

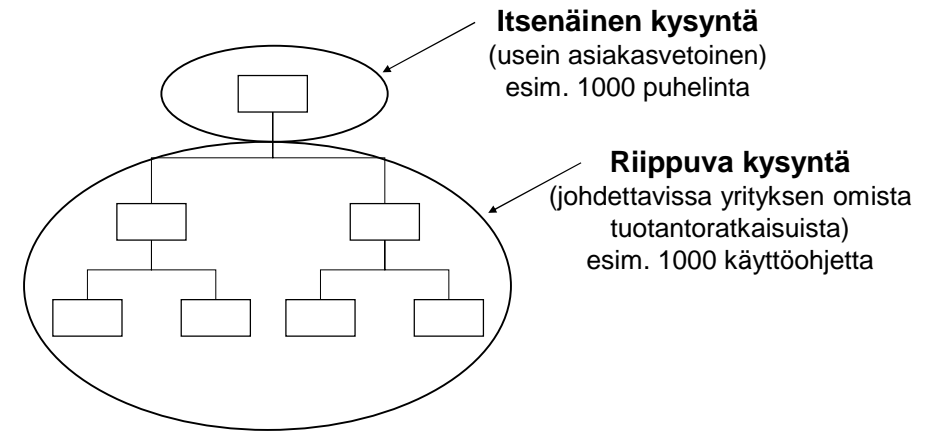
13

Varastojen
hallintaLuennon sisältö

- Varastohallinnan perusteet
- Kiinteä tilausmäärä (Q)
- Kiinteä tilausperiodi (P)
- Muita malleja

Varastohallinta riippuu kysynnän laadusta

- case itsenäisen vs. riippuvan kysynnän nimikkeet -



Kuinka paljon ja milloin tilataan?

Varastohallinta riippuu kysynnän laadusta

- case itsenäisen vs. riippuvan kysynnän nimikkeet -



Itsenäisen kysynnän nimikkeet

Materiaali-tyyppi	Lopputuotteet ja varasosat
Tavoite	Vastata asiakkaiden tarpeeseen
Kysynnän malli	Satunnainen
Ennusteiden pohja	Aikaisempi kysyntä
Tilausfilosofia	Täydennysorientoitunut
Eräkkö	EOQ ja muut varastohallintamallit
Valvonta	ABCD-analyysin pohjautuva

Varastohallinta on yllättävän poikkifunktionaalista!

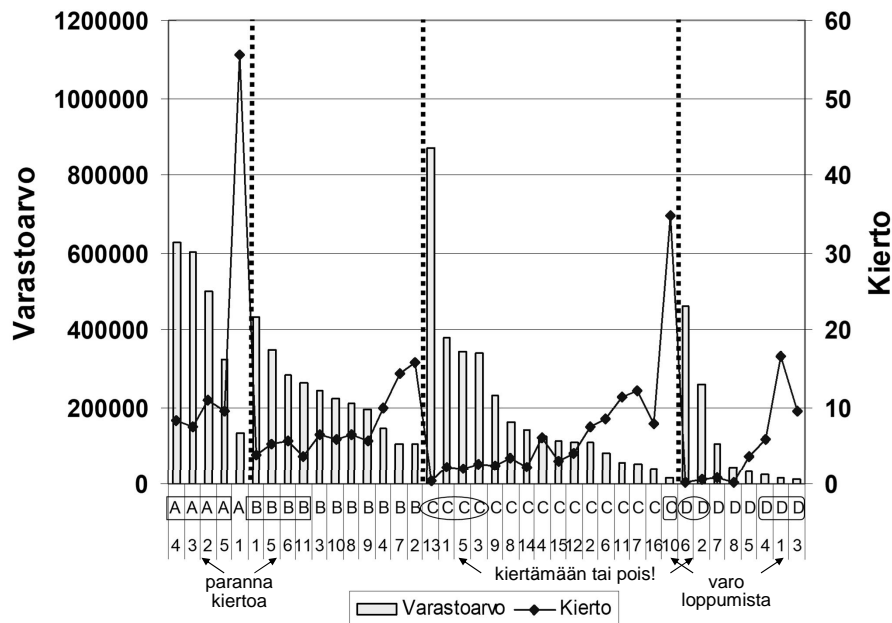
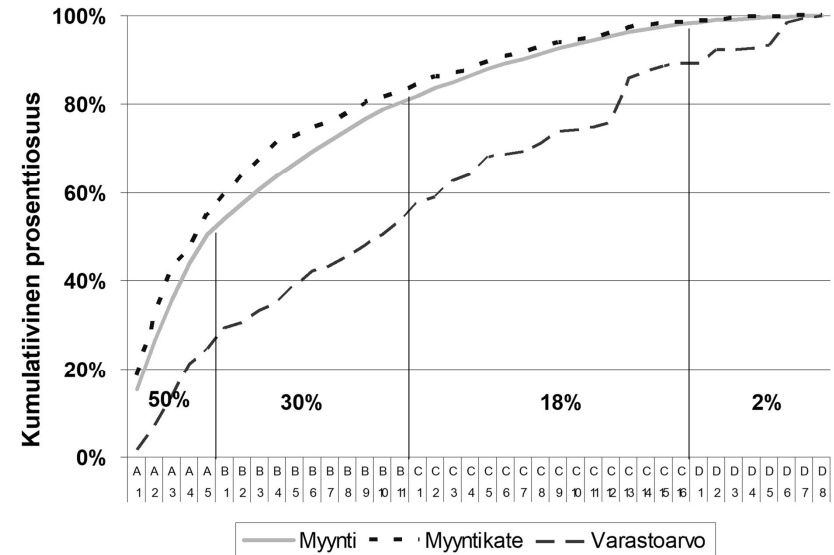
- Tehokkaan hallintajärjestelmän pyörittäminen on kokonaisvaltainen prosessi
 - kyettävä luokittelemaan tuotevalikoima ja valitsemaan sopivimmat hallintamallit jokaiselle tuotteelle
 - pystyttävä tekemään luotettavia kysyntäennusteita
 - estimoitava oikein jokaisen tuotteen varastoinnin kustannuskomponentit (säilytys, tilaaminen ja muut)
 - ymmärrettävä toimitusaikojen ja niiden vaihtelun merkitys
 - asetettava palvelutasot järkevästi jokaisella tuotteella
 - hallittava varastokirjanpito ja varmistettava tietojen virheettömyys
 - jne.

Myynti vaikuttaa varastohallintaan

- ABCD-luokittelu -

- **Varastoitavien tuotteiden tärkeyksissä eroja**
 - myynti- / käyttömäärät, tuottopotentiali, sijoitettu pääoma, puutekustannus, kriittisyys jne. ⇒ tuotteita tulee ohjata eri tavalla
 - ABCD-luokittelu jakaa tuotteet 4 kategoriaan myynnin perusteella
- **A- ja B-tuotteiden kohdalla tavoitteena korkea kierto ja hyvä palvelukyky**
 - tiukka vahtiminen, "jatkuva (A) ja jaksottainen menetelmä (B)", säännöllinen täydennys (muuttuva eräkoko) ja pienet toimituserät
- **C- ja D-tuotteiden kohdalla tavoitteena taloudellisen taakan minimointi**
 - "jaksottainen ja 2 -laatikon menetelmä", täydennyskustannusten minimointi, nimikkeiden vähentäminen
- **Luokittelu huomioi ainoastaan myyntimäärän**
 - perusmuodossaan ei huomioi tuotteen elinkaarta, kriittisyysastetta, "strategisia ominaisuuksia" jne.

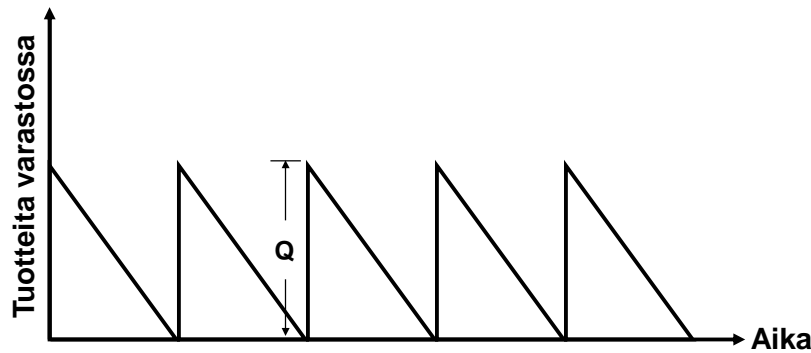
Pieni osuus tuotteista toisia tärkeämpiä



Myös tavoitteet vaikuttavat varastohallintaan

Swatch	Citizen	Rolex
<ul style="list-style-type: none"> • Alhainen hinta • Isoja alennuksia • ka. kate • ka. kierto 	<ul style="list-style-type: none"> • ka. hinta • Ei alennuksia • Korkea kate • Korkea kierto 	<ul style="list-style-type: none"> • Korkea hinta • Ei alennuksia • ka. kate • Huono kierto
<p>Minimoi ylimääräiset</p> <p>Satsaa markkinatutkimuksiin Varastoi myös keskitetysti Reagoi aikaiseen myyntidataan</p>	<p>Maksimoi volyyymi</p> <p>Varmista palvelutaso Sijoita myyntivarastoihin Paranna ennustamista</p>	<p>Minimoi varastokustannukset</p> <p>Alhaisemmat palvelutasot Keskitetyt varastot Toimipisteiden väliset kuljetukset</p>

Varastohallinta on teoriassa yksinkertaista - rajallinen määrä muuttujia ja klassinen sahalaitakuvio -



Yksi tuote, tasainen kysyntä, vakio toimitusaika jne.

Käytännössä malleissa paljon muuttujia

- **Kysynnän luonne**
 - tasainen vs. muuttuva
 - tunnettu vs. satunnainen
 - jatkuva vs. diskreetti
- **Toimitusaika**
 - välitön
 - vakio vs. satunnainen
 - deterministinen vs. stokastinen
 - sisäinen (viiveellinen/hidas)
- **Valvonta- / hallintamalli**
 - jatkuva vs. jaksottainen valvonta
- **Suunnittelun aikahorisontti**
 - yksi jakso, monta jaksoa, ääretön
- **Kapasiteetti / resurssit**
 - rajaton vs. rajallinen
- **Alennusten luonne**
 - ei, kpl-kohtainen, epäjatkuva, kerral.
- **Ylisuurikysyntä**
 - ei huomioida, menetettyä myyntiä, jälkitoimitukset, korvaavat nimikkeet
- **Nimikkeiden lukumäärä**
 - yksi vs. monta
- **Nimikkeiden elinikä**
 - ikuisia, tasaisesti vanhenevia, epälineaarisesti vanhenevia
- **Nimikkeiden riippuvuus**
 - itsenäisiä, korrelaation omaavia, toisistaan rakenteellisesti riippuvia
- **Varastojen lukumäärä**
 - yksi, rinnakkaisia, peräkkäisiä

Varastohallinnan perusmallit

- **Kiinteä tilausmäärä -mallit** (K&R: Q-system)
 - tiluserän koko vakio, tilausten aikaväli vaihtelee
 - economic order quantity (EOQ)
 - volyyrialennukset
 - economic production lot size (ELS)
 - vaatii jatkuvaa varastovalvontaa
 - yleistyneet viime aikoina tietoteknisten ratkaisuiden yleistyessä ja hintojen laskiessa (esim. viivakoodit, kassajärjestelmät, äänitunnisteet)
- **Kiinteä tilausperiodi -mallit** (K&R: P-system)
 - tiluserän eräkkö vaihtelee, tilausten aikaväli vakio
 - perustuu jaksottaiseen varastovalvontaan
 - menetelmänä vielä tällä hetkellä yleisemmin käytetty
- **Muita malleja**
 - esim. erilaiset laatikkojärjestelmät

Perusmallit toistensa vastakohtia

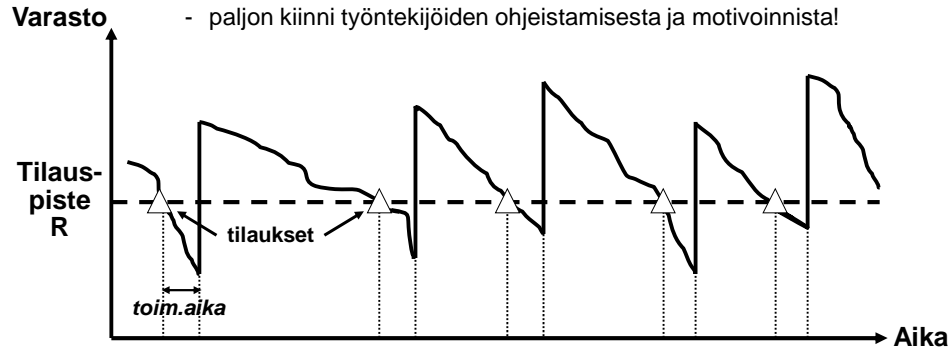
	Kiinteä tilausmäärä -mallit (Q)	Kiinteä tilausperiodi -mallit (P)
Varastovalvonta	Jatkuva	Jaksottainen
Tiluserän koko	Vakio (esim. EOQ)	Vaihtelee (lasketaan tilauksen ylätasosta)
Tilausten aikaväli	Vaihtelee (varaston pudotessa tilauspisteeseen)	Vakio (varaston tarkasteluvälin välein)
Organisoinnin kustannukset (esim. IT)	Korkeammat	Matalammat
Varaston koko	Pienempi	Suurempi
Sopivat tuotteet	Kriittiset, paljon myyvät, tuotteet	Vähemmän kriittiset tuotteet

Kiinteä tilausmäärä

- continuous review, Q-system -

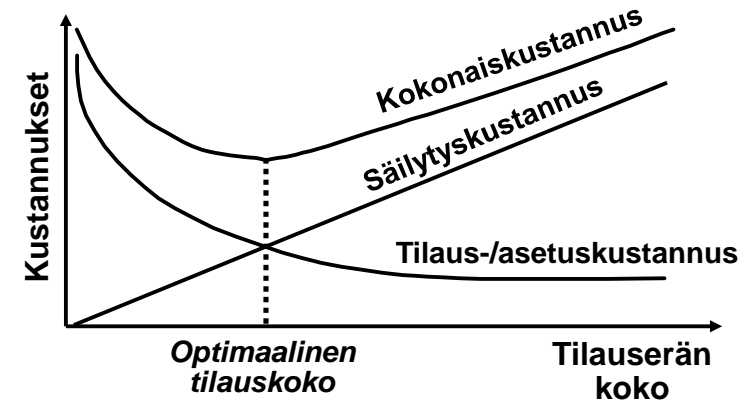
- Kiinteän tilausmäärän malleissa vakiokokoinen tilaus tehdään muuttuvilla tilausajankohdilla

- keskeisinä kysymyksinä tilauksen eräkkö ja "oikea" tilausajankohta (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)
- vaatii paljon erityisesti varastotiedoilta koska tietojen oltava aivan oikein
 - paljon kiinni työntekijöiden ohjeistamisesta ja motivoinnista!

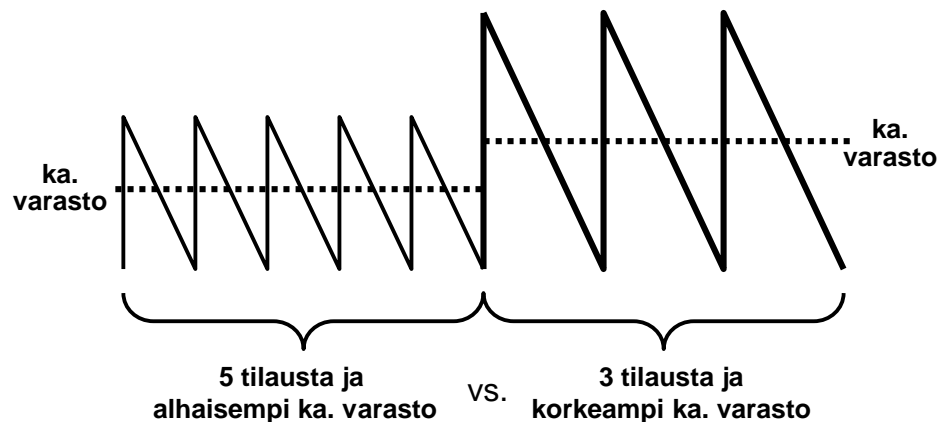


Kustannusten välillä selvä trade-off

- optimaalinen tilauskoko EOQ -



Optimaalinen tilauskoko riippuu kustannuskomponenttien suuruudesta



EOQ:n laskeminen

1. Määritä säilytyskustannus per tuote (ei aina helppoa L)

$$\text{Säilytyskustannukset} = \frac{Q}{2}(H) = \frac{\text{Eräkkö}}{2} * \text{Säilytyskustannus per tuote}$$

2. Määritä tilauskustannus per tilaus (ei aina helppoa L)

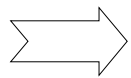
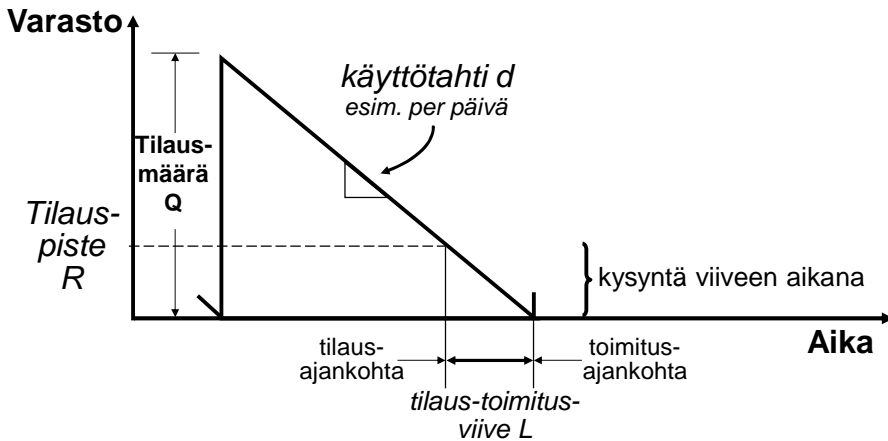
$$\text{Tilaukustannukset} = \frac{D}{Q}(S) = \frac{\text{Kysyntä}}{\text{Eräkkö}} * \text{Tilaukustannus per tilaus}$$

3. Ratkaise kokonaiskustannusten derivaatan nollakohta (= millä eräkköllä säilyttäminen ja tilaaminen on yhtä kallista J)

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 * \text{Kysyntä vuodessa} * \text{Tilaukustannus per tilaus}}{\text{Säilytyskustannus per tuote per vuosi}}}$$

Tilauspisteen määrittäminen EOQ-mallissa

- $R = dL$ -



Tilaa EOQ:n osoittama määrä varaston pudotessa tilauspisteeseen

Tarkkana:
EOQ -kaavan yksiköt muistettava!

EOQ esimerkki

Kissahotelli tarvitsee toimiakseen runsaasti kissanhiekkaa. Kissanