

● “Progettazione dei Sistemi Produttivi e Logistici”



LE RETI DISTRIBUTIVE (1): elementi di progettazione

Prof. Fabrizio Dallari

Direttore C-log
Università C. Cattaneo LIUC



Le reti distributive (1)

● INDICE

- La formulazione del problema distributivo
- Elementi di progettazione delle reti
- Modellizzazione dei costi di distribuzione
- Dimensionamento della rete distributiva
- Allocazione delle scorte nella rete
- Il caso Ente Tabacchi Italiani

Le reti distributive (1)



● FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Decisioni : fissati i punti di origine (fornitori, stabilimenti, etc.) e i punti di consegna (consumatori, PdV, depositi cliente, etc.), note le caratteristiche del prodotto, le esigenze di servizio e il profilo della domanda è necessario prendere una serie di decisioni logistiche.

Fornitore 1



Fornitore 2



Fornitore ...



come organizzare
la rete distributiva

?



Cliente 1



Cliente 2



Cliente 3



Cliente 4



Cliente ...

Le reti distributive (1)



● ARCHITETTURA DELLE DECISIONI LOGISTICHE

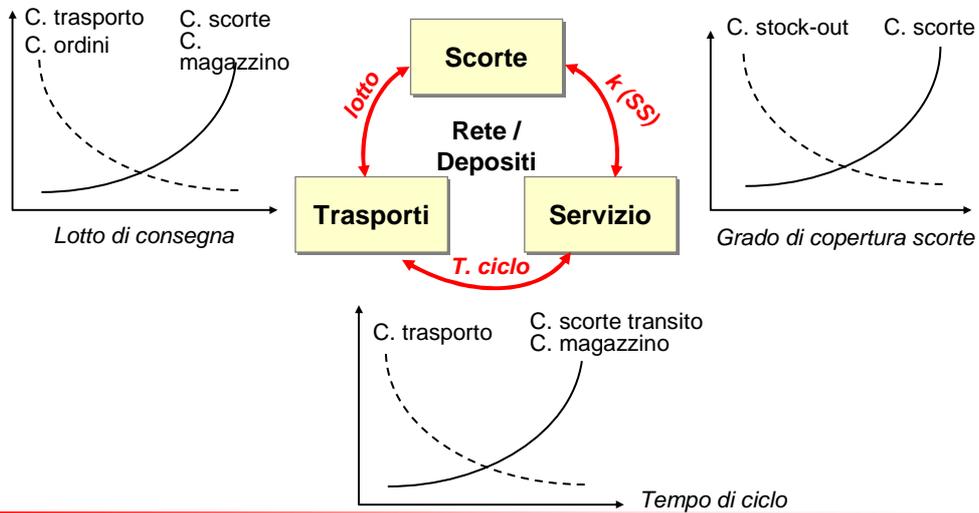
	STRATEGICO	OPERATIVO
Rete / Depositi	<ul style="list-style-type: none"> numero dei livelli della rete numero di depositi per livello localizzazione depositi tipologia, dimensione, automazione in-house vs. outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> layout, allocazione articoli sistemi di stoccaggio / handling allestimento degli ordini collegamenti intra-depositi
Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> modalità di trasporto conto proprio vs. conto terzi dimensionamento della flotta 	<ul style="list-style-type: none"> dimensione lotti di consegna organizzazione dei trasporti primari organizzazione distribuzione locale
Scorte	<ul style="list-style-type: none"> selezione fornitori politiche di gestione delle scorte allocazione scorte sicurezza centralizzato / decentralizzato 	<ul style="list-style-type: none"> emissione degli ordini lotto / intervallo di riordino gestione dei back-order tecniche di previsione della domanda
Servizio	<ul style="list-style-type: none"> definizione obiettivi di servizio architettura indicatori KPI strategie di servizio per canale 	<ul style="list-style-type: none"> gestione urgenze gestione non conformità / azioni correttive

Le reti distributive (1)



● FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Trade-off : ciascuna area decisionale è fortemente connessa con le altre tre

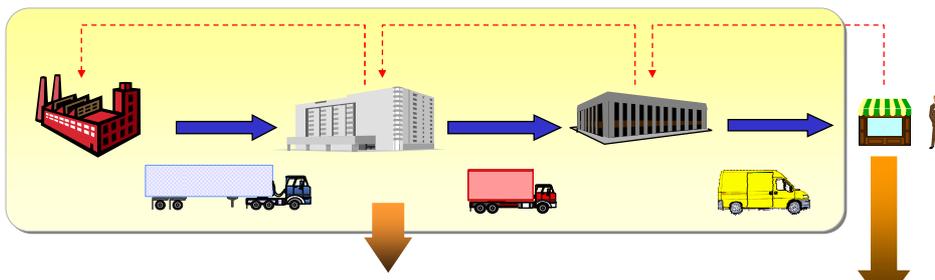


Le reti distributive (1)



● FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Obiettivo : individuazione della struttura della rete che consente di raggiungere gli obiettivi di servizio al minimo costo complessivo



- Costi di trasporto (primario, distribuzione secondaria)
- Costi di warehousing (stoccaggio, movimentazione, picking)
- Costi delle scorte (scorte di ciclo, di sicurezza, in transito)
- Altri costi (order processing, EDI, pianificazione, resi..)

EFFICIENZA

Livello di servizio

EFFICACIA

Le reti distributive (1)



● FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Vincoli del problema : la funzione obiettivo dipende innanzitutto dal contesto di riferimento e dai “limiti al contorno”. Tanto più numerose sono le aree d’azione ovvero le leve gestionali a disposizione, tanto maggiori saranno le configurazioni di assetto della rete e le possibilità di ottimizzazione

CASO 1 { f.o. : min (costo di trasporto *out-bound* e di stoccaggio)
s.v. : T. ciclo < 72 ore (< 48 ore per ordini urgenti),

CASO 2 { f.o. : min (stoccaggio, movimentazione e mantenimento a scorta)
s.v. : % inevasi < 6 %

CASO 3 { f.o. : min (costo stoccaggio, movimentazione, trasporto secondario)
s.v. : % puntualità > 95%

Le reti distributive (1)



● FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Driver di scelta : prima di formalizzare il problema distributivo è necessario prendere in considerazione i seguenti elementi di progettazione :

1. Caratteristiche della merce

- Densità (di peso)
- Valore unitario
- Deperibilità, obsolescenza, etc.

2. Caratteristiche spazio-temporali della domanda

- Distribuzione spaziale dei punti di origine / di consegna
- Stagionalità delle consegne
- Esigenze dei punti di consegna, etc.

3. Livello di servizio

- Tempo di ciclo, disponibilità
- Frequenza di consegna / dimensioni lotto
- Puntualità, affidabilità, etc.

Le reti distributive (1)



● INDICE

- ❑ La formulazione del problema distributivo
- ❑ Elementi di progettazione delle reti
- ❑ Modellizzazione dei costi di distribuzione
- ❑ Dimensionamento della rete distributiva
- ❑ Allocazione delle scorte nella rete
- ❑ Il caso Ente Tabacchi Italiani

Le reti distributive (1)



● ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

1. CARATTERISTICHE DELLA MERCE

- **DENSITÀ** : se peso specifico $< 250-300 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow$ merce "voluminosa"
se peso specifico $> 250-300 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow$ merce "densa"
- **VALORE** : densità di valore della merce (euro/kg, euro/m³)
- **DEPERIBILITÀ** : prodotti freschi (da 0 a 4°C), surgelati (da -20 a -30°C) \Rightarrow ATP
- **STATO** : solidi, liquidi, gas, polverulenti (es. sabbie, ...)
- **IMBALLAGGIO** : merce sfusa, su pallet, in colli, capi appesi, ...
- **PERICOLOSITÀ** : materiale infiammabile, esplosivo, tossico, ... \Rightarrow ADR, RID
- **SOSTITUIBILITÀ** : a parità di altre condizioni, il tempo di resa o la disponibilità di un prodotto presso un deposito o un PdV ne determinano

Le reti distributive (2)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

- VALORE UNITARIO DEL PRODOTTO** (euro / kg) : se è elevato, l'incidenza del costo di trasporto è bassa e si tenderà ad avere un unico magazzino per servire una intera nazione o addirittura tutta l'Europa. Se è basso, si tenderà a tenere più scorte, avendo più magazzini (nazionali o regionali) che vengono serviti direttamente dalle fabbriche o dai porti con carichi completi (camion, contenitore o carro ferroviario).

Local Optimized	Central Optimized	Regional Optimized	Combined Optimized
21 Local Warehouses	1 Central Warehouse	3-6 Regional Warehouses	1 Central Hub 3-6 Satellites
24h-service local range	24h- / 48h- / 72h-service full range	24h- / 48h-service 3-6x core + regional range	24h- / 48h-service 1x core, 3-6x regional range

Le reti distributive (1)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

2. CARATTERISTICHE SPAZIO-TEMPORALI DELLA DOMANDA

Analisi del profilo temporale della domanda : consente di valutare se la domanda presenta o meno significativi profili di stagionalità (nella settimana, nel mese o su base annua). La presenza di stagionalità è un elemento a favore di soluzioni di terziarizzazione logistica e, in ogni caso, costituisce una causa di complessità della gestione operativa (es. allocazione risorse)

Analisi del profilo spaziale della domanda : consente di determinare la distribuzione geografica della domanda nelle diverse zone di consegna, domanda si ripartisce nelle diverse zone di consegna. E' utile, inoltre, per la stima delle percorrenze attese nelle operazioni di consegna locale e per la selezione degli operatori logistici nell'ipotesi di terziarizzare parte delle attività logistiche

Le reti distributive (1)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

MAPPA PRODUZIONE :

localizzazione dei punti di origine delle spedizioni quali impianti di produzione, magazzini dei fornitori, etc. e dei punti di ingresso nel territorio (porti, aeroporti, interporti, etc.)

