Esercizio 1

Ricapitoliamo i dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi):

- tasso di domanda atteso: $\bar{d}$ = 194 unità/mese
- deviazione standard tasso di domanda: $\sigma_d = 73$
- costo fisso emissione ordine (approvvigionamento): k = 70 €
- costo unitario approvvigionamento: c = 10 €/unità
- tasso d'interesse mensile maggiorato gest. magazzino: p = 1,6%
- costo di stoccaggio unitario mensile: $h = p\,c = 0{,}016 \cdot 10 = 0{,}16$ €/(unità · mese)
- livello di servizio; α = 97,72%; al quale corrisponde il percentile: $z_\alpha = 2$
- tempo di riordino (lead time): L = 0,5 mesi
- approvvigionamento a lotti

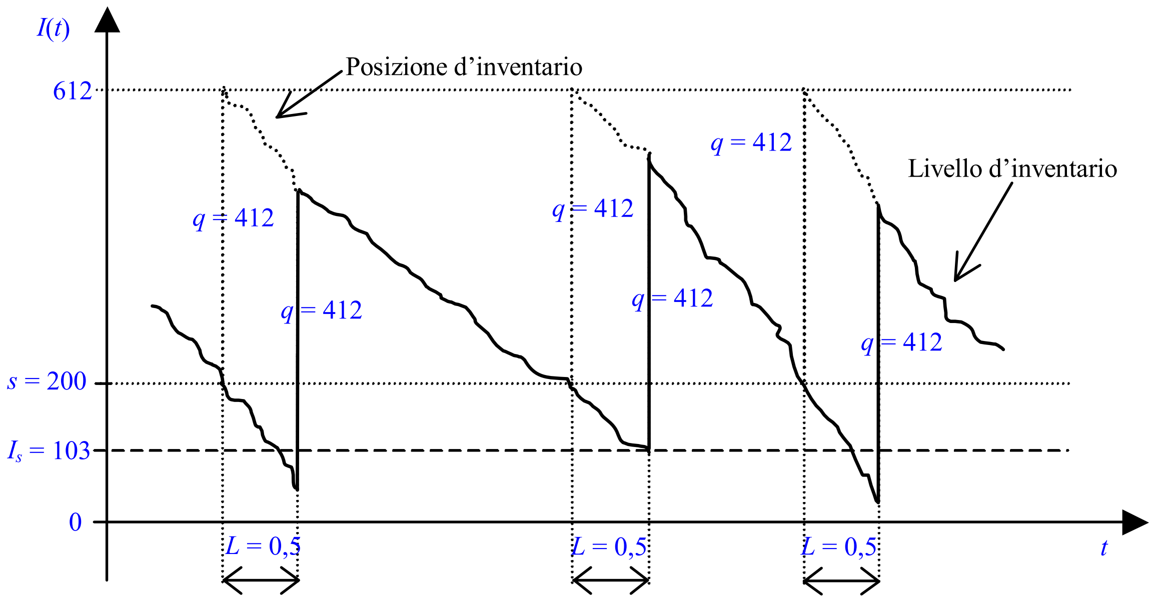
A)

Caso a) politica *fixed order quantity*

Per la sua applicazione occorre determinare:

- quantità fissa da ordinare $q = \text{sqrt}(2\,k\,\bar{d}\,/\,h) = \text{sqrt}(2 \cdot 70 \cdot 194 / 0{,}16) \approx 412$ unità
- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha\,\sigma_d\,\text{sqrt}(L) = 2 \cdot 73 \cdot \text{sqrt}(0{,}5) = 103{,}2 \approx 103$ unità
- punto di riordino $s = \bar{d}\,L + I_s = 194 \cdot 0{,}5 + 103 = 200$ unità

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} = q/2 + I_s = 412/2 + 103 = 309$ unità

Il costo atteso mensile di immagazzinamento (gestione inventario) è:

$\mu = k\,\bar{d}\,/q + c\,\bar{d} + h\,\hat{I} = 70 \cdot 194 / 412 + 10 \cdot 194 + 0{,}16 \cdot 309 = 2022{,}40$ €/mese

L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:

$ITR_{\text{sem}} = 6\,\bar{d}\,/\,\hat{I} = 6 \cdot 194 / 309 = 3{,}77$

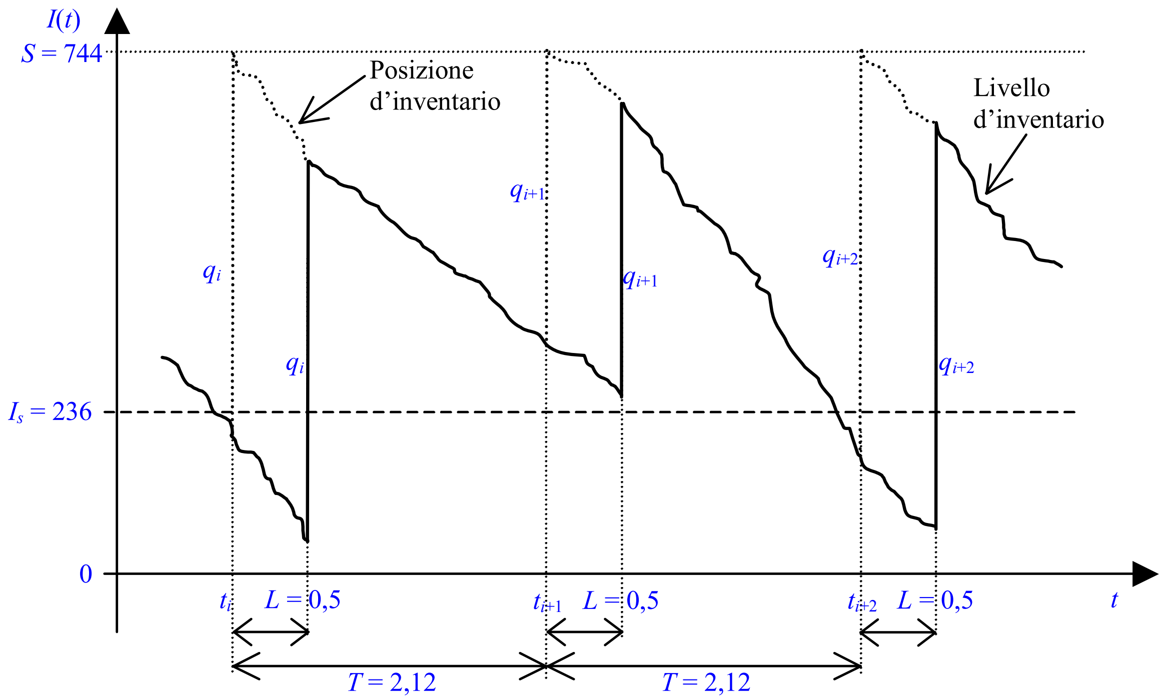
Il costo atteso mensile di stoccaggio + attuazione è $(h\,\hat{I} + 20) = 0{,}16 \cdot 309 + 20 = 69{,}44$ €/mese

