



Introduzione alla System Dynamics (SD)
e
declinazione della System Dynamics
in ambito economico-manageriale:
la Business Dynamics.

Marilisa Favretto

Università degli studi di Udine

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi

AGENDA

- **Introduzione**
- Principi base della System Dynamics
- Prospettive di analisi

COS'È LA *SYSTEM DYNAMICS*

È una tecnica che consente di:

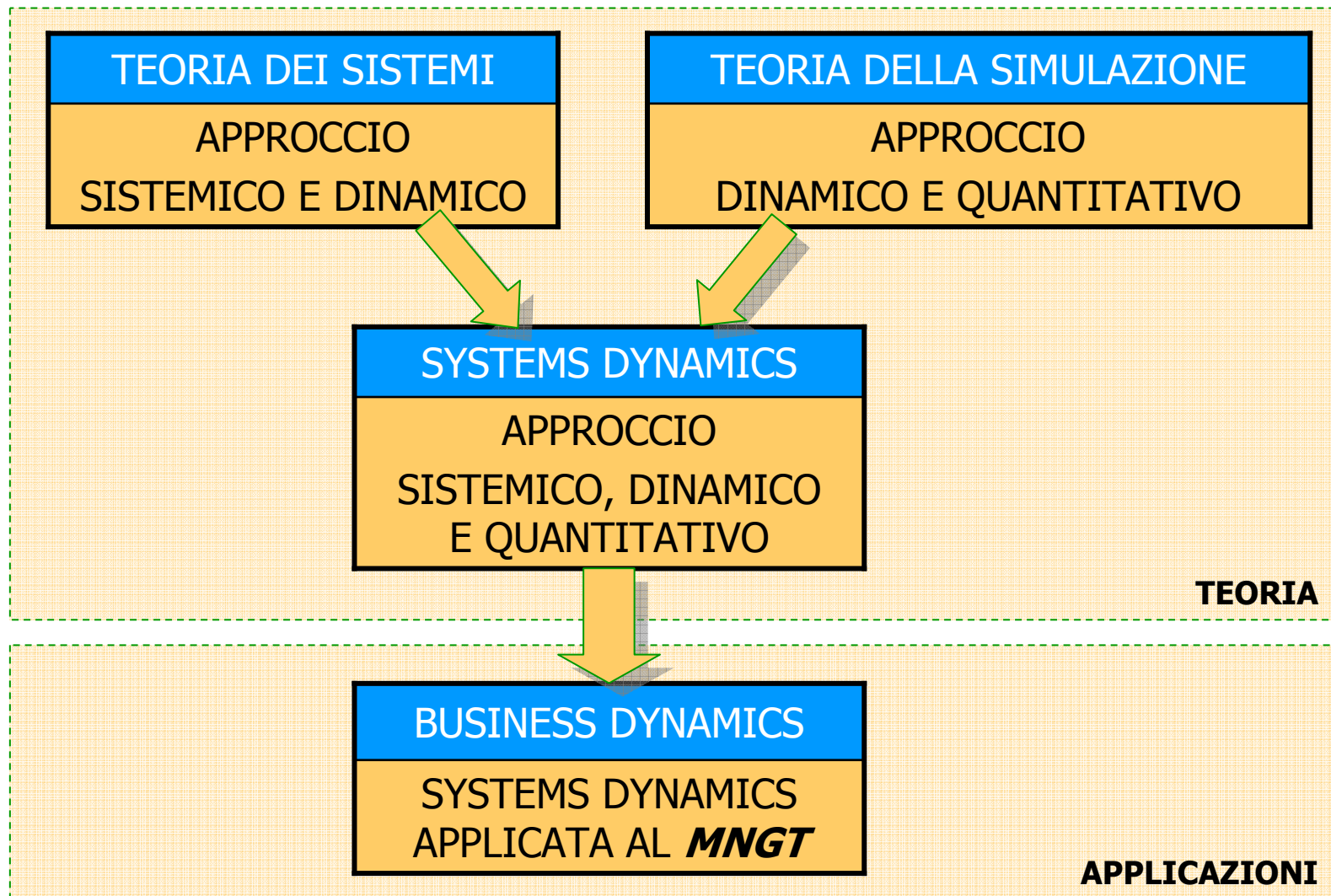
- ***rappresentare i sistemi*** come insiemi di più componenti che interagiscono tra di loro
- ***analizzarne il comportamento dinamico***

Viene applicata mediante la realizzazione di **modelli di simulazione** che vengono fatti 'girare' su un apposito software.

Cenni storici

- Nasce alla fine degli anni '50 presso il MIT (Massachusetts Institute of Technology) di Cambridge (USA) ad opera di **J.W. Forrester**, che pubblica successivamente:
 - *Industrial dynamics* (1961)
 - *Urban dynamics* (1969)
 - *World dynamics* (1973)
- Si accresce nei contenuti teorici grazie alla corrente del ***Pensiero Sistemico***, soprattutto con **P. Senge**:
 - *La quinta disciplina* (1990)
- Trova un'accurata organizzazione solo recentemente con **J.D. Sterman** (ancora MIT):
 - *Business dynamics: system thinking and modeling for a complex world* (2000)

Discipline, strumenti ed aree logiche



AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

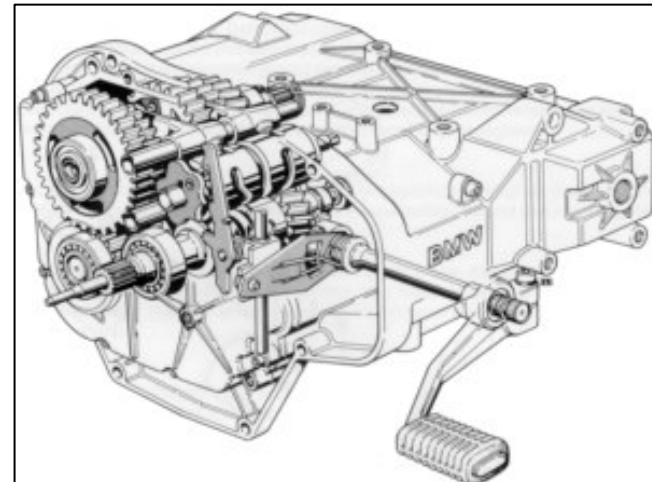
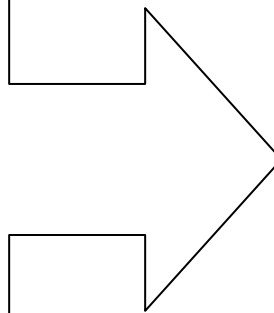
AGENDA

- Introduzione
- **Principi base della System Dynamics**
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

SISTEMA – definizione meccanica

« gruppo di elementi
che operano insieme per un fine comune »

J.W. Forrester, "Principles of Systems", 1968



SISTEMA – definizione organica

« unità globale organizzata di interrelazioni
fra elementi, azioni o individui »

E. Morin, "Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione ", 1983



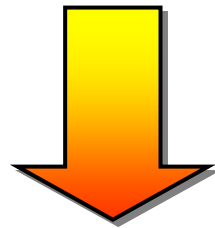
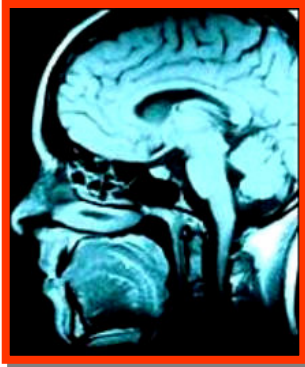
IL CERVELLO:

10¹¹ – 10¹² neuroni

1.000 dendriti per neurone

10¹² – 10¹³ connessioni (1.000 – 10.000 miliardi)

COME AFFRONTARE IL "COMPLESSO"



COME AFFRONTARLO ?

Per confrontarsi con i **sistemi complessi** bisogna utilizzare un **approccio sistemico**.

Il complesso va compreso nel suo insieme, non spiegato nelle sue pieghe.

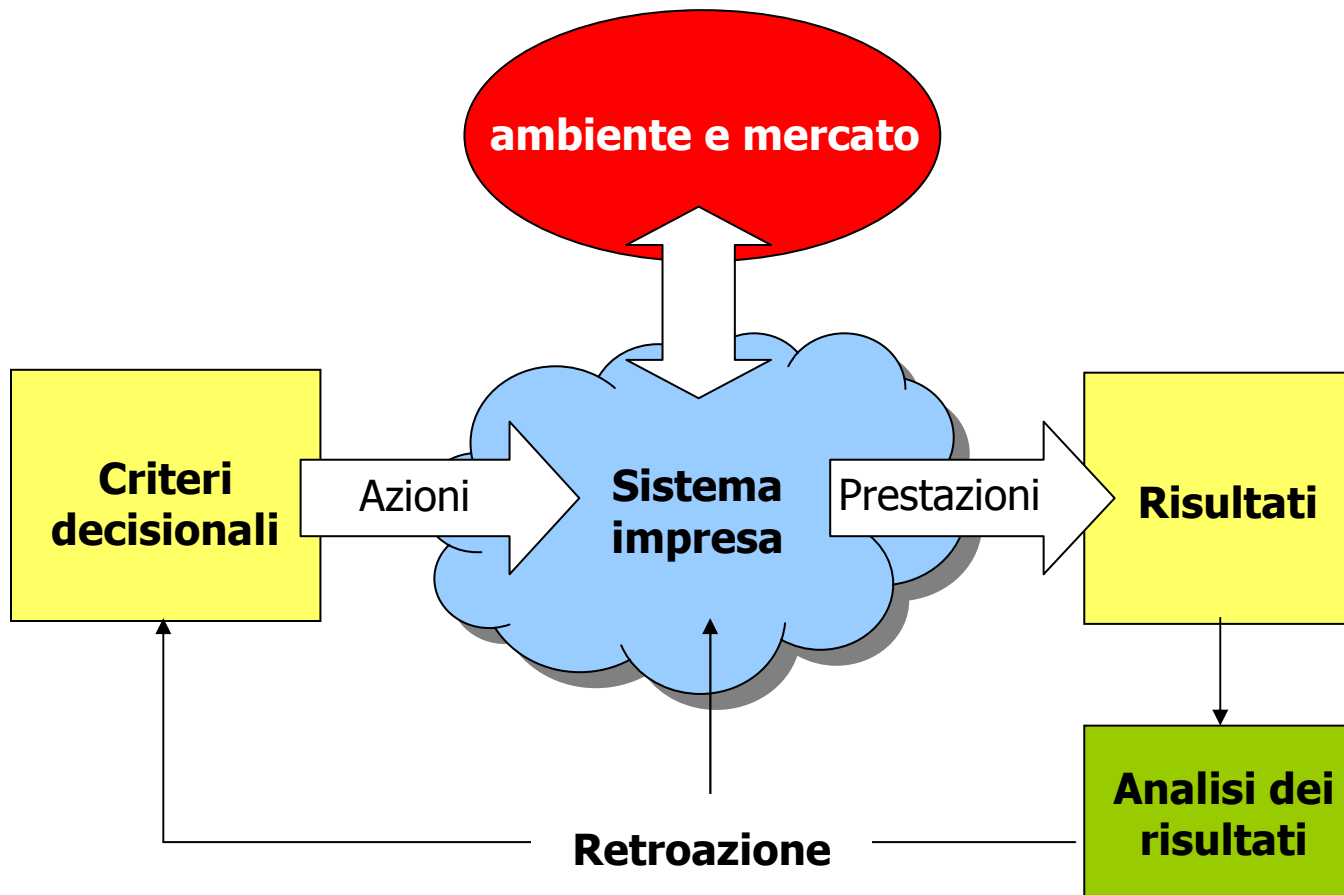
L'APPROCCIO SISTEMICO

- Nuovo modo di interpretare la realtà
- Sviluppatisi dal dopoguerra
- Non disassembla le parti
(*Approccio riduzionista*: "le cose equivalgono alla somma delle loro parti")
 - I **sistemi** sono più complessi della semplice somma delle loro parti.
 - Studia l'organizzazione dei sistemi, piuttosto che i loro dettagli specifici.
- **Vantaggi:**
 - Affronta problemi complessi
 - Permette di individuare strategie d'azione anche in ambiti complessi
 - Non entra nei dettagli tecnici della materia
 - Svela strutture e comportamenti ad un livello di astrazione elevato
 - E' indipendente dal particolare campo di indagine

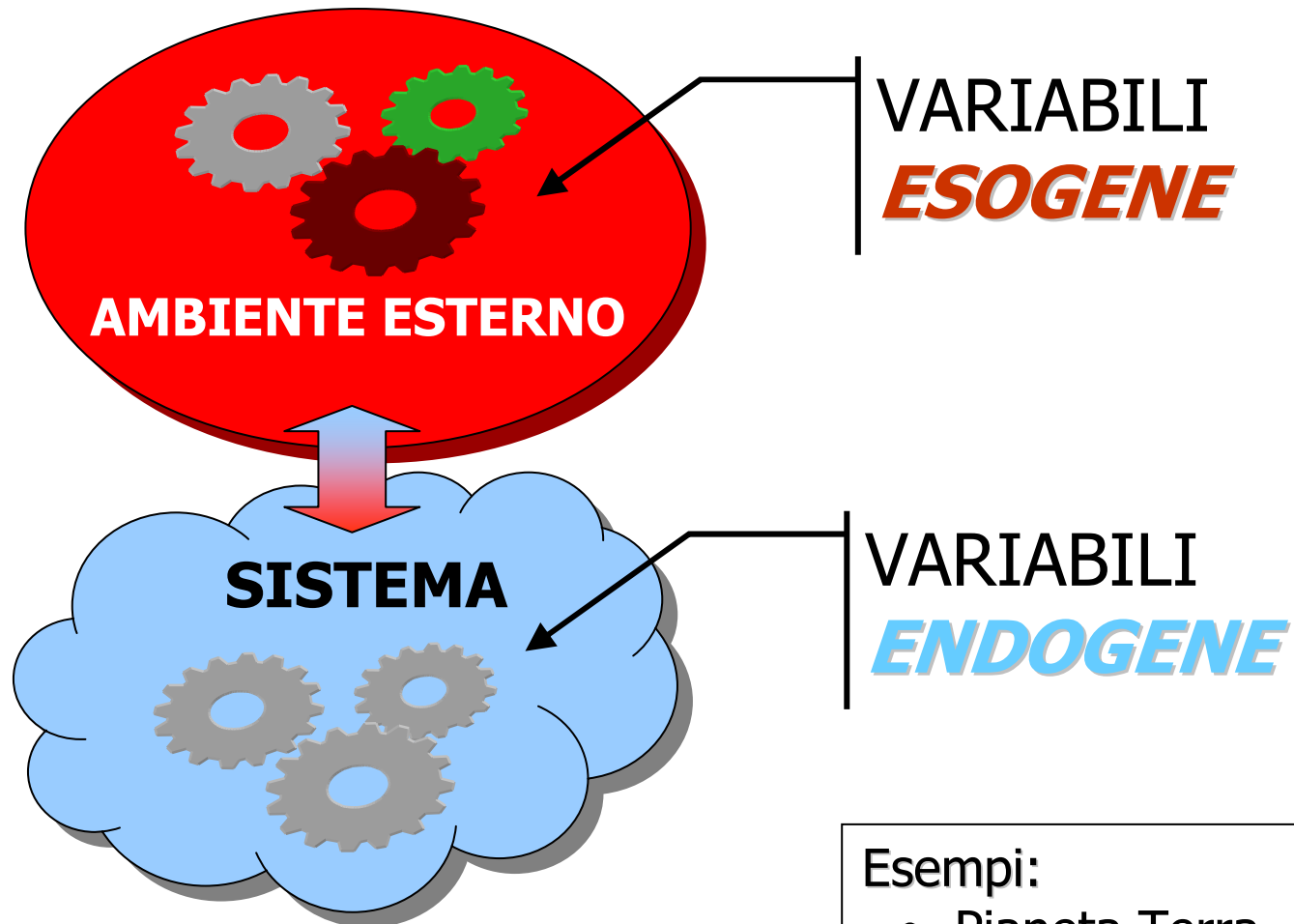
SISTEMA COMPLESSO



L'impresa come sistema complesso con controllo in retroazione



SISTEMA E AMBIENTE ESTERNO: I CONFINI



Esempi:

- Pianeta Terra
- Animale
- Società

AGENDA

- Introduzione
- **Principi base della System Dynamics**
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - ACCUMULI E FLUSSI
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

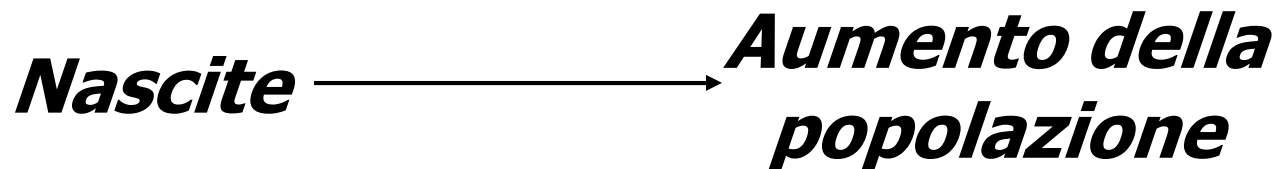
CONCETTO DI CAUSALITA'

$$\mathbf{X} \longrightarrow \mathbf{Y}$$

Siamo in presenza di un *legame causale*
quando
una variabile **X** influenza un'altra variabile **Y**

Esempio di legame causale

Un legame causale viene rappresentato così:



Questo diagramma si legge:

“Le nascite *causano* un aumento di popolazione”

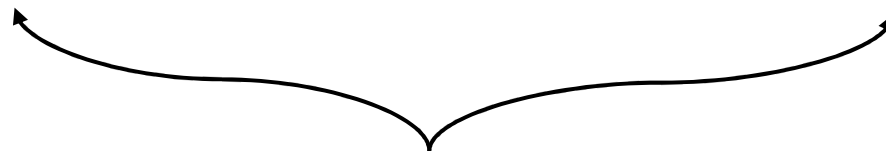
O meglio:

“Le nascite *influenzano* l'aumento di popolazione”

Causalità e correlazione

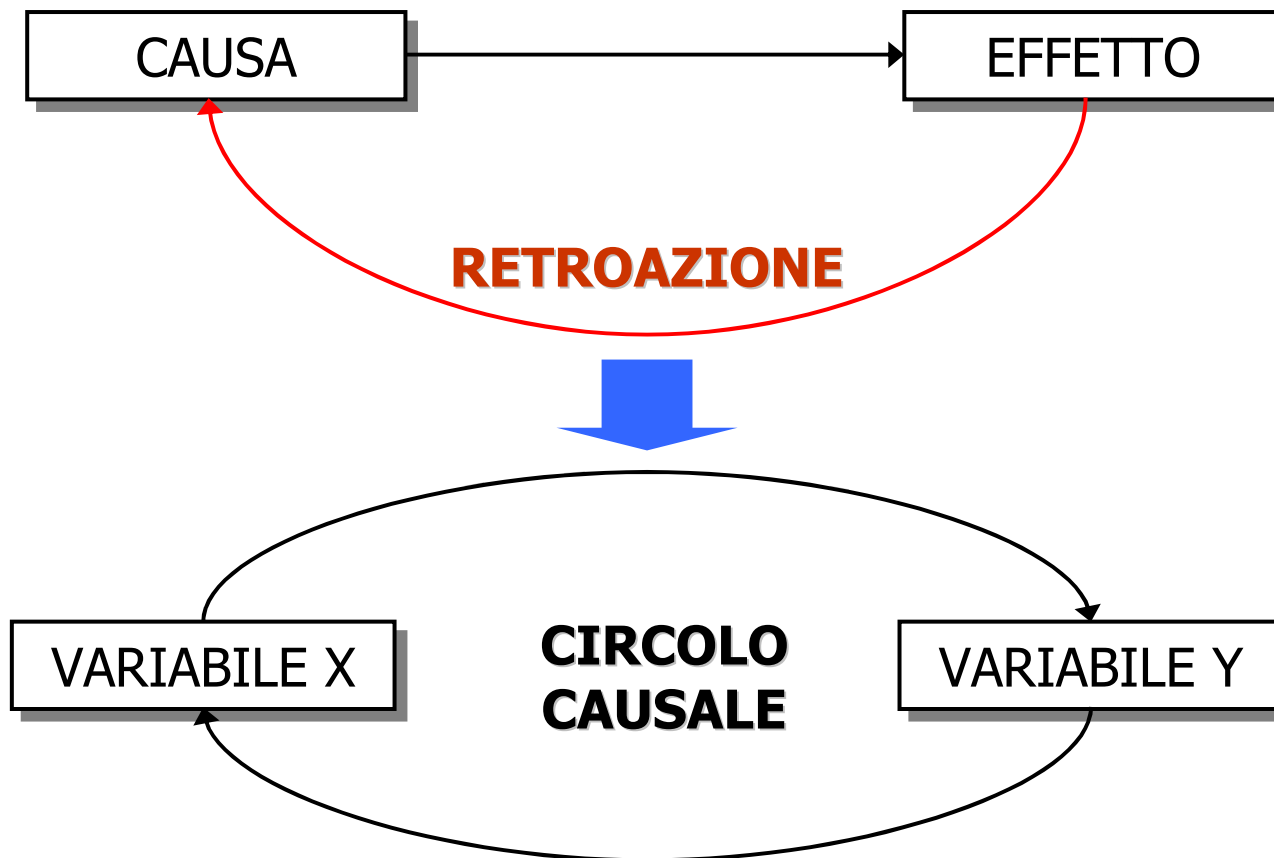
Vendite di gelati $\xrightarrow{\text{X}}$ *Numero di morti tra gli anziani*

Vendite di gelati *Numero di morti tra gli anziani*

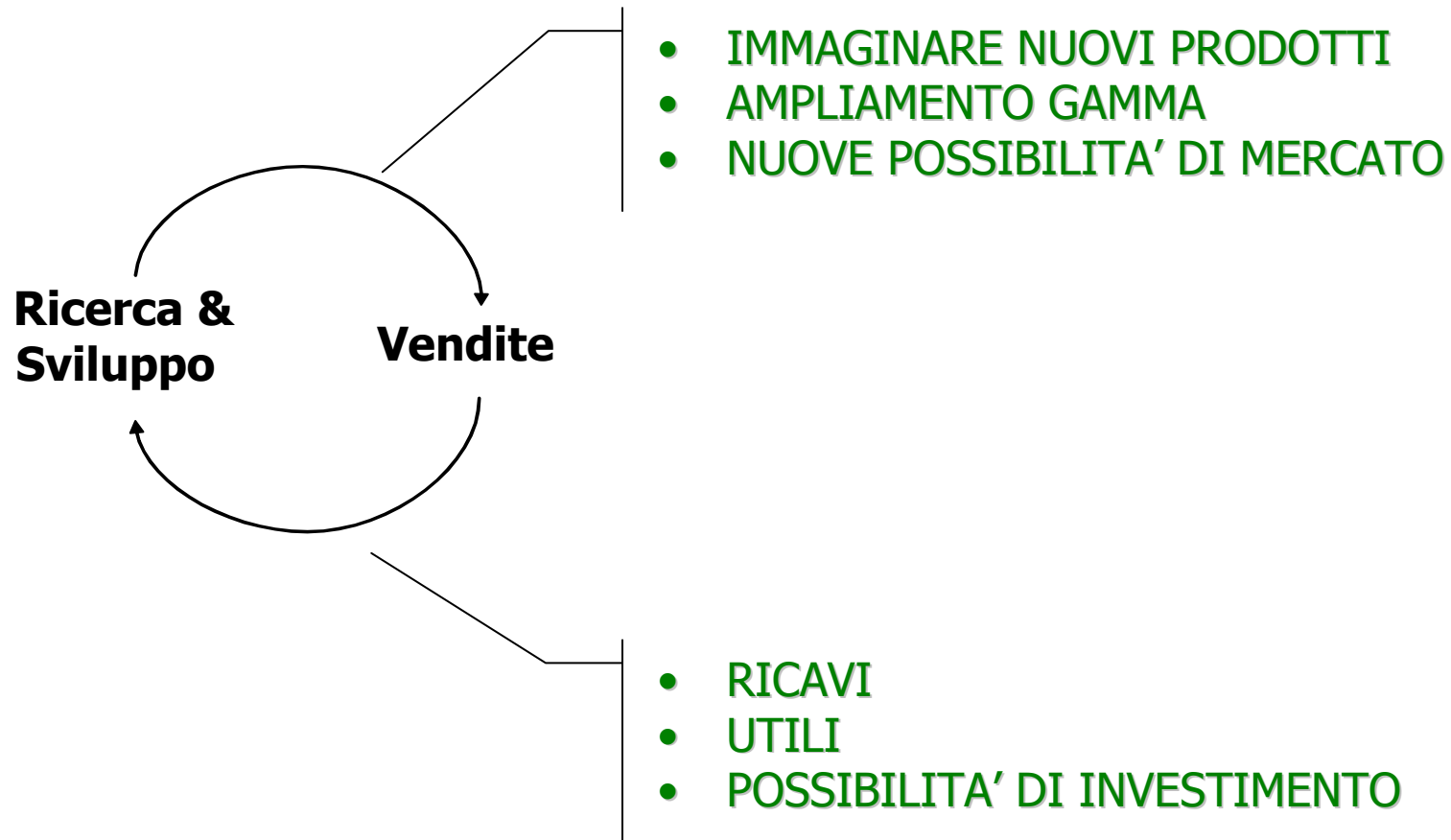


Temperatura media

CAUSALITA' LINEARE *VS* CAUSALITA' CIRCOLARE

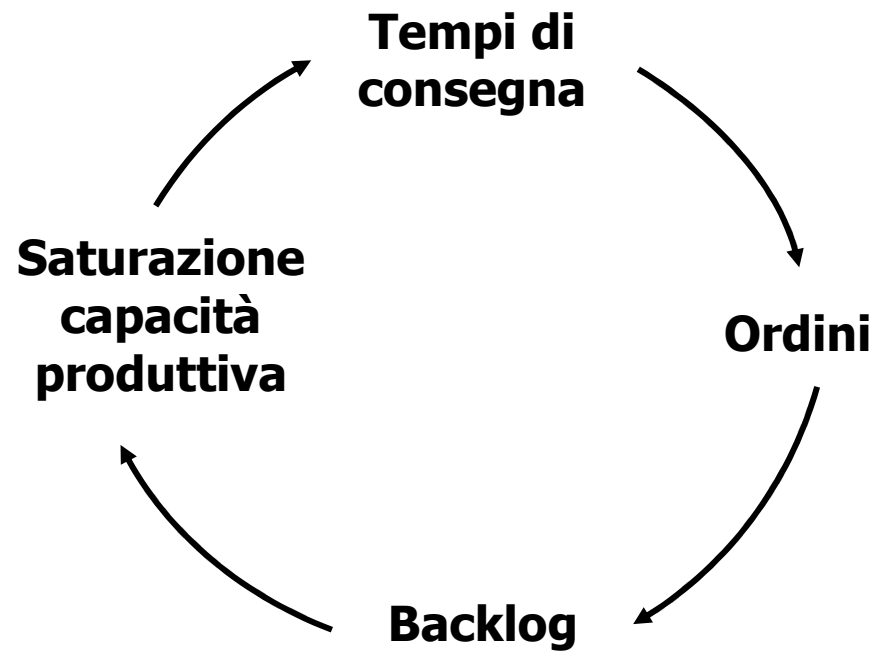


Un esempio di circolo causale



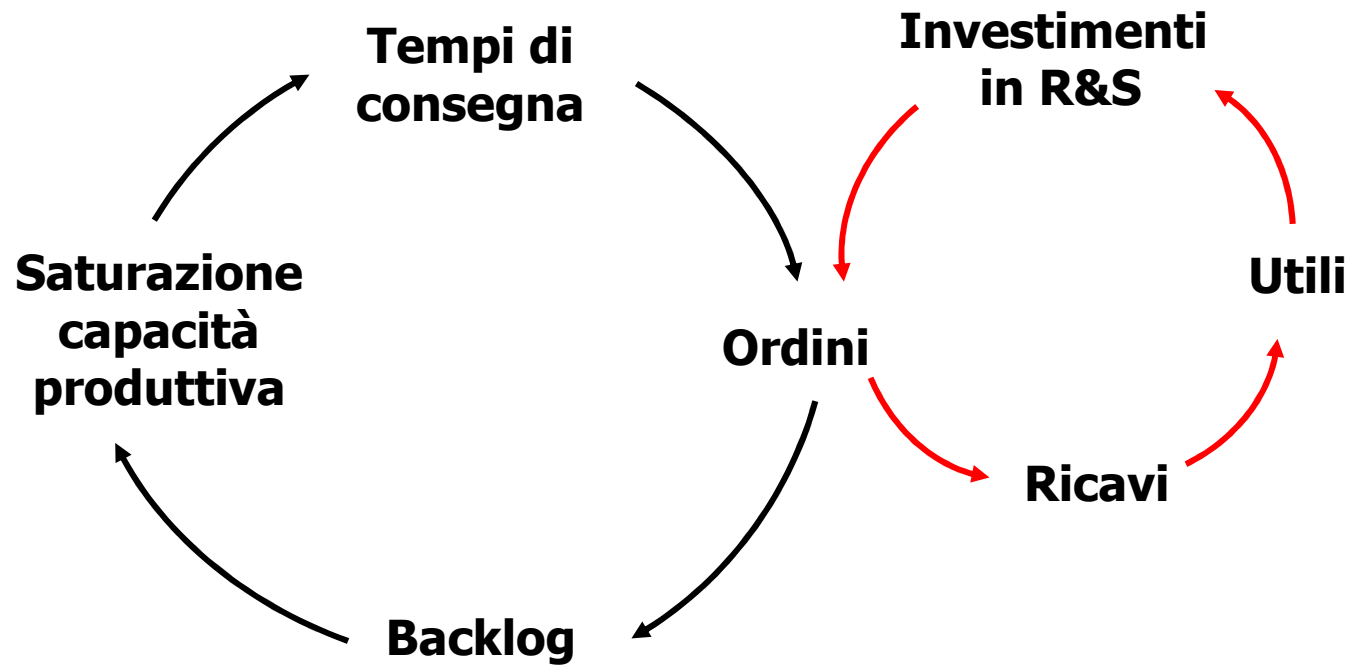
Un circolo causale può coinvolgere molte variabili

...ad esempio in un'azienda Assemble To Order



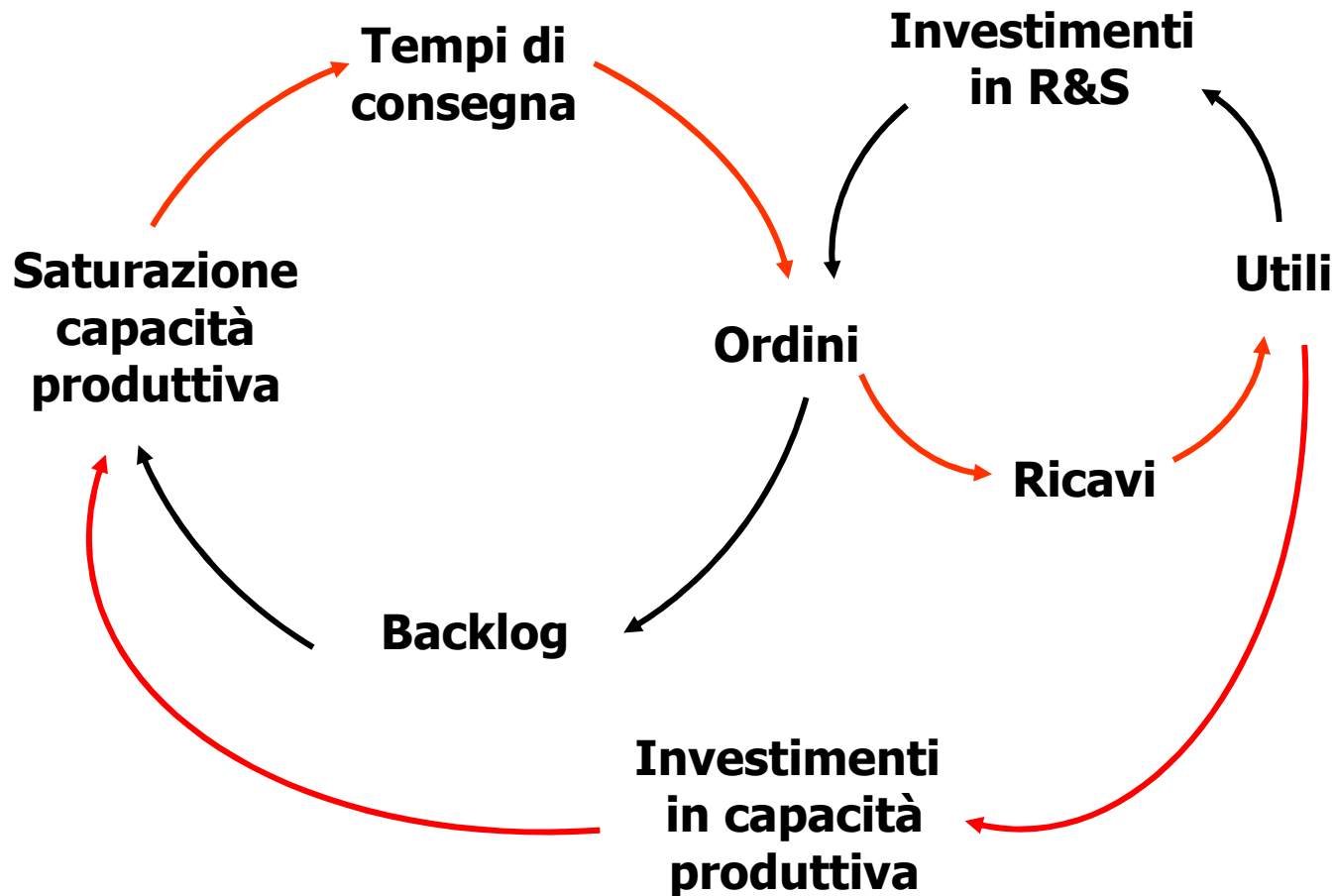
I circoli causali possono concatenarsi ...

...ad esempio in un'azienda Assemble To Order



...e sovrapporsi.

...ad esempio in un'azienda Assemble To Order



AGENDA

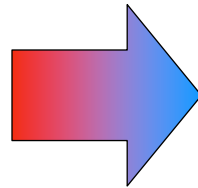
- Introduzione
- **Principi base della System Dynamics**
 - CONCETTO DI SISTEMA
 - CAUSALITA' CIRCOLARE
 - **ACCUMULI E FLUSSI**
- Prospettive di analisi
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

Circuiti a retroazione di informazione

Circuiti a retroazione

DIMENSIONE
TEMPORALE

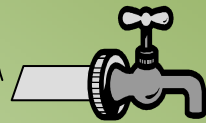
*Circuiti a retroazione
di informazione*



Variabili di flusso
Variabili di livello

ACCUMULI E FLUSSI – metafora idraulica

FLUSSO
ENTRANTE



Variabile
di flusso

FLUSSO
USCENTE




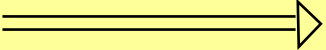


Variabile
di flusso

Variabile di
accumulo

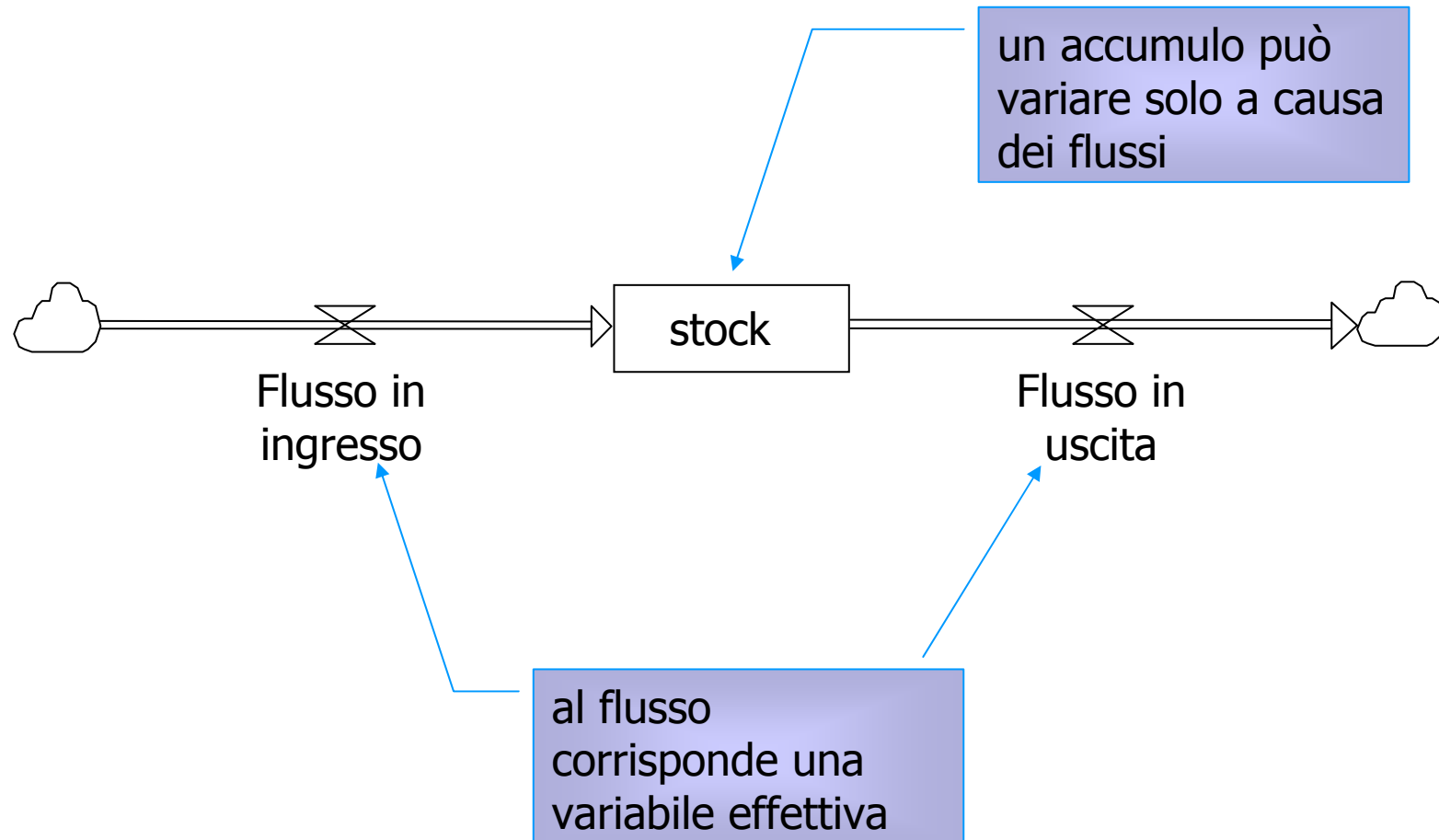
ACCUMULO



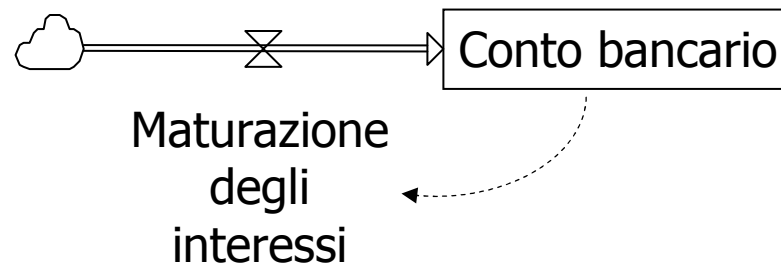
ACCUMULI E FLUSSI – notazioni grafiche e definizione

<i>SIMBOLO</i>	<i>SIGNIFICATO</i>
	Variabile di livello
	Flussi in entrata e in uscita
	Regolatore di flusso
	Sorgenti e pozzi del sistema (confini)


ACCUMULI E FLUSSI – uso delle notazioni grafiche



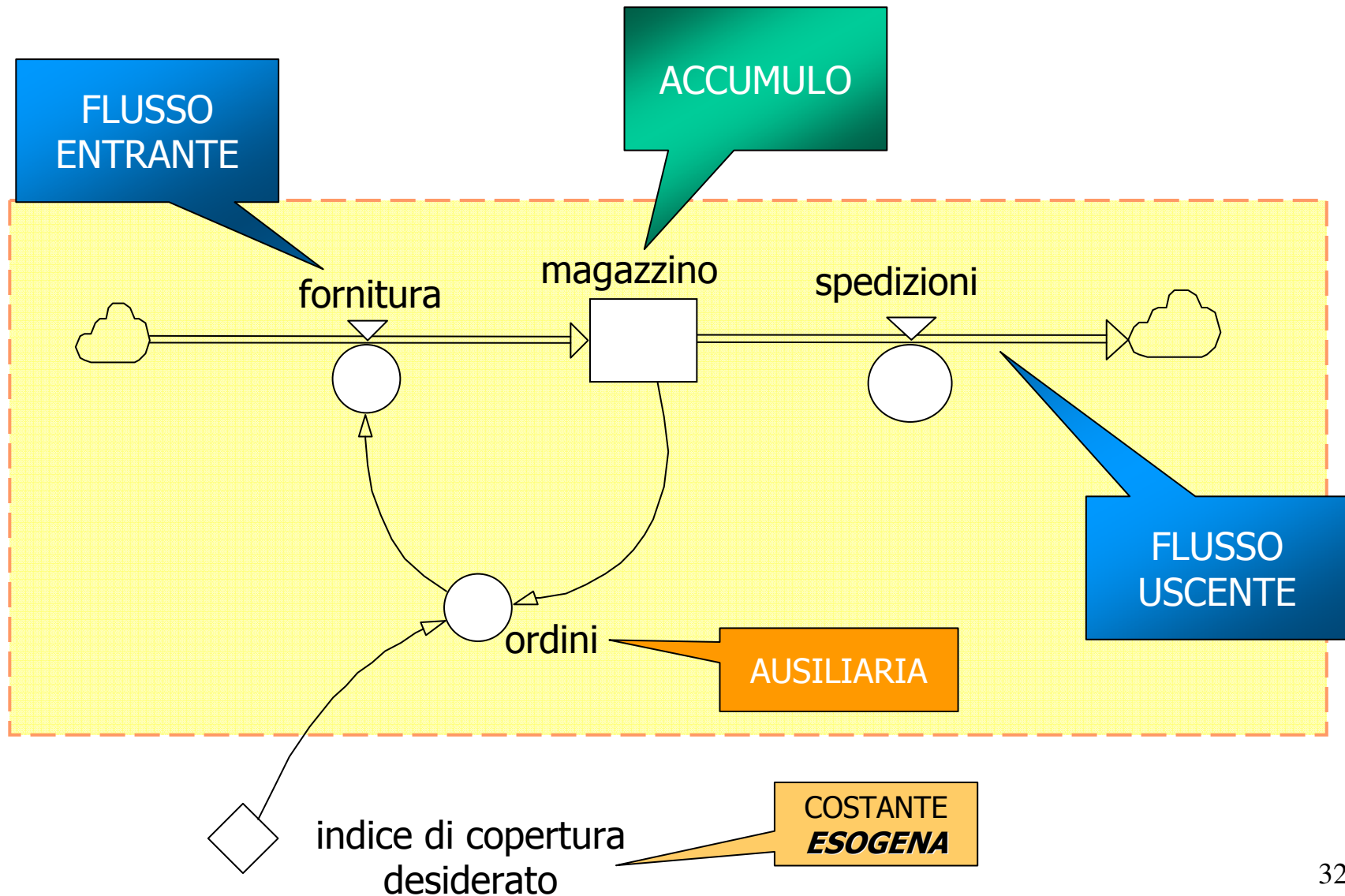
ACCUMULI E FLUSSI – esempi



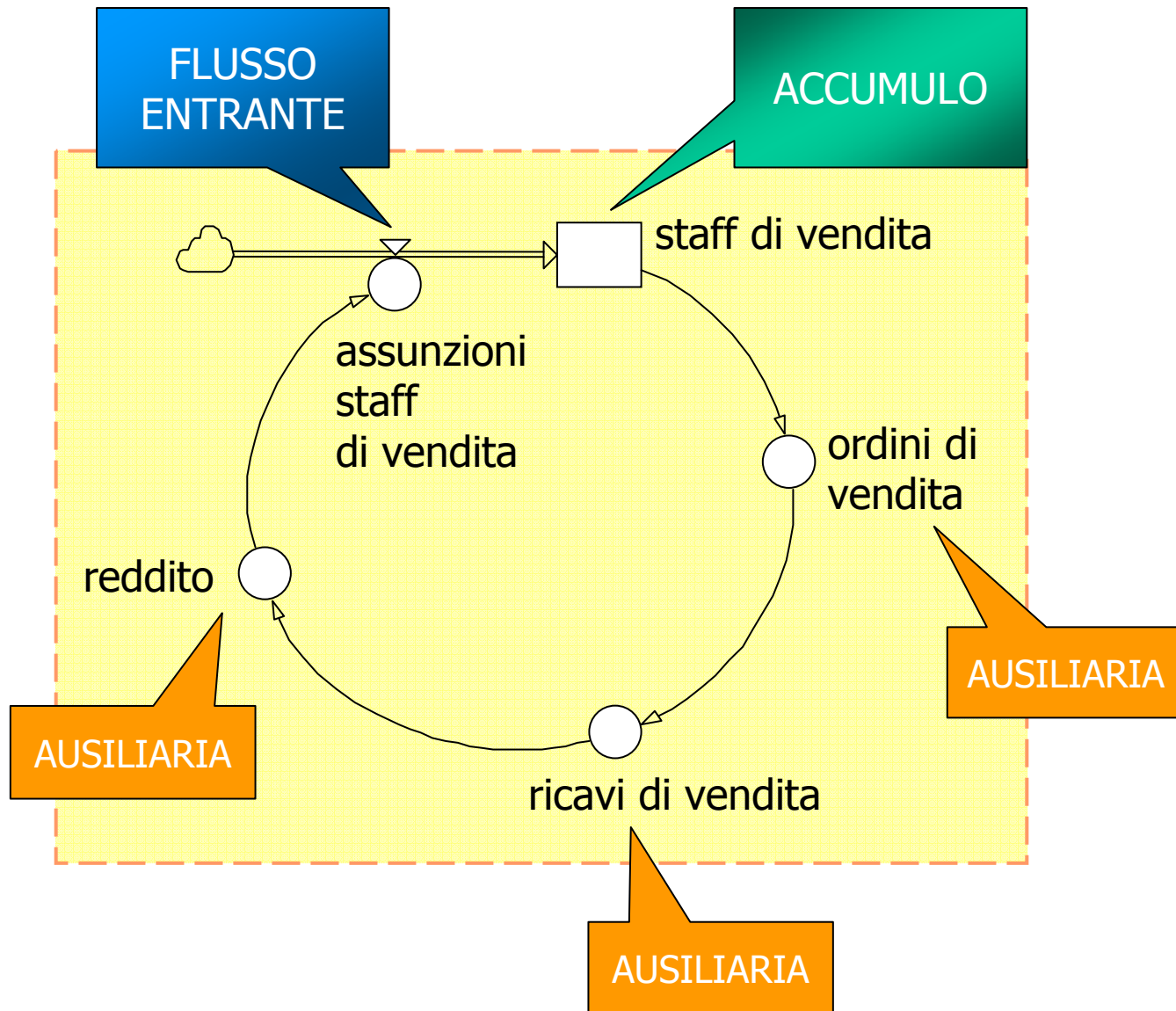
AUSILIARIE E COSTANTI – notazioni grafiche e definizione