Esempio :

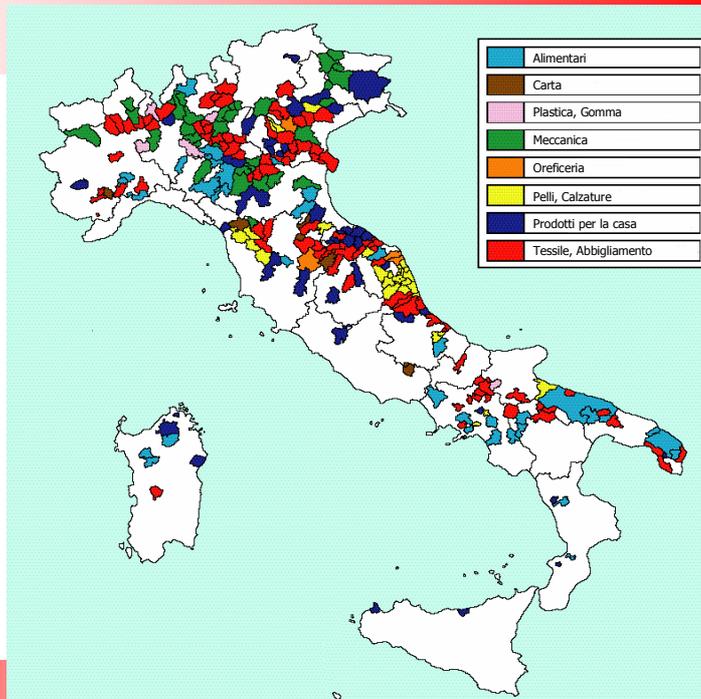
la localizzazione degli impianti di imbottigliamento di acque minerali del Gruppo S. Pellegrino



Le reti distributive (1)



I distretti italiani



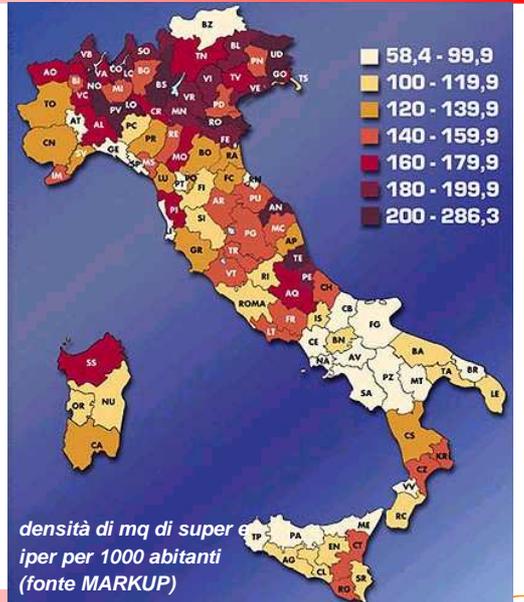
Le reti distributive (1)

ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

- PROFILO DELLA DOMANDA** : la mappa dei flussi in uscita (assorbimento della domanda) dipende dalla distribuzione dei clienti. Essa è diversa per ogni settore e spesso anche per ogni produttore perché le sue quote di mercato regione per regione possono essere diverse dalla media nazionale. Le regioni più piccole sono spesso aggregate fra loro o con altre.

Esempio :

la localizzazione dei depositi nel settore *grocery* avviene mappando la distribuzione dei punti vendita della GDO

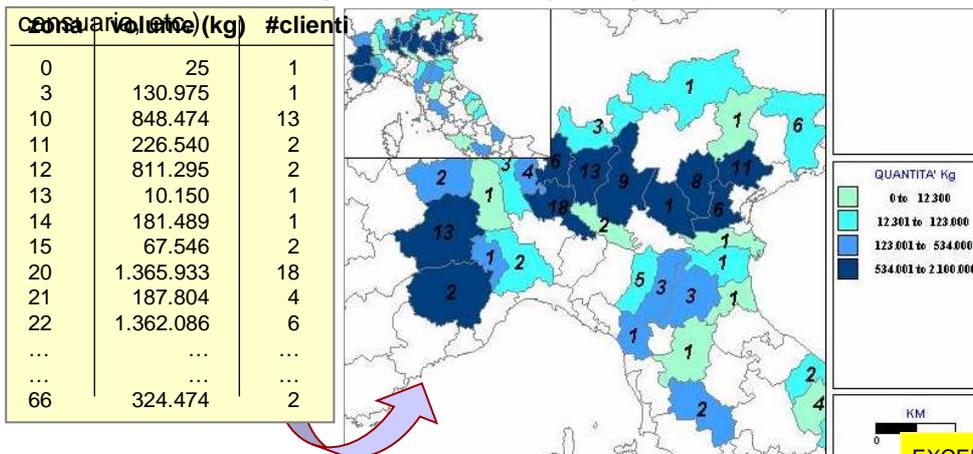


Le reti distributive (1)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

I software **G.I.S.** (*Geographic Information System*) sono molto utili per visualizzare il profilo spaziale della domanda (*geo-referenziare*) a partire dai dati di consumo riferiti alle singole zone di consegna (regione, provincia, CAP, zona



Le reti distributive (1)



● ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

3. LIVELLO DI SERVIZIO

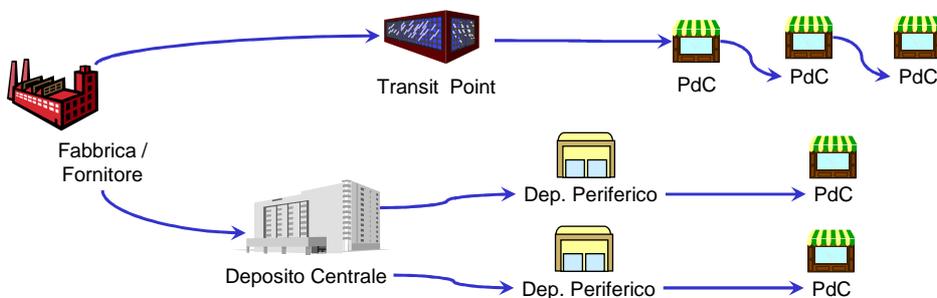
- **TEMPO DI CICLO ORDINE-CONSEGNA**: da 24-48 ore per la consegna di parti di ricambio a qualche settimana importazione di materie prime
- **PUNTUALITÀ / AFFIDABILITÀ** : la garanzia della finestra temporale di consegna concordata con il cliente dipende dalla logica di gestione (per gli ipermercati la consegna avviene su appuntamento, per i Ce.Di. è importante arrivare presto per poter scaricare in tempi rapidi)
- **FREQUENZA DELLE CONSEGNE / LOTTO DI RIFORNIMENTO** : dipende dalla politica di ripristino dello stock a valle giornaliera o dalle politiche di gestione delle scorte (es. giornaliera, settimanale, a giorni fissi)
- **SICUREZZA / CONTROLLO** : rischi di danneggiamenti per handling, rischi di furto/manomissione della merce, rischi di rottura della catena del freddo, etc.

Le reti distributive (1)



● ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

- **TEMPI DI EVASIONE DELL'ORDINE** : se il ciclo ordine-consegna è molto stretto, servono magazzini vicino al mercato oppure trasporti più veloci. Se i tempi possono essere laschi (es. entro una settimana) e le consegne abbastanza grandi, si possono accorpare 2-5 consegne e inviare un mezzo completo che fa più fermate direttamente ai punti di consegna (*multi-drop*).

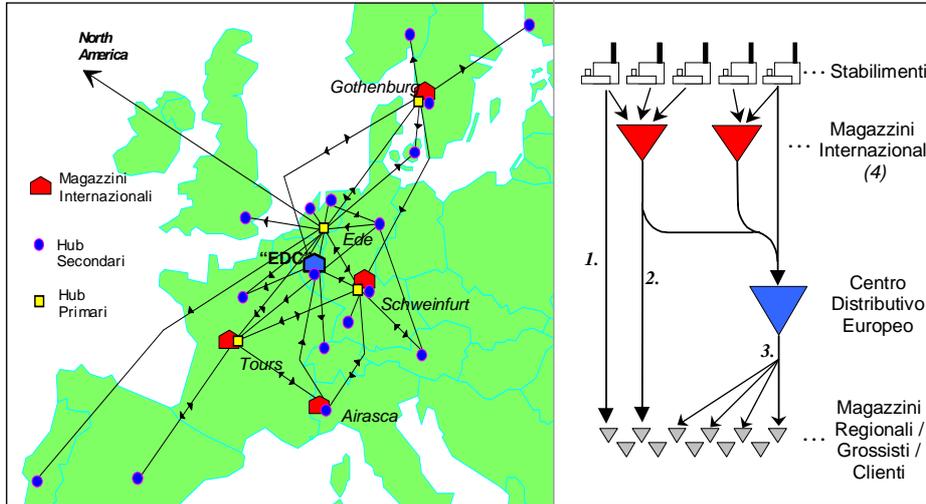


Le reti distributive (1)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

Esempio di diversificazione del canale logistico in funzione del tempo di ciclo



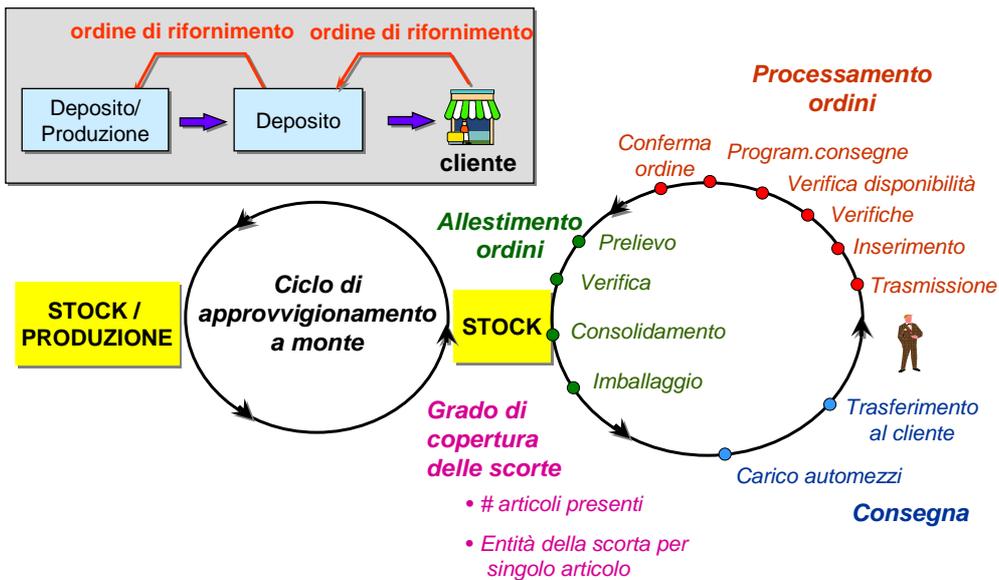
⇒ clienti (1) richiedono logistica "time definite", i clienti (3) logistica "time critical"

Le reti distributive (1)



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

Tempo di ciclo



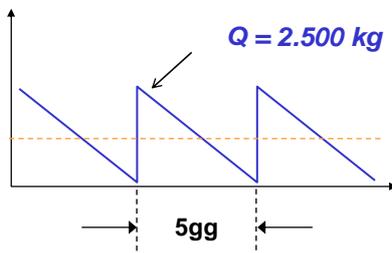
Le reti distributive (1)



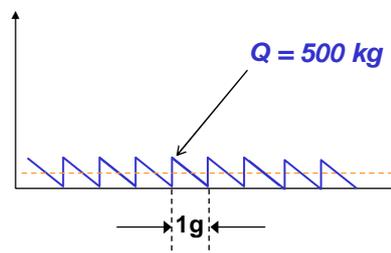
ELEMENTI DI PROGETTAZIONE

- FREQUENZA DELLE CONSEGNE / LOTTO** : influisce significativamente sul tipo di logistica. Se il quantitativo medio richiesto è grande (bassa frequenza) la consegna avviene direttamente da deposito al cliente (a carico completo); in caso contrario serve una rete di depositi periferici (regionali) o transit point dove disaccoppiare il trasporti primari a lunga distanza e la distribuzione secondaria.