Caso b) politica *fixed period*

Per la sua applicazione occorre determinare:

- periodo di riordino $T = \mathrm{sqrt}[2\ k\ /\ (h\ \bar{d})] =\ \mathrm{sqrt}[2 \cdot 70\ /\ (0{,}16 \cdot 194)] \approx 2{,}12$ mesi ≈ 64 gg
- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha\ \sigma_d\ \mathrm{sqrt}(L + T) = 2 \cdot 73 \cdot \mathrm{sqrt}(0{,}5 + 2{,}12) = 236{,}3 \approx 236$ unità
- order-up-to-level $S = \bar{d}\ (L + T) + I_s = 194(0{,}5 + 2{,}12) + 236 \approx 744$ unità

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} =\ \bar{d}\ T\ /2 + I_s =\ 194 \cdot 2{,}12\ /2 + 236 = 441{,}6$ unità

Il costo atteso mensile di immagazzinamento (gestione inventario) è:

$\mu = k\ /\ T + c\ \bar{d} + h\ \hat{I}\ = 70\ /\ 2{,}12 + 10 \cdot 194 + 0{,}16 \cdot 441{,}6 = 2043{,}67$ €/mese

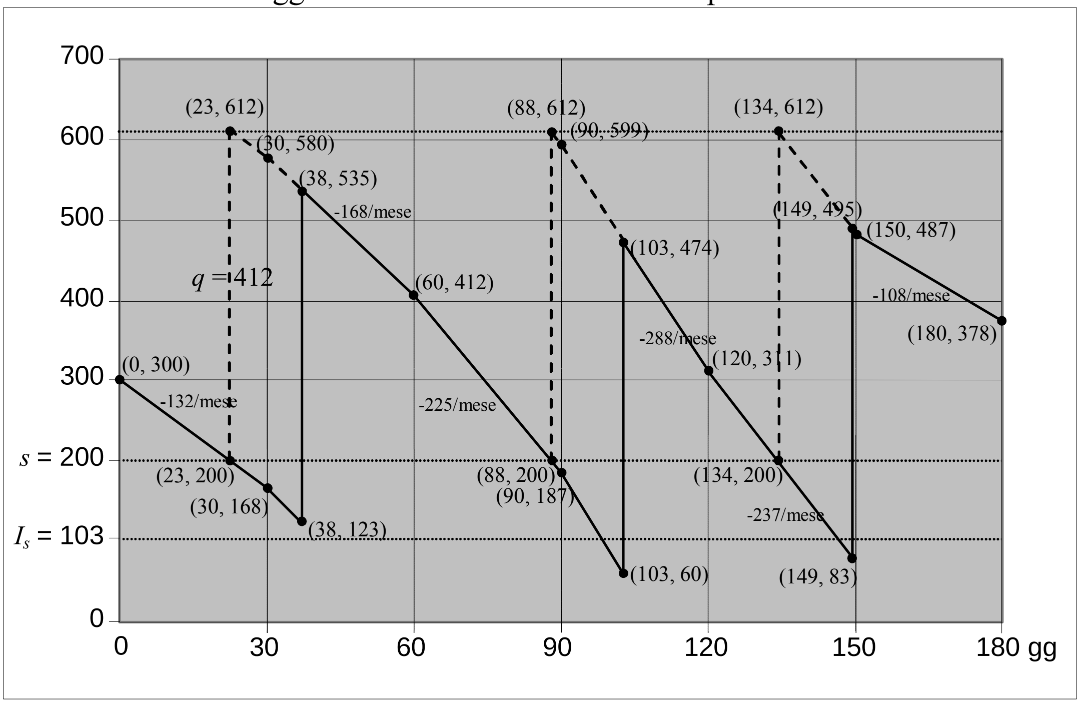
L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:

$ITR_{\mathrm{sem}} =\ 6\ \bar{d}\ /\ \hat{I} = 6 \cdot 194\ /\ 441{,}6 = 2{,}63$

Il costo atteso mensile di stoccaggio + attuazione è $(h\ \hat{I}\ + 5) = 0{,}16 \cdot 441{,}6 + 5 = 75{,}66$ €/mese

La miglior politica in base a quest'ultimo dato è quindi la a) fixed order quantity.

B) Supponiamo 1 mese = 30 gg. Andamento del livello e della posizione d'inventario con f.o.q.:



Esercizio 2

Ricapitoliamo i dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi):

- tasso di domanda atteso: $\bar{d}$ = 180 unità/mese
- deviazione standard tasso di domanda: $\sigma_d = 63$
- costo fisso emissione ordine (approvvigionamento): k = 600 €
- costo unitario approvvigionamento: c = 100 €/unità
- tasso d'interesse mensile maggiorato gest. magazzino: p = 1,9%
- costo di stoccaggio unitario mensile: $h = p\,c = 0{,}019 \cdot 100 = 1{,}9$ €/(unità · mese)
- livello di servizio; α = 97,72%; al quale corrisponde il percentile: $z_\alpha = 2$
- tempo di riordino (lead time): L = 0,3 mesi = 9 giorni
- approvvigionamento a lotti

