecnologica. E mentre sì nota una notevole creazione di nuove imprese sono ben poche le nascite di imprese su base tecnologica. L'innovazione è invece il primo motore della crescita, occorre dunque capire in dettaglio quali elementi la stimolano e quali invece la rallentano.

7.3 **L’innovazione e crescita economica.**

Il tema centrale di questo capitolo è infatti quello dell’innovazione, considerando questa come elemento essenziale della competitività e della crescita: l’innovazione è assolutamente necessaria per la crescita e è il fattore più importante per battere la concorrenza.
“Innovazione” è un concetto ampio, che può assumere aspetti molteplici relativamente alle sue dimensioni, alla frequenza, alle modalità con le quali si realizza e alle conseguenze che può produrre.
Le conoscenze sull’innovazione si sono molto sviluppate negli ultimi tempi e ora appaiono più chiaramente i criteri per classificarla, gli ambienti necessari a farla maturare, la complessità della sua genesi e le difficoltà che si incontrano quando si cerca di stimolarla. Lo schema lineare dell’innovazione, che collegava direttamente una nuova idea di prodotto o di processo agli sforzi e alle competenze di un ricercatore o di un gruppo di ricerca organizzata, è molto lontano. La discussione non è affatto teorica in quanto solo da più precise identificazioni dei complessi fattori che favoriscono l’innovazione si possono trarre insegnamenti utili per gli interventi a sostegno. Altrimenti -e ciò accade spesso e non solo in Italia -si finisce per concentrarsi solo su un fattore o su pochissimi elementi, con risultati scarsi e con spreco di risorse. In ogni modo si rammenti che il terreno è scivoloso e che neppure oggi esiste una interpretazione del fenomeno innovativo sulla quale si realizza una sicura convergenza di opinioni.
La stessa definizione di R&S è spesso utilizzata in modo equivoco o almeno troppo generico se se ne vuole fare un uso di indirizzo di politica pubblica o aziendale. Già è impegnativo distinguere tra ricerca di base e ricerca applicata, ma ancora più difficile diviene individuare il confine tra quest’ultima e lo sviluppo, poiché solo poche grandi imprese possono fare ricerca di base, ma anche ricerca ben finalizzata e organizzata con il supporto di laboratori ad hoc. Ai nostri fini per ricerca intenderemo ogni tipo di apporto, da qualunque area esso provenga, finalizzato all’introduzione di prodotti e processi nuovi o migliorati. Appare subito che il risultato della R&S non appare evidente quando i laboratori o comunque i tecnici hanno generato quei risultati, ma solo quando essi sono commercializzati sul mercato, con l’impiego di una serie di azioni complementari.
Se ci limitiamo a considerare la R&S organizzata in modo sistematico nei laboratori perdiamo di vista una enorme quantità di pensieri e riflessioni di ingegno che le imprese orientano alla generazione dell’innovazione. La quantità di ricerca organizzata nei laboratori infatti varia nei diversi settori industriali. Essa è fortemente presente in attività come la chimica, la farmaceutica, l’ aerospazio, la difesa, le biotecnologie, gli apparati per telecomunicazioni, il software, anche se essa non esaurisce tutta la spinta innovativa che in quelle

industrie si può produrre per altre vie. Mentre è decisamente più bassa in settori come il tessile, l'abbigliamento, l'alimentare, la produzione di mobili, l'edilizia, la lavorazione dei metalli, mentre si colloca su intensità medie nell'industria meccanica e elettromeccanica.
Varie imprese nel nostro Paese svolgono ricerca organizzata, operando prevalentemente nei settori citati, come Recordati nella farmaceutica, Sorin nel biomedicale, Prima industrie e BLM nello sviluppo e applicazione dì tecnologie laser, IPM nei prodotti per telecomunicazioni, Mapei nella chimica per l'edilizia, Esaote nella diagnostica, producendo innovazione tecnologica. .Ma è assai più difficile utilizzare la leva della ricerca per sviluppare innovazioni nei settori che hanno maggior peso nella struttura dell'industria italiana, il tessile, l'abbigliamento, il legno o l'alimentare.
L'intensità di R&S è profondamente diversa nei settori industriali, come mostra bene la tavola alla pagina seguente, riferita agli USA.

Tav. 1 - Intensità nella R&S in vari settori (USA)

Settori e segmenti	R&S/ricavi 1997
Aircraft, guided missiles & space vehicles	**3.59**
Basic industries & materials	**1.15**
Fabricated metal products, except machinery & transp. eq	1.63
Food & kindred products; tobacco products	1.00
Lumber, wood products, & furniture	1.56
Textile & apparel products	4.15
Rubber & misc. plastic prod. (tires, plastic footwear...)	2.61
Chemicals	**3.25**
Information & electronics	**6.98**
Electronic components (semiconductors, coils...)	9.18
Prepackaged software	15.0
Machinery & electrical equipment	**2.84**
Medical substances & devices	**11.84**
Motor vehicles & other surface transportation equipment	**4.03**

Fonte: Standard and Poor's Compustat, Englewood, CO.

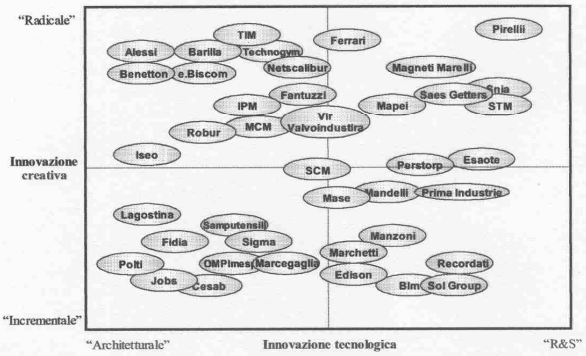
E' chiaro che le potenzialità di innovazione tecnologica sono maggiori dove l'intensità è più alta, anche se l'innovazione in senso più ampio, anche rilevante, si manifesta ovunque. A esempio, se si guarda alla scena internazionale, nel settore delle calzature Bata, Nike e poi Reebock sono stati tra i maggiori innovatori, la prima avviando una strategia di sviluppo globale, la seconda e la

terza con nuovi concetti di scarpe sportive e da tempo libero, dove il design si accoppiava a un marketing innovativo. E si possono ben aggiungere Fila, Tod's, Pollini e altri italiani. Nel settore alimentare e dolciario emergono esempi come quello di Mars, con una strategia di prodotti brandizzati a livello mondiale,di Wrigley, di Ferrero con una acuta politica di differenziazione dei prodotti fortemente orientata alla varietà dei gusti dei consumatori e con vari prodotti unici. In tutti questi casi di ricerca tecnologica ve ne è relativamente poca, ma di innovazione ve ne è moltissima.
Per capire meglio le caratteristiche e i problemi della innovazione in Italia conviene fare una puntata nel denso universo delle classificazioni:
Innovazione di prodotto o di processo ottenuta utilizzando laboratori e ricerca formalizzata o comunque forti competenze tecniche;
Innovazione architetturale, che utilizza in modo originale tecnologie e componenti già disponibili per creare nuovi prodotti o processi soprattutto prodotti). Altrove si è definito questo tipo di innovazione come modello "airbag" (tutti i componenti dell'airbag erano noti e già impiegati in altri usi, il contenuto di ricerca è modesto, l'idea è stata nuovissima) in contrapposizione alle innovazioni di molecole farmaceutiche;
Innovazione "custom", basata sulla capacità di modificare i prodotti o addirittura di creare i prodotti in funzione delle specifiche esigenze dei clienti;

Innovazione basata sul miglioramento continuo del prodotto e/o dei processi;
Innovazione di mercato capaci di creare o esaltare domande nuove o latenti;
Innovazioni di marketing (posizionamento, distribuzione, canali ecc.);
Innovazioni organizzative;

Fino a oggi le innovazioni che hanno sostenuto lo sviluppo italiano sono state prevalentemente le innovazioni basate sul concetto di "novità" (innovazione di stile), quelle "architetturali" e l'innovazione "custom", affiancate da sforzi sulla qualità e sul miglioramento continuo, mentre è stata decisamente scarsa l'innovazione tecnologica su base organizzata.
Nella Tavola 2 sono state posizionate alcune tra le più grandi imprese italiane esaminate relativamente a due ampi parametri, quelli della innovazione basata prevalentemente sulla creatività e quelli della innovazione prevalentemente tecnologica.
L'intensità della ricerca è decisamente più alta nelle grandi imprese. La Tavola 3 mette in evidenza il volume elevato di ricerca sviluppata nelle maggiori imprese internazionali in cinque diversi settori.