1. Rifornimento settimanale



2. Rifornimento giornaliero



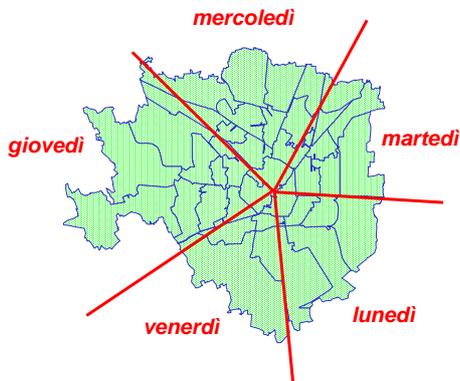
Le reti distributive (1)



LA FREQUENZA DI CONSEGNA

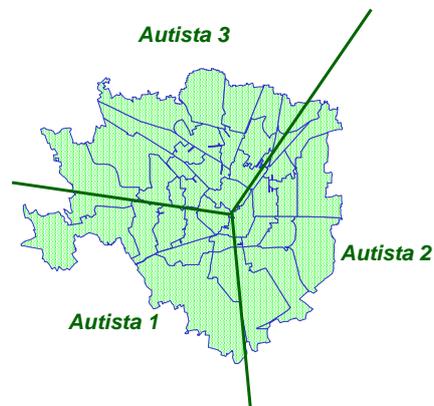
Alternativa 1.

Un solo automezzo (frequenza settimanale)



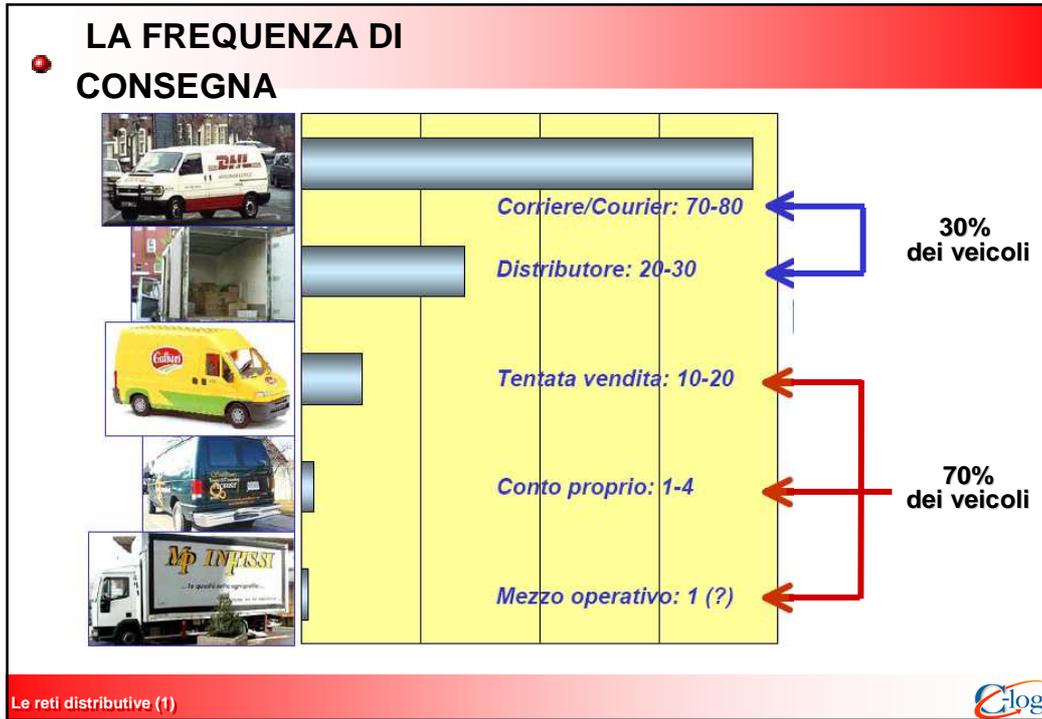
Alternativa 2.

3 furgoni (frequenza giornaliera)



Le reti distributive (1)





- ### INDICE
- La formulazione del problema distributivo
 - Elementi di progettazione delle reti
 - Modellizzazione dei costi di distribuzione
 - Dimensionamento della rete distributiva
 - Allocazione delle scorte nella rete
 - Il caso Ente Tabacchi Italiani
- Le reti distributive (1)
-

ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

TRASPORTO PRIMARIO

➤ SI RIFERISCE A TRAFFICI IN-BOUND SU TRATTE DI LUNGA PERCORRENZA :

- magazzino di fabbrica → deposito centrale
- deposito centrale → deposito periferico → transit point
- magazzino fornitori → stabilimento di produzione

➤ I MEZZI VIAGGIANO A CARICO COMPLETO (saturazione in peso/ a volume)

➤ I TEMPI DI VIAGGIO SONO RILEVANTI RISPETTO AI TEMPI FISSI (carico/scarico, controlli, attese, ...)



Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

COSTO DI TRASPORTO PRIMARIO (CTP)

$$CTP = f \left(T_{km \cdot q}; d_{DC \rightarrow DP_i}; Q \right) \left[\frac{\text{euro}}{\text{anno}} \right]$$

➤ $T_{km \cdot q}$: TARIFFA UNITARIA TRASPORTO PRIMARIO $\left[\frac{\text{euro}}{\text{km} \times q} \right]$

➤ $d_{DC \rightarrow DP_i}$: TRATTA DI TRASPORTO PRIMARIO

➤ Q $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{portata utile del automezzo} \\ \rightarrow \text{peso della merce trasportata} \end{array} \right.$

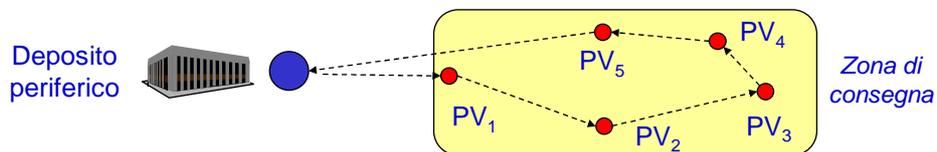
Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

TRASPORTO SECONDARIO

- SI RIFERISCE ALLA FASE DI DISTRIBUZIONE SECONDARI IN AREE URBANE O IN AREE GEOGRAFICHE CIRCOSCRITTE :
 - deposito centrale → punti vendita a libero servizio (GD & DO)
 - deposito periferico / transit point → punti vendita tradizionali
- I MEZZI EFFETTUANO PIÙ FERMATE DURANTE UN SOLO VIAGGIO
- I TEMPI FISSI DEL GIRO DI CONSEGNA (carico/scarico, controlli, ...) SONO CONFRONTABILI AI TEMPI VARIABILI DI VIAGGIO (A+R)



Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

COSTO DI TRASPORTO SECONDARIO (CTS)

$$CTS = f(d_{DP_i \rightarrow Z_k} + GZ_k; T_{km}) \quad \left[\frac{\text{euro}}{\text{anno}} \right]$$

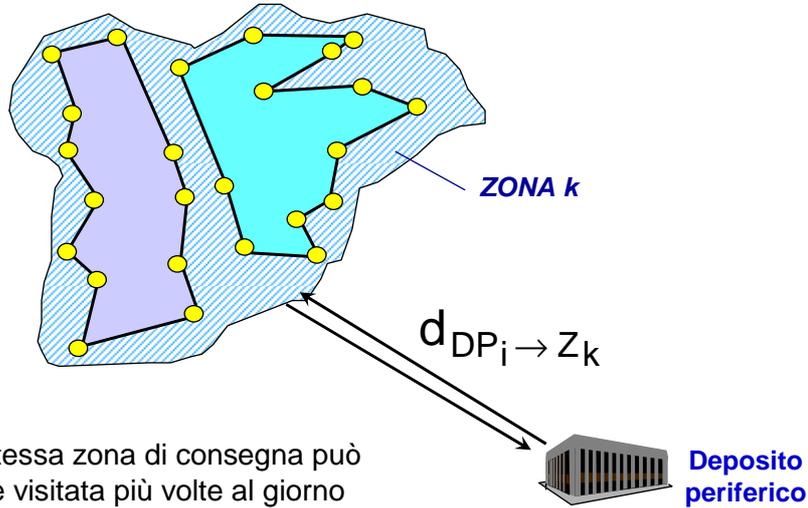
- $d_{DP_i \rightarrow Z_k}$: VIAGGIO (andata e ritorno) DAL DP ALLA ZONA k [km]
- GZ_k : GIRO DI CONSEGNA ALL'INTERNO DELLA ZONA k [km]
- TARIFFA UNITARIA TRASPORTO SECONDARIO $\left[\frac{\text{euro}}{\text{km, q, gg, ...}} \right]$

Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

VIAGGIO (ANDATA E RITORNO) DAL DP ALLA ZONA k



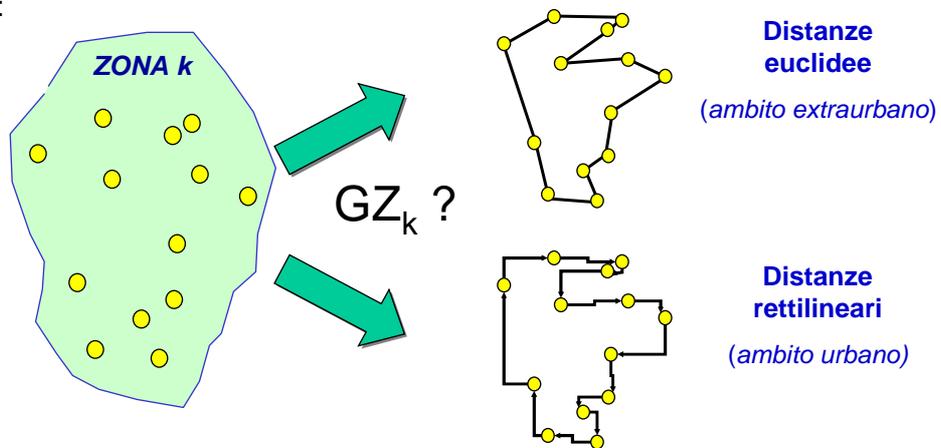
Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

GIRO DI CONSEGNA ALL'INTERNO DELLA ZONA k

La percorrenza complessiva del giro di consegna dipende, oltre che dalla sequenza dei punti da visitare, anche dalla tipologia del percorso :



Le reti distributive (1)



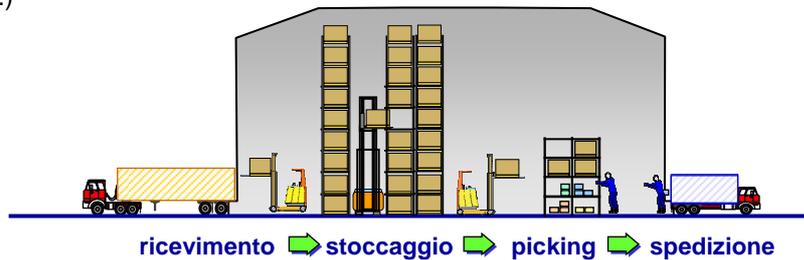
ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

WAREHOUSING

➤ SI RIFERISCE ALLE ATTIVITÀ SVOLTE ALL'INTERNO DEI DEPOSITI

➤ DUE COMPONENTI :

- costo di stoccaggio relativo all'occupazione dello spazio (m³, m², pallet, ...)
- costo di movimentazione proporzionale al flusso di materiale (attività di carico/scarico, messa a dimora, % allestimento degli ordini su uscite a full pallet, etc.)



Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

COSTO DI WAREHOUSING (CW)

$$CW = CH + CST \quad \left[\frac{\text{euro}}{\text{anno}} \right]$$

HANDLING : f (FM; C_{UdC})

STOCCAGGIO : f (GM; C_{UdC})

➤ FLUSSO ANNUO DI UdC MOVIMENTATE $\left[\frac{\text{UdC}}{\text{anno}} \right]$

➤ GM : NUMERO DI UdC STOCCABILI $[\text{UdC}]$

➤ COSTO UNITARIO DI HANDLING $\left[\frac{\text{euro}}{\text{UdC}} \right]$

➤ COSTO UNITARIO DI STOCCAGGIO $\left[\frac{\text{euro}}{\text{UdC}} \right]$

Le reti distributive (1)



ANALISI DELLE RETI DISTRIBUTIVE

COSTO DELLE SCORTE (CMS)

$$CMS = f(SC, SS, ST, i; V) \quad \left[\frac{\text{euro}}{\text{anno}} \right]$$

- **SC** : SCORTE DI CICLO (*politica di gestione delle scorte*)
- **SS** : SCORTE DI SICUREZZA (*criterio di allocazione, k, ...*)
- **ST** : SCORTE IN TRANSITO (*tempo di resa*)
- **i** : ONERI DI MANTENIMENTO DELLE SCORTE [%/anno]
(costo del capitale, oneri assicurativi, rischio di obsolescenza, e danneggiamento, ...). N.B. esclusi oneri di stoccaggio
- **V** : VALORE UNITARIO DELLA MERCE

Le reti distributive (1)



ARCHITETTURA DELLE DECISIONI LOGISTICHE

	STRATEGICO	OPERATIVO
Rete / Depositi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ numero dei livelli della rete ▪ numero di depositi per livello ▪ localizzazione depositi ▪ tipologia, dimensione, automazione ▪ in-house vs. outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ layout, allocazione articoli ▪ sistemi di stoccaggio / handling ▪ allestimento degli ordini ▪ collegamenti intra-depositi
Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ modalità di trasporto ▪ conto proprio vs. conto terzi ▪ dimensionamento della flotta 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ dimensione lotti di consegna ▪ organizzazione dei trasporti primari ▪ organizzazione distribuzione locale
Scorte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ selezione fornitori ▪ politiche di gestione delle scorte ▪ allocazione scorte sicurezza ▪ centralizzato / decentralizzato 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ emissione degli ordini ▪ lotto / intervallo di riordino ▪ gestione dei back-order ▪ tecniche di previsione della domanda
Servizio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ definizione obiettivi di servizio ▪ architettura indicatori KPI ▪ strategie di servizio per canale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gestione urgenze ▪ gestione non conformità / azioni correttive

Le reti distributive (1)



● INDICE

- ❑ La formulazione del problema distributivo
- ❑ Elementi di progettazione delle reti
- ❑ Modellizzazione dei costi di distribuzione
- ❑ Dimensionamento della rete distributiva
- ❑ Allocazione delle scorte nella rete
- ❑ Il caso Ente Tabacchi Italiani

Le reti distributive (1)



● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

Numero di depositi : assumendo di aver fissato il numero di livelli della rete è necessario dimensionare la rete di depositi minimizzando il costo complessivo di distribuzione nel rispetto dei vincoli di servizio

Fornitore 1



Fornitore 2



Fornitore ...



Cliente 1

Cliente 2

Cliente 3

Cliente 4

Cliente

...

Quanti depositi ?

es. rete distributiva a 2 livelli con 1 DC e "N" DP

Le reti distributive (1)

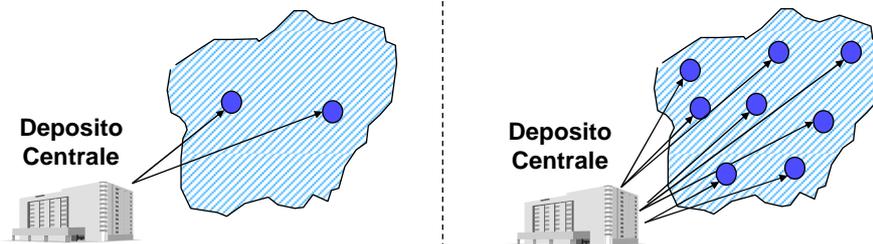


● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

COSTO DI TRASPORTO PRIMARIO (CTP)

Rimangono sostanzialmente costanti al crescere del numero “ N ” dei depositi periferici, sintantoché i trasporti sono a carico completo.

Infatti, se la rete diventa eccessivamente frazionata, i costi aumentano a causa di carichi non completi, maggiore incidenza dei costi fissi (es. noleggio unità di carico intermodale), maggiore rischio di ritorno a vuoto



Le reti distributive (1)



● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

COSTO DI TRASPORTO SECONDARIO (CTS)

Sono decrescenti all’aumentare del numero “ N ” dei depositi periferici, sintantoché le distanze tra i depositi periferici e le zone di consegna ($d_{DP \rightarrow GZ}$) diventano poco rilevanti rispetto alla percorrenza interna della zona (GZ).

Inoltre va considerato che, all’aumentare del numero dei depositi “ N ” e dunque al ridursi della distanza di avvicinamento dal deposito alla zona di consegna, aumenta il tempo a disposizione dei veicoli per effettuare le consegne. Pertanto ciascun veicolo può visitare un numero maggiore di clienti “ n ” ossia aumenta la dimensione media della zona di consegna e si riduce (tendenzialmente) il numero di viaggi/automezzi richiesti

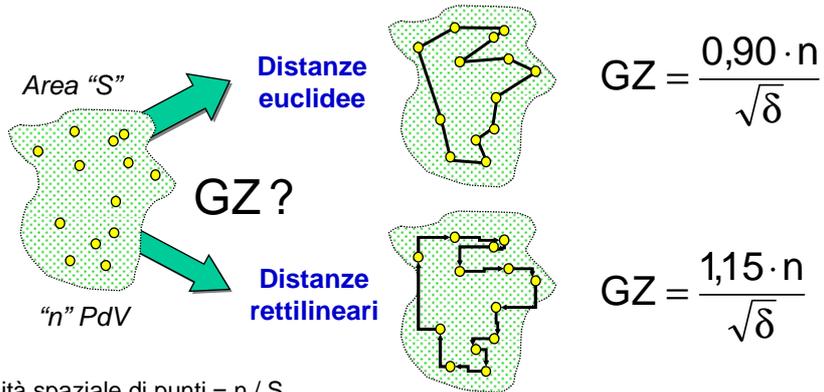
Le reti distributive (1)



DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

GIRO DI CONSEGNA ALL'INTERNO DELLA ZONA *k*

La percorrenza attesa per collegare "n" punti casualmente ed uniformemente distribuiti all'interno di un'area di superficie pari a "S" è data da:



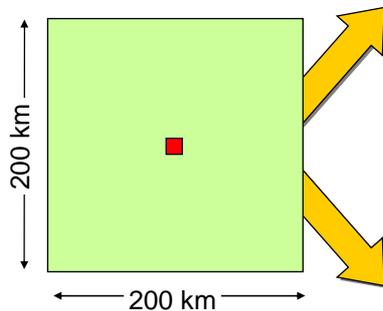
δ : densità spaziale di punti = n / S
 n : numero di PdV nell'area (dipende da "N" depositi)

Le reti distributive (1)

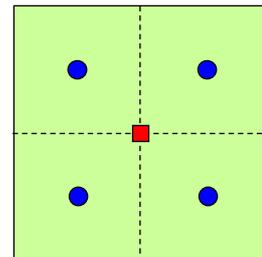


DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

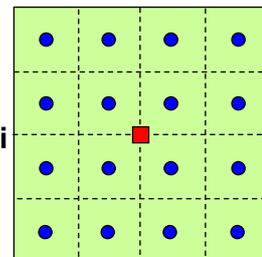
Esempio : distribuzione locale nell'area di mercato Emilia+Toscana verso 8000 clienti a partire da un DC baricentrico



A) 4 depositi



B) 16 depositi



- Deposito Centrale
- Deposito Periferico

Le reti distributive (1)



● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

COSTO DI WAREHOUSING (CW)

L'incidenza dei costi fissi dei sistemi di **stoccaggio** delle merci (ammortamenti degli stabili, servizi generali, personale di servizio, etc.) cresce sensibilmente all'aumentare del numero "N" dei depositi periferici, a causa della progressiva riduzione delle economie di scala.

Per quanto riguarda la **movimentazione** delle merci all'interno dei depositi, il costo unitario relativo alle attività di carico/scarico automezzi, movimentazione interna, picking, etc. è anch'esso sensibile alle economie di scala che aumentano all'aumentare del flusso di materiali per via di soluzioni tecniche più efficienti (es. magazzino centrale automatizzato).

Le reti distributive (1)



● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

COSTO DELLE SCORTE (CMS)

SC l'entità complessiva delle **scorte di ciclo** rimane sostanzialmente invariata al crescere del numero "N" di depositi periferici se non varia la frequenza dei rifornimenti. Altrimenti risulta inversamente proporzionale alla frequenza di rifornimento dei depositi ($SC = \frac{1}{2}D \cdot T$). Analoghe considerazioni nel caso di politica a punto fisso di riordino ($SC = \frac{1}{2}EOQ$)

SS l'entità complessiva delle **scorte di sicurezza** varia notevolmente in quanto dipende dalla politica di allocazione (*dipendente o indipendente*) nonché dalla variabilità domanda e del lead time, dalla correlazione spaziale e temporale della domanda

ST l'entità delle **scorte in transito** (rilevanti solo in caso di acquisto F.O.B.) dipende esclusivamente dal lead time e dalla domanda ($ST = LT \cdot D$) ossia dalla frequenza di rifornimento e dal lotto di consegna ($ST = LT \cdot Q/T$).

In generale, non dipendono dal numero di depositi

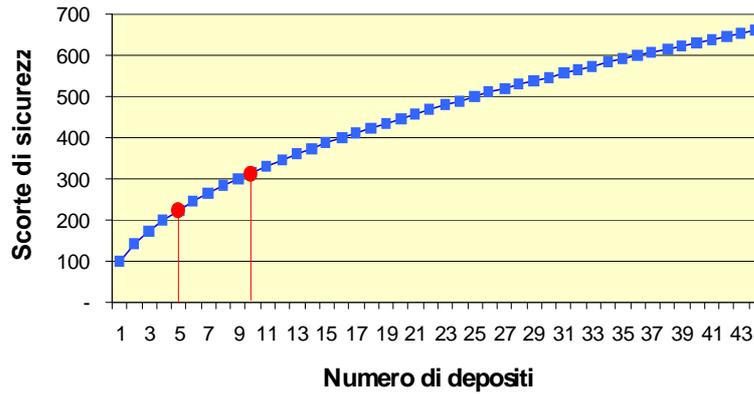
Le reti distributive (1)



DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

REGOLA DELLA \sqrt{N} .

Le scorte di sicurezza in una rete distributiva sono in proporzione alla radice quadrata del numero di depositi (nell'ipotesi $\sigma_{L,T}=0, \rho_{i,j}=0$)



Le reti distributive (1)

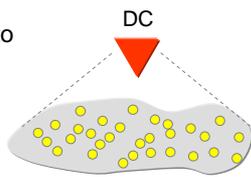


DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

REGOLA DELLA \sqrt{N} .

Domanda: $\begin{cases} D_i \\ \sigma_i \end{cases} \forall i$
 Correlazione: $\rho_{i,j} \forall i, j$

1 deposito

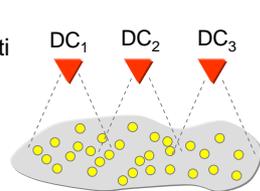


$$\bar{D}_{DC} = \sum_i D_i = 30D_i$$

$$\sigma_{DC} = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2 + 2 \sum_i \sum_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j} = \sqrt{30} \sigma_i$$

$$SS(1) \propto \sigma_{DC} = \sqrt{30} \sigma_i$$

3 depositi



$$3 \times \begin{cases} \bar{D}_{DC_i} = \sum_i D_i = 10D_i \\ \sigma_{DC_i} = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2 + 2 \sum_i \sum_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j} = \sqrt{10} \sigma_i \end{cases}$$

$$SS(3) \propto 3 \cdot \sigma_{DC_i} = 3 \cdot \sqrt{10} \sigma_i = \sqrt{3} \cdot SS(1)$$

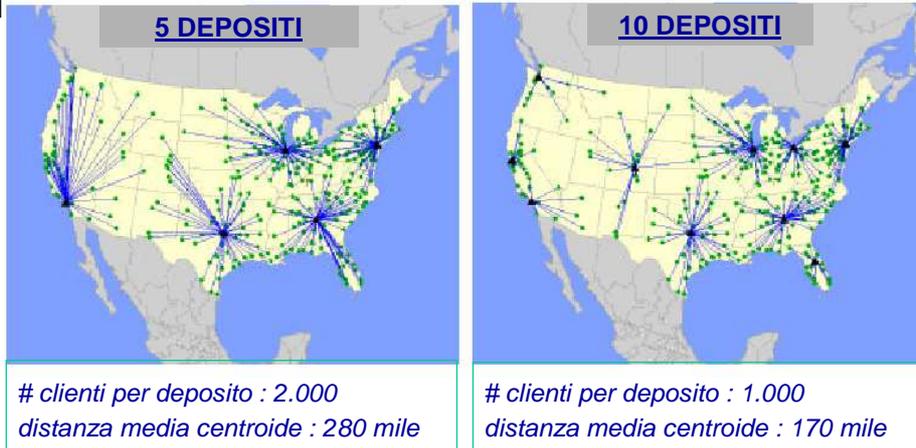
Le reti distributive (1)



DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

ESEMPIO

Per rifornire circa 10.000 clienti (si suppone siano distribuiti in modo uniforme sul territorio) si vogliono considerare due configurazioni alternative di reti



Le reti distributive (1)



DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

Dati del problema

Domanda media sett. dei clienti : 1.000
 Deviazione standard domanda : 500

LT di rifornimento : 1 settimana ($\sigma_{LT}=0$)
 Grado di copertura scorte : 95 % ($k=1,65$)

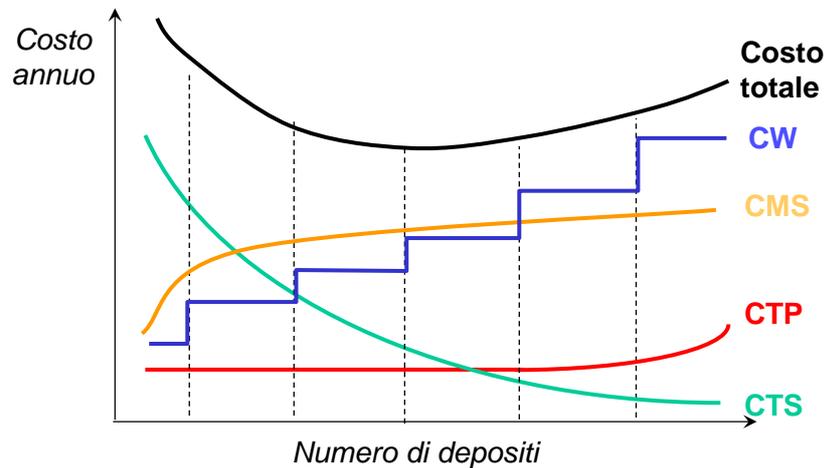
5 DEPOSITI		10 DEPOSITI
DM vista da un deposito : = 2000 x 1000 = 2.000.000		DM vista da un deposito : = 1000 x 1000 = 1.000.000
σ domanda di un deposito : = $\sqrt{2000 \cdot 500^2} = 22.360$		σ domanda di un deposito : = $\sqrt{1000 \cdot 500^2} = 15.811$
SS per ciascun deposito = 1,65 x 22.360 = 36.894		SS per ciascun deposito = 1,65 x 15.811 = 26.203
SS (5 DP) = 5 x 36.894 = 184.470	$1 - \sqrt{\frac{5}{10}}$	SS (10 DP) = 10 x 26.203 = 260.881
	Δ=29%	

Le reti distributive (1)



● DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

PRINCIPALI FATTORI DI COSTO NELLA SCELTA DEL NUMERO DI DEPOSITI DELLA RETE



Le reti distributive (1)



● INDICE

- La formulazione del problema distributivo
- Elementi di progettazione delle reti
- Modellizzazione dei costi di distribuzione
- Dimensionamento della rete distributiva
- Allocazione delle scorte nella rete
- Il caso Ente Tabacchi Italiani

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

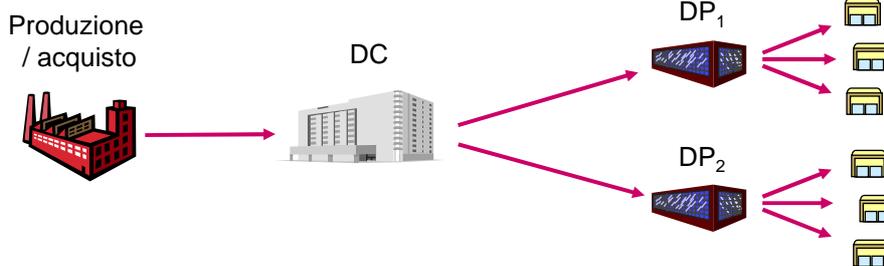
Allocazione : assumendo di aver fissato il numero di livelli della rete, il numero e la dimensione di ciascun deposito, la localizzato degli impianti, etc., è ora possibile analizzare le diverse strategie di localizzazione delle scorte che consentono di minimizzare i costi totali nel rispetto dei vincoli di servizio



Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO



Con riferimento ad una rete distributiva a due livelli, è possibile allocare le scorte di sicurezza secondo due modalità :

SISTEMA DIPENDENTE | le scorte di sicurezza sono tutte allocate nei DP
(le scorte nei DP sono "dipendenti" dal sistema di produzione)