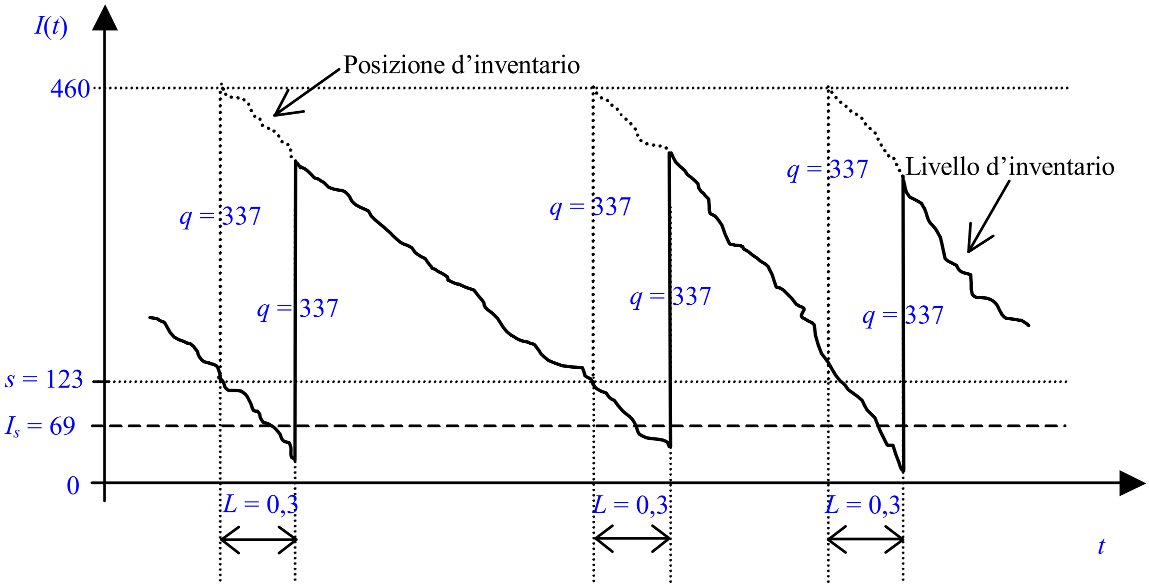
A)

Caso a) politica *fixed order quantity*

Per la sua applicazione occorre determinare:

- quantità fissa da ordinare $q = \text{sqrt}(2\,k\,\bar{d}\,/\,h) = \text{sqrt}(2 \cdot 600 \cdot 180\,/\,1{,}9) \approx 337$ unità
- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha\,\sigma_d\,\text{sqrt}(L) = 2 \cdot 63 \cdot \text{sqrt}(0{,}3) \approx 69$ unità
- punto di riordino $s = \bar{d}\,L + I_s = 180 \cdot 0{,}3 + 69 = 123$ unità

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} = q/2 + I_s = 337/2 + 69 = 237{,}5$ unità

La somma del costo fisso atteso mensile di approvvigionamento e del costo atteso mensile di stoccaggio è:

$\mu - c\,\bar{d} = (k\,\bar{d}\,/q + h\,\hat{I}) = 600 \cdot 180\,/\,337 + 1{,}9 \cdot 237{,}5 = 320{,}47 + 451{,}25 = 771{,}72$ €/mese

L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:

$ITR_{\text{sem}} = 6\,\bar{d}\,/\,\hat{I} = 6 \cdot 180\,/\,237{,}5 = 4{,}55$

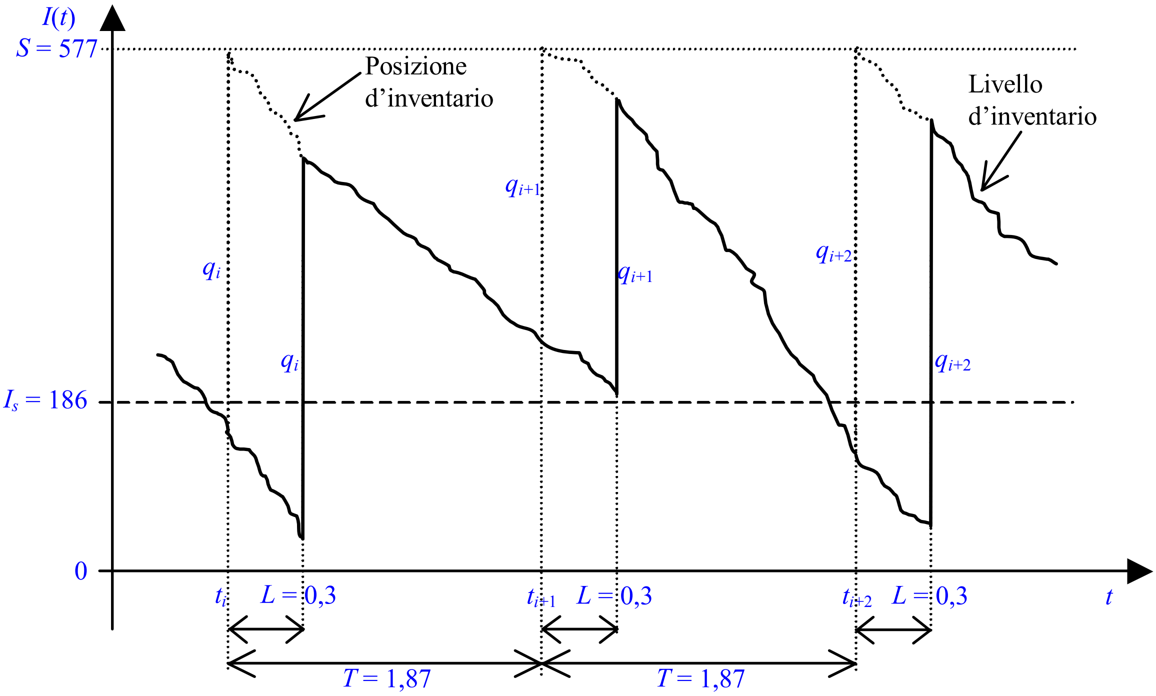
Il costo atteso mensile comprensivo del costo di attuazione mensile (100 €/mese) è

$\mu - c\,\bar{d} + 100 = 771{,}72 + 100 = 871{,}72$ €/mese

Caso b) politica *fixed period*
Per la sua applicazione occorre determinare:

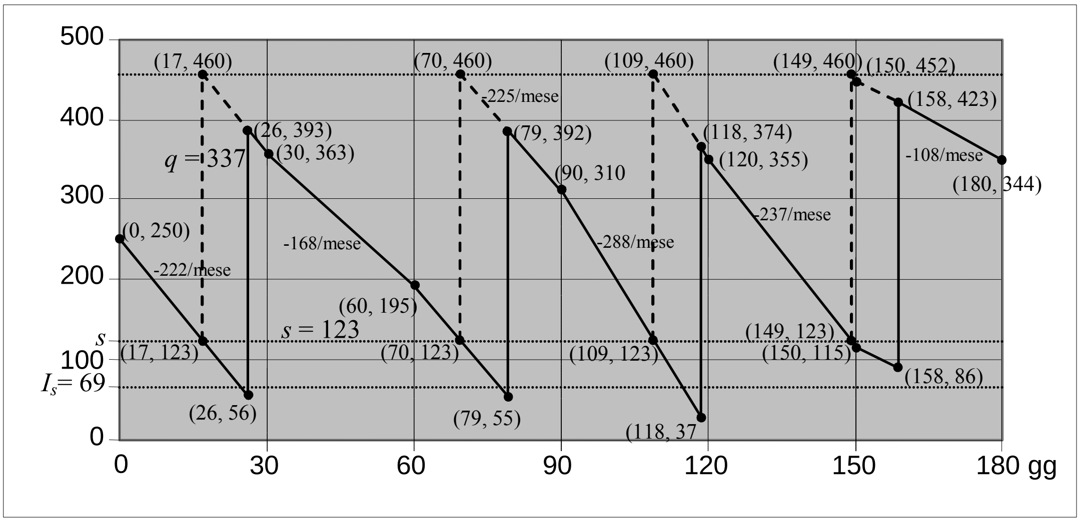
- periodo di riordino T = sqrt[$2\ k$ / ($h\ \bar{d}$)] = sqrt[$2 \cdot 600 / (1{,}9 \cdot 180)$] ≈ 1,87 mesi ≈ 56 gg
- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha\ \sigma_d$ sqrt($L + T$) = $2 \cdot 63 \cdot$ sqrt(0,3 + 1,87) = 185,6 ≈ 186 unità
- order-up-to-level $S = \bar{d}\ (L + T) + I_s$ = 180(0,3 + 1,87) + 186 ≈ 577 unità

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} = \bar{d}\ T/2 + I_s = 180 \cdot 1{,}87/2 + 186 = 354{,}3$ unità
La somma del costo fisso atteso mensile di approvvigionamento e del costo atteso mensile di stoccaggio è: $\mu - c\ \bar{d} = (k / T + h\ \hat{I}) = 600 / 1{,}87 + 1{,}9 \cdot 354{,}3 = 320{,}87 + 673{,}17 = 994{,}04$ €/mese
L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:
$ITR_{\text{sem}} = 6\ \bar{d} / \hat{I} = 6 \cdot 180 / 354{,}3 = 3{,}04$
Il costo atteso mensile comprensivo del costo di attuazione mensile (10 €/mese) è
$\mu - c\ \bar{d} + 100 = 994{,}04 + 10 = 1004{,}04$ €/mese
La miglior politica in base a quest'ultimo dato è quindi la a) fixed order quantity.

B) Supponiamo 1 mese = 30 gg. Andamento del livello e della posizione d'inventario con f.o.q.:

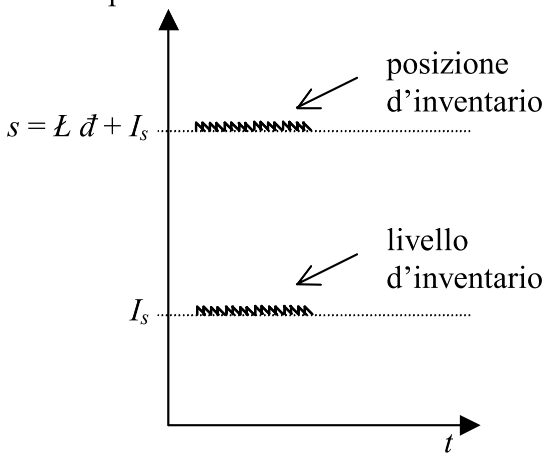


Esercizio 3

Ricapitoliamo i dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi) comuni ai due scenari:

- tasso di domanda atteso che vede ciascun rivenditore: $\bar{d} = 100$ unità/giorno
- deviazione standard tasso di domanda che vede ciascun rivenditore: $\sigma_d = 20$
- costo fisso emissione ordine (approvvigionamento): $k = 0$ \$
- costo unitario approvvigionamento: $c = 2000$ \$/unità
- costo immagazzinamento (stoccaggio) unitario annuale: $h = 0{,}35\ c = 700$ \$/(unità · anno)
- livello di servizio; $\alpha = 95\%$; al quale corrisponde il percentile: $z_\alpha = 1{,}645$
- revisione continua inventario → politica fixed order quantity

In base a quest'ultimo dato e visto che $k = 0$ possiamo supporre che ogni nodo logistico possa ordinare con frequenza illimitata e con lotti di quantità q infinitesima. Questo comporta in pratica che l'andamento tipico a dente di sega del livello di inventario (e della posizione di inventario) tende ad avere sia per l'altezza che la larghezza di ciascun dente valore prossimo a zero!
In ciascun nodo logistico (rivenditore o centro di distribuzione) l'andamento del livello e della posizione di inventario saranno del tipo



Il livello medio di inventario $\bar{I}$ cioè della merce *on-hand* è pari a I_s, mentre il livello medio della posizione d'inventario, cioè della merce acquistata dal nodo logistico e non ancora venduta, pari alla somma della merce in transito e della merce on-hand, è pari in questo caso al punto di riordino $s = \bar{L}\,\bar{d} + I_s$.
In definitiva $\bar{L}\,\bar{d}$ è la merce istante per istante in transito verso il nodo logistico e I_s è l'inventory on-hand (merce in magazzino).

Si noti che ai fini della valutazione del costo di stoccaggio per unità di tempo abbiamo sempre calcolato questo come prodotto tra il costo di stoccaggio per unità di bene e unità di tempo h e il livello medio di inventario $\bar{I}$, cioè abbiamo valutato il costo di stoccaggio sulla sola merce on-hand. In realtà anche sulla merce in transito occorrerebbe calcolare il costo di stoccaggio visto che questa è comunque merce acquistata (o almeno il budget per acquistarla è stato già impegnato). Pertanto il costo di stoccaggio complessivo nell'unità di tempo è pari ad h moltiplicato il livello medio della posizione d'inventario pari a $\bar{L}\,\bar{d} + \bar{I}$. Si noti che la quota $[h\ (\bar{L}\,\bar{d})]$ rappresenta la frazione del costo di stoccaggio imputabile ai beni in transito mentre la quota $[h\ \bar{I}]$ fa riferimento al costo di stoccaggio imputabile ai beni in magazzino. Nei modelli che abbiamo analizzato abbiamo considerato solo la quota imputabile $[h\ \bar{I}]$ ai beni in magazzino, perché la quota $[h\ (\bar{L}\,\bar{d})]$ non dipende dalla politica di gestione delle scorte adottata e supponendo h, $\bar{L}$ e $\bar{d}$ costanti è oltretutto costante. Nell'esercizio che stiamo considerando, tuttavia, L varia a seconda dello scenario e quindi risulta importante ai fini della scelta dello scenario ottimale valutare il costo di stoccaggio in base anche alla merce in transito.