Tav. 2 – Posizionamento delle imprese esaminate
(Illustrativo)



Fonte: Elaborazione da interviste e analisi Evidenze

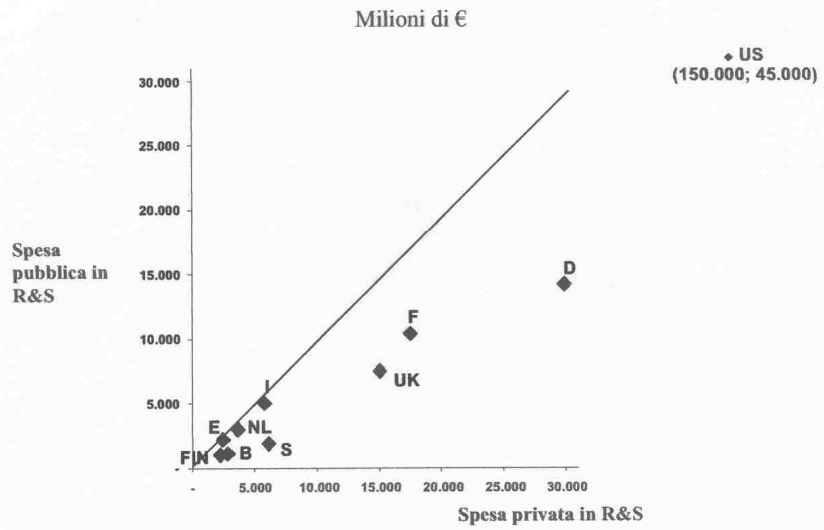
Tav. 3 – Spese per R&S delle prime 5 imprese internazionali per settore
(b$, 2000)

Elettronica		Apparati TLC		Automotive		Aerospace/Defence		Farmaceutica	
IBM	5.129	Ericsson	4.446	Ford	7.400	Boeing	1.936	Pfizer	4.847
Matsushita	5.016	Lucent	3.986	GM	6.600	Un.Tech.	1.254	GlaxoSK.	3.702
NEC	3.052	Nortel	3.986	Daimler-Ch..	5.348	EADS	1.139	Johnson & Johnson	3.600
Fujitsu	3.038	Cisco S	3.432	Toyota	3.674	Honeywell	0.780	Merck	2.456
HP	2.646	Nokia	2.465	Volkswagen	3.022	Raytheon	0.475	Bristol-Meyer Squibb	2.350

13

Neppure la struttura industriale povera di grandi imprese è sufficiente a spiegare la bassa intensità di ricerca italiana. Tutta l'industria italiana investe relativamente poco in R&S. E' evidente l'anomalia della situazione italiana relativamente alla distribuzione in R&S privata e pubblica. Tutti i Paesi più avanzati industrialmente (Tavola 4) presentano una spesa privata decisamente superiore a quella pubblica: ovviamente gli Usa, la Germania , dove il rapporto è per entrambe uguale a 3, la Francia , il Regno Unito e la Svezia.

Tav. 4 - Rapporto tra spesa in R&S pubblica e privata



Fonte: Research DG su dati Eurostat/OECD

I fattori che influenzano gli investimenti in ricerca e i suoi risultati sono molteplici. Obiettivo primario della R&S è la competitività delle imprese ed è da chiedersi quali percorsi possano essere seguiti per ottenere i risultati necessari minimizzando i costi (aumentando l'efficacia e l'efficienza) degli interventi. Un anticipo delle conclusioni è che non è possibile forzare l'innovazione tecnologica aumentando le spese di R&S. Infatti il sistema produttivo presenta una capacità limitata di assorbimento utile delle spese di ricerca, pertanto è solo operando sull'insieme dei fattori che influenzano la capacità delle imprese di assorbire ed utilizzare la ricerca a fini produttivi, che l'aumento della spesa supera favorevolmente un giudizio di costi/benefici. Apparirà chiaro nel seguito che vi è una ampia dispersione temporale degli interventi; alcuni sono possibili in tempi relativamente brevi, ma quelli più importanti, se avviati, avranno effetti solo in tempi decisamente lunghi. Infatti lo sviluppo dell'innovazione in Italia presuppone un'innovazione di cultura che capitalizzi sul più grande patrimonio in nostro possesso, che è il capitale umano. Patrimonio di potenzialità che deve essere profondamente riorientato insieme ai contesti alquanto invecchiati nei quali opera.

Alcuni fattori fondamentali penalizzano la nostra attività di ricerca e vanno visti in dettaglio. Considerando ben 7 indicatori importanti (Tav. 5) -che vanno dai livelli di cooperazione tra imprese e tra imprese e istituti di ricerca, alla percentuale di imprese minori che effettuano attività di ricerca (comprese le imprese high tech), alle quote di ricerca universitaria finanziata dalle imprese, al finanziamento pubblico della ricerca privata -tutti questi indicatori mostrano una grande distanza dell'Italia dai maggiori Paesi industriali. In particolare emerge la scarsa disponibilità alla cooperazione -tipica dell'individualismo delle nostre

imprese -e la scarsità dei rapporti impresa - università.
Andando a diversi dettagli emerge che la intensità della ricerca svolta in settori ad elevato contenuto di ricerca è decisamente inferiore a quella di altri Paesi. A esempio lo è nell'industria *automotive* e nell'elettronica, con l'eccezione dell'industria delle telecomunicazioni dove l'intensità di ricerca italiana è la più alta, grazie soprattutto agli sforzi di imprese come Telecom Italia. Pirelli, Italtel e alle presenze locali di Marconi e di Alcatel. Questi dati erano attesi e sono l'effetto combinato delle minori dimensioni aziendali e di minori investimenti di singole aziende rispetto ai concorrenti.
Ma i dati più inattesi riguardano proprio i settori tradizionali, punto di forza della competitività italiana. Nel legno l'intensità di R&S italiana è di venti volte inferiore a quella francese e di venticinque volte inferiore a quella USA; nella carta è inferiore di 16 volte alla intensità svedese e di 12 volte a quella USA; analoghi rapporti troviamo nell'industria tessile e in quella alimentare. E' dunque evidente che la natura della ricerca italiana e i suoi modelli organizzativi sono profondamente diversi da quelli di altri Paesi. E a questo aspetto critico va riservata particolare attenzione.
A queste considerazioni ne vanno accostate altre che riguardano il contesto generale in cui si sviluppa l'innovazione.

Tav. 5 – Alcuni indicatori sintetici della R&S in Italia rispetto a altri Paesi

	Austria	Belgio	Finlandia	Germania	**Italia**	Svezia	UK	USA	Japan
Quota di imprese manifatturiere innovative che cooperano con Istituti di educazione superiore	12,6	13,4	47,3	10,4	**2,5**	26,1	11,3	Na	Na
Idem che cooperano con Laboratori pubblici	7,1	8,5	38	13,8	**1,3**	16,3	4,5	Na	Na
Quota di piccole imprese (20-50 addetti) che effettua sistematicamnete R&S	24	33	39	27	**17**	34	26	Na	Na
Idem per imprese medie (50-240 addetti)	53	58	59	44	**38**	52	36	Na	Na
Quota di ricerca industriale svolta da imprese High Tech	36	30	51	32	**24**	37	47	45	32
Quota di ricerca universitaria finanziata con fondi privati	17	65	47	33	**20**	49	64	80	58
Finanziamento governativo della ricerca industriale in ‰ PIL	0,81	0,47	1,37	1,47	**0,73**	2,11	1,39	2,81	0,29

In sintesi:

- Scarsa disposizione alla ricerca cooperativa
- Bassa quota di imprese piccole e medie che svolgono ricerca sistematica
- Bassa quota di ricerca industriale svolta da imprese HT. Dato ancora più rilevante in quanto l'intensità di ricerca nei settori tradizionali è in Italia inferiore a quella dei Paesi più avanzati
- Estremamente bassa la quota di ricerca svolta dalle università per conto delle imprese: circa il 20% contro oltre l'80% in USA e il 64% in UK
- Mediocre finanziamento pubblico della ricerca delle imprese

Fonte: Elaborazioni su dati UE. Non citare e non riprodurre

16

7.4 **Il problema dell'automazione e l'approccio CIM**

Il problema dell' automazione industriale può essere considerato, in modo riduttivo, un problema di meccanizzazione, cioè di sostituzione del lavoro umano in termini energetici.
In questa ottica vengono realizzati sistemi di automazione di specifiche attività all'interno di alcuni settori aziendali generalmente privi di collegamenti con l'ambiente che li circonda.
Queste applicazioni sono conosciute come "isole di automazione". La diffusione di queste applicazioni scollegate dal resto della fabbrica trova una sua

spiegazione nella specificità dei problemi di automazione e delle soluzioni proposte dai diversi fornitori di impianti. L' eterogeneità degli elaboratori utilizzati, 1 'incompatibilità dei sistemi operativi e dei protocolli di trasmissione dei dati, rendono molto difficile collegare i diversi sistemi e soprattutto la loro integrazione in una architettura globale.
Gli obiettivi perseguiti in questo approccio di automazione industriale sono:
aumentare la produttività della linea
migliorare le condizioni di sicurezza eliminando delle operazioni pericolose e dannose per l' uomo

- rendere il sistema produttivo più flessibile
- migliorare ed uniformare la qualità del prodotto

La sfida competitiva nella realtà aziendale dei nostri tempi ci obbliga ad allargare il campo di applicazione degli obiettivi verso un approccio globale nel quale l' azienda va considerata un sistema integrato.
In questo approccio integrato, il problema dell' automazione assume un secondo aspetto: quello della sistematizzazione informatica, cioè la gestione dei flussi di informazioni inerenti il prodotto ed il processo di produzione, nonche la gestione del lavoro umano nei suoi contenuti logici.
L'informazione diventa una risorsa chiave in una architettura integrata, senza la quale i sistemi automatici sempre più complessi finirebbero per produrre una quantità sempre maggiore del prodotto meno richiesto, nel momento sbagliato.
La metodologia del Computer Integrated Manufacturing (CIM), riconosce l'importanza di un complesso sistema informativo come strumento per l'integrazione di tutte le risorse di fabbrica ed il coordinamento globale di tutti i fattori produttivi.
In questa ottica, gli obiettivi che prima erano riferiti ad una situazione specifica ed isolata ora sono intesi in modo globale. La produttività non riguarda la singola linea o isola di automazione, ma è vista come produttività globale che coinvolge tutte le aree concorrenti: progettazione, produzione, pianificazione.
E necessario ridurre sempre di più i tempi richiesti dal passaggio delle informazioni eliminando la trasmissione cartacea ed organizzando i flussi di informazione in modo da disporre con tempestività ed affidabilità di informazioni riepilogative che possano servire efficacemente come supporto alle decisioni.

7.5 **CIM: Computer Integrated Manufacturing**

Il CIM non è un prodotto, ma una filosofia secondo la quale l'azienda va considerata un sistema integrato in cui le differenti aree sono strettamente interconnesse. Nel processo di automatizzazione e di informatizzazione delle singole aree occorre mirare all' integrazione con il resto dell'azienda nel senso

che I'implementazione dei singoli moduli, pur mantenendo la specificità necessaria alla risoluzione del problema locale, deve assicurare un efficace flusso di informazioni verso le altre aree aziendali.
Il CIM deve consentire di:

- coordinare le funzioni di produzione tra di loro e con il resto dell'azienda;
- trasmettere alle aree di produzione le istruzioni necessarie allo svolgimento delle loro funzioni in armonia con le altre aree operative;
- rilevare tempestivamente l' andamento delle suddette aree attraverso informazioni aggregate in modo ottimale per poter innescare eventuali azioni correttive.

La realizzazione del CIM si appoggia su due fattori fondamentali:

- banche dati integrate, archivi di dati strutturati in modo da coprire globalmente le esigenze informative delle diverse aree aziendali, senza duplicazioni di dati dovute ad inefficienze organizzative del processo di gestione dei dati aziendali. L 'integrazione delle Banche Dati non richiede necessariamente l' accorpamento di tutti gli archivi sulllo stesso elaboratore ma va inteso in senso logico.
- Reti di trasmissione dati idonee al collegamento di tutti i sottosistemi eterogenei in una architettura sistemistica trasparente. La trasparenza è la caratteristica che permette di vedere tutti gli archivi fisicamente dislocati nei vari sottosistemi come un unico archivio logico accessibile da un qualsiasi punto della rete.

Lo strumento che permette la realizzazione del CIM è il sistema informativo dell'azienda che deve essere modellato attorno alle caratteristiche procedurali e funzionali di tutta l' organizzazione aziendale come il sistema nervoso nel corpo umano.
Prende così corpo il concetto di CIM che attraverso una drastica riduzione dei tempi di flusso delle informazioni tra le diverse aree aziendali durante l'esecuzione di tutte le fasi di lavorazione, dalla progettazione e pianificazione alla produzione, permette la realizzazione di prodotti rispondenti ad esigenze qualitative sempre più stringenti, immessi sul mercato in tempi sempre più brevi e a costi tanto più competitivi quanto più efficaci e tempestive sono le retroazioni all' interno dell' azienda tra un' area e l' altra.

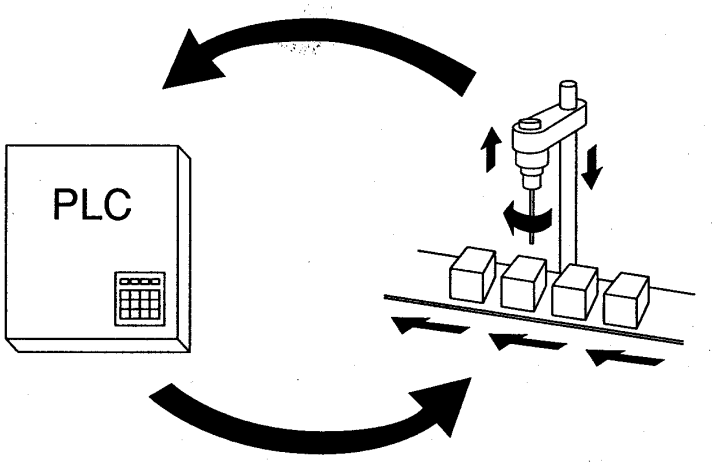
7.6 **PLC: Struttura e funzionamento.**

Il PLC è un computer industriale utilizzato per il controllo di macchine o di processi.
Le sue memorie programmabili contengono le istruzioni per l' esecuzione di funzioni logiche, sequenze, temporizzazioni, conteggi, calcoli aritmetici per le

applicazioni di controllo industriale.
Mentre le macchine a controllo numerico (CNC) sono utilizzate per il controllo delle posizioni, il PLC è utilizzato per il controllo delle sequenze.
Esso si differenzia dai computer comuni perché è stato progettato specificamente per interagire direttamente con l' ambiente industriale: è equipaggiato per funzionare in ambienti di una certa polverosità, con notevoli escursioni di temperatura e umidità, inoltre è schermato dalle impurità (noise) dei segnali elettrici e dalle interferenze.
Il PLC è nato per permettere la sostituzione della logica cablata con la logica programmabile, collocandosi a metà strada tra la tecnologia della logica cablata e quella del mini calcolatore. Con l' evoluzione della tecnologia dei PLC esso ha assunto capacità sempre più sofisticate avvicinandosi sempre più alle funzioni di un mini computer, pur mantenendo delle caratteristiche distintive.
Il PLC è finalizzato alla funzione di controllo in tempo reale di una macchina o di un processo. Per poter assolvere a questa funzione efficacemente, è stato necessario sviluppare nel PLC due caratteristiche:

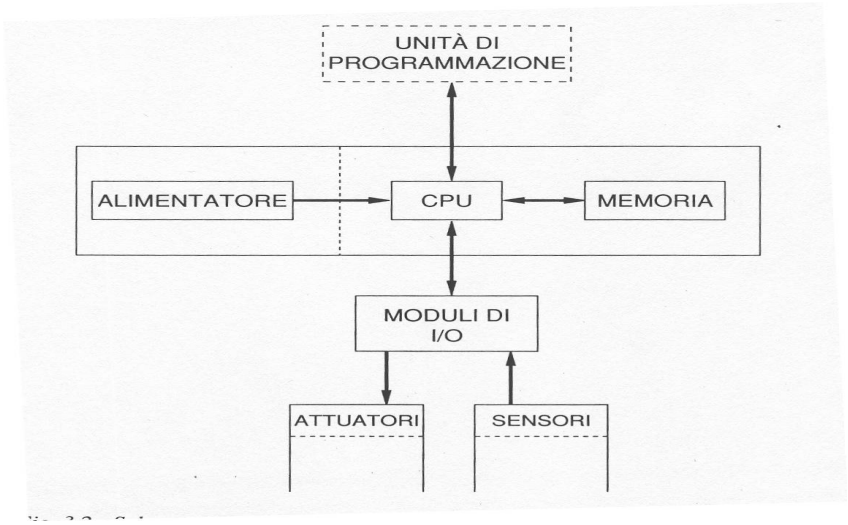
1) Acquisizione e gestione dei segnali di Input/Output provenienti dai sensori e diretti agli attuatori dislocati nell' impianto da controllare, per mezzo di moduli hardware idonei alla traduzione da segnali elettrici a valori digitali e viceversa.
2) Elaborazione della risposta ad una situazione prevista da programma in un tempo brevissimo (normalmente al di sotto dei 50 millesimi di secondo) per garantire la stabilità nell'anello chiuso di controllo: macchina- PLC - macchina.

Figura 7.1 Macchina PLC



La struttura di base può essere rappresentata con il seguente schema a blocchi:

Figura 7.2 Schema di un PLC



La CPU, unità di controllo e di calcolo, riveste il ruolo più importante dal momento che in essa avviene l'interpretazione delle istruzioni da eseguire e l'elaborazione dei dati raccolti dal mondo esterno e memorizzati nella memoria.
Memoria.
La memoria è di tipo RAM (Random Access Memory) e permette la registrazione delle istruzioni di programma e la memorizzazione dei dati relativi ai segnali di interfaccia.
Moduli di Input/Output.
I moduli di I/O (anche detti Interfaccia I/O) sono dei moduli elettronici che fanno da interfaccia tra i segnali elettrici provenienti dalle apparecchiature di campo ed i segnali digitali che viaggiano sul Bus Dati interno al PLC. In essi avviene la traduzione dei valori memorizzati in forma binaria nella memoria del PLC in segnali elettrici che servono a comandare gli attuatori. Viceversa, il segnale elettrico proveniente da un sensore viene tradotto in un valore numerico espresso in forma binaria.
Unità di programmazione.
L 'unità di programmazione è una periferica collegata al PLC tramite una linea seriale (normalmente RS232 o con la più recente porta USB).
Nei piccoli PLC, può essere data da una semplice tastierina con "display" a poche righe, attraverso la quale vengono inserite le istruzioni di programma, riga per riga.
Nei sistemi più complessi, l'unità di programmazione è costituita da un terminale video con
tastiera, oppure da un Personal Computer completo.
Essa serve a svolgere due funzioni fondamentali:

- configurazione e programmazione del PLC;
- monitoraggio delle variabili durante l' esecuzione del programma.

La prima funzione viene svolta con l' ausilio di una serie di "Utilities", pacchetti software di supporto, forniti assieme al sistema operativo dalla casa costruttrice. L 'insieme di questi software viene comunemente chiamato "Firmware" (Firm = Azienda) proprio ad indicare la natura proprietaria del software (software utilizzabile solo su quel modello di PLC).
Le operazioni svolte in questa fase sono:

- configurazione dei parametri di sistema operativo personalizzabili;

.-configurazione dell'interfaccia I/O e definizione della relativa mappa di memoria;

- programmazione della logica nel linguaggio prescelto e messo a disposizione dalla casa;
- documentazione del programma;
- stampa del listato del programma con lista delle variabili utilizzate e lista dei riferimenti incrociati; -esecuzione o arresto del programma.

La funzione di monitoraggio permette al programmatore di intervenire durante l' esecuzione del programma per effettuare delle messe a punto o per individuare gli errori.
Questa funzione viene utilizzata anche dai manutentori dell' impianto che si trovano a dover condurre una ricerca guasti a tutto campo, sia nel software che nell' hardware.
Interfaccia uomo/macchina.
L 'interfaccia uomo/macchina è il completamento indispensabile di un sistema di controllo automatizzato. Essa permette all'utilizzatore dell' impianto di:

- effettuare 1 'impostazione iniziale in funzione del tipo di lavorazione da effettuare in automatico;
- supervisionare l' andamento del processo;
- gestire le segnalazioni di allarme in modo da riportare il processo alla normalità;
- intervenire con arresti di emergenza;
- raccogliere dati di produzione e di produttività.

Il livello di complessità dell'interfaccia uomo/macchina può variare notevolmente a seconda dell' applicazione realizzata con l' automatismo.
La forma più elementare di interfaccia è data da due pulsanti, Start e Stop, per mezzo dei quali l' operatore avvia o arresta la macchina.
Tutto ciò che richiede l 'intervento umano confluisce nell' interfaccia uomo/macchina.
Essa viene comunemente realizzata con dei pulpiti di comando e controllo sui quali si trovano pulsanti, selettori, pulsantiere o tastiere, lampade di segnalazione, sirene o avvertitori acustici, tavole sinottiche, registratori analogici, stampanti e video. Nelle applicazioni in cui è richiesta una notevole

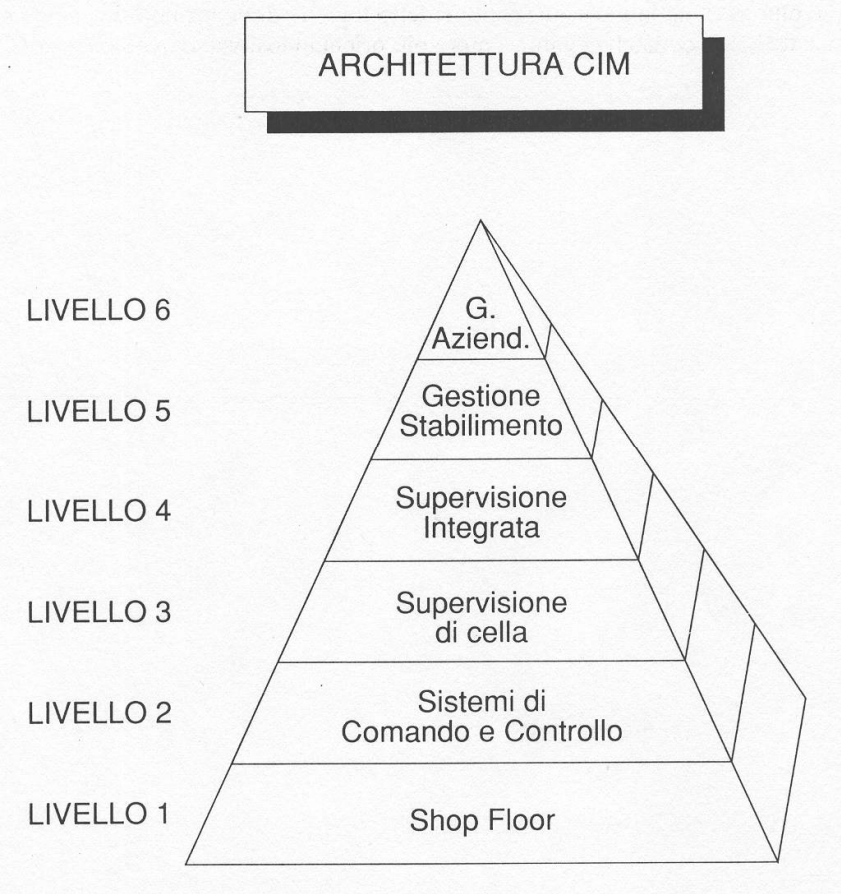
supervisione locale, l ‘interfaccia viene raccolta in una sala di controllo attrezzata con pulpiti e periferiche intelligenti con rappresentazioni grafiche di sinottici interattivi.
Con l’introduzione del videoterminale grafico a colori nell’interfaccia uomo/macchina, la gestione dell’interfaccia nel programma del PLC è diventata molto onerosa sia come difficoltà nella programmazione, sia come appesantimento sul tempo di scansione, sia come occupazione di memoria.
Inoltre l’ accentramento nel PLC di tutte le funzioni di interfaccia uomo/macchina elencate precedentemente, ha spinto il PLC verso il mini computer con notevoli conseguenze tecniche ed economiche.
Ora è opportuno soffermarsi sul fatto che queste considerazioni hanno portato all’ attuale orientamento nelle architetture dei sistemi di controllo.
Le architetture a controllo distribuito mirano allo snellimento delle logiche di controllo con tempi di scansione sempre più brevi, decentrando la gestione dell’ interfaccia uomo/macchina verso una periferica (normalmente un PC) che viene denominata “supervisore locale”.
Con l’ integrazione dei sistemi di controllo di cella in una architettura CIM, certe funzioni di supervisione vengono trasferite verso l’alto, lasciando a livello PLC le sole funzioni di supervisione necessarie localmente all’ operatore di cella.

