

COMPETITIVITA' 2.0 ?

VERSO LA 'SMART SPECIALIZATION'

TRE 'LEVE'

MOLTO IMPORTANTI PER UNA

NUOVA COMPETITIVITÀ

SOMMARIO

PROGETTAZIONE ASSISTITA DA CAE/SIMULAZIONE/SUPERCALCOLO

LOGISTICA 'INTELLIGENTE'

PRODUZIONE VERSO LO 'ZERO DIFETTI'

COSA POSSIAMO FARE ?

MODELLAZIONE, SIMULAZIONE E PROTOTIPAZIONE VIRTUALI

dei Prodotti e dei Processi produttivi.

Modellazione, Simulazione e Prototipazione Virtuali dei Prodotti

Concezione, Sviluppo, Prototipazioni, Tests, Ingegnerizzazione, Processi dei Prodotti

Metodo tradizionale:

IDEA --> **PROGETTO APPROSSIMATO** --> **n PROTOTIPI FISICI** --> **n TEST FISICI** --> INGEGNERIA --> PRODUZIONE

Metodo con Simulazioni CAE:

IDEA --> **PROGETTO CALCOLATO** --> **PROTOTIPO FINALE** --> INGEGNERIA --> PRODUZIONE
MODELLO VIRTUALE
TEST VIRTUALI

VANTAGGI:

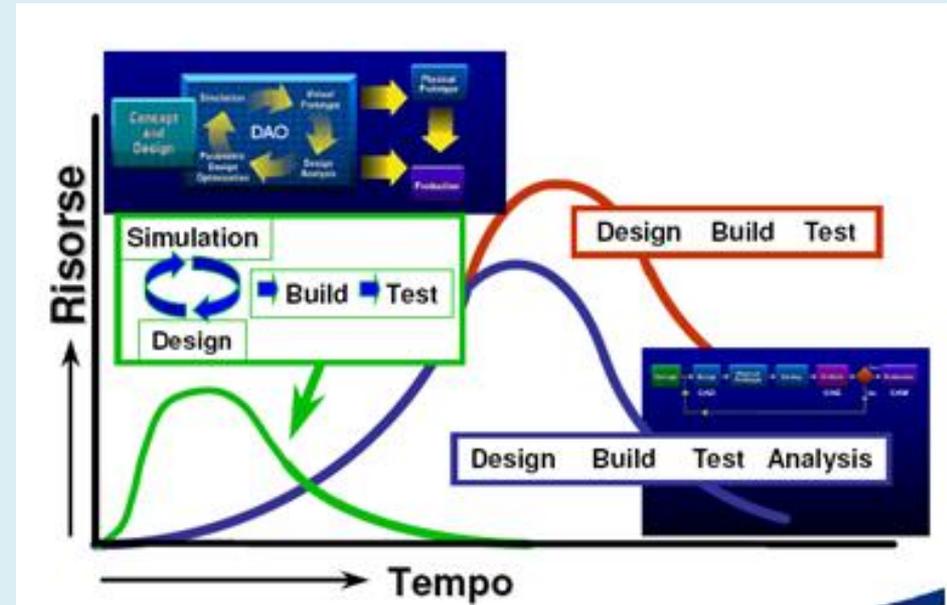
RIDUZIONE drastica dei **TEMPI**

RIDUZIONE drastica dei **COSTI**

POSSIBILITA' DI PROVARE/TESTARE (virtualmente)

INNUMEREVOLI SOLUZIONI

E SCEGLIERE LA MIGLIORE



Nei problemi ingegneristici in genere la complessità delle equazioni in gioco le rende irrisolvibili analiticamente se non per casi semplicissimi.



Navier–Stokes Equations

3 – dimensional – unsteady

**Glenn
Research
Center**

Continuity:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

X – Momentum:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right]$$

Y – Momentum:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right]$$

Z – Momentum

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right]$$

Energy:

$$\frac{\partial(E_T)}{\partial t} + \frac{\partial(uE_T)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_T)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_T)}{\partial z} = -\frac{\partial(u p)}{\partial x} - \frac{\partial(v p)}{\partial y} - \frac{\partial(w p)}{\partial z} - \frac{1}{Re_r Pr_r} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right]$$

$$+ \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial}{\partial x} (u \tau_{xx} + v \tau_{xy} + w \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y} (u \tau_{xy} + v \tau_{yy} + w \tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (u \tau_{xz} + v \tau_{yz} + w \tau_{zz}) \right]$$

Time: t	Density: ρ	Total Energy: Et	Reynolds Number: Re
Coordinates: (x,y,z)	Stress: τ	Heat Flux: q	Prandtl Number: Pr
Velocity Components: (u,v,w)	Pressure: p		

I software CAE consentono di suddividere l'oggetto da disegnare/progettare in numerosi elementi (meshatura) a ciascuno dei quali vengono sottoposte le sollecitazioni e vengono risolte le equazioni per trovarne e visualizzarne le conseguenze fisiche: sforzi, temperature, velocità, densità, pressioni, ecc....

Il CAE (Computer Aided Engineering).

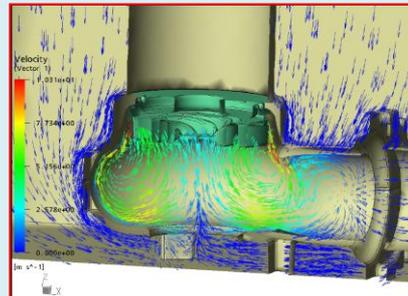
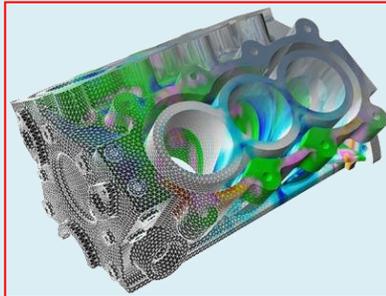
CAE, **calcolo automatico**, **sperimentazione virtuale**, **simulazione dei processi tecnologici**,
sono alcuni dei termini con cui ci si riferisce all'impiego di modelli sviluppati al computer per descrivere la realtà fisica e supportare la progettazione e la produzione dei prodotti.

Applicazioni software che agevolano la risoluzione di problemi tecnologici tramite il calcolo numerico.

Tutti i problemi dell'ingegneria descrivibili da equazioni **possono essere risolti con l'ausilio di programmi CAE.**

Tuttavia, le **categorie di problemi** più frequentemente risolti tramite software CAE sono le seguenti:

- **Calcolo statico o dinamico di strutture (in ingegneria civile, meccanica, ecc...).**
- **Fluidodinamica computazionale (detta CFD: la tecnica che permette lo studio dei problemi di fluidodinamica).**
- **Simulazioni analogiche e digitali di circuiti elettronici.**
- **Calcolo di campi elettromagnetici.**
- **Processi termici, chimici, ecc...**



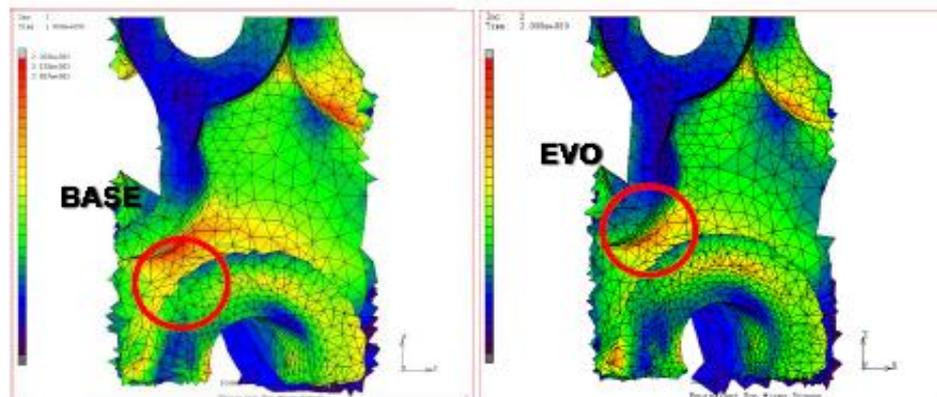
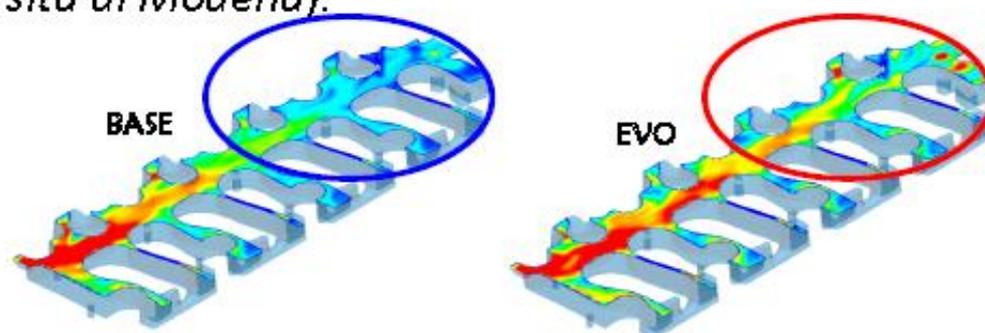
In generale, l'utilizzo di un programma CAE si compone di tre fasi:

- **Realizzazione di un modello matematico del sistema fisico da studiare (pre-processing);**
- **Calcolo numerico sul modello (solving);**
- **Visualizzazione ed analisi dei risultati (post-processing).**

FAILURE ANALYSIS

➤ Field testing

Rottura della testata in applicazione specifica: sviluppo di una nuova metodologia termo-strutturale con approccio integrato CFD – FEM (Lombardini – Università di Modena).



UNINDUSTRIA BOLOGNA

AFI
UNIVERSITÀ DI MODENA
CONFERENZA BOLOGNA

LOMBARDINI
A KOHLER COMPANY

➤ **Progettazione**

- Scelta tra diverse soluzioni progettuali
- Dimensionamento
- Prototipazioni
- Affinamento di soluzioni progettuali

➤ **Failure analysis**

- Test di laboratorio
- Fieldtests

➤ **Supporto a test di laboratorio**

➤ **Evoluzione di progetto** (disegno, materiale, fornitore)

➤ **Nuove condizioni di funzionamento**

..... eccetera.

Il CAE nel Ciclo di vita del Prodotto

Perché investire in Modellazione e Prototipazione virtuale.

Un'attività di *progettazione/ingegnerizzazione completa*

che tenga conto di **tutte le variabili in gioco** per il successo del prodotto

è un **fattore chiave per il successo** commerciale del prodotto stesso.

Molte grandi aziende che operano nel settore manifatturiero

si sono dotate di **strumenti per la modellazione e la prototipazione virtuale**

che vanno dai semplici CAD/CAE

ad **ambienti di realtà virtuale per il design avanzato in scala reale** dei prodotti.

Ottenendo benefici che vanno

dalla **riduzione del numero di prototipi fisici**,

alla **riduzione dei costi e dei tempi** di produzione

e ad un **miglioramento significativo della qualità** complessiva dei prodotti.

La modellazione e prototipazione virtuale dei prodotti supportata dall' HPC



Il nuovo **supercalcolatore FERMI**, basato su architettura BG/Q, è stato installato nel 2012.

Con una potenza di 2 PetaFlops (**due milioni di miliardi di operazioni al secondo**), 163.840 core processors e 2PetaByte di memoria, FERMI, basato su architettura IBM Blue Gene/Q, consentirà alla comunità della ricerca scientifica italiana ed europea di competere a livello mondiale con Stati Uniti, Giappone, Cina, e condurre progetti "di frontiera".

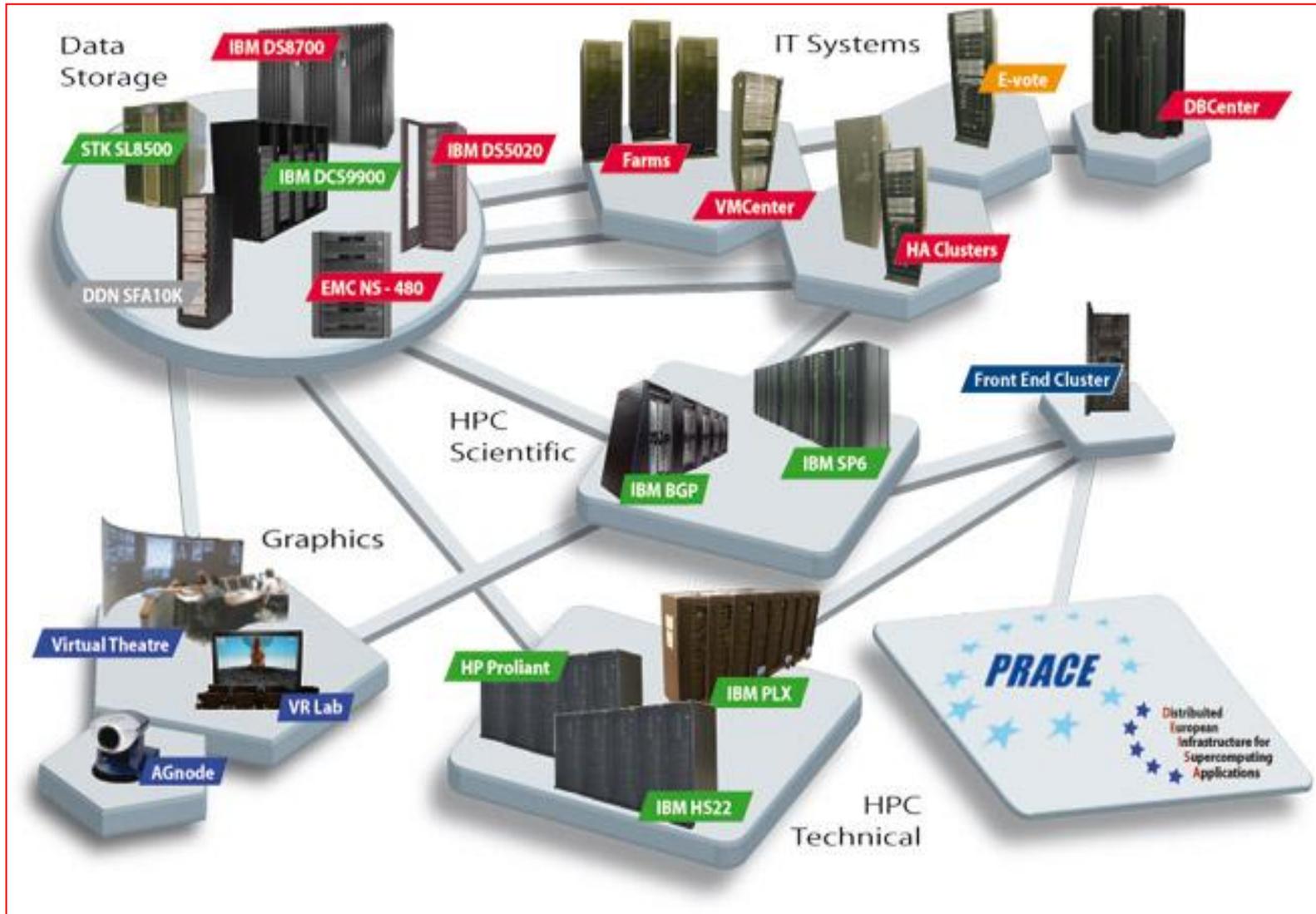
Cineca è uno dei grandi Centri di calcolo europei denominati "Large Scale Facilities".

Il Cineca, che rappresenta l'Italia nell'ambito di PRACE (the Partnership for Advanced Computing in Europe) su mandato del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

I supercomputer attualmente disponibili, IBM PLX-GPU e IBM SP6 sono classificati tra i più potenti supercomputer nel mondo, la lista Top500.

Il Cineca cura la gestione sistemistica, l'hosting, l'ottimizzazione e parallelizzazione dei codici, sostenendo i ricercatori, pubblici e privati, nelle loro attività.

CINECA – Le risorse di calcolo



CINECA – Il Teatro Virtuale



ANALISI E SIMULAZIONE

DI

Macchine o Impianti di Produzione

oooooooooooo 000 ooooooooooooo

Macchine virtuali

Quando una macchina/impianto è in funzione, è importante che vi sia la certezza che non si verificheranno problemi, ad esempio collisioni, e che il lavoro venga eseguito con la massima efficienza possibile.

Con adatti software è possibile definire **un modello di macchina** completo per **simulare di agire e funzionare** come nella macchina/impianto reale.

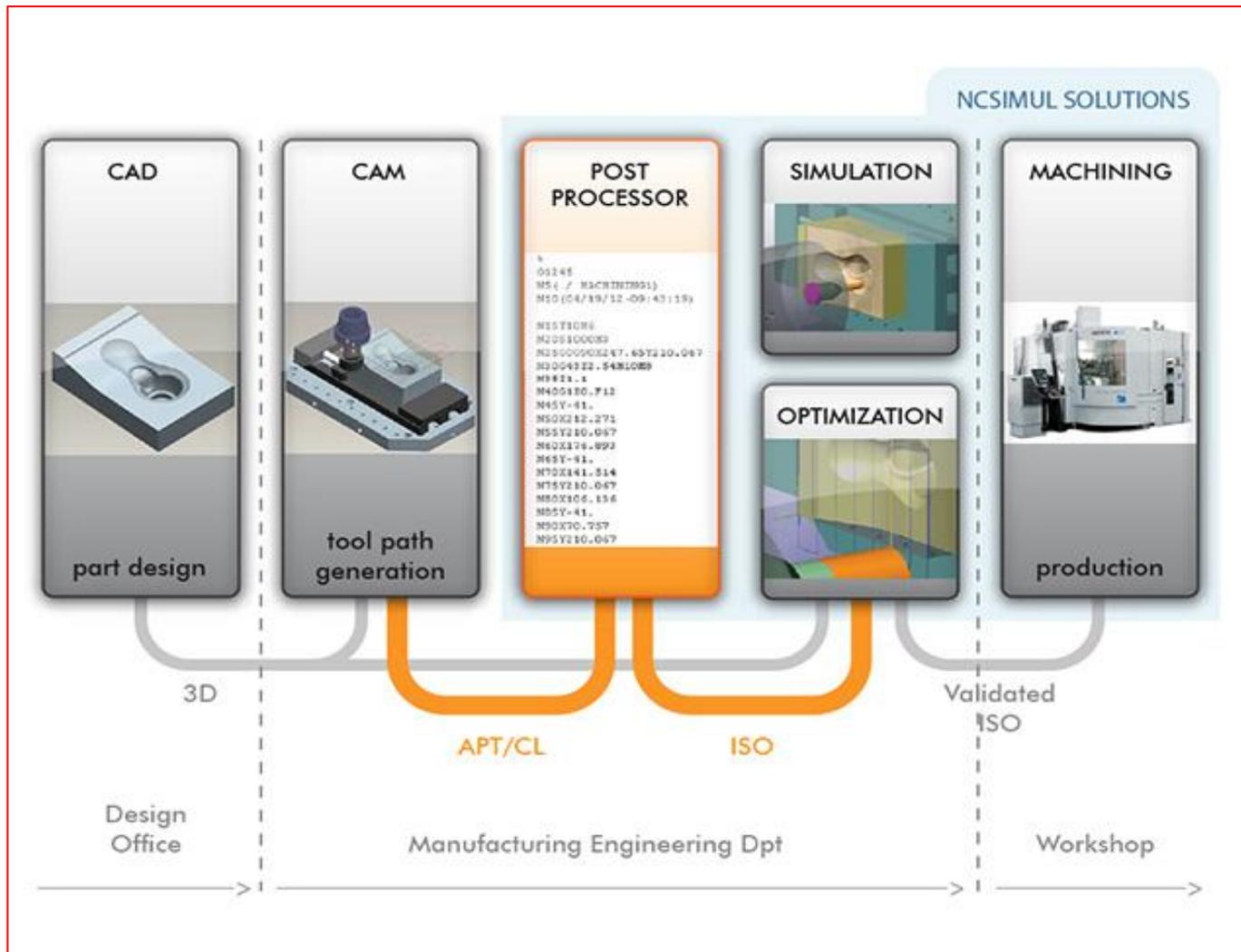
Essi si basano su un insieme di elementi software; ad es.:

- un modello 3D della macchina,
- il software di simulazione delle lavorazioni,
- il software di base per la gestione del sistema
- e il software di interfaccia umana.

Essi possono essere utilizzati per la preparazione dell'installazione macchina, per la formazione degli operatori e per la validazione dei programmi di lavoro.

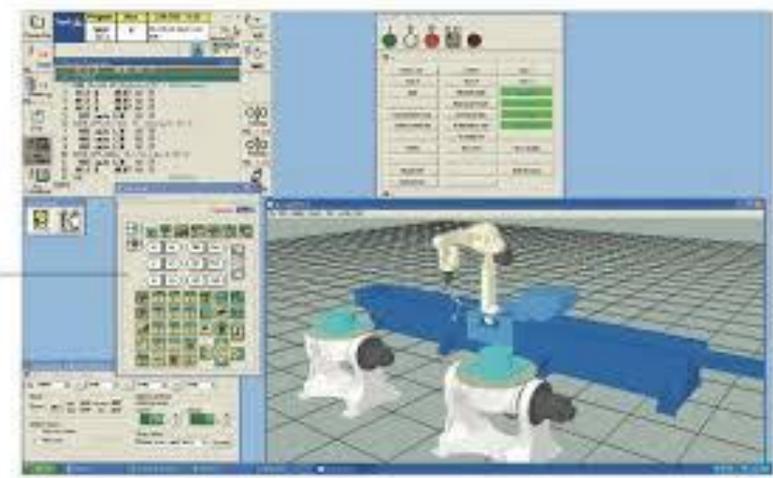
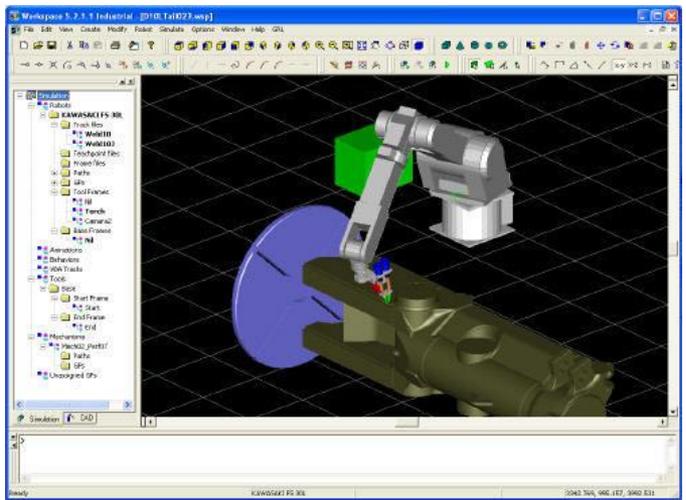
Con migliori esiti e risparmiando molto del tempo che occorrerebbe sperimentando solo con la macchina reale.

Esempio di ambienti/software per simulazione di una macchina (da Google)



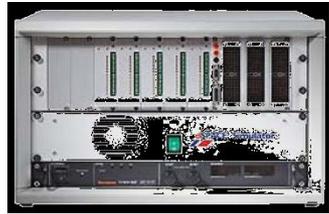
Esempi di software di progettazione, simulazione e programmazione off-line di macchina/processo

Software di simulazione saldatura con robot



Esempio di struttura hardware costruita appositamente per la simulazione di modelli di Macchina virtuale

H.I.L hardware in the loop
S.I.L software in the loop





Modellistica e controllo di sistemi elettromeccanici in ambito industriale ed in ambito automotive

R. Zanasi

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" (DIEF)
Università di Modena e Reggio Emilia, Italy
E-mail: roberto.zanasi@unimore.it

2 TECNICHE DI MODELLISTICA GRAFICA

Esistono varie tecniche per rappresentare **graficamente** la dinamica dei sistemi fisici complessi:

- 1) Bond-Graph (BG) – (1959)
- 2) Power-Oriented Graphs (POG) - 1991
- 3) Energetic Macroscopic Representation (EMR) – 2001
- 4) ... (F.d.T., G.f.s., ecc.)

La tecnica **POG** che ha i seguenti vantaggi:

- 1) **Mette in evidenza i flussi di potenza** presenti all'interno del sistema
- 2) Conserva una **corrispondenza con gli elementi fisici** del sistema
- 3) **È adatta anche a sistemi dinamici complessi** che coinvolgono ambiti energetici di natura diversa (meccanico, elettromagnetico, idraulico, ecc.)
- 4) Consente di ottenere **modelli che si possono utilizzare direttamente in simulazione** (Simulink/Matlab)
- 5) **Permette di calcolare le variabili interne del sistema** ed eseguire analisi parametriche utili al corretto dimensionamento del sistema stesso.

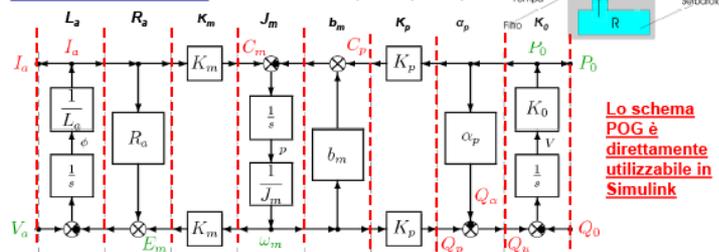
5 Esempio di modellistica POG

Motore elettrico collegato ad una pompa idraulica:

Esiste una diretta corrispondenza tra i blocchi POG e gli elementi fisici.

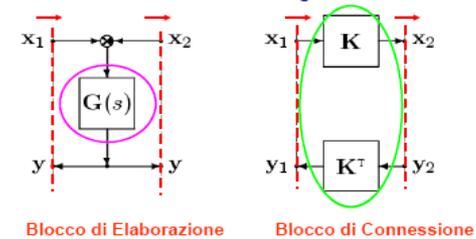
Lo schema a blocchi è comprensibile anche a chi non conosce i POG!

Schema a blocchi POG:



3 Power-Oriented Graphs (POG) - 1991

Power-Oriented Graphs sono normali "diagrammi a blocchi" che utilizzano una struttura "modulare" essenzialmente basata sui seguenti due blocchi:

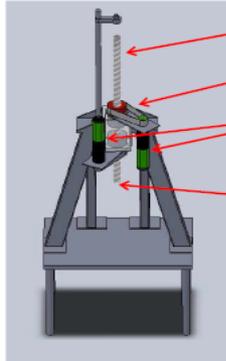


- I POG mantengono una diretta corrispondenza tra le sezioni dello schema e le reali sezioni fisiche: il prodotto delle due variabili toccate dalla linea tratteggiata ha il significato fisico di "potenza che fluisce attraverso quella sezione".
- Il blocco di Elaborazione può solo "accumulare e/o dissipare" l'energia.
- Il blocco di Connessione può solo "trasformare" l'energia.

10 Sistema di tappatura a 2 gradi di libertà



Sistema elettromeccanico considerato:



Vite a ricircolo di sfere con albero scanalato
 Trasmissione (pulegge-cinghie-nut)
 2 motori elettrici

movimento rototraslatorio del TCP

Tool Center Point (TCP)

Scopo: realizzare un modello matematico del sistema considerato che ne riproduca il comportamento dinamico

16 Tappatura automatica

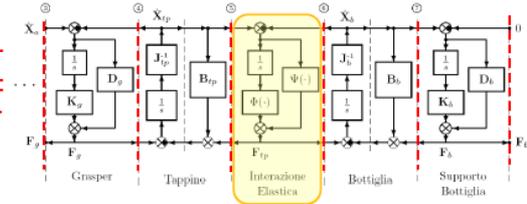


Si vuole utilizzare il sistema presentato per la tappatura automatica di bottiglie di plastica con tappo a vite

Come modellare l'interazione tra tappino e bottiglia?



Schema POG



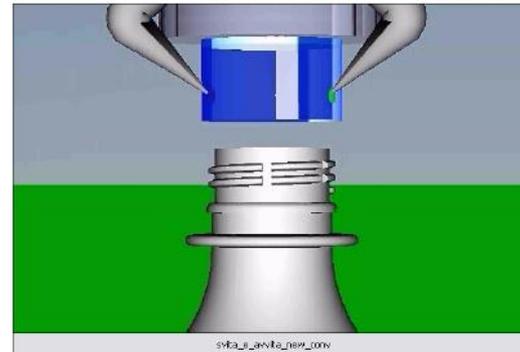
E' un modello virtuale che tiene conto dei seguenti aspetti:

- Elasticità
- Attrito Coulombiano
- Giochi dei denti

18 Simulazioni: tappino-bottiglia



Virtual Reality



Video 'svita_e_avvita_new'

ANALISI, SIMULAZIONE

DI

Linee di Produzione e Sistemi Logistici

oooooooooooo 000 ooooooooooooo

Modellazione e simulazione dei sistemi

**“La modellazione e la simulazione sono
l’imitazione del funzionamento nel tempo
di un processo o di un intero sistema reale”**

- La modellazione e la simulazione dei sistemi aiutano nella *comprensione del comportamento* di macchinari reali.
- Nuove concezioni in progettazione possono essere modellate e simulate per *predirne l’impatto sulla performance del sistema*.
- Usando la modellazione e la simulazione in fase di progettazione si possono ***ridurre i costi di sviluppo, migliorare la conoscenza di processo, e fornire ai clienti soluzioni personalizzate.***

Modello di un sistema.

- Un modello è una astrazione del sistema reale
- Ipotesi semplificative sono adottate per modellare solo gli aspetti importanti
- Linearizzazione, time-bound behaviors, etc., possono migliorare la trattabilità del sistema

Modelli analitici.

Descrivono le sequenze di tempo input-output tramite l'uso di equazioni matematiche: $y = f(x, u, z, \dots)$

Modelli non analitici/simulativi.

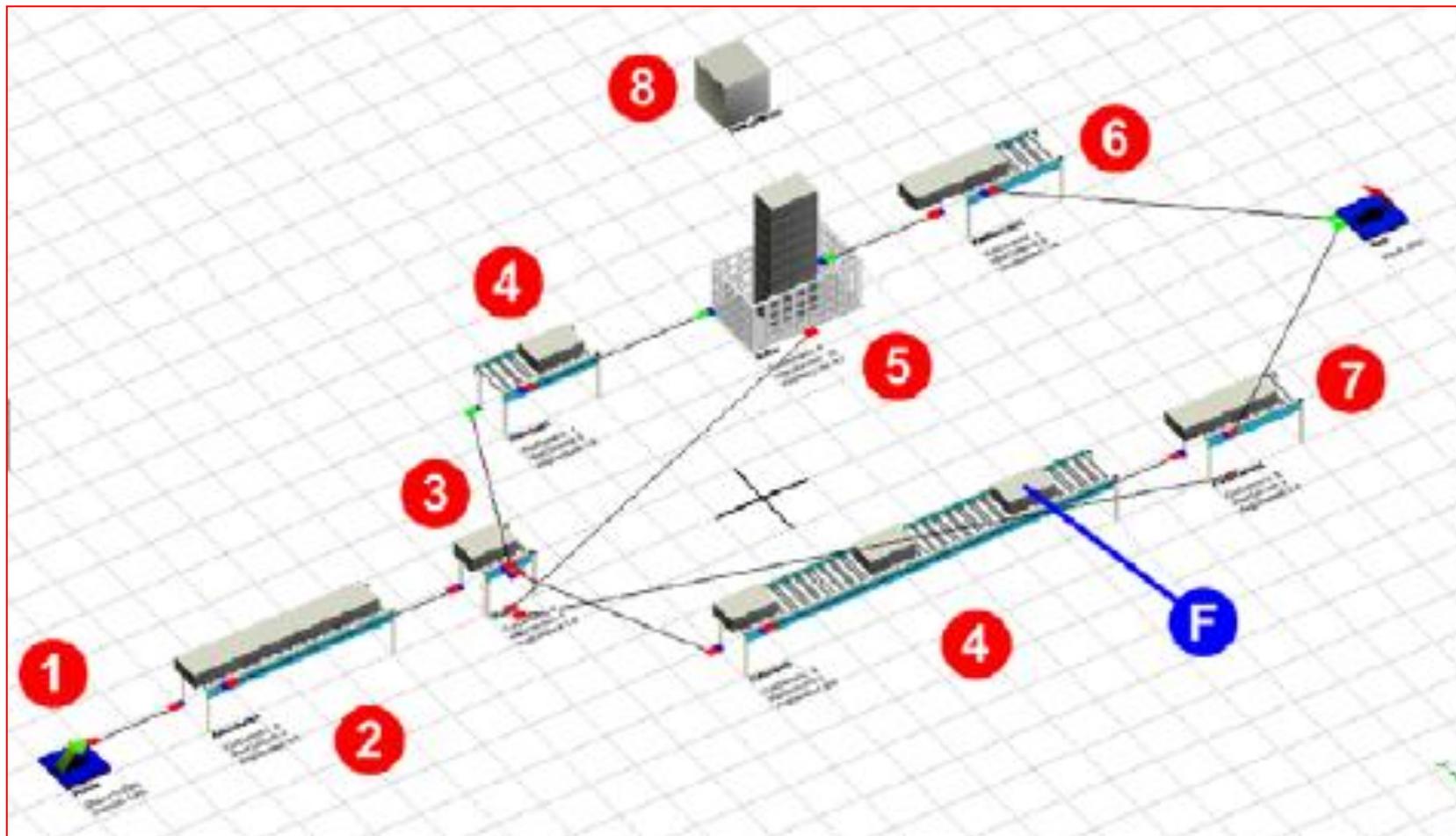
Modelli software che necessitano di runs simulativi per ottenere le sequenze di tempo input-output.

.....
.....

Processo di simulazione (da corso Unimore)

Implementazione del modello

Il modello viene implementato nel simulatore.



Processo di simulazione

Pianificazione della simulazione e Design of Experiments (DoE)

Poiché **i processi di input** che guidano la simulazione **sono di tipo casuale**, i dati di output sono anch'essi casuali e quindi sono richiesti **diversi cicli del modello simulativo** per valutare in modo corretto le misure di performance.

La **Factorial Analysis** rende possibile identificare ***il comportamento di un sistema*** quando sono presenti fenomeni stocastici e alcuni fattori che possono essere gestiti dall'analista.

La **Factorial Analysis** rende possibile identificare ***le relazioni tra le variabili di progetto*** (Factors) e ***le misure di performance*** (Response).

Tecniche statistiche quali l'ANALYSIS Of VARIANCE (**ANOVA**) permettono di ottenere delle misure statistiche degli ***effetti principali dei fattori*** sulle misure di performance e anche come interagiscono i fattori fra di loro.

Processo di simulazione

Pianificazione della simulazione e Design of Experiments (DoE)

I risultati della sperimentazione vengono analizzati

sia come osservazioni dirette, che indirette (attraverso **tecniche di D.O.E.**, Design of Experiments), prendendo in considerazione intervalli di confidenza statistica del 95%.

Ad es. sui seguenti **parametri prestazionali** :

- Produzione oraria
- Efficienza Tecnica Simulata
- W.I.P. (Work In Process)
- Tempo di attraversamento.

L'utilizzo di eventuali 'operatori' viene monitorato nel **numero di operatori utilizzati**, per specializzazione e modalità di utilizzo.

Per ogni linea di produzione può essere creato **un piano di progetto standard** che permette di identificare l'impegno necessario per l'esecuzione di una simulazione di una linea di lavorazione.

L' **approccio metodologico** sviluppato è di **scomporre l' intero impianto produttivo** nelle singole linee, analizzarne gli aspetti funzionali di dettaglio e realizzare dei modelli complessivi relativi solo alla parte di interazione, soprattutto negli aspetti della logistica interna.

Le **macro aree di progetto** possono essere :

- Lavorazioni, Montaggio e Testing.
- Aree di Trattamenti Chimici/Termici.
- Logistica Interna.

Complessivamente la necessità può essere di sviluppare **molti modelli di simulazione distinti**, alcuni di essi accorpabili.

L' esperienza raccomanda di definire **un 'ciclo di vita' del modello di simulazione**, destinato a supportare le principali fasi delle attività di sviluppo, integrato alle informazioni esistenti.

Nel caso della simulazione, per ciclo di vita del modello si intende la gestione e l' aggiornamento della raccolta dati, della realizzazione del modello di simulazione, della simulazione e l' analisi dei risultati, integrati con le attività di sviluppo, contestuale al supporto delle scelte progettuali e coerente con lo sviluppo del processo.

I risultati dell'analisi devono per prima cosa far verificare che

la campagna simulativa ha rappresentato correttamente
il comportamento del sistema da un punto di vista stocastico.

Poi i risultati devono essere riportati anche
in termini di significatività dei fattori
nel rispetto delle misure di performance.

L' **ANOVA** è uno dei più importanti strumenti per l'analisi dei risultati.

LA LOGISTICA 2.0 (Logistics Intelligence)