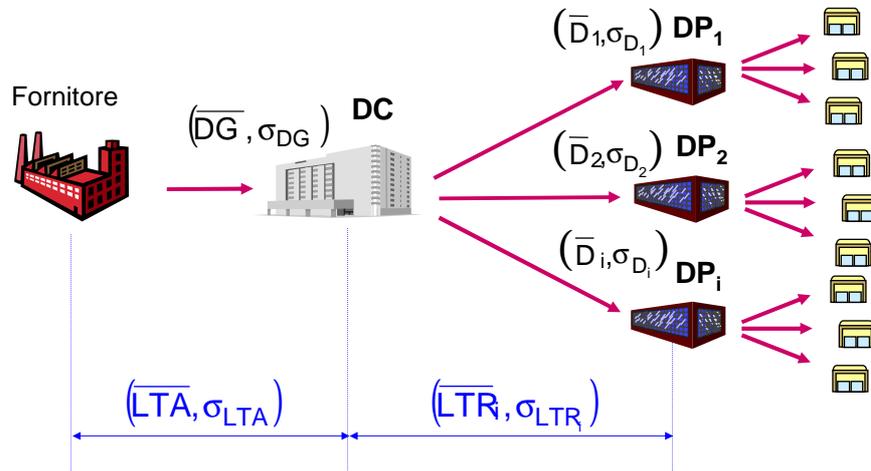
SISTEMA INDIPENDENTE | le scorte di sicurezza sono allocate in parte nei DP ed in parte nel DC
(le scorte nei DP sono "indipendenti" dal sistema di produzione)

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

ESEMPIO : rete distributiva a 2 livelli con 1 DC e "N" DP



Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

PARAMETRI DEL PROBLEMA

- N : numero di depositi periferici
- σ_{LTA} : variabilità del LTA del DC
- σ_{LTR} : variabilità dei LTR_i dei DP_i
- σ_D : variabilità della domanda vista dai singoli DP_i
- ρ_{ij} : correlazione geografica delle domande di DP_i e DP_j
- $r_{k,i}$: autocorrelazione delle domande viste da DP_i

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

**NEL SISTEMA DIPENDENTE
LE SCORTE DI SICUREZZA NEI DP FANNO FRONTE :**

- ALLA VARIABILITÀ DELLA DOMANDA:
 - durante il lead time di approvvigionamento del DC
 - durante i lead time di rifornimento dei DP
- } LTA + LTR_i
- ALLA VARIABILITÀ DEL LTA
 - ALLA VARIABILITÀ DEL LTR_i

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

**NEL SISTEMA INDIPENDENTE
LE SCORTE DI SICUREZZA FANNO FRONTE :**

- nel DC** {
 - ALLA VARIABILITÀ DELLA DOMANDA:
durante il lead time di approvvigionamento del DC (LTA)
 - ALLA VARIABILITÀ DEL LTA
- nei DP** {
 - ALLA VARIABILITÀ DELLA DOMANDA:
durante il lead time di rifornimento dei DP (LTR_i)
 - ALLA VARIABILITÀ DEL LTR_i

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

- LEAD TIME DI APPROVVIGIONAMENTO : $LTA \approx N(\overline{LTA}, \sigma_{LTA})$
- LEAD TIME DI RIFORNIMENTO DEL DEPOSITO PERIFERICO *i*-esimo : $LTR_i \approx N(\overline{LTR}_i, \sigma_{LTR_i})$
- DOMANDA VISTA DAL DP *i*-esimo: $D_i \approx N(\overline{D}_i, \sigma_{D_i})$
- CORRELAZIONE TRA LE DOMANDE DEI DEPOSITI PERIFERICI *i, j*: $\rho_{i,j} = \frac{\text{cov}(D_i, D_j)}{\sigma_{D_i} \cdot \sigma_{D_j}}$

Le reti distributive (1)



LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

SCORTE DI SICUREZZA NEL CASO DI SISTEMA DIPENDENTE:

$$SS_{SD} = \sum_{i=1}^N SS_{DP_i}$$

$$SS_{DP_i} = k \cdot \sigma_{D_i, (LTA+LTR_i)}$$

$$SS_{DP_i} = k \cdot \sqrt{(\overline{LTA} + \overline{LTR}_i) \cdot \sigma_{D_i}^2 + \overline{D}_i^2 \cdot \sigma_{LTA+LTR_i}^2}$$

NB : i termini di ciascuno dei due addendi vanno riferite alla stessa unità di tempo (giorni, settimane, ...)

Le reti distributive (1)



• LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

SCORTE DI SICUREZZA NEL CASO DI SISTEMA INDIPENDENTE:

$$SS_{SI} = \sum_{i=1}^N SS_{DP_i} + SS_{DC}$$

$$SS_{DP_i} = k \cdot \sigma_{D_i, LTR} = k \cdot \sqrt{LTR \cdot \sigma_{D_i}^2 + \bar{D}_i^2 \cdot \sigma_{LTR}^2}$$

$$SS_{DC} = k \cdot \sigma_{DG, LTA} = k \cdot \sqrt{LTA \cdot \sigma_{DG}^2 + \overline{DG}^2 \cdot \sigma_{LTA}^2}$$

Le reti distributive (1)



• LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

$$\overline{DG} = \sum_{i=1}^N \bar{D}_i$$

$$\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{i,j} \rightarrow \binom{N}{2} = \frac{N \cdot (N-1)}{2}$$

$$\sigma_{DG}^2 = \begin{cases} \text{Se domande non correlate} & \sum_{i=1}^N \sigma_{D_i}^2 \\ \text{Se domande correlate} & \sum_{i=1}^N \sigma_{D_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{i,j} \cdot \sigma_{D_i} \cdot \sigma_{D_j} \end{cases}$$

Le reti distributive (1)



● LE SCORTE NEL SISTEMA DISTRIBUTIVO

FATTORI INFLUENZANTI L'ALLOCAZIONE DELLE SS

- ↑ Valore aggiunto del prodotto lungo il canale ⇒ **SI**
- ↑ Costo di trasferimento di canale ⇒ **SI**
- ↑ Frazione della domanda evasa direttamente dal DC ⇒ **SI**
- ↑ Rapporto LTR / LTA ⇒ **SD**
- ↑ Correlazione geografica della domanda ⇒ **SD**

Le reti distributive (1)



● IL PRINCIPIO DEL DIFFERIMENTO

2 CRITERI BASE :

- differire le modificazioni di **forma** e la caratterizzazione del prodotto allo stadio più a valle possibile del canale logistico (es. assemblaggio, imballaggio, etichettatura, etc.)
- differire quanto più possibile nel **tempo** il trasferimento del prodotto da uno stadio al successivo del canale logistico

In sostanza, conviene fare in modo che l'incremento di valore del prodotto sia il più prossimo possibile alla definizione della transazione commerciale ovvero all'istante di richiesta da parte dei clienti

cfr. Bowersox, Zinn , "Planning Physical distribution with the Principle of Postponement", *Journal of Business Logistics*, 9, n.2, 1988

Le reti distributive (1)



● IL PRINCIPIO DEL DIFFERIMENTO

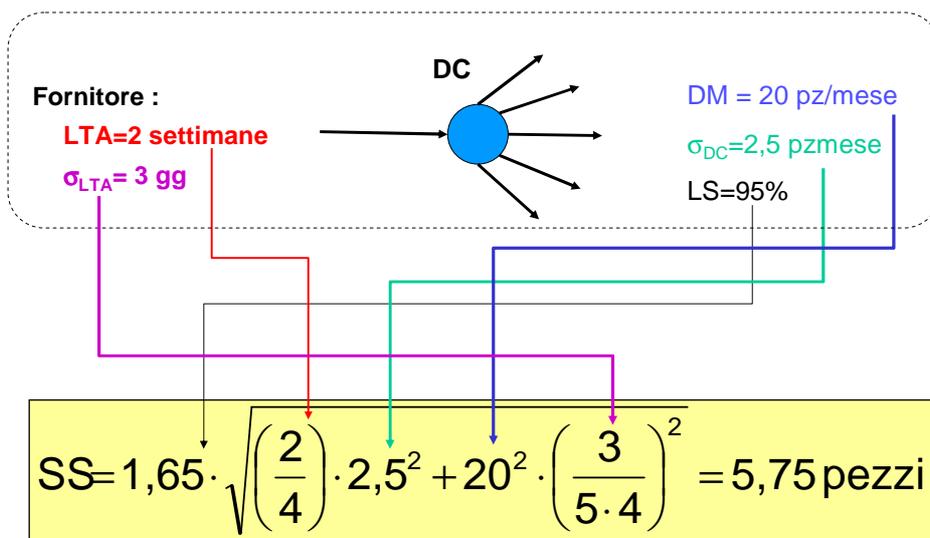
VANTAGGI DEL DIFFERIMENTO

- riduzione dei valori globali delle scorte
- più agevole gestione delle scorte (< gamma di articoli nei depositi a monte)
- riduzione degli oneri finanziari (differimento delle operazioni ad elevato valore aggiunto)
- minori rischi di obsolescenza degli articoli
- riduzione delle conseguenze degli errori di allocazione delle scorte nella rete distributiva

Le reti distributive (1)



● ESEMPIO (rete distributiva ad un livello - punto fisso di riordino)



Le reti distributive (1)



ESEMPIO (rete distributiva ad un livello - periodo fisso di riordino)

Fornitore :

T = 1 mese

LTA=2 settimane

$\sigma_{LTA} = 3$ gg

DC

DM = 20 pz/mese

$\sigma_{DC} = 2,5$ pzmese

LS=95%

$$SS = 1,65 \cdot \sqrt{\left(\frac{2}{4} + 1\right) \cdot 2,5^2 + 20^2 \cdot \left(\frac{3}{5 \cdot 4}\right)^2} = 7,05 \text{ pezzi}$$

Le reti distributive (1)



ESEMPIO (rete distributiva a due livelli)

Fornitore :
LTA=2 settimane
 $\sigma_{LTA} = 3$ giorni

DC

DP₁

DP₂

DM₁=13 pz/mese

$\sigma_{DP1} = 2,2$ pz/mese

LTR₁=8 gg

LS₁=98%

DM₂=7 pz/mese

$\sigma_{DP2} = 1,2$ pz/mese

LTR₂=5 giorni

LS₂=90%

? **SS** dipendente

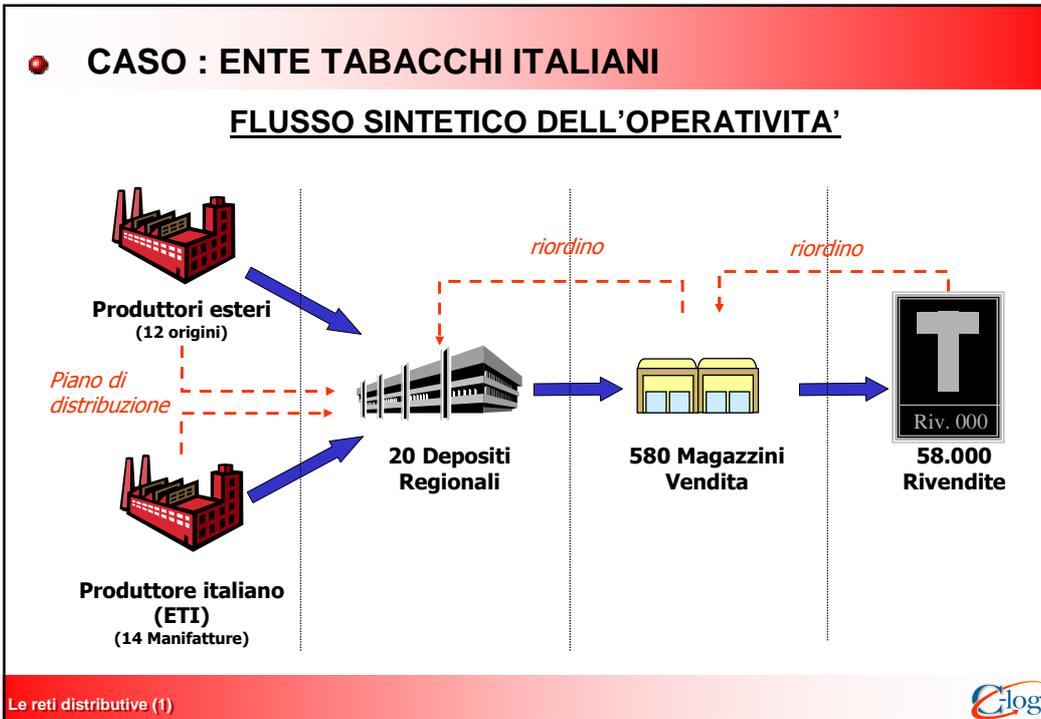
? **SS** indipendente

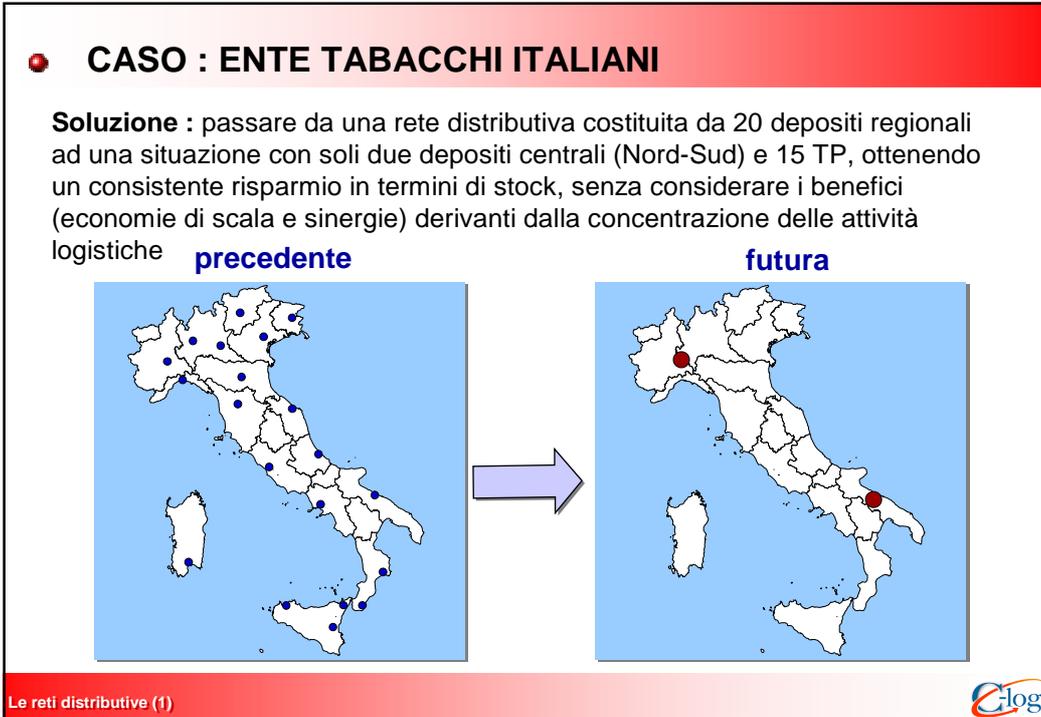
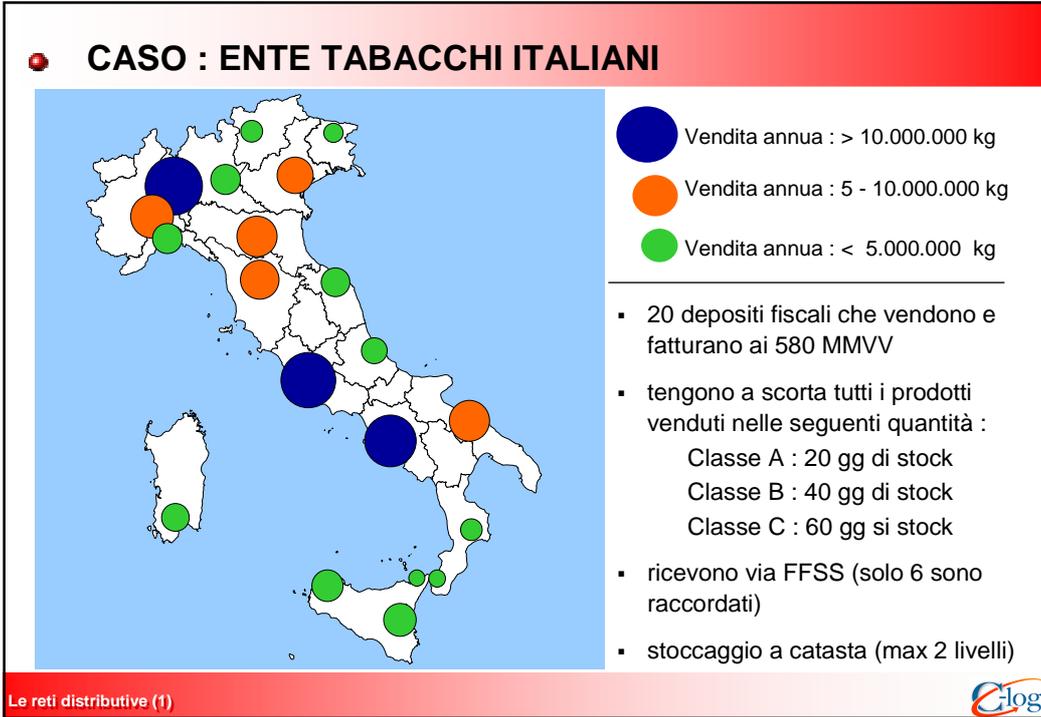
Le reti distributive (1)



**IL CASO
ENTE TABACCHI ITALIANI**

Le reti distributive (1) 





CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

Ipotesi

- La domanda complessivamente evasa dal sistema di 20 depositi regionali coincide con quella che sarà evasa con 2 depositi centrali (D_{TOT})
- I depositi regionali evadono in media una domanda annua pari a :

$$DR = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} D_i \rightarrow D_{TOT} / 20$$

- Non esiste correlazione tra le domande evase dai singoli depositi (ovvero uno stesso cliente non può essere servito da più di un deposito regionale)
- La domanda evasa da ciascun deposito si suppone sia distribuita secondo una distribuzione normale, con valore medio DR e deviazione standard σ_{DR}
- In futuro i 2 depositi centrali evaderanno circa la stessa domanda annua

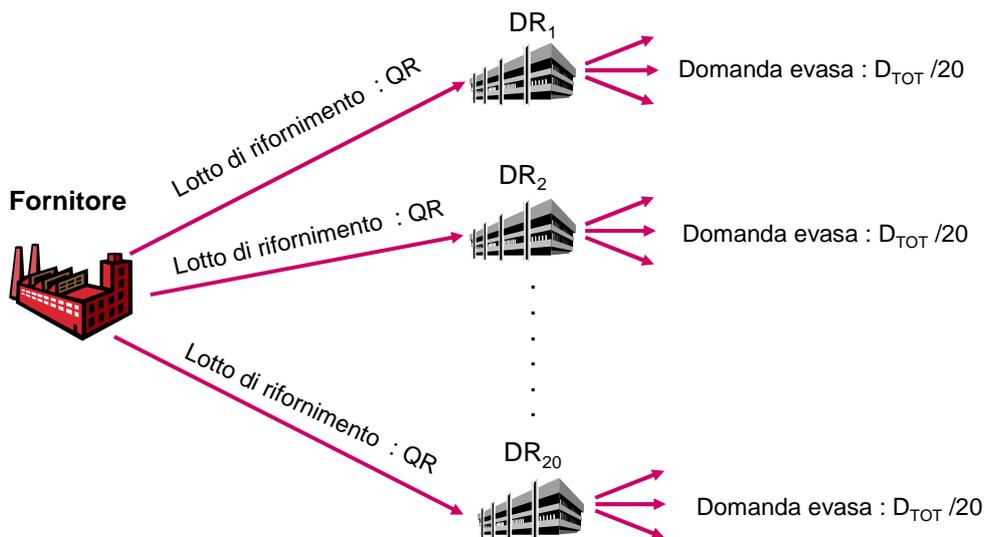
$$DC = DC_1 = DC_2 \rightarrow D_{TOT} / 2$$

- Tutti i 20 depositi regionali hanno lo stesso livello di servizio (k) così come lo avranno i 2 depositi centrali (inteso come grado di copertura delle scorte)

Le reti distributive (1)



CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI Rete distributiva precedente



Le reti distributive (1)



● CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

- Attualmente ciascun deposito regionale viene rifornito da fornitori che hanno lo stesso lead time di consegna (LT) costante ed uguale per tutti i depositi. Si suppone che tale lead time sarà invariato passando da 20 depositi a 2 depositi (quello che cambierà sarà il lotto di rifornimento)
- Le scorte di ciascun articolo vengono ripristinate a punto di riordino: non appena lo stock scende al di sotto di un livello soglia, viene emesso un ordine di rifornimento verso il fornitore per un quantitativo pari al lotto economico (Q)
- Il lotto economico di rifornimento per un generico articolo emesso da un deposito regionale è dato dalla seguente relazione:

$$QR = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot DR}{m \cdot P}}$$

(e) costo di emissione e ricevimento dell'ordine, comprensivo delle attività amministrative e logistiche (trasporti e handling)

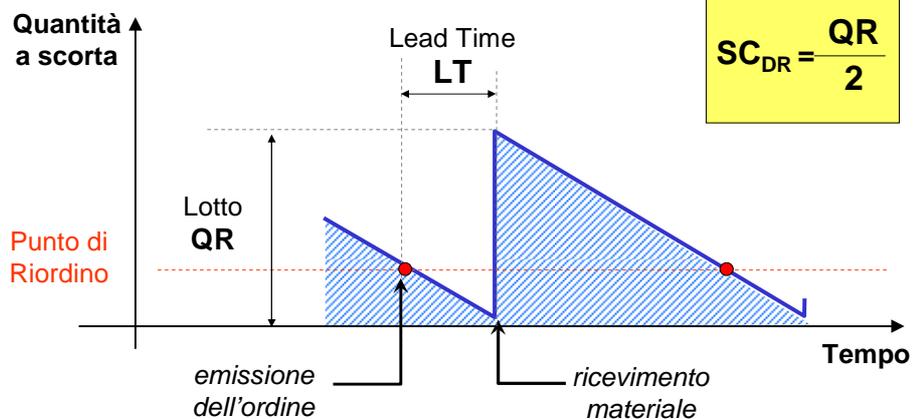
(P) valore di acquisto unitario;

(m) tasso annuo di mantenimento delle



● CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

Per definizione la scorta di ciclo (SC) è pari alla metà del lotto di rifornimento. Pertanto un generico deposito regionale ha mediamente:

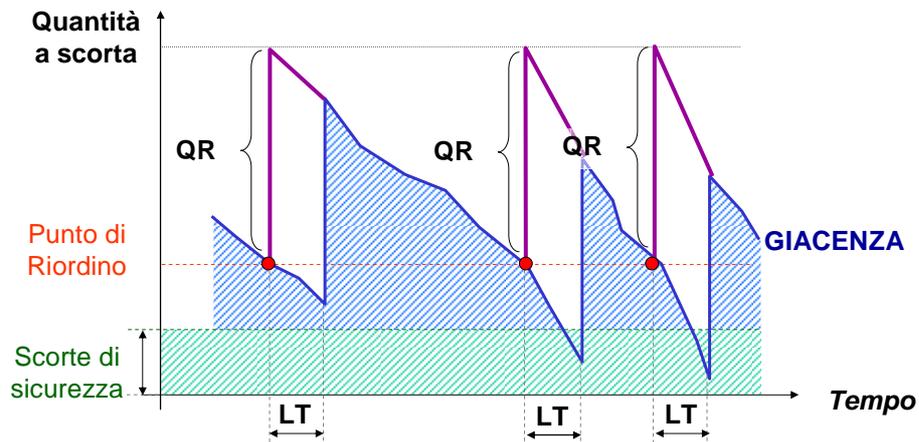


Le reti distributive (1)



CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

Le scorte di sicurezza per definizione vengono costituite per far fronte alla variabilità della domanda durante il lead time (LT) di rifornimento



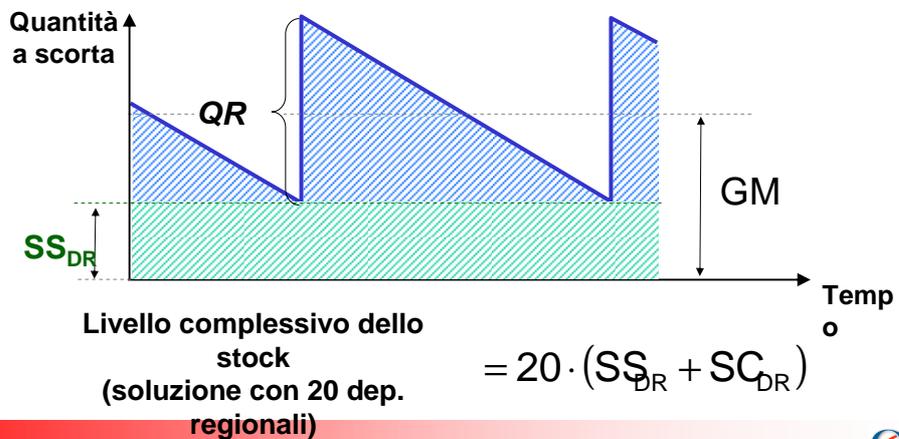
Le reti distributive (1)



CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

Livello medio dello stock in ciascun deposito regionale

$$GM_{DR} = SS_{DR} + SC_{DR}$$

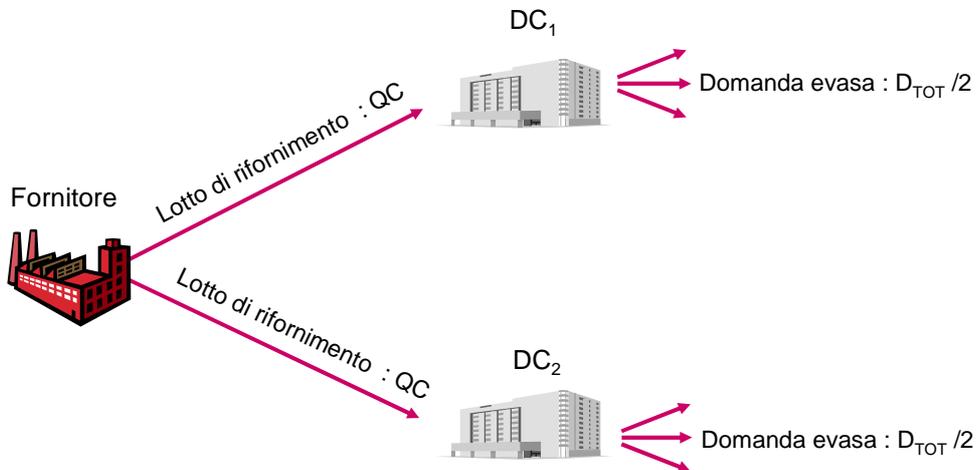


Le reti distributive (1)



● CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

Rete distributiva futura



- Si assume che la quantità evasa mediamente da un deposito centrale (DC) è pari a 10 volte quella evasa dai singoli depositi regionali (DR)

Le reti distributive (1)



● CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI

- Il costo di acquisto (P) di un generico articolo rimane invariato passando da 20 a 2 depositi
- Il costo di emissione e ricevimento degli ordini (e) rimarrà invariato passando da 20 a 2 depositi ovvero si trascura il possibile effetto derivante da una migliore organizzazione, controllo e saturazione dei mezzi di trasporto (che porterà ad una riduzione del lead time dell'ordine del 50%) nonché i miglioramenti in fase di gestione delle attività di magazzino (un deposito centrale sarà circa 10 volte più grande di un regionale)
- Pertanto in futuro, il lotto economico di rifornimento per un generico articolo approvvigionato da uno dei due depositi centrali sarà pari a :

$$QC = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot DC}{m \cdot P}}$$

Le reti distributive (1)



● **CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI**

Lotto di rifornimento

Mediamente un singolo deposito centrale evaderà la domanda attualmente evasa da 10 depositi regionali:

$$DC = 10 DR$$

$$\left\{ \begin{array}{l} DR = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} DR_i = \frac{D_{TOT}}{20} \\ DC = DC_1 = DC_2 = \frac{D_{TOT}}{2} \end{array} \right.$$

dunque il lotto di rifornimento emesso da un deposito centrale per un generico articolo sarà pari a :

$$QC = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot DC}{m \cdot P}} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot 10DR}{m \cdot P}} = \sqrt{10} \cdot QR$$

Le reti distributive (1)



● **CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI**

Variabilità della domanda

Pertanto, la varianza della domanda vista da un deposito centrale equivale alla somma delle varianze dei 10 depositi regionali (teorema limite centrale), supposte tutte uguali e senza correlazione

$$\sigma_{DC}^2 = \begin{cases} \text{Se domande} \\ \text{non correlate} & \sum_{i=1}^{10} \sigma_{DR_i}^2 \\ \\ \text{Se domande} \\ \text{correlate} & \sum_{i=1}^{10} \sigma_{DR_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{10-1} \sum_{j=i+1}^{10} \rho_{i,j} \cdot \sigma_{DR_i} \cdot \sigma_{DR_j} \end{cases}$$

$$\sigma_{DC}^2 = \sigma_{DR1}^2 + \sigma_{DR2}^2 + \dots + \sigma_{DR10}^2 = 10 \cdot \sigma_{DR}^2$$

Le reti distributive (1)



CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI *Riduzione degli stock*

La riduzione da 20 a 2 (di un fattore 10) del numero di depositi comporta la riduzione di 3,16 volte (fattore radice di 10) del livello medio di stock

$$SC_{DR} = \frac{QR}{2}$$

$$SC_{DC} = \frac{QC}{2} = \sqrt{10} \frac{QR}{2}$$

$$SS_{DR} = k \cdot \sigma_{DR}$$

scorte totali (20 depositi)

$$SS_{DC} = k \cdot \sigma_{DC} = k \cdot \sqrt{10} \cdot \sigma_{DR}$$

scorte totali (2 depositi)

$$20 \cdot (SS_{DR} + SC_{DR})$$

$$2(SS_{DC} + SC_{DC}) = 2\sqrt{10}(SS_{DR} + SC_{DR})$$

Le reti distributive (1)

CASO : ENTE TABACCHI ITALIANI *Riduzione degli stock*

Assumendo che le considerazioni sopra espote per un generico articolo siano riconducibili alle tre classi di prodotti (A, B, e C) si ottiene:

	<i>20 Depositi Regionali</i>	<i>2 Depositi Centrali</i>
Classe A : gg	20 gg	6,3
Classe B : gg	40 gg	12,6
Classe C : gg	60 gg	18,9

Le reti distributive (1)