7.7 **Il modello a piramide della fabbrica tradizionale.**

L ‘architettura del CIM può essere raffigurata mediante 6 livelli gerarchici fortemente interconnessi e sovrapposti in una struttura assimilabile ad una piramide per la naturale convergenza esistente mano a mano che ci si sposta dai livelli bassi a quelli via via più alti.
Il Livello 1 è quello in cui si trovano le macchine, i dispositivi di rilevazione dei segnali (sensori) e i meccanismi di movimentazione (attuatori).
Il Livello 2 è quello dei sistemi di controllo delle macchine del livello precedente. A questo livello avviene la meccanizzazione delle logiche di controllo utilizzando sistemi di diverse tecnologie ma che vanno sempre più orientandosi verso quella dei PLC.
Il Livello 3 è quello in cui avviene la supervisione di uno o più sistemi di controllo appartenenti alla stessa cella di produzione. I dispositivi utilizzati per la supervisione locale possono andare dal Personal Computer, mini computer, ad un altro PLC che funge da master rispetto a quelli utilizzati nel livello precedente. Questo livello ha le seguenti funzioni:
riceve dal livello superiore le istruzioni per l’impostazione delle macchine della cella (programma di produzione).
trasmette al livello superiore i parametri di processo e di prodotto da archiviare per la supervisione integrata, le informazioni relative alla disponibilità delle

macchine e allo stato di avanzamento della produzione (logging delle attività).
si interfaccia con gli operatori addetti alla supervisione locale elaborando sinottici interattivi e grafici on-line, segnalazione e stampa degli allarmi, e raccogliendo gli eventuali comandi operativi immessi manualmente.
trasmette ai sistemi di controllo del livello inferiore i dati di attrezzaggio delle macchine secondo il programma di produzione ricevuto dal livello superiore.
effettua il monitoraggio in tempo reale di tutti i parametri provenienti dai sistemi di controllo per l'aggiornamento dell'interfaccia uomo-macchina e per la trasmissione verso il livello superiore.

Figura 7.3 Piramide CIM



Il Livello 4 provvede alla supervisione integrata delle celle all' interno di un' area o dell'intero stabilimento. I dati provenienti dal livello 3 sono collegati tra di loro e archiviati in un Data Base di produzione in modo da permettere il «tracking» del materiale per quello che concerne il suo stato di avanzamento ed il «trace-back», per quanto riguarda la ricostruzione della storia del materiale in

tutte le fasi di lavorazione, corredata dei parametri di processo, dei campionamenti e test effettuati e delle eventuali anomalie riscontrate. A questo livello vengono riepilogati i dati di produzione, di disponibilità delle macchine, di produttività e di controllo qualità. Il piano di produzione ricevuto dal livello superiore viene dettagliato per essere trasmesso come ordini di produzione ai supervisori di cella.
Il Livello 5 viene dedicato alla gestione integrata dello stabilimento in collegamento con le funzioni di supporto quali la logistica e la manutenzione. A questo livello operano i sistemi di pianificazione, di controllo e di gestione della produzione, gestione dei magazzini e degli approvvigionamenti, la progettazione ed ingegnerizzazione di prodotti e di processi (sistemi CAD). Verso questo livello convergono tutti quei dati necessari all'elaborazione di consuntivi e statistiche per l'area gestionale.
Il Livello 6 costituisce l'apice della piramide CIM ed è il livello di azienda, strettamente collegato con il management ed i vertici aziendali. A questo livello, i dati raccolti e le elaborazioni effettuate sono mirati all'esplicazione della funzione DSS (Decision Support System) per:

- Piano principale di produzione
- Piani di gestione
- Piani strategici direzionali
- Sistemi di indicatori gestionali
- Amministrazione

Figura 7.4 Livelli 1,2,3.

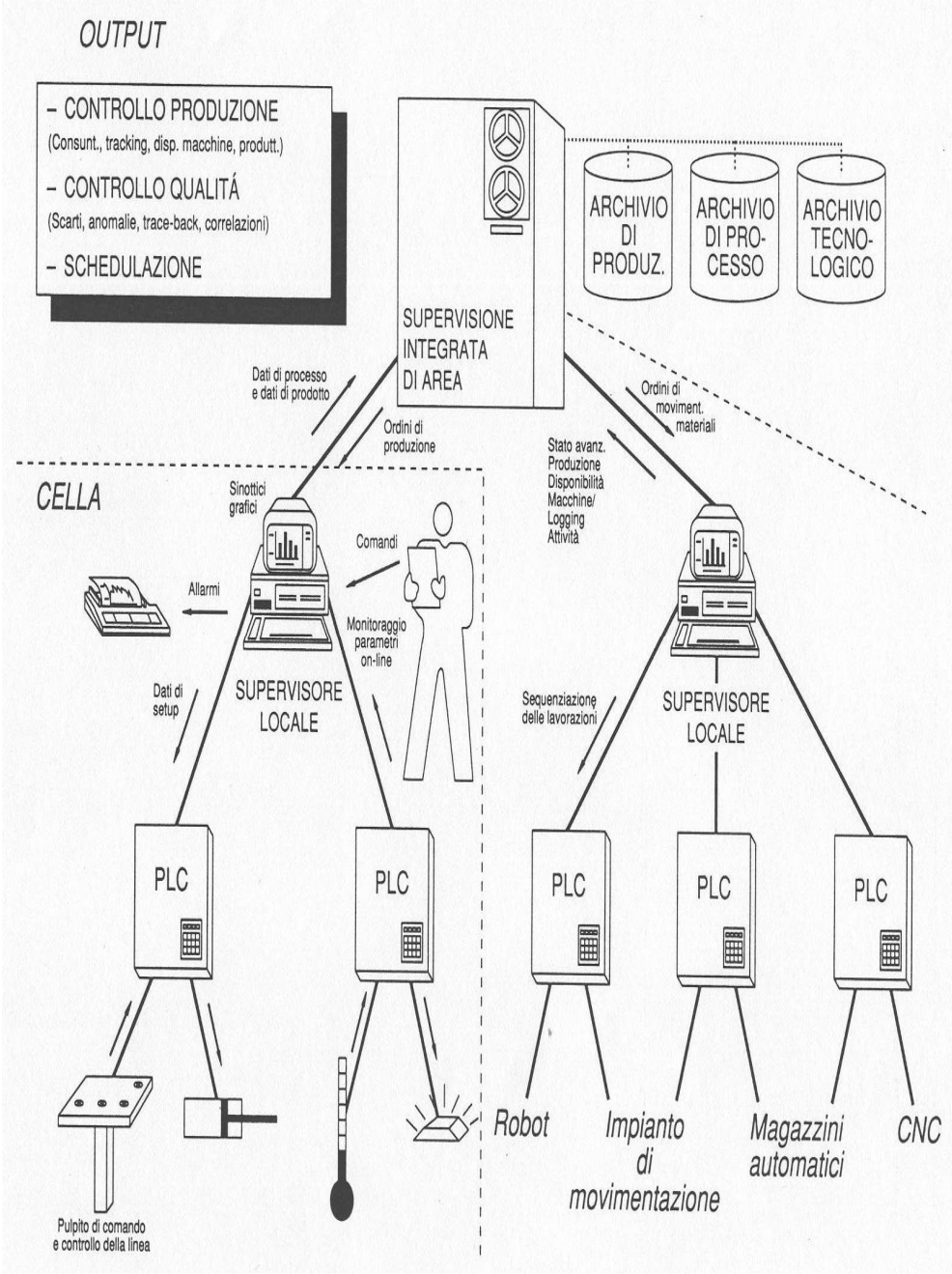
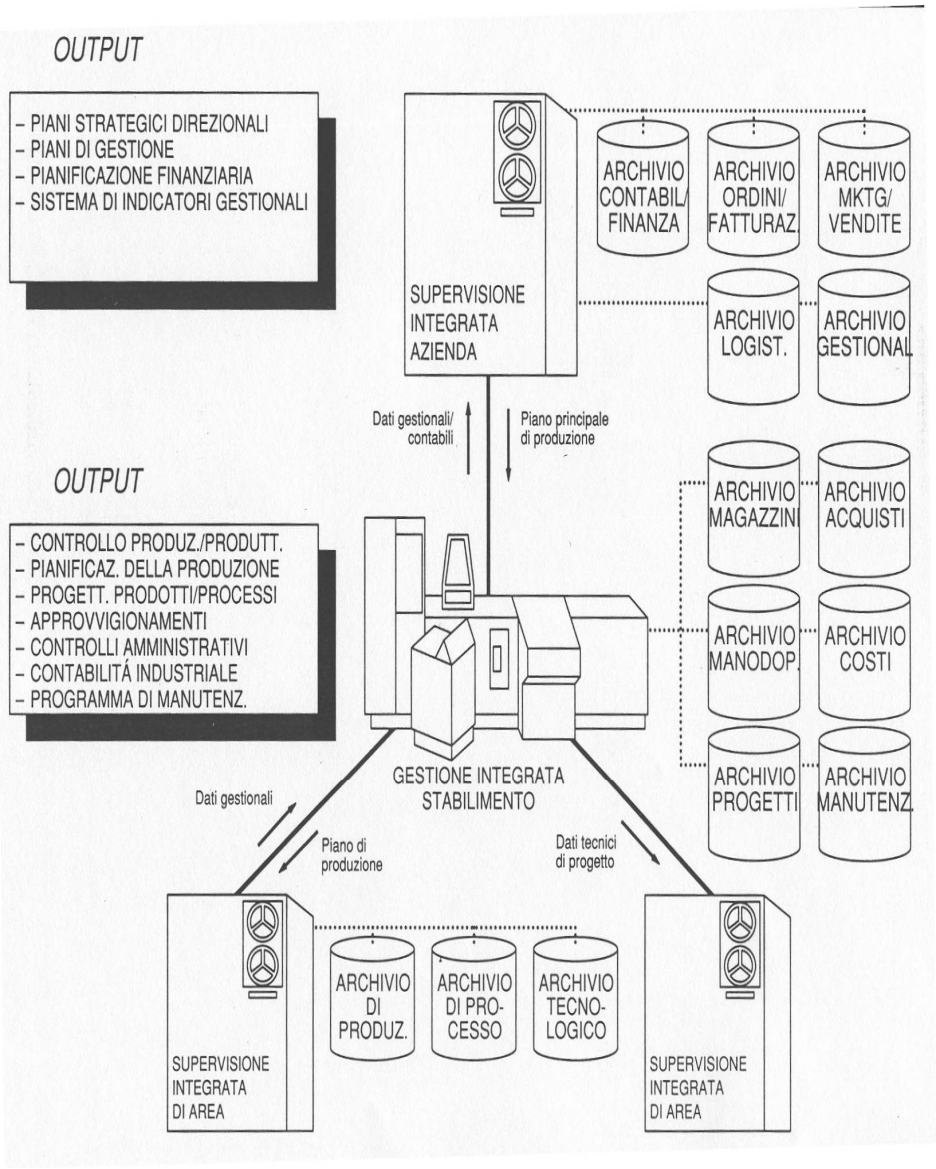


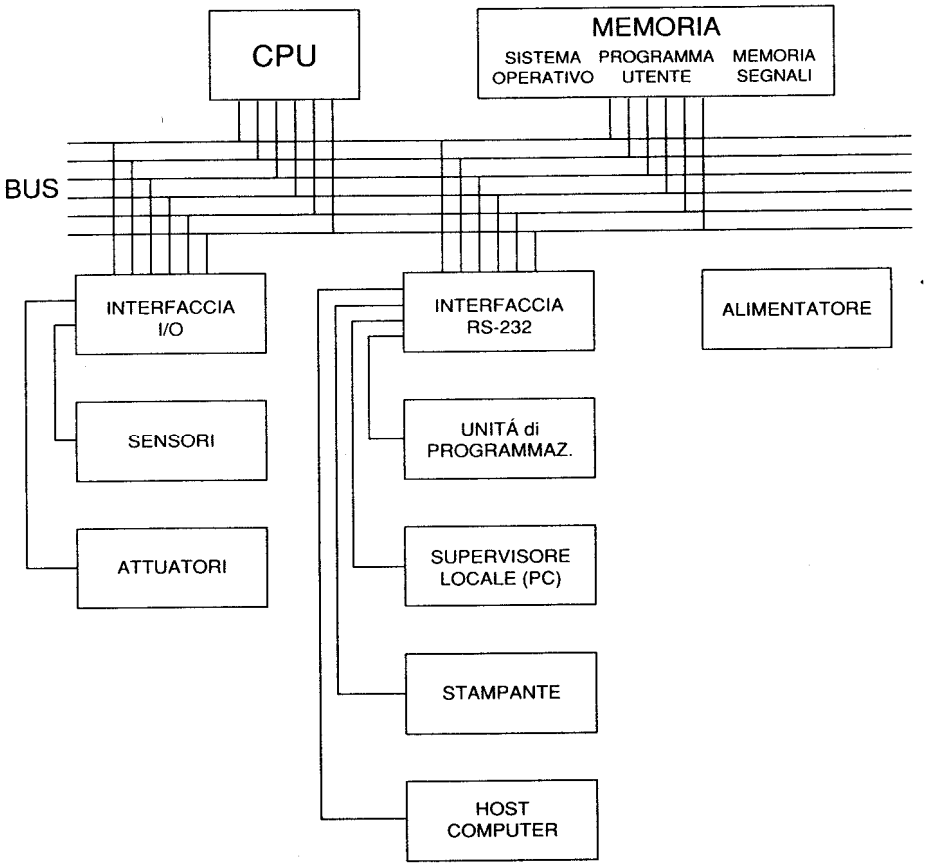
Figura 7.5 Livelli 4,5,6.



7.8 **Architettura di un sistema di controllo**

L’insieme dei dati scambiati tra CPU, Memoria e Interfacce, viene immesso in un percorso comune: il bus. Le modalità di scambio dei dati sul bus vengono specificate nel cosiddetto “protocollo di comunicazione”.

Figura 7.6 Schema di un bus



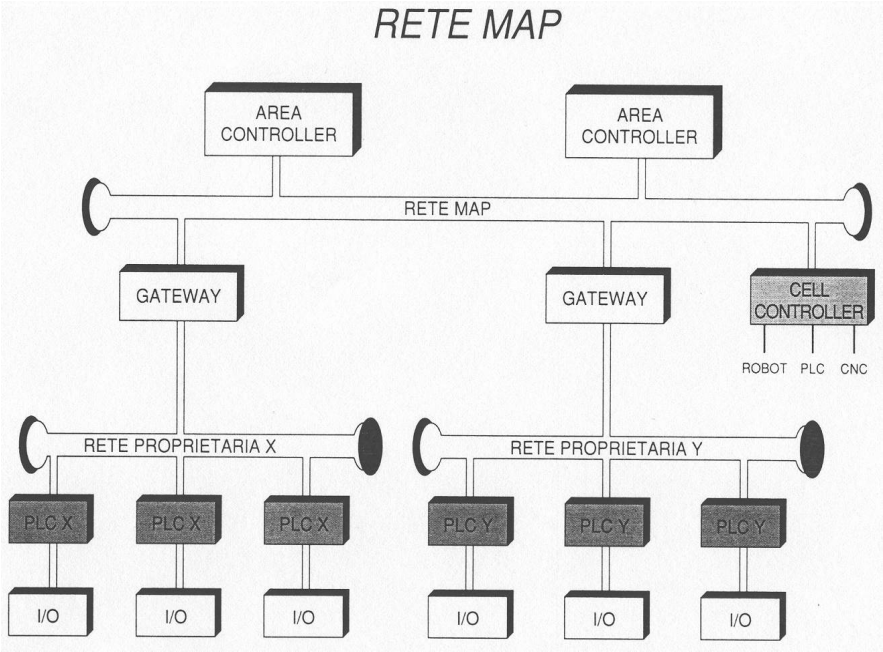
II protocollo di comunicazione sul *bus* è uno standard di comunicazione paragonabile all' insieme di regole grammaticali e sintattiche che contraddistinguono una lingua parlata. Pertanto i macchinari che supportano uno stesso tipo di protocollo di comunicazione di fatto "parlano la stessa lingua" e possono dialogare tra loro.
Il protocollo è parte integrante del sistema operativo, sviluppato dalla casa costruttrice (software di tipo proprietario) e modellato sulle caratteristiche funzionali dell'hardware interfacciato.
La mancanza di uno standard nei protocolli di comunicazione sul bus interno del PLC ha portato allo sviluppo di moduli di Input/Output specifici per alcuni modelli di PLC e incompatibili con ogni altro costruttore di PLC. Questa restrizione nell'uso dei moduli di I/O riduce la flessibilità operativa dell' utilizzatore che si trova di conseguenza spinto verso l'uniformità di PLC all'interno dell' azienda. Le ragioni che inducono l 'utilizzatore alla scelta di uno standard interno sono numerose.Innanzitutto bisogna notare che con l'aumentare della complessità. del sistema di controllo, aumentano proporzionalmente le interfacce I/O da utilizzare mentre l' unità centrale e la memoria rimangono un solo modulo, sebbene di taglia diversa.

Il costo dell' interfaccia I/O finisce molto presto per diventare il costo maggiore di tutto il sistema di controllo. La mancanza di intercambiabilità tra moduli di I/O di diverse marche di PLC costringe l'utilizzatore a maggiori investimenti in parti di ricambio specifiche per i diversi modelli installati.
L'efficienza negli interventi di manutenzione è penalizzata dalla differenza nelle modalità richieste: diversi linguaggi di programmazione, diverse "utilities" per la ricerca guasti, "know-how" diverso. Infine, ci sono problemi di collegabilità.
L'utilizzo di un protocollo non riconosciuto come standard nell'interfaccia di comunicazione del PLC ha portato ad una scarsa collegabilità di PLC di marche diverse(I).

7.9 **Rete MAP**

Le prime forme di interconnessione sono risultate essere delle reti locali per la maggior parte di tipo proprietario, specificamente definite dal singolo costruttore, le cosiddette "reti aziendali" ad uso contabile-amministrativo.
La necessità sempre più sentita di integrare i sistemi di controllo in una architettura CIM ha fornito la spinta per uniformare i protocolli di comunicazione su di uno standard da utilizzare in ambito di produzione industriale.
Un primo standard internazionale è stato denominato MAP (Manufacturing Automation Protocol).
L'obiettivo è quello di consentire a computer, controllori programmabili, robot, macchine a controllo numerico, e sistemi di automazione di un dato costruttore di colloquiare con quelli di altri costruttori.
Il PC viene dedicato alla funzione di supervisore locale, al quale possono essere delegate tutte le elaborazioni di tipo statistico. In quest'ottica il Personal Computer diventa sempre più integrato all'architettura del sistema di controllo basato su PLC.

Figura 7.7 Rete Map



L’applicazione ad un impianto industriale di moderni protocolli (ovvero TCP/IP, basati sulla tecnologia internet) è possibile integrare i macchinari del ciclo produttivo a tal punto da poter parlare di un nuovo modello di fabbrica, cosiddetta “aperta”. Verrà di seguito messo in risalto il passaggio dalla fabbrica tradizionale alla fabbrica aperta, e chiariti i significati di termini quali “*Open Factory” e “Transparent Factory”*.

Il termine “*Open Factory*” (fabbrica aperta) indica in generale una struttura ad automazione aperta basata sulle tecnologie Internet (specificamente il protocollo di comunicazione TCP/IP) che impiegando il protocollo TCP/IP come integratore tra macchinari di tipo, costruttore ed epoche diverse, consente una comunicazione continua tra le macchine, il sistema di produzione e l’automazione che ne gestisce il funzionamento. L’impianto industriale risulta quindi essere completamente aperto, ovvero ogni singolo punto dell’impianto è raggiungibile da qualsiasi altro e così come si visita un sito su internet, passando da una pagina all’altra , con la stessa semplicità ed immediatezza è possibile per l’operatore umano “navigare” all’interno dell’impianto industriale passando da una singola macchina all’altra. Il che offre un accesso cosiddetto “aperto”, flessibile, immediato per ogni operatore autorizzato.

Il termine "*Transparent Factory*[25]" è invece il marchio registrato dalla società americana Schneider Electrics[26] che denomina l'insieme di macchinari, di hardware e di software che installati ad un impianto industriale già esistent trasformano una fabbrica di tipo tradizionale in una applicazione di open factory. Essendo l'impianto Trasparent Factory di Schneider ben rappresentativo del nuovo modello teorico di open factory, ne saranno in questa sede esposte le peculiarità.

7.10 **La Open Factory livella la gerarchia piramidale.**

Il modello piramidale descritto in precedenza illustra il funzionamento della fabbrica tradizionale. Tale modello,come si è visto, è formato da più strati sovrapposti ognuno dei quali contiene al suo interno tutte le funzioni e le informazioni necessarie per gestire un certo compito specifico all'interno dell'architettura complessiva. Nello strato più basso, per esempio è collocata l'acquisizione dei dati eseguita dai sensori nei reparti di produzione, collegati ai controllori programmabili PLC. Nello strato successivo i PLC gestiscono il controllo in tempo reale dei processi e sono collegati ad un sistema di supervisione e controllo. Ai livelli superiori, un sistema MES (Manufacturing Execution System) permette la pianificazione a medio termine delle operazioni e uno strato ERP (Enterprise Resource Planning) integra l'intera gestione logistica e amministrativa dello stabilimento di produzione.

Nel corso degli anni sono emersi i limiti di questa struttura gerarchica, limiti dovuti soprattutto alla totale assenza di standard e, quindi, alle difficoltà di comunicazione fra un livello e l'altro, con conseguente difficoltà di integrare tutti i differenti livelli in un sistema globale e coerente di gestione dei dati.

Questa infrastruttura sta oggi evolvendo in un nuovo modello piatto nel quale tutti i sistemi di controllo e gestione dello stabilimento possono accedere a tutte le informazioni e funzionalità disponibili, indipendentemente dalla natura, posizione, fabbricazione dell'interpellante o dell'interpellato. La cosiddetta Open Factory, di cui è un esempio pratico la Transparent Factory di Schneider Electrics.

Transparent Factory è composta da una serie di elementi che, sfruttando la capacità delle tecnologie Interntet (schede Ethernet e protocolli TCP/IP) come integratori tra le macchine di fornitori ed epoche diverse, aiutano gli utenti a sfruttare meglio la massa di informazioni altrimenti non reperibili che si trovano all'interno dei controllori programmabili, PLC, dispositivi di input/output,

[25] trans•par•ent fac•to•ry Sistema di automazione aperto basato sulla tecnologica internet, con standard Ethernet TCP/IP che garantisce scambi sicuri tra i sistemi di controllo, produzione e gestione implementando le funzioni di comunicazione aperta in tutti i prodotti Schneider Automation.

[26] Nei primi anni Settanta, Schneider, con il marchio Modicon, sviluppò il primo controllore programmabile rivoluzionando il mondo del controllo industriale.

workstation nei reparti di produzione.
E’ possibile trovare le informazioni cercate senza conoscerne la posizione e queste possono essere reindirizzate come input di nuovi processi. Le macchine trasmettono messaggi di posta elettronica in caso di guasti o anomalie e tutti gli utenti possono acquisire questi dati. Inoltre, link ipertestuali collegano in tempo reale i messaggi di posta elettronica con la macchina che li ha inviati. Si può accedere a questo sistema da qualunque parte del mondo con un normale computer connesso a Internet. Proprio questa estrema capacità di introspezione nell’intero processo è ciò che Schneider Electrics ha denominato “Transparent Factory”. Poiché la soluzione utilizza tecnologie commerciali ormai consolidate e protocolli standard internazionali, il costo è relativamente più basso rispetto all’alternativa di sviluppare protocolli e reti proprietarie.
Applicata sulle linee produttive, Transparent Factory permette un effettivo controllo in tempo reale delle stesse. In pratica eventuali disfunzioni di una o più macchine della linea produttiva non vengono più rilevate a ‘posteriori’ ma individuate e risolte immediatamente. Tranparent Factory è un’applicazione aperta, essa consiste di un insieme di elementi, prodotti e funzioni che aiutano le aziende a trarre tutti i vantaggi derivati dalla conoscenza immediata delle informazioni che servono a definire il corretto funzionamento del PLC (Programmable Logic Controllers), delle installazioni Input/Output, e delle postazioni di lavoro. Questo consente all’industria manifatturiera un notevole risparmio di tempo e denaro, perché la possibilità di intervenire immediatamente sulle linee produttive significa un più ottimale sfruttamento delle macchine e un innalzamento anche della quantità prodotta. Il tutto è reso possibile utilizzando semplicemente delle schede Ethernet, hubs, un router e un browser per Internet. L’utilizzo del protocollo di comunicazione standard TCP/IP consente la trasmissione di dati a velocità fino a 1 gigabyte al secondo.
L’utilizzo sempre più spinto di PC a bordo macchina in alternativa ai PLC, le cui prestazioni non possono essere esaustive in quanto strumenti non programmabili a lungo raggio, apre una vasta gamma di soluzioni a problemi di controllo e di manutenzione effettuabili in remoto, sia tramite una Intranet locale che tramite Internet. Oggi le aziende ricorrono sui PC a software standard oppure all’ideazione di applicativi propri, realizzati in Basic, C++, operanti tramite protocolli TCP/IP o SMS. In entrambi i casi, è possibile operare anche via Internet, chiaramente dotandosi delle necessarie misure di protezione dei propri dati tramite l’utilizzo di appositi sistemi-firewalls. L’innovazione in questo settore passa, quindi, per l’ideazione di sistemi di visione e di controllo sempre più complessi e di software per la gestione dei dati.
Schneider è stato il primo produttore di sistemi di controllo ad introdurre la tecnologia Internet nell’automazione industriale e, basandosi sulle architetture aperte e sulle ultime innovazioni tecnologiche Internet quali HTTP, OPC, JAVA

e Microsoft TM DNA, Schneider ha sviluppato una soluzione in grado di creare una via aperta per lo scambio delle informazioni nel ciclo produttivo.
Transparent Factory controlla le operazioni di produzione trasmettendo le informazioni in tempo reale, eliminando le barriere e semplificando l'accesso.
Sia che un operatore lavori nel settore manutenzione, controllo processo, applicazioni gestionali e di ufficio, progettazione o amministrazione, Transparent Factory rende accessibili i dati in tempo reale, nel formato corretto e nel giusto contesto.
Per Transparent Factory, Schneider ha adottato gli stessi standard informatici utilizzati da Internet: Ethernet e TCP/IP (Trans-mission Control Protocol / Internet Protocol).
All'interno di ogni stabilimento tradizionale è infatti facile trovare livelli multipli di reti diverse.
Questo è fonte di complessità per l'infrastruttura e di aumento dei costi di gestione.
Transparent Factory elimina questi problemi grazie all'impiego di uno standard aperto e universalmente diffuso come Ethernet, TCP/IP e delle tecnologie ad esso correlate. L'integrazione di uno standard comune,insieme al suo impiego come vero e proprio strumento di questa rivoluzione informatica, garantisce continui miglioramenti in termini di velocità, sicurezza e affidabilità, attributi fondamentali per il settore industriale.
Ethernet è il supporto fisico (un componente hardware, detto scheda di rete) e TCP/IP è il protocollo standard globale che rende possibile il collegamento tra sistemi operativi che parlano "lingue diverse".
Ethernet e TCP/IP sono le tecnologie di Internet, il sistema di comunicazione protagonista della crescita e diffusione più rapida di tutti i tempi e che in ambito industriale consente l'impiego di strumenti quali browser web per funzioni di diagnostica, monitoraggio locale e di ricerca rapida ed aperta dei dati.
Difatti Transparent Factory utilizza oggetti e blocchi funzione definibili dall'utente per organizzare i dati all'interno del controllore, questo rende possibile una facile esposizione dei dati di produzione, utilizzabili da qualsiasi altro sistema all'interno dell'azienda.
Questi server possono presentare i dati in modi diversi, anche in HTML. In questo modo i Web browser possono diventare una finestra aperta sullo stabilimento e coprire un'ampia gamma di attività produttive standard, incluso il monitoraggio via Internet impiegando strumenti semplici e oramai di dominio pubblico quali linguaggio JAVA e HTML, browser, ciò significa che i software che rendono Internet un modo semplice e veloce di reperire informazioni possono essere utilizzati in modo efficace ed efficiente anche nell'ambiente produttivo industriale.
Transparent Factory elimina l'uso delle reti e dei protocolli proprietari

garantendo maggior flessibilità ed adattabilità all' infrastruttura poiché è ora possibile integrare nel PC componenti elettronici senza dover tenere conto dei sistemi operativi utilizzati.
Grazie a Transparent Factory i controllori programmabili (PLC) potranno inoltre trasmettere messaggi di posta elettronica (e-mail) in modo automatico, avvisando l'operatore di potenziali problemi prima che si verifichi un danno maggiore.
Transparent Factory stabilisce una connessione virtuale con la piattaforma di controllo. Questo consente di monitorare i dati in tempo reale su computer palmare, personal computer o qualsiasi altro strumento che abbia accesso alla rete aziendale.
Grazie all'utilizzo dei server ogni macchinario (o PLC) può diventare un sito web in grado di fornire dati ed informazioni a tutti i sistemi che ne abbiano fatto richiesta e ad ogni browser che acceda al suo indirizzo IP. Dal momento in cui si abilitano i PLC a utilizzare le loro pagine Web, è possibile anche passare da un intero sistema industriale ad un altro. Si può richiamare una pagina HTML da un server controllore quindi cliccare su un hyperlink di questa pagina e visualizzare uno schema di collegamento da un server completamente diverso. Per l'utente questo avviene istantaneamente e in completa trasparenza... proprio come in Internet ma senza i tempi morti dei downloads, mantenendo cosi' il controllo in tempo reale. La separazione tra il sistema operativo e il controllo real-time garantisce completa sicurezza al sistema di controllo. Eventuali operazioni sul server possono essere effettuate senza interruzione del controllo. Questi server possono essere aggiunti ai sistemi esistenti, consentendo un'evoluzione graduale e dando all'architettura un impronta modulare.
L'utilizzo di tecnologie aperte da parte di Transparent Factory consente una crescita graduale nel tempo del sistema produttivo senza creare discontinuità e senza dover ricostruire l'intera infrastruttura.

8 BIBLIOGRAFIA

Amendola M., Ingrao B., Piacentini P., Potì B. M. (1990) , *Automazione Flessibile, Analisi ed interpretazioni delle tendenze a livello internazionale* , Franco Angeli , Milano

Assoautomazione, Anie (2000) , *Automazione Industriale in Italia Realtà e Prospettive* , Franco Angeli , Milano

Bartezzaghi E., Spina G., Verganti R. (1990) , *Innovazione e Integrazione nei Sistemi Produttivi* , L'Impresa n.4

Boscarelli L. (1990), La flessibilità nella strategia di produzione, L'Impresa n.4

Canna F. (2005), *L'automazione in Italia*, Automazione e Strumentazione, n.6

Cattaneo A. (2005) , *Il mondo dell'automazione* , Automazione Oggi n.6

Chiacchierini E. (2003), *Tecnologia e produzione*, Edizioni Kappa , Roma.

Chiacchio P.(1996) , *Automazione Industriale e PLC* , McGraw-Hill , Milano

De Tomasi L, Consiglieri C., *Introduzione all'analisi sistemica della produzione e R&S*, Franco Angeli

De Witt G. (1989) , *La Fabbrica Automatica* , Franco Angeli , Milano

De Witt G. (2000) , *Informatica Moderna e Produttività d'Impresa* , Franco Angeli , Milano

Flego M. (1991) , *La fabbrica flessibile* , Franco Angeli , Milano.

Frey M. (2001) , Economia e gestione dell'innovazione aziendale , Cedam , Padova

Gay S. (1989) , Flessibilità strategica dei sistemi di produzione. Guida ai nuovi modelli di gestione strategica dell'impresa e d'organizzazione e direzione , Franco Angeli , Milano

Gros-Pietro G. (1990) , *Automazione Flessibile e Industria* , Franco Angeli , Milano

Oltolini S. (2005) , Tutti i numeri dell'automazione in Italia , Progettare n.1

Papeschi R. (2001) , *Automazione globale* , Sistemi & Imprese n.5

Rapisarda D. (Anno Accademico 2003-2004) , *Appunti del corso di Automazione industriale* , Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione , Università degli Studi di Siena.

Roversi A. (1990) , Computer Integrated Manufacturing: La scelta giapponese , L'Impresa n.4

Sciarelli S (1987) , *L'impresa flessibile* , CEDAM , Padova

Velicogna E. (1992), *La gestione operativa della produzione,* EBC, Milano

Vona R., (2005) *Gestione della produzione. Fondamenti, esempi, applicazioni*, Carocci, Roma