Scenario 1

<u>Rivenditori</u>:
Ricapitoliamo gli altri dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi) per questo scenario:

- lead time atteso tra centro di distribuzione e rivenditore: $\bar{L} = 3$ giorni
- deviazione standard lead time tra centro di distribuzione e rivenditore: $\sigma_L = 1$ giorno

Ciascun rivenditore manterrà un livello di scorte di sicurezza
$I_s = z_\alpha \,\text{sqrt}(\bar{L}\ \sigma^2_d + \sigma^2_L\ \bar{d}^2) = 1{,}645\ \text{sqrt}(3 \cdot 20^2 + 1^2 \cdot 100^2) \approx 174$ unità.

Per quanto detto prima il livello atteso della posizione di inventario è
$\bar{L}\ \bar{d} + I_s = 3 \cdot 100 + 174 = 300 + \mathit{174} = 474$ unità.

Quindi il livello atteso totale della merce in transito e on-hand nei sei rivenditori è
$6\ (300 + \mathit{174}) = 1800 + \mathit{1044} = 2844$ unità.

<u>Centro di distribuzione</u>: (rifornisce tutti i 6 rivenditori)
Ricapitoliamo gli altri dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi) per questo scenario:

- lead time atteso tra impianto di produzione e centro di distribuzione: $L_D = 1$ giorno
- deviazione standard σ_{L_D} di tale lead time è pari a zero.

  Ipotizzando le domande dei 6 mercati statisticamente indipendenti si ha:
- tasso di domanda atteso che vede il centro di distribuzione: $\bar{d}_D = 6 \cdot \bar{d} = 600$ unità/giorno
- dev. standard tasso di domanda che vede il centro di distribuzione: $\sigma_{d_D} = \text{sqrt}(6) \cdot \sigma_d = 48{,}99$

Il centro di distribuzione manterrà un livello di scorte di sicurezza
$I_{sD} = z_\alpha\ \sigma_{d_D}\ \text{sqrt}(L) = 1{,}645 \cdot 48{,}99\ \text{sqrt}(1) \approx 81$ unità.

Per quanto detto prima il livello atteso della posizione di inventario è
$L_D\ \bar{d}_D + I_{sD} = 1 \cdot 600 + 81 = 600 + \mathit{81} = 681$ unità
che è il livello atteso totale della merce in transito e on-hand.

<u>Supply chain</u>:
Sommiamo i vari contributi trovati.
Inventario atteso in transito + on-hand = $(600 + \mathit{81}) + 6\ (300 + \mathit{174}) = (600 + \mathit{81}) + (1800 + \mathit{1044}) = 2400 + \mathit{1125} = 3525$ unità
Il costo totale atteso annuale di stoccaggio è:
$h\ (2400 + \mathit{1125}) = 700\ (2400 + \mathit{1125}) = 1680000 + \mathit{787500} = 2467500$ \$/anno.

Scenario 2

<u>Rivenditori</u>:
Ricapitoliamo gli altri dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi) per questo scenario:

- lead time atteso tra centro di distribuzione e rivenditore: $L = 1$ giorno
- deviazione standard σ_L di tale lead time è pari a zero.

Ciascun rivenditore manterrà un livello di scorte di sicurezza
$I_s = z_\alpha\ \sigma_d\ \text{sqrt}(L) = 1{,}645 \cdot 20\ \text{sqrt}(1) \approx 33$ unità.

Per quanto detto prima il livello atteso della posizione di inventario è
$L\ \bar{d} + I_s = 1 \cdot 100 + 33 = 100 + \mathit{33} = 133$ unità.
Quindi il livello atteso totale della merce in transito e on-hand nei sei rivenditori è
$6\ (100 + \mathit{33}) = 600 + \mathit{198} = 798$ unità.

Centri di distribuzione: (ciascuno rifornisce 2 rivenditori)
Ricapitoliamo gli altri dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi) per questo scenario:

- lead time atteso tra impianto di produzione e centro di distribuzione: $L_D = 1$ giorno
- deviazione standard σ_{L_D} di tale lead time è pari a zero.

Ipotizzando le domande dei 6 mercati statisticamente indipendenti si ha:

- tasso di domanda atteso che vede ciascun centro di distrib.: $đ_D = 2 \cdot đ = 200$ unità/giorno
- dev. standard tasso di domanda che vede il centro di distribuzione: $\sigma_{d_D} = \mathrm{sqrt}(2) \cdot \sigma_d = 28{,}28$

Ciascun centro di distribuzione manterrà un livello di scorte di sicurezza
$I_{sD} = z_\alpha\, \sigma_{d_D}\, \mathrm{sqrt}(L) = 1{,}645 \cdot 28{,}28\, \mathrm{sqrt}(1) \approx 47$ unità.

Per quanto detto prima il livello atteso della posizione di inventario è
$L_D\, đ_D + I_{sD} = 1 \cdot 200 + 47 = 200 + \mathit{47} = 247$ unità
Quindi il livello atteso totale della merce in transito e on-hand nei tre centri di distribuzione è
$3\,(200 + \mathit{47}) = 600 + \mathit{141} = 741$ unità.

Supply chain:
Sommiamo i vari contributi trovati.
Inventario atteso in transito + on-hand = $(600 + \mathit{141}) + 6\,(100 + \mathit{33}) = (600 + \mathit{141}) + (600 + \mathit{198}) =$
$1200 + \mathit{339} = 1539$ unità

Il costo totale atteso annuale di stoccaggio è:
$h\,(1200 + \mathit{339}) = 700\,(1200 + \mathit{339}) = 840000 + \mathit{237300} = 1077300$ \$/anno.

Conclusioni
Lo scenario 2 permette una riduzione del livello medio delle scorte pari a:
$(2400 + \mathit{1125}) - (1200 + \mathit{339}) = 1200 + \mathit{786} = 1986$ unità
Si noti in particolare che sia le scorte in transito che quelle in giacenza sono ridotte.

Lo scenario 2 permette anche un risparmio sui costi di stoccaggio pari a:
$700\,(1200 + \mathit{786}) = 840000 + \mathit{550200} = 1390200$ \$/anno.

Confrontando i risultati sui livelli medi di merce in transito e on-hand nei due scenari si riscontra che:

a) per lo stadio dei centri distribuzione lo Scenario 1 risulta preferibile rispetto allo Scenario 2.
b) per lo stadio dei rivenditori lo Scenario 2 risulta preferibile rispetto allo Scenario 1.

Per il punto a) la motivazione è dovuta alla riduzione delle scorte di sicurezza totali presso i centri di distribuzione per effetto del risk pooling (aggregazione del rischio) dovuto alla aggregazione della domanda nello Scenario 1; non vi sono invece variazioni sul livello della merce in transito perché nei due scenari il lead time L_D è lo stesso.
Perr il punto b) la motivazione è dovuta al fatto che nei due scenari il lead time L tra i centri di distribuzione e il rivenditore ha valori differenti. Nello Scenario 1 L ha un valore atteso pari a 3 e presenta una variabilità non nulla, mentre nello Scenario 2 il lead time (atteso) è pari a 1 con variabilità nulla. In particolare siccome nello Scenario 1 il lead time L è più elevato sia nel valore atteso che nella variabilità, per i rivenditori sia la quota di inventory in transito che on-hand sono più elevate rispetto allo Scenario 2.
Le considerazioni fatte sui livelli attesi di inventario per il punto a) che per il b) si traducono immediatamente sui costi.
In particolare nel complesso lo Scenario 2 risulta più vantaggioso globalmente.

Esercizio 4

Ricapitoliamo i dati a nostra disposizione (o ricavabili da questi):

- tasso di domanda atteso: $\bar{d} = 225$ pallet/mese
- deviazione standard tasso di domanda: $\sigma_d = 70$
- costo fisso emissione ordine (approvvigionamento): $k = 250$ €
- costo unitario approvv.: $c = 55$ €/pallet se $q \leq 300$; altrimenti $c = 55 * 0{,}91 = 50{,}05$ €/pallet
- tasso d'interesse mensile maggiorato gest. magazzino: $p = 1{,}6\%$
- costo di stoccaggio unitario mensile: $h = p\ c = 0{,}016 \cdot 50 = 0{,}8$ €/(unità · mese)
- livello di servizio; $\alpha = 97{,}72\%$; al quale corrisponde il percentile: $z_\alpha = 2$
- tempo di riordino (lead time): $\bar{L} = 0{,}5$ mesi = 15 giorni; $\sigma_L = 0{,}2$
- approvvigionamento a lotti

A)

Caso a) politica *fixed order quantity*

Per la sua applicazione occorre determinare:

- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha$ sqrt$(\sigma_d^2\ \bar{L} + \sigma_L^2\ \bar{d}^2) = 2 \cdot$ sqrt(2450+2025) $\approx$ 134 pallet
- punto di riordino $s = \bar{d}\ \bar{L} + I_s = 225 \cdot 0{,}5 + 134 \approx 246$ pallet
- quantità fissa da ordinare q

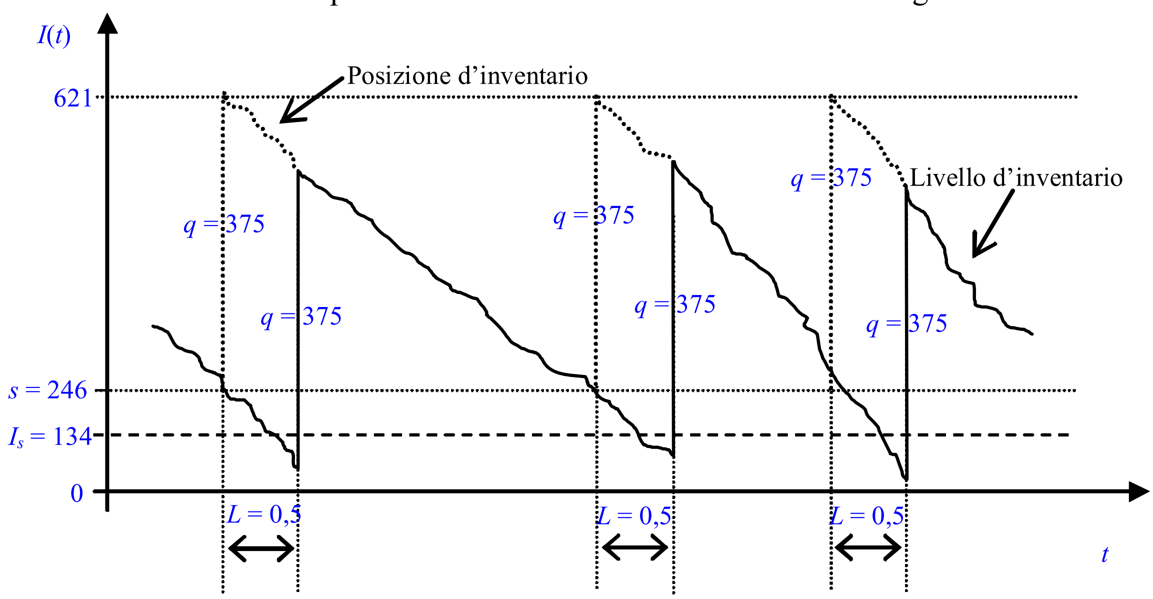
  In presenza di sconti di quantità su tutta la merce dobbiamo calcolare q_1 (valore ottimo per la prima fascia di prezzo con $c_1 = 55$ €/pallet valida per ordini non superiori a 300 pallet), e q_2 (valore ottimo per la seconda fascia di prezzo con $c_2 = 55 * (1 - 0{,}09) = 50{,}05$ €/pallet valida per ordini superiori a 330 pallet)

  $q_1 = \min\{300;\ \text{sqrt}(2\ k\ \bar{d}\ /\ [p\ c_1])\} = \min\{300;\ \text{sqrt}(2 \cdot 250 \cdot 225\ /\ [0{,}016 \cdot 55])\} = 300$ pallet
  $\mu(q_1) = (k\ \bar{d}\ / q_1 + c_1\ \bar{d} + p\ c_1\ (q_1/2 + I_s)) = (250 \cdot 225\ /\ 300 + 55 \cdot 225 + 0{,}016 \cdot 55 \cdot (300/2 + 134)) = (187{,}5 + 12375 + 294{,}9) = 12812{,}4$ €/mese

  $q_2 = \max\{301;\ \text{sqrt}(2\ k\ \bar{d}\ /\ [p\ c_2])\} = \max\{300;\ \text{sqrt}(2 \cdot 250 \cdot 225\ /\ [0{,}016 \cdot 50{,}05])\} \approx 375$ pallet
  $\mu(q_2) = (k\ \bar{d}\ / q_2 + c_2\ \bar{d} + p\ c_2\ (q_2/2 + I_s)) = (250 \cdot 225\ /\ 375 + 50{,}05 \cdot 225 + 0{,}016 \cdot 50{,}05 \cdot (375/2 + 134)) = (150 + 11261{,}2 + 257{,}4) = 11668{,}6$ €/mese

  Quindi scegliamo $q = q_2 = 375$ al quale è associato il costo inferiore.

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} = q/2 + I_s = 375/2 + 134 = 321{,}5$ pallet

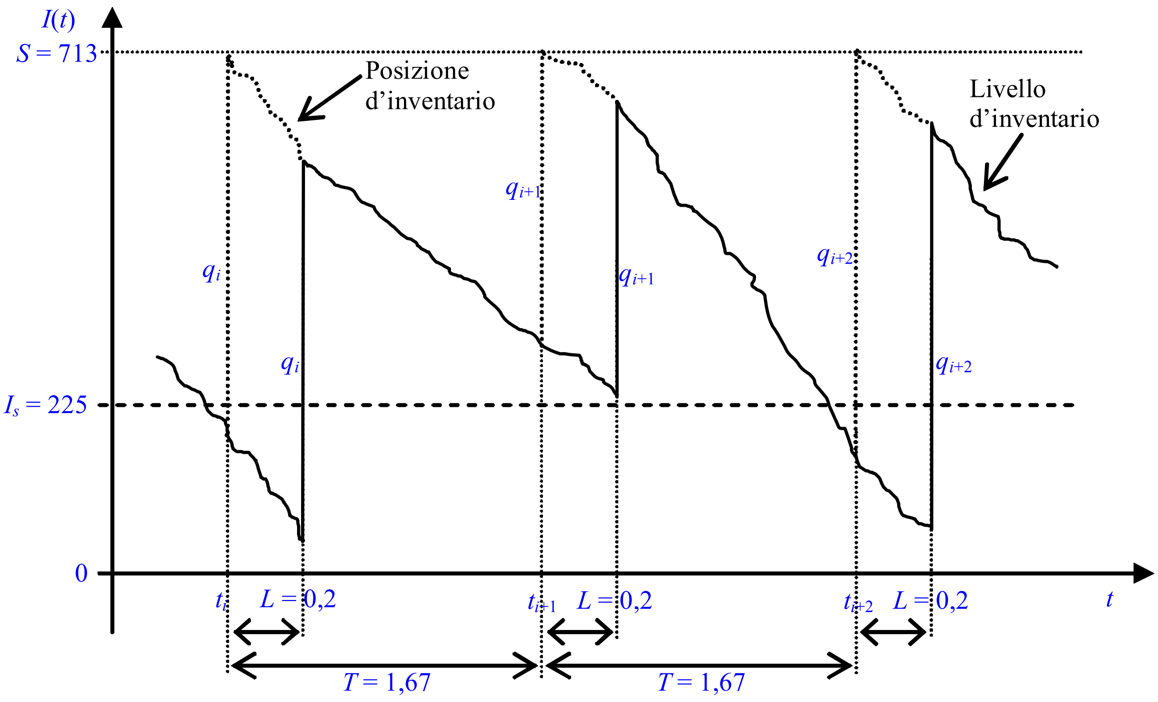
Il costo totale mensile comprensivo del costo di attuazione è:
$\mu(q) + c_{att}(\text{foq}) = (k\,\bar{d}\,/q + c_2\,\bar{d} + p\,c_2\,\hat{I}\,) + c_{att}(\text{foq}) = (250 \cdot 225 / 375 + 50{,}05 \cdot 225 + 0{,}016 \cdot 50{,}05 \cdot 321{,}5) + 10 = 11678{,}6$ €/mese

L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:
$ITR_{sem} = 6\,\bar{d} / \hat{I} = 6 \cdot 225 / 321{,}5 = 4{,}20$

Caso b) politica *fixed period*
Per la sua applicazione occorre determinare:

- periodo di riordino T
  dovremmo rifare le stesse considerazioni di prima quando abbiamo calcolato q e poi scegliere
  $T = q/\,\bar{d} = 375/225 \approx 1{,}67$ mesi ≈ 50 gg
- scorte di sicurezza $I_s = z_\alpha\,\text{sqrt}(\sigma_d^2\,(\bar{L} + T) + \sigma_L^2\,\bar{d}^2) = 2 \cdot \text{sqrt}(10633+2025) \approx 225$ pallet
- order-up-to-level $S = \bar{d}\,(L + T) + I_s = 225(0{,}5 + 1{,}67) + 225 \approx 713$ unità

L'andamento del livello e della posizione d'inventario indicativamente è il seguente.



Il livello medio d'inventario è $\hat{I} = \bar{d}\,T/2 + I_s = 225 \cdot 1{,}67 /2 + 225 = 412{,}9$ pallet

Il costo totale mensile comprensivo del costo di attuazione è:
$\mu(T) + c_{att}(\text{fp}) = (k/T + c_2\,\bar{d} + p\,c_2\,\hat{I}\,) + c_{att}(\text{fp}) = (250/1{,}67 + 50{,}05 \cdot 225 + 0{,}016 \cdot 50{,}05 \cdot 412{,}9) + 5 = 11746{,}9$ €/mese

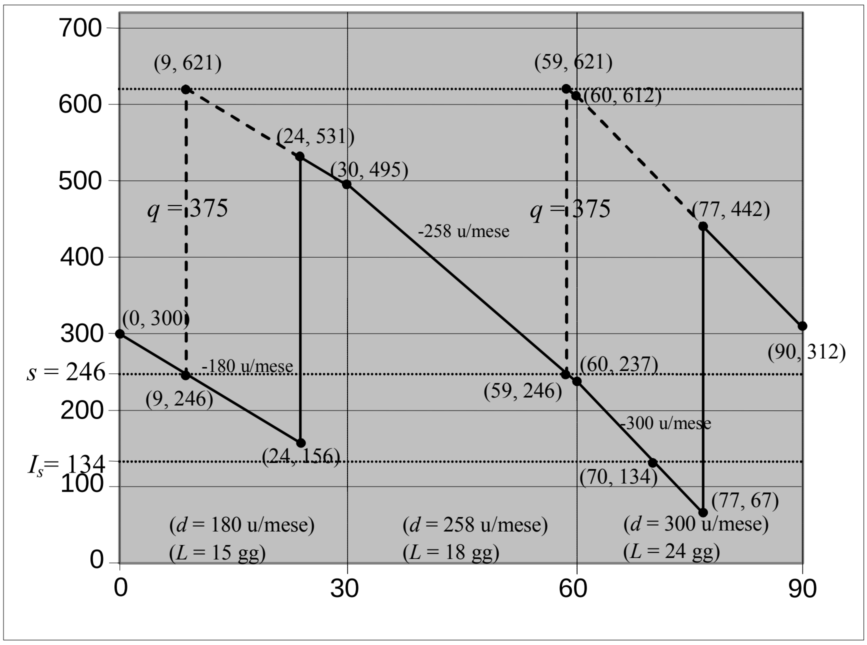
L'indice di rotazione di inventario semestrale (atteso) è:
$ITR_{sem} = 6\,\bar{d} / \hat{I} = 6 \cdot 225 / 412{,}9 = 3{,}27$

La miglior politica in base al costo totale mensile comprensivo del costo di attuazione è quindi la a) fixed order quantity.

Supponendo di poter ordinare solo centinaia di pallet consideriamo $q' = 400$ pallet al posto di $q = 375$ (soluzione ottima). Abbiamo quindi
$\mu(q') + c_{att}(\text{foq}) = (k\,\bar{d}\,/q' + c_2\,\bar{d} + p\,c_2\,(q'/2 + I_s)) + c_{att}(\text{foq}) = (250 \cdot 225 / 400 + 50{,}05 \cdot 225 + 0{,}016 \cdot 50{,}05 \cdot (400/2 + 134)) + 10 = 11679{,}34$ €/mese.
Quindi $[\mu(q') + c_{att}(\text{foq})]/[\mu(q) + c_{att}(\text{foq})] = 11679{,}34/11678{,}60 = 1{,}00006$, cioè un **aumento del costo di 0,006%**.

B)

Supponiamo 1 mese = 30 gg. Andamento del livello e della posizione d'inventario con f.o.q.:



C)

- *Analisi qualitativa*

Per entrambi gli scenari il livello totale atteso delle scorte presso i rivenditori è lo stesso in quanto i dati relativi alla stima della domanda e del lead time sono gli stessi nei due scenari. Diverso è il discorso se facciamo riferimento allo stadio dei centri di distribuzione. Lo scenario 1 è preferibile rispetto allo scenario 2 perché il livello atteso totale della merce presso i centri di distribuzione nello scenario 1 è inferiore a quello nello scenario 2 per due motivi:

1) Indicata con q_{S1} la quantità ordinata dal CD nello scenario 1 e con q_{S2} quella ordinata dal generico CD nello scenario 2 abbiamo rispettivamente q_{S1} = sqrt(2 k (4 $\bar{d}$)/h) e q_{S2} = sqrt(2 k (2 $\bar{d}$)/h), pertanto anche in assenza di variabilità della domanda ($\sigma_d = 0$) avremmo un livello d'inventario atteso complessivo X_{S2} nello scenario 2 pari a $X_{S2} = 2(q_{S2}/2) = q_{S2} = q_{S1}$/sqrt(2), mentre nello scenario 1 avremmo $X_{S1} = (q_{S1}/2)$. Quindi nello scenario 2 il livello d'inventario atteso complessivo X_{S2} sarebbe sqrt(2) volte più grande rispetto a quello X_{S1} dello scenario 1.
2) Lo scenario 1 è inoltre preferibile perché trae maggiormente vantaggio dal risk pooling (aggregazione del rischio) sulla variabilità della domanda rispetto allo scenario 2: nel primo scenario si aggrega la domanda dei 4 mercati, mentre nel secondo scenario la domanda è aggregata a coppie. Questo comporta una minore scorta di sicurezza nello scenario 1 rispetto allo scenario 2 (nonostante il lead time L_{S1}dello scenario 1 sia 1,5 volte più grande del lead time L_{S2}dello scenario 2). Indicata con Is_{S1} e con Is_{S2} le scorte di sicurezza presso il generico CD nello scenario 1 e 2 si ha in particolare che $Is_{S1} = z_\alpha$ (sqrt(4) σ_d) sqrt(L_{S1}) e $Is_{S2} = z_\alpha$ (sqrt(2) σ_d) sqrt(L_{S2}) = Is_{S1} sqrt(L_{S2}/ L_{S1})/ sqrt(2). Quindi il totale delle scorte di sicurezza nello scenario 2 , pari a $Is_{S2}^{tot} = 2\ Is_{S2}$, è [sqrt(2) sqrt($L_{S2}/L_{S1}$)] volte più grande rispetto a quello dello scenario 1, pari a $Is_{S1}^{tot} = Is_{S1}$, dove il fattore moltiplicativo [sqrt(2) sqrt(L_{S2}/L_{S1})] è maggiore di 1 visto che $L_{S1} = 1{,}5\ L_{S2}$.

Quindi sia per far fronte alla domanda attesa che alla sua variabilità si ha che il livello d'inventario totale atteso $\hat{I}_{CDS2} = X_{S2} + Is_{S2}^{tot}$ = sqrt(2) X_{S1} + [sqrt(2) sqrt(L_{S2}/L_{S1})] Is_{S1}^{tot} presso lo stadio dei centri di distribuzione nello scenario 2 è superiore a quello $\hat{I}_{CDS1} = X_{S1} + Is_{S1}^{tot}$ dello scenario 1. In conclusione è preferibile lo scenario 1.

- *Analisi quantitativa*

Scenario 1: CD

q_{S1} = sqrt(2 k (4 $\bar{d}$)/h) ≈ 750 pallet; $Is_{S1} = z_\alpha$ (sqrt(4) σ_d) sqrt(L_{S1}) ≈ 343 pallet;

$\hat{I}_{CDS1} = X_{S1} + Is_{S1}^{tot} = q_{S1}/2 + Is_{S1}$ = 375 + 343 = 718 pallet

Rivenditori

q = sqrt(2 k $\bar{d}$)/h) ≈ 375 pallet; $I_s = z_\alpha$ sqrt($\sigma_d^2\, \bar{L} + \sigma_L^2\, \bar{d}^2$) ≈ 134 pallet

$\hat{I}_R$ = 4 [q/2 + I_s] = 1286 pallet

Totale $\hat{I}_{S1} = \hat{I}_{CDS1} + \hat{I}_R$ = 718 + 1286 = 2004 pallet.

Scenario 2: CD

q_{S2} = sqrt(2 k (2 $\bar{d}$)/h) ≈ 530 pallet; $Is_{S2} = z_\alpha$ (sqrt(2) σ_d) sqrt(L_{S2}) ≈ 198 pallet;

$\hat{I}_{CDS2} = X_{S2} + Is_{S2}^{tot}$ = 2[q_{S2}/2 + Is_{S2}] = 530 + 396 = 926 pallet

Rivenditori

q = sqrt(2 k $\bar{d}$)/h) = 375 pallet; $I_s = z_\alpha$ sqrt($\sigma_d^2\, \bar{L} + \sigma_L^2\, \bar{d}^2$) ≈ 134 pallet

$\hat{I}_R$ = 4 [q/2 + I_s] = 1286

Totale $\hat{I}_{S2} = \hat{I}_{CDS2} + \hat{I}_R$ = 926 + 1286 = 2212 pallet.

Quindi abbiamo conferma che lo scenario 1 è preferibile al 2.