<i>SIMBOLO</i>	<i>SIGNIFICATO</i>
	Variabile ausiliaria generica Il suo valore è determinato da un'equazione algebrica
	Variabile ausiliaria costante Il suo valore non cambia nel tempo

ACCUMULI E FLUSSI – il magazzino



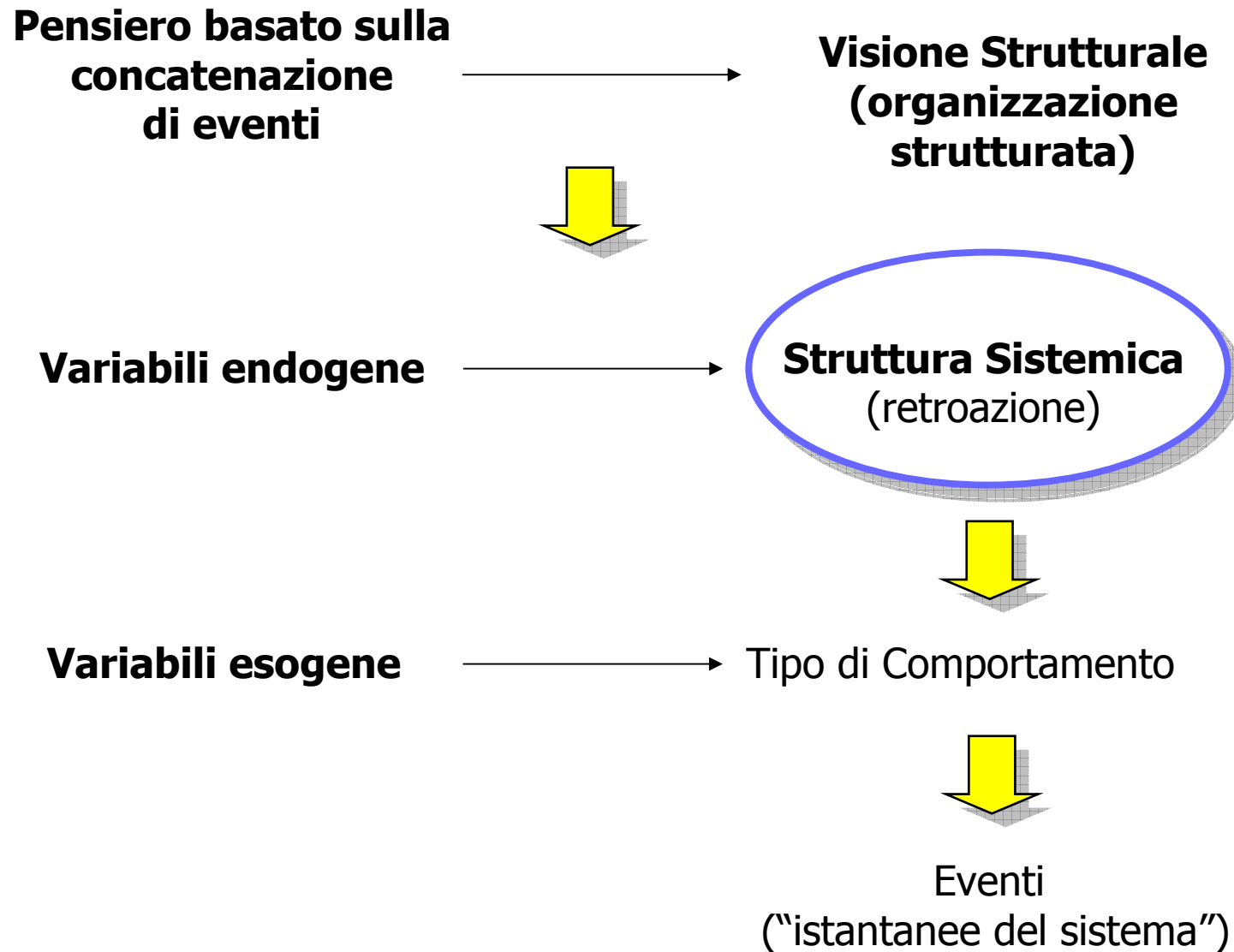
ACCUMULI E FLUSSI – le vendite



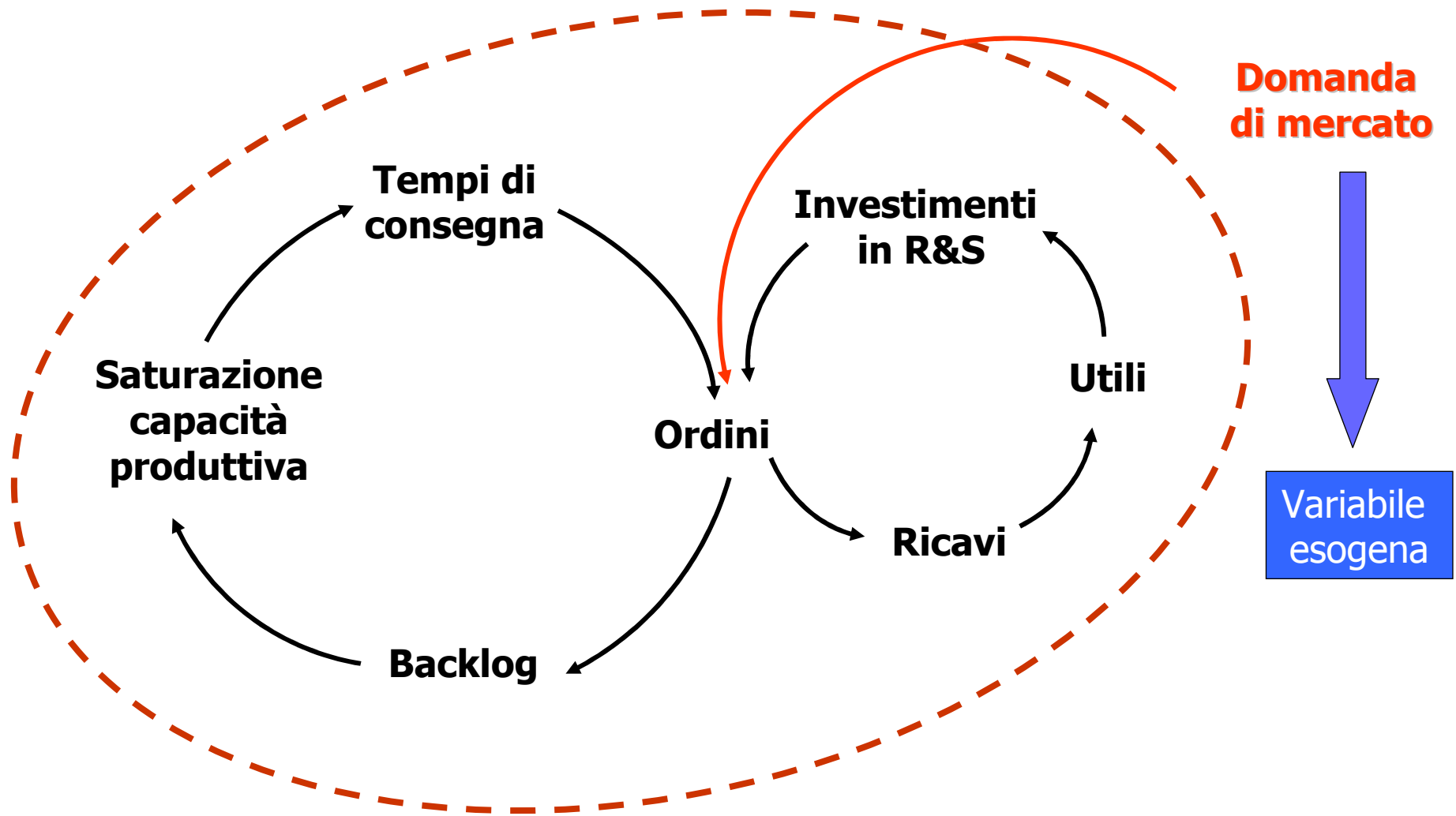
AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- **Prospettive di analisi**
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

PENSIERO SISTEMICO



STRUTTURA SISTEMICA e VARIABILI ESOGENE



Concetto di polarità

Per interpretare il comportamento di un sistema tramite i circuiti a retroazione è necessario inserire il concetto di polarità:

- ***dei legami causali***
- ***dei circuiti a retroazione***
- ***dominante di un sistema (accenno)***

Polarità dei legami causali

X $\xrightarrow{+}$ Y

un legame è **positivo** se:

$$\frac{\partial y}{\partial x} > 0$$

- una variazione del valore di X produce una variazione del valore di Y nella stessa direzione

X $\xrightarrow{-}$ Y

un legame è **negativo** se:

$$\frac{\partial y}{\partial x} < 0$$

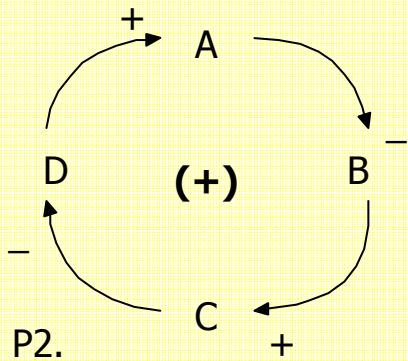
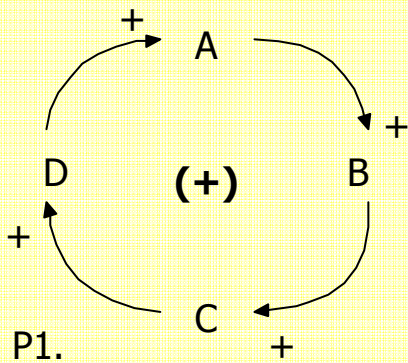
- una variazione del valore di X produce una variazione del valore di Y nella direzione opposta

Notazioni polarità legami causali

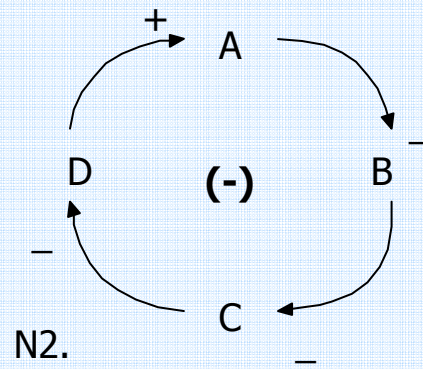
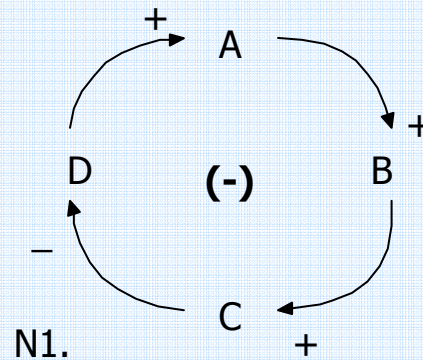
Notazioni polarità legami causali	
Legame positivo	Legame negativo
→ ⁺	→ ⁻
→ ^{s} Variazione nello stesso verso	→ ^{o} Variazione in verso <u>o</u> pposto

Legami dei circuiti a retroazione: circoli positivi e circoli negativi

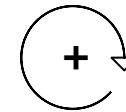
Circoli positivi



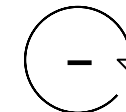
Circoli negativi



Circolo positivo

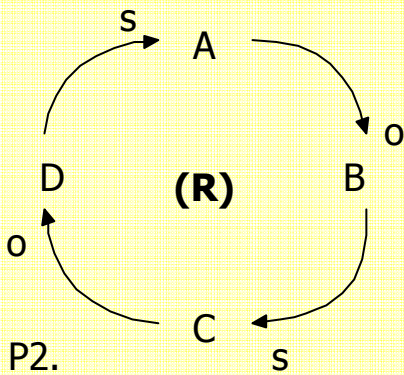
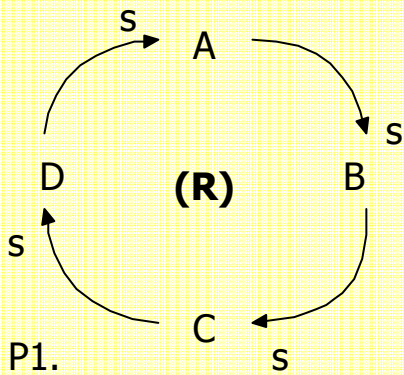


Circolo negativo

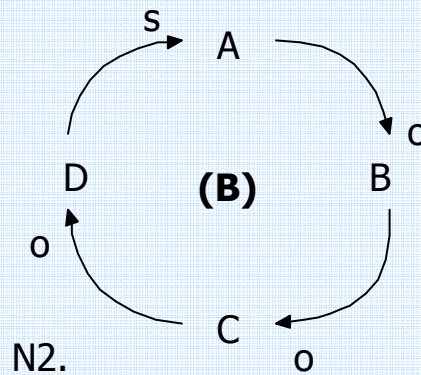
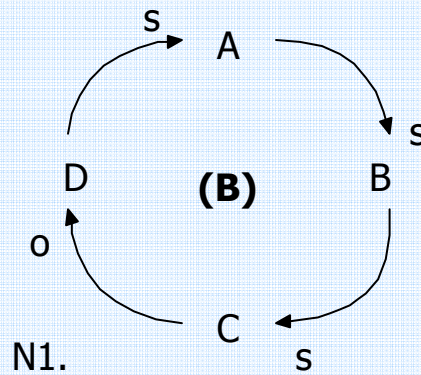


... altre notazioni

Circoli positivi (auto-rafforzanti)



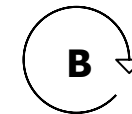
Circoli negativi (auto-bilancianti)



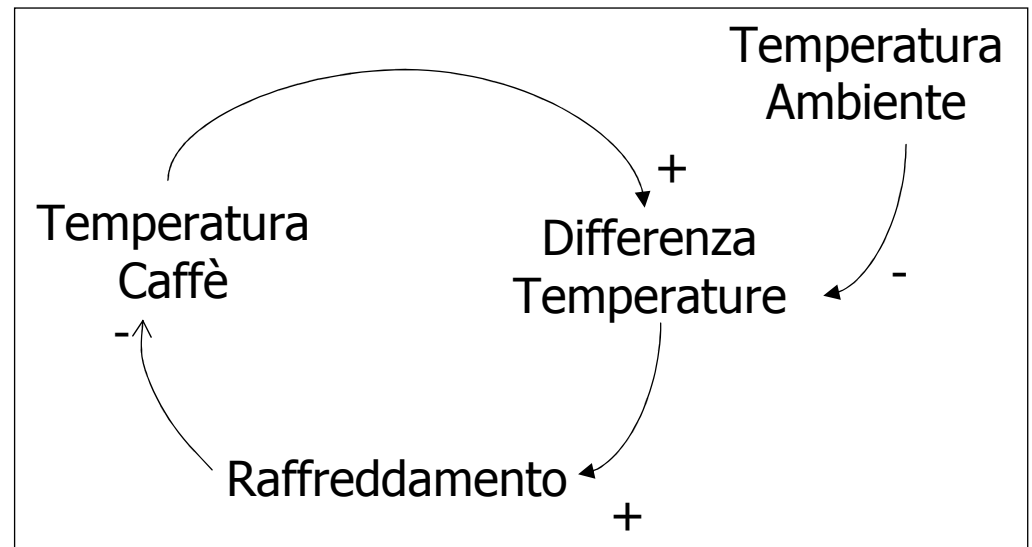
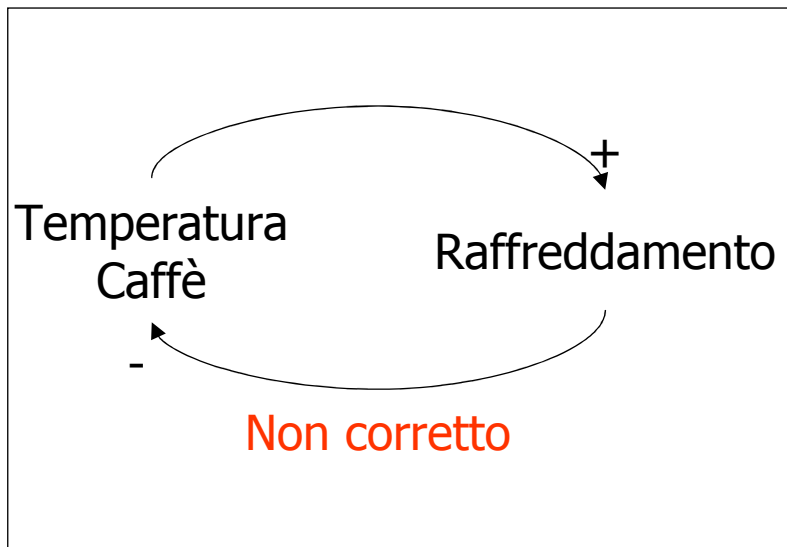
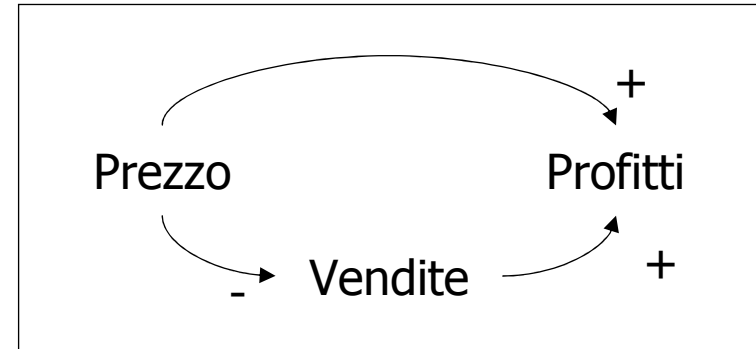
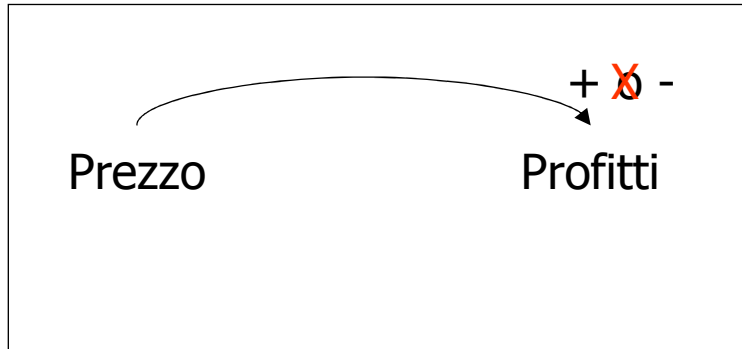
Circolo auto-rafforzante



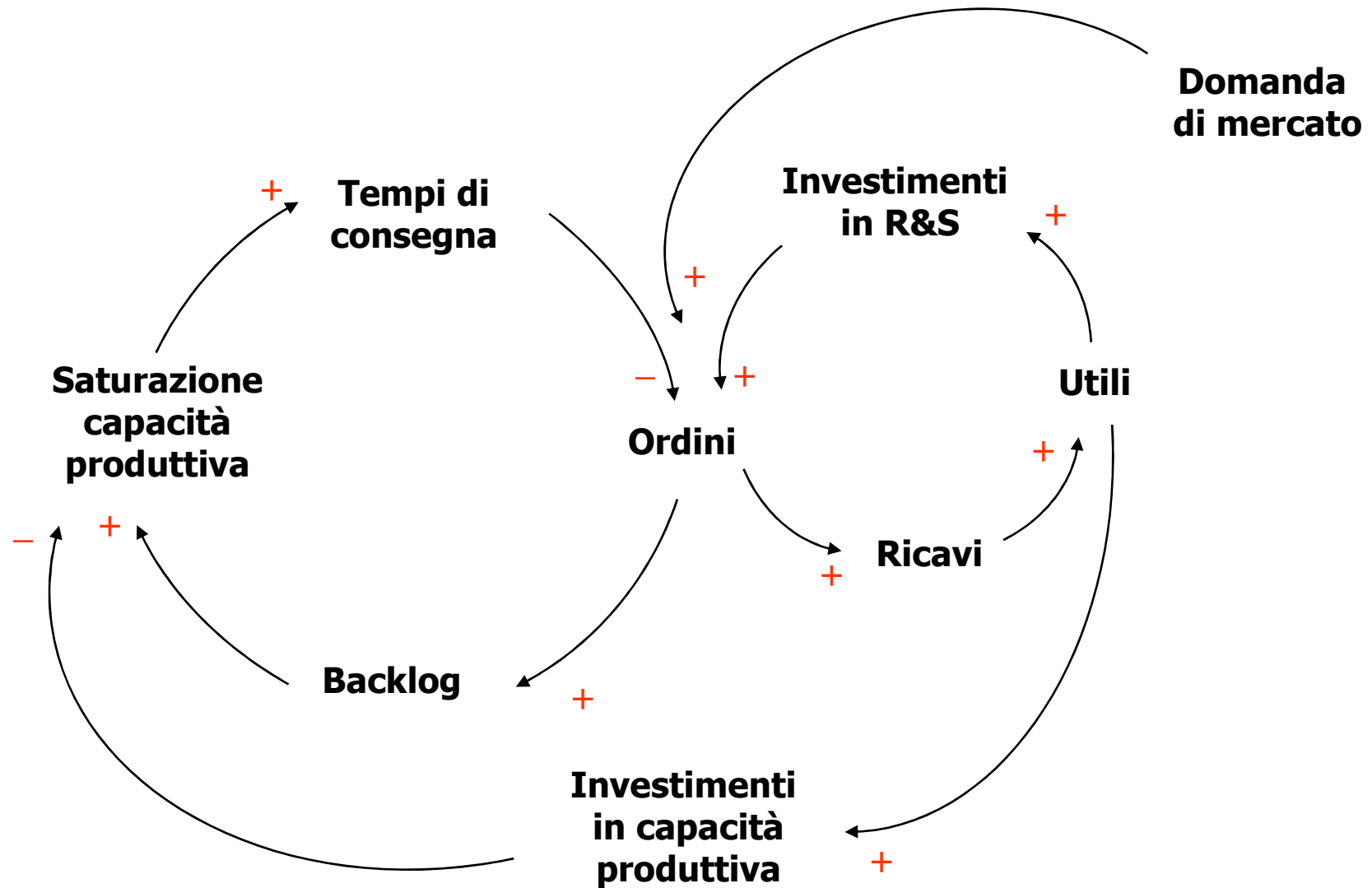
Circolo auto-bilanciante



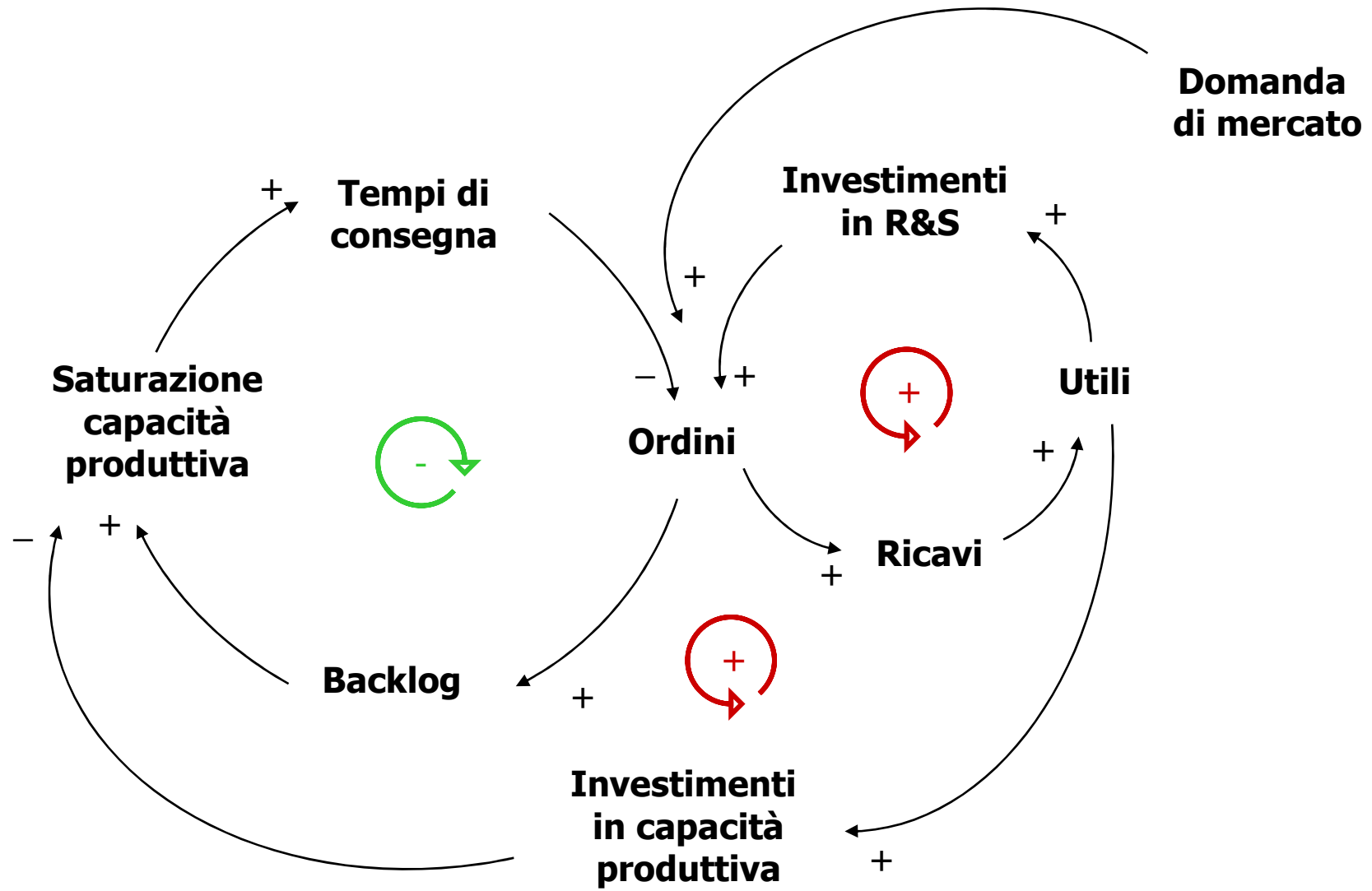
Esempi di ambiguità



Introducendo le polarità nell'esempio precedente...



...ottengo la mappa causale



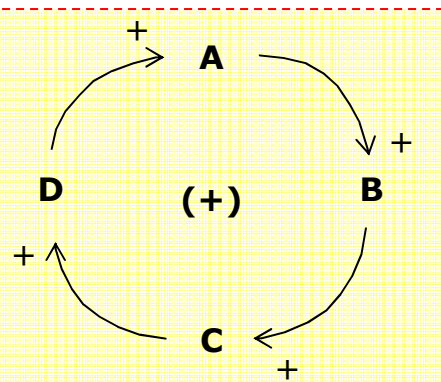
La mappa causale

- Rappresentazione della struttura retroattiva
- Non può essere usata istantaneamente per determinare il comportamento dinamico ...
- ... ma può essere utile per associare ad una struttura un'evoluzione dinamica nota
→ *vedi archetipi*

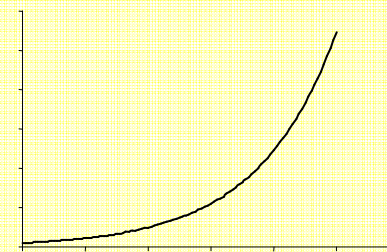
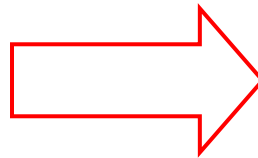
Approccio qualitativo

Prospettiva sistemica

Prospettiva dinamica



Mappa Causale del sistema



Comportamento fondamentale del sistema

archetipo

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- **Prospettive di analisi**
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - **PROSPETTIVA DINAMICA**
 - PROSPETTIVA STRUTTURALE

EVENTI ...



Livello del magazzino
al tempo t

al tempo $t+1$

al tempo $t+2$

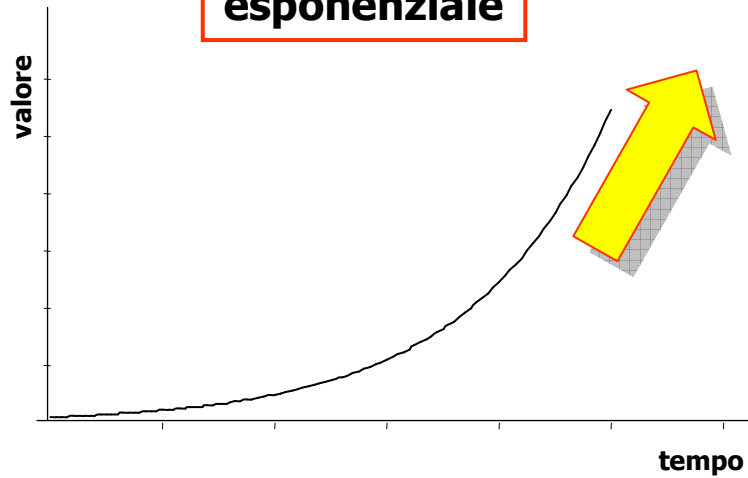
al tempo $t+3$

... ed EVOLUZIONI TEMPORALI

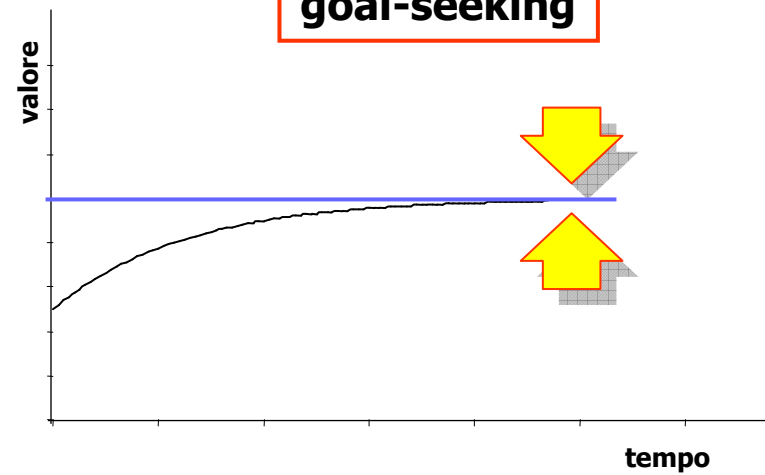


SINTESI COMPORAMENTI FONDAMENTALI

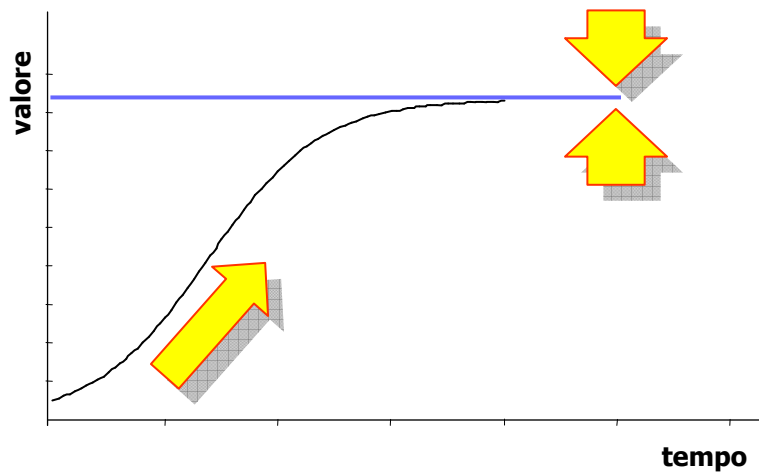
esponenziale



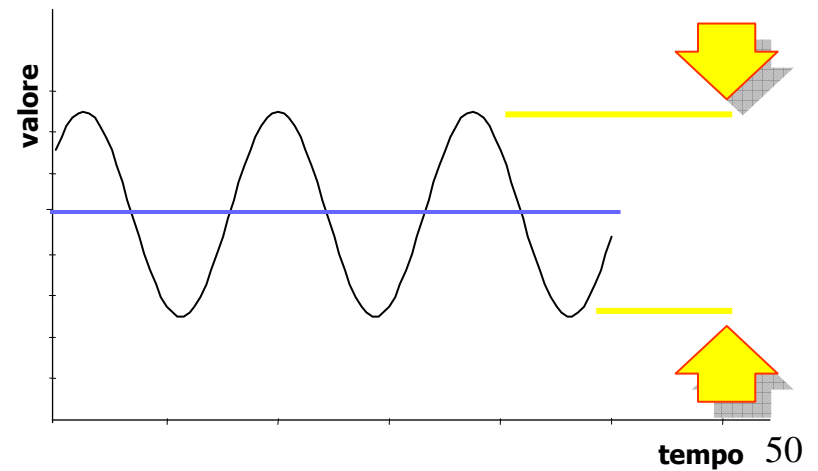
goal-seeking



crescita ad "S"



oscillazioni



ARCHETIPI

L'***archetipo*** è una struttura retroattiva generica, illustrata da una mappa causale, associata ad un comportamento fondamentale.

L'archetipo rappresenta un fenomeno che compare frequentemente nella realtà.

Ne descriveremo 4

Caratteristiche fondamentali degli archetipi sistemici

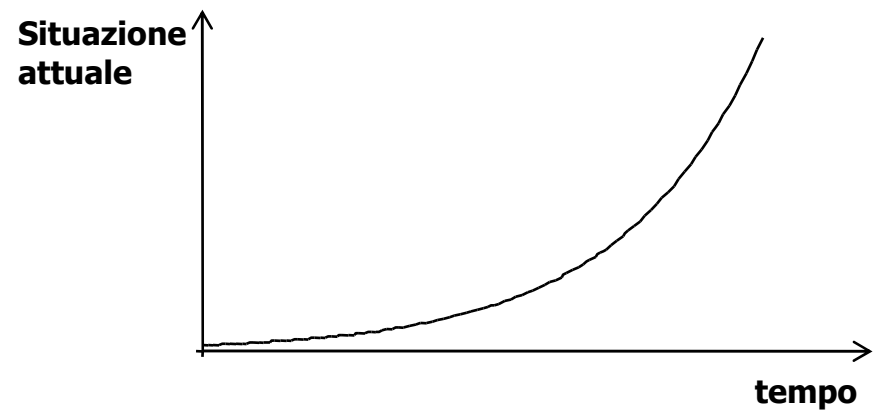
- Descrivono una situazione problematica
- Rappresentano, tramite circuiti causali, il sistema che ha generato il fenomeno osservato
- Fanno emergere un principio o un insegnamento dall'interpretazione sistemica del fenomeno osservato

Primo archetipo : "auto-rafforzamento"

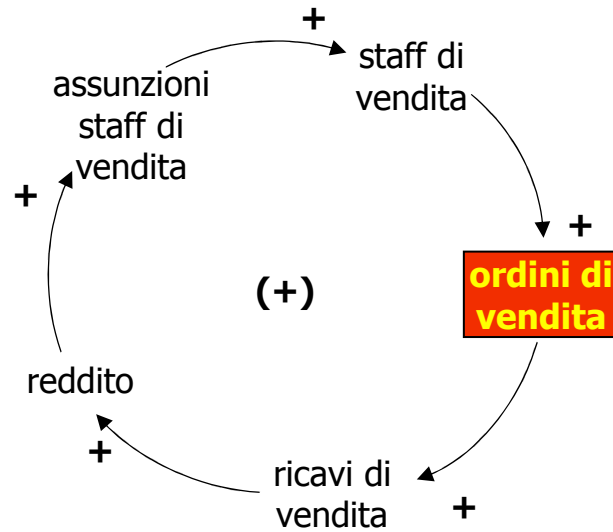
Prospettiva sistemica



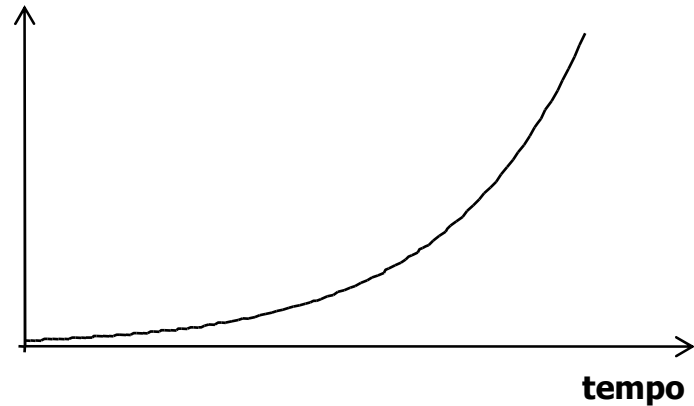
Prospettiva dinamica



Esempio di archetipo "auto-rafforzamento"



Ordini di vendita



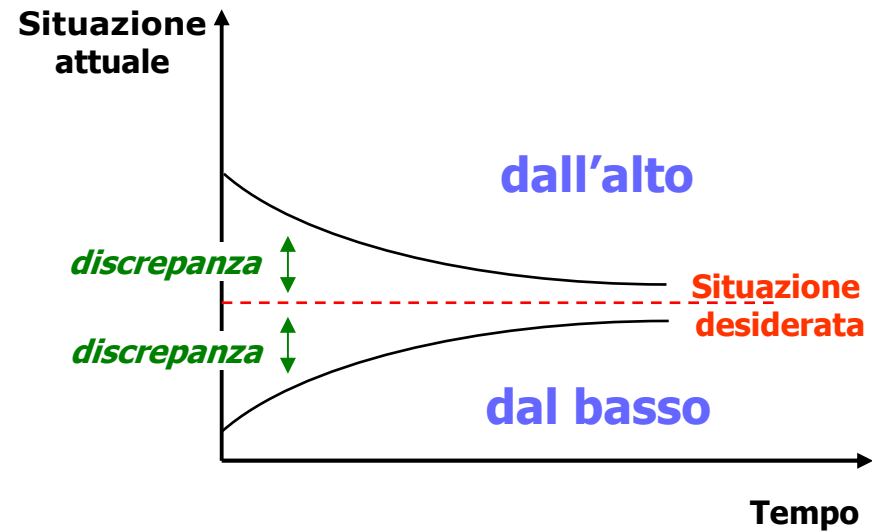
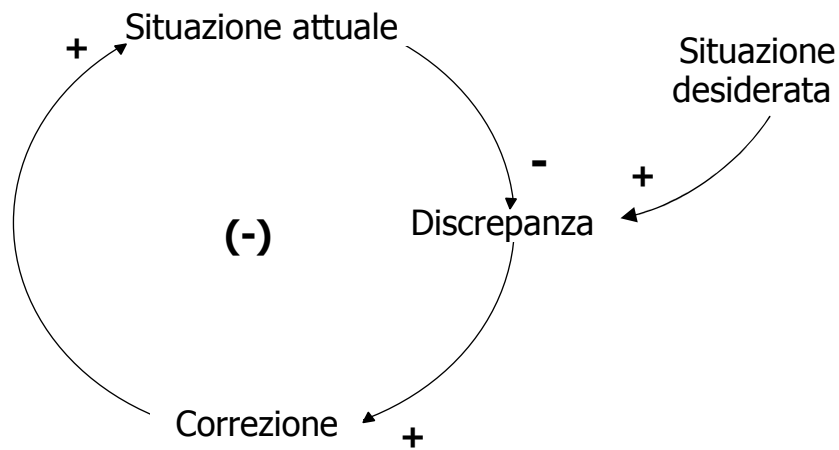
Altro esempio:

Motivazione dei dipendenti

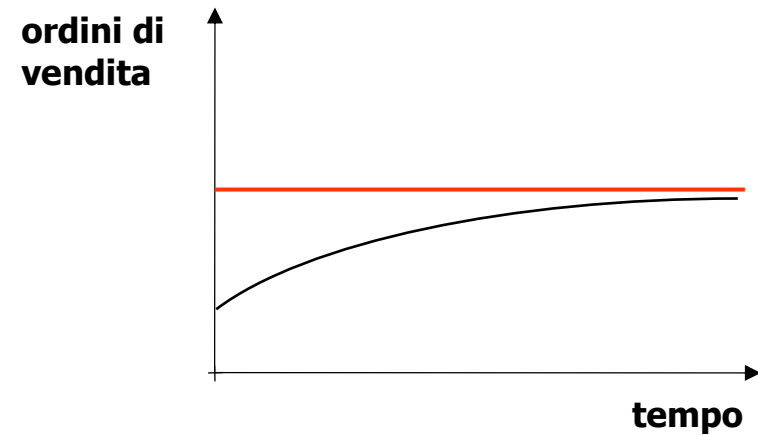
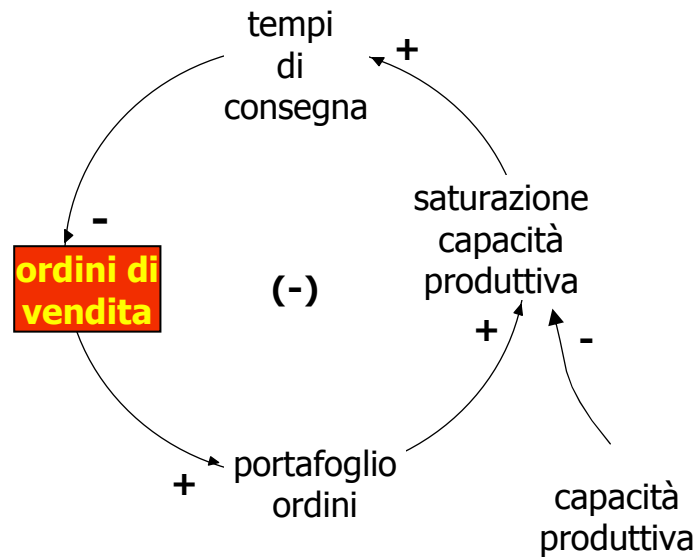
Secondo archetipo : "auto-bilanciamento"

Prospettiva sistemica

Prospettiva dinamica



Esempio di archetipo "auto-bilanciamento"



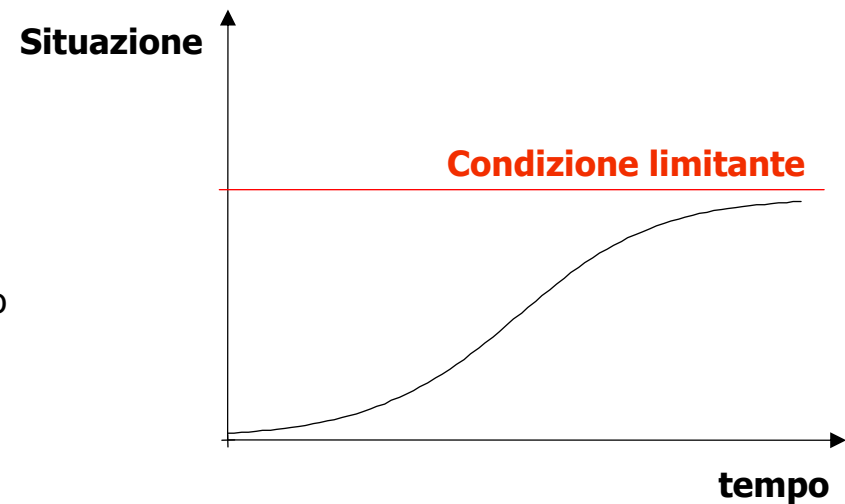
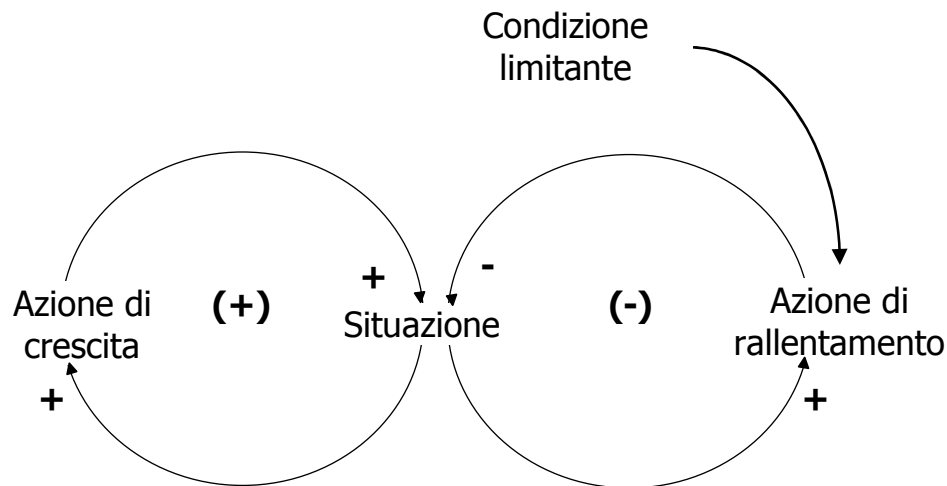
Altri esempi:

- Numero incidenti/(auto x km)
- Difettosità nei processi produttivi

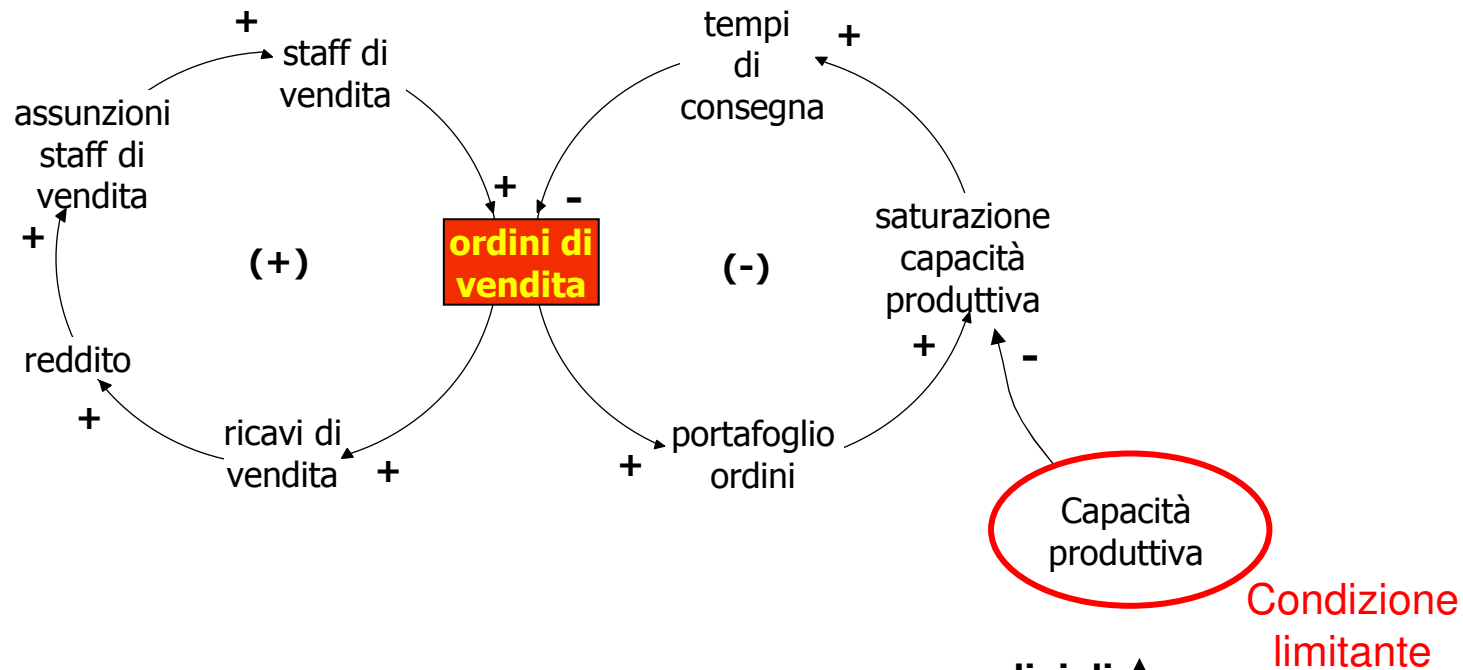
Terzo archetipo : "limite alla crescita"

Prospettiva sistemica

Prospettiva dinamica

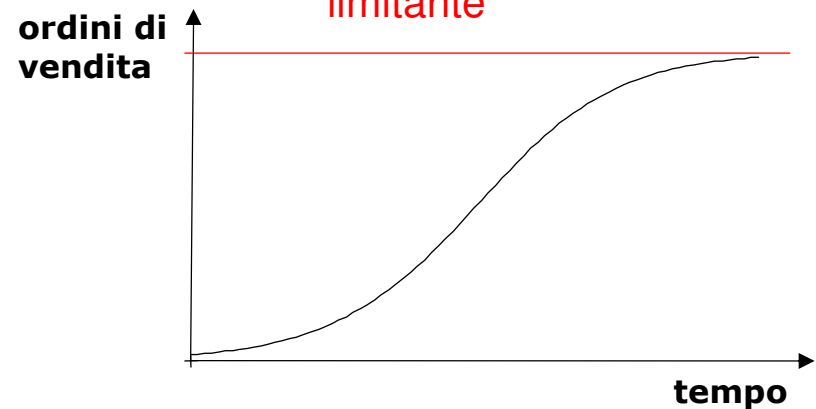


Esempio di archetipo "limite alla crescita"



Altri esempi:

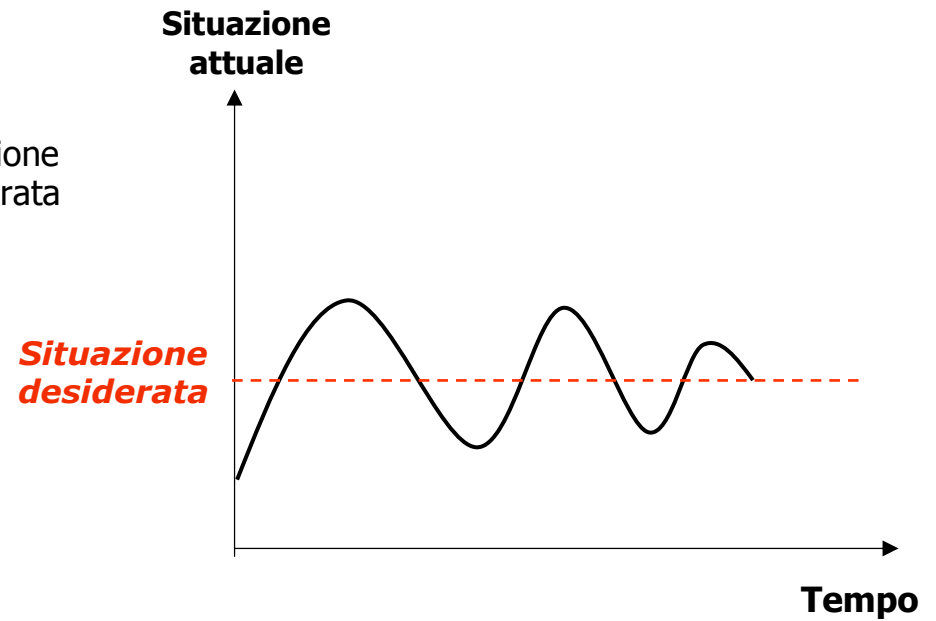
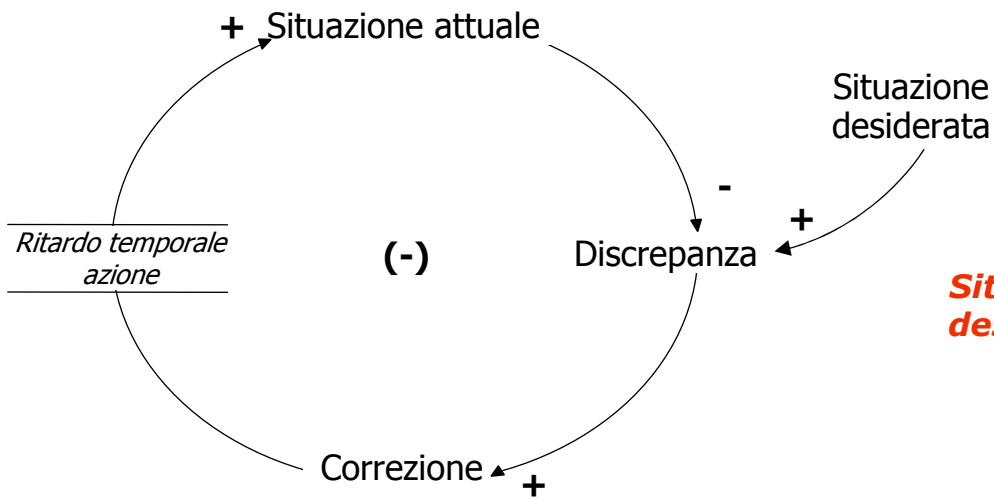
- Crescita vegetali
- Numerosità interventi pacemaker



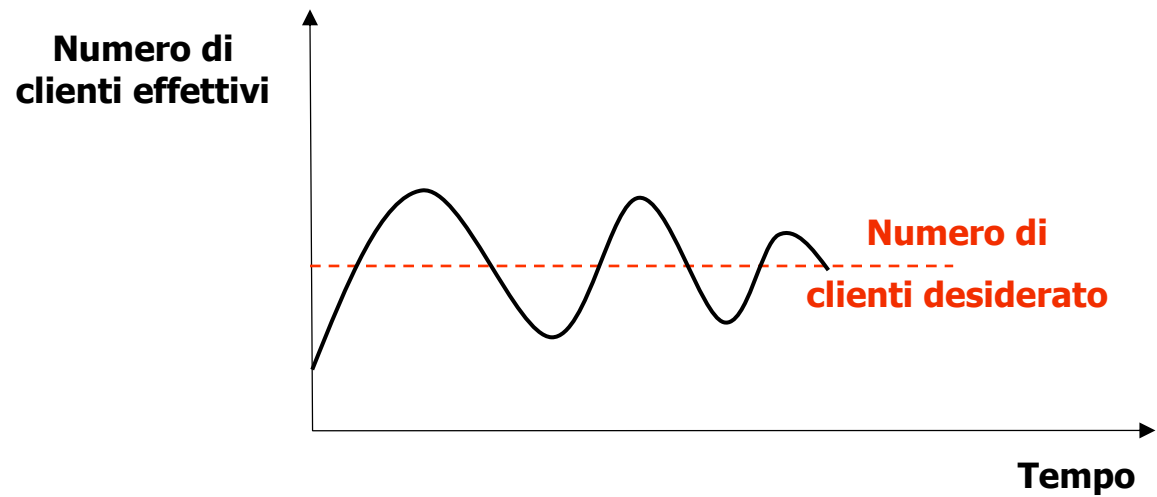
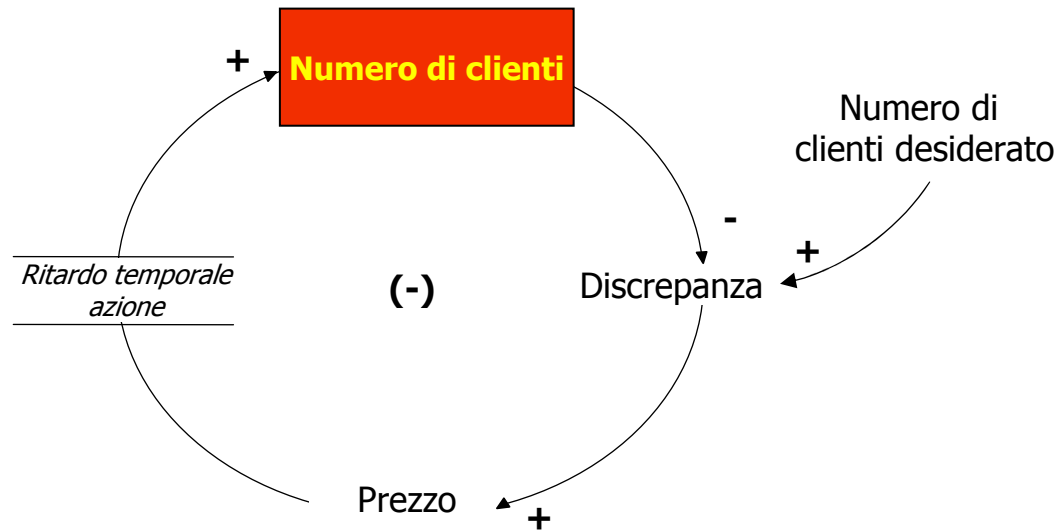
Quarto archetipo : "processo di riequilibrio con ritardo"

Prospettiva sistemica

Prospettiva dinamica

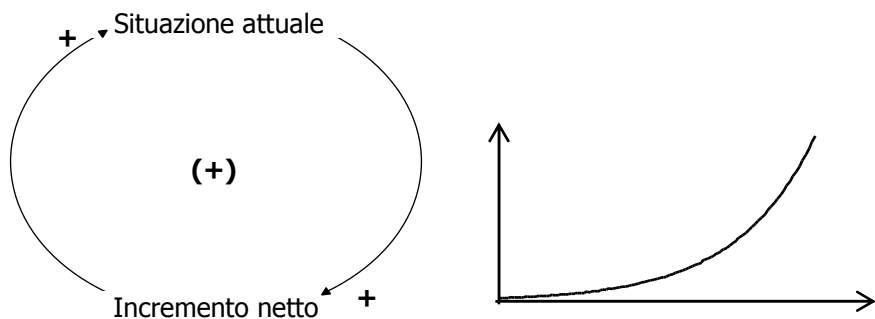


Esempio di archetipo: "processo di riequilibrio con ritardo"



SINTESI Archetipi

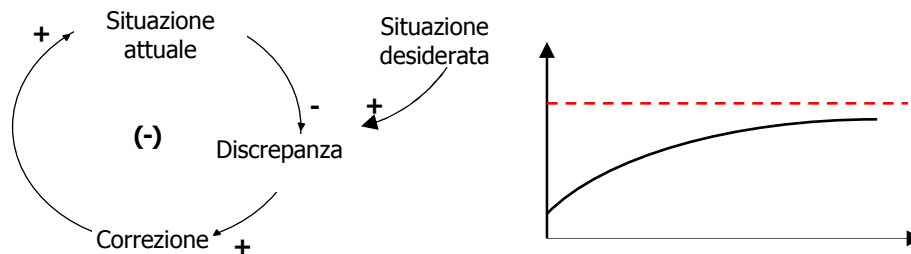
Auto-rafforzamento



Circolo positivo

esponenziale

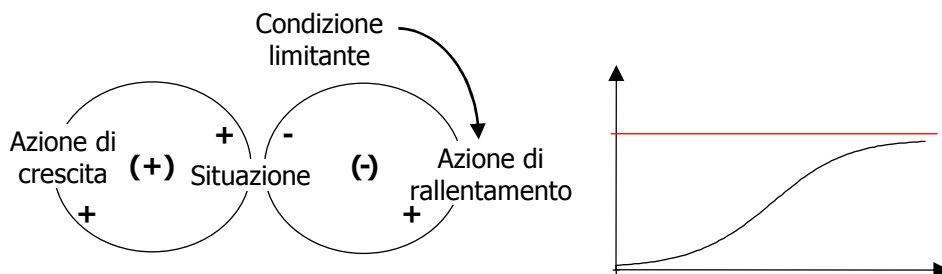
Auto-bilanciamento



Circolo negativo

goal-seeking

Limite alla crescita

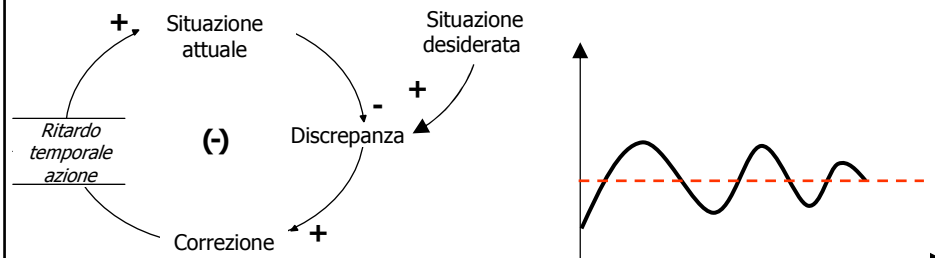


Circolo positivo

Circolo negativo

crescita ad "S"

Riequilibrio con ritardo



Circolo negativo

oscillazioni 61

AGENDA

- Introduzione
- Principi base della System Dynamics
- **Prospettive di analisi**
 - PROSPETTIVA SISTEMICA
 - PROSPETTIVA DINAMICA
 - **PROSPETTIVA STRUTTURALE**

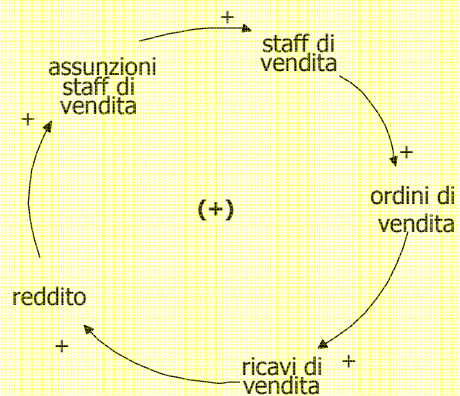
Approccio quantitativo

Prospettiva sistemica

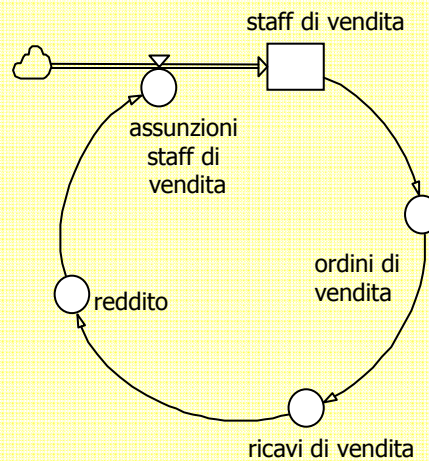
Prospettiva strutturale

Prospettiva dinamica

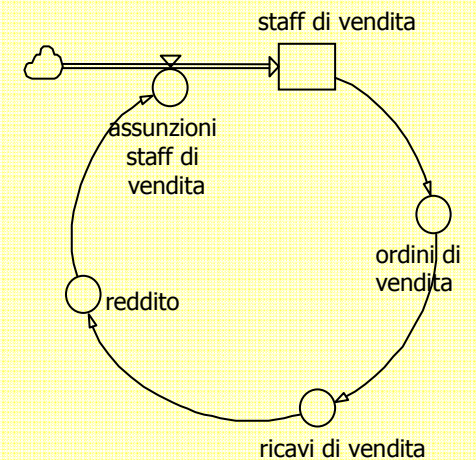
Mappa Causale



Mappa Strutturale

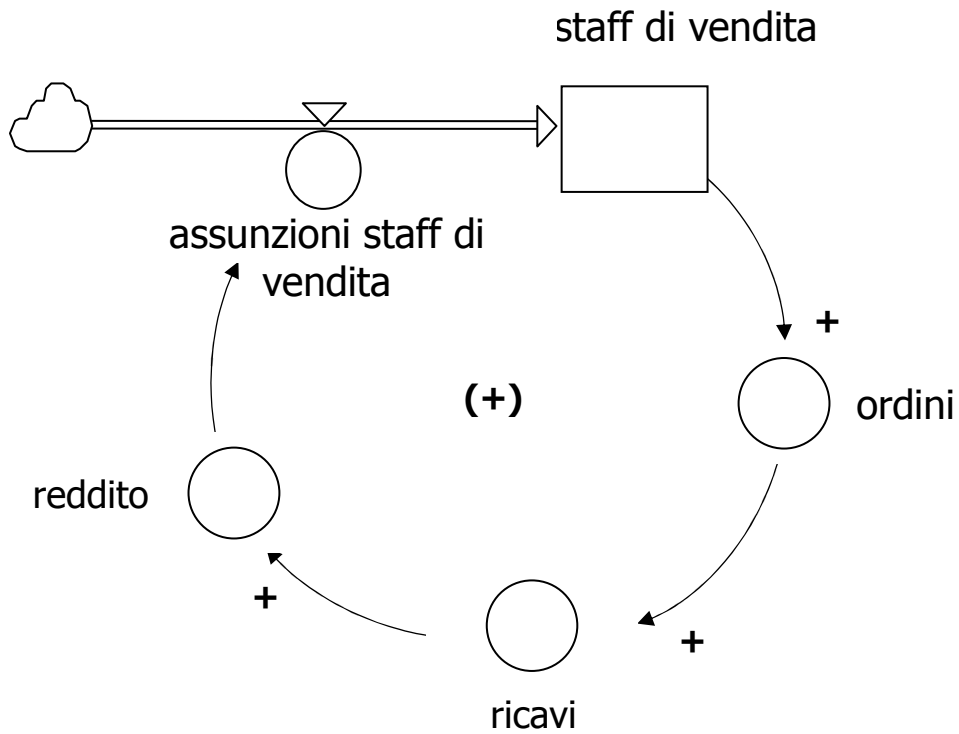


Modello di Simulazione

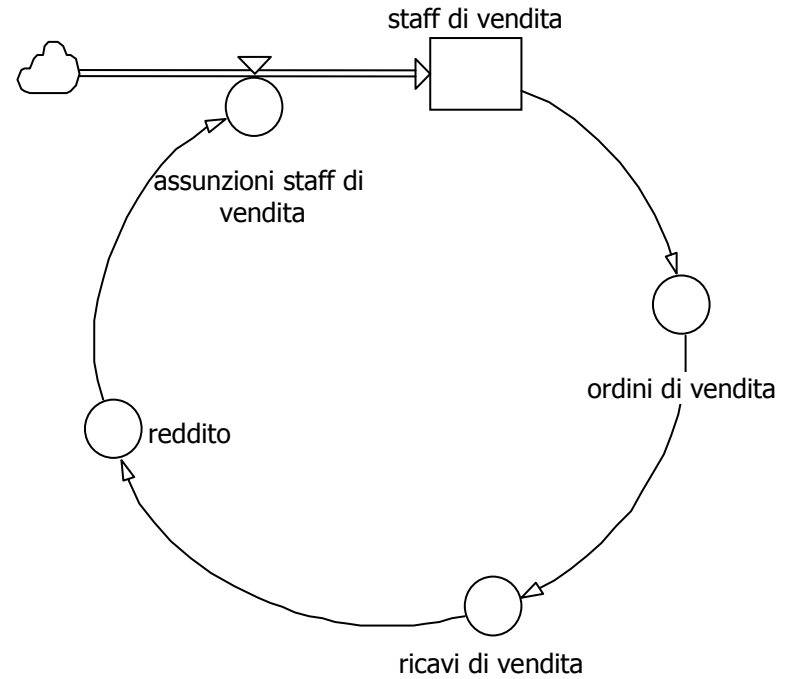


$$\left\{ \begin{array}{l} \text{staff}(t_1) = \text{staff}(t_0) + \int \text{assunzioni}(t) \, dt \\ \text{ricavi} = \text{ordini} \cdot \text{prezzo} \\ \text{assunzioni} = (\% \text{ invest. staff}) \cdot \text{reddito} \\ \dots \end{array} \right.$$

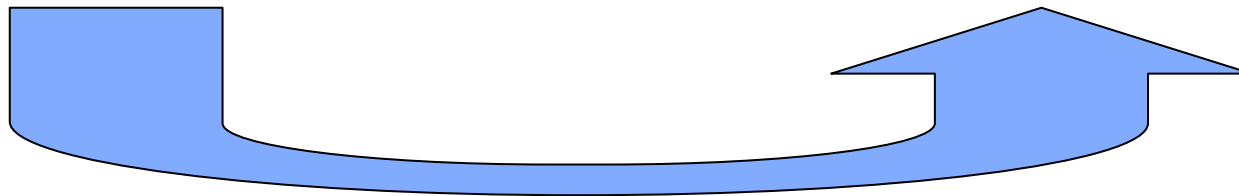
Dalla mappa causale alla mappa strutturale



dalla mappa causale...

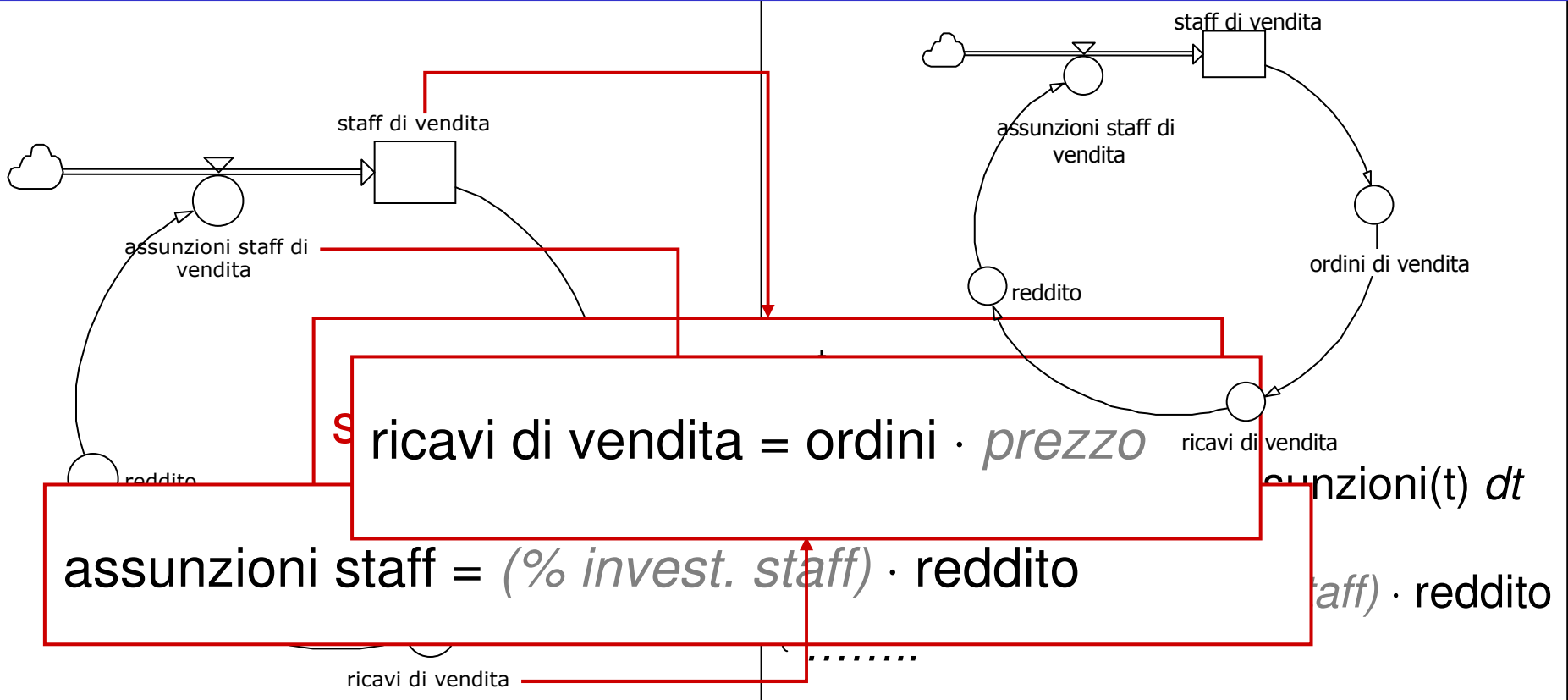


... alla mappa strutturale



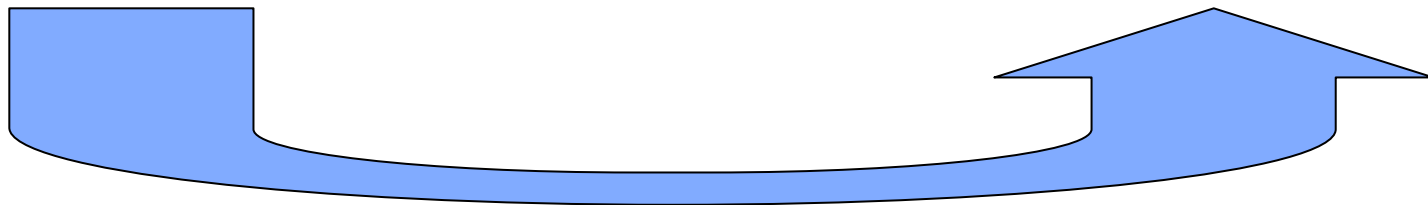
... RICONOSCENDO ACCUMULI, FLUSSI, COSTANTI E AUSILIARIE ...

Dalla mappa strutturale al modello di simulazione



dalla mappa strutturale ...

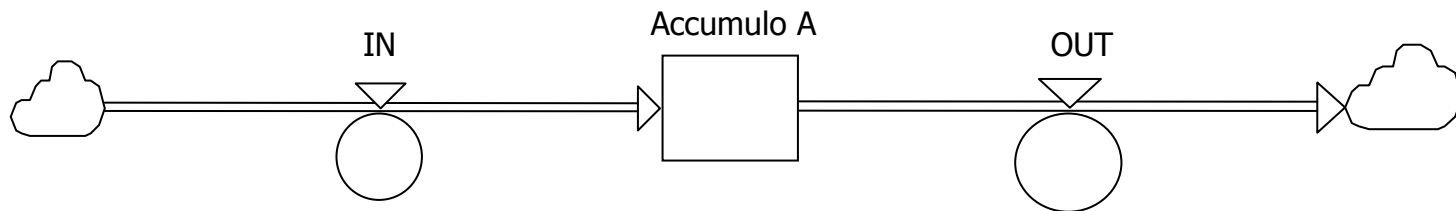
... al modello di simulazione



... ESPLICITANDO QUANTITATIVAMENTE LE RELAZIONI ...

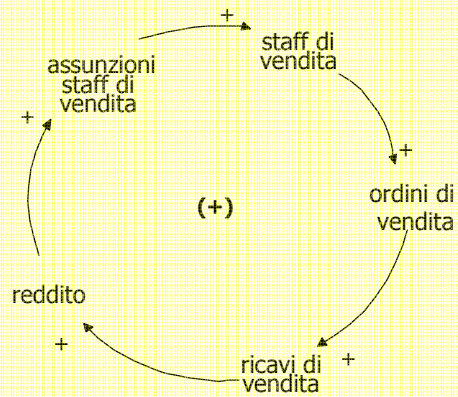
In particolare l'equazione per ogni accumulo sarà del tipo :

$$A(t_1) - A(t_0) = \int_{t_0}^{t_1} A'(t) dt = \int_{t_0}^{t_1} [IN(t) - OUT(t)] dt$$

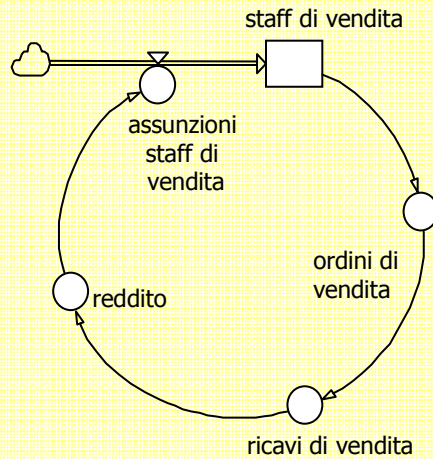


Riassumendo ...

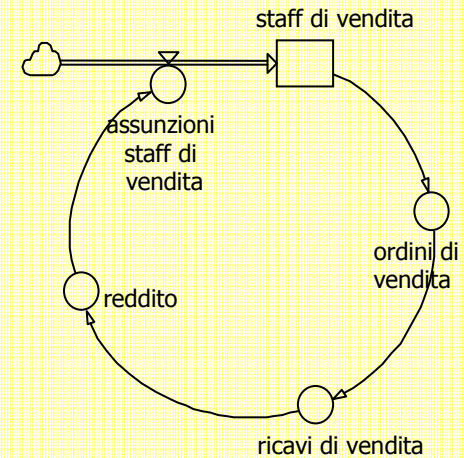
Mappa Causale



Mappa Strutturale



Modello di Simulazione

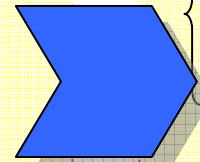
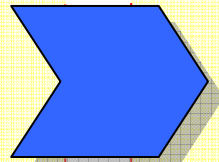


$$\text{staff}(t_1) = \text{staff}(t_0) + \int \text{assunzioni}(t) dt$$

$$\text{ricavi} = \text{ordini} \cdot \text{prezzo}$$

$$\text{assunzioni} = (\% \text{ invest. staff}) \cdot \text{reddito}$$

.....



+

Accumuli, flussi,
ausiliarie e costanti

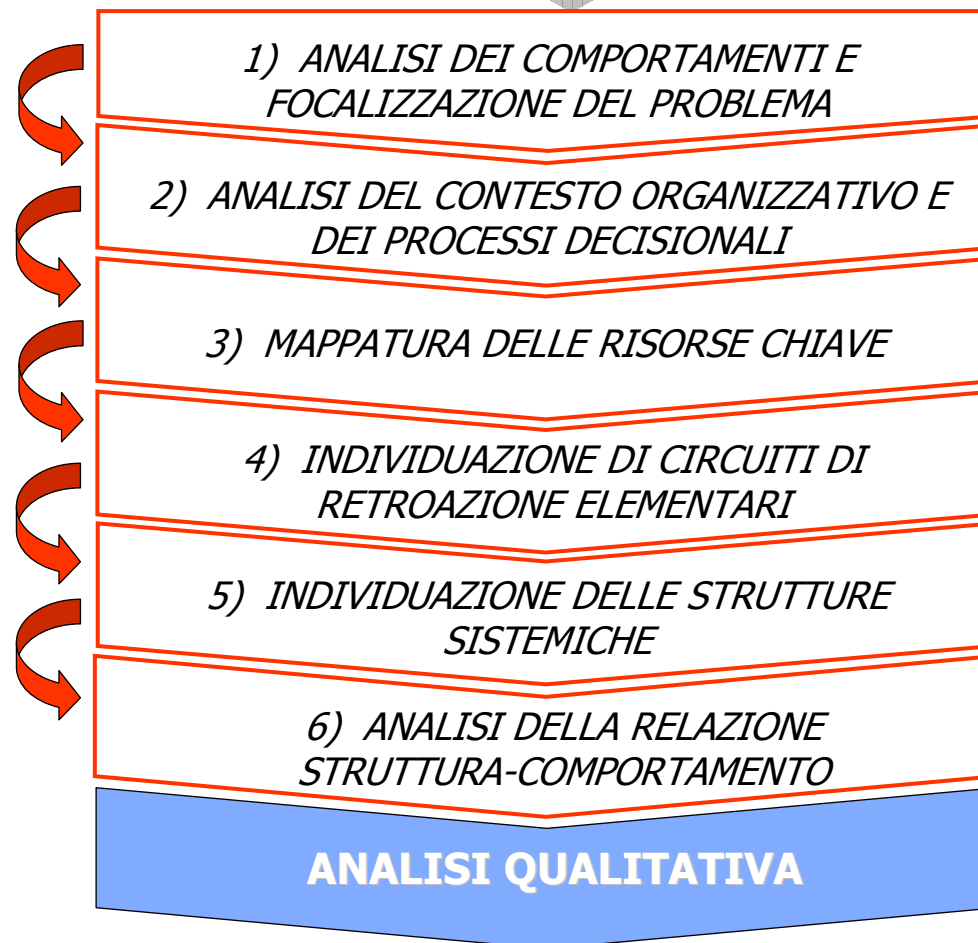
+

Equazioni di struttura

Business Dynamics

SYSTEMS DYNAMICS APPLICATA AL MNGT

Step di **MODELLIZZAZIONE** della metodologia
System Dynamics



Business Dynamics (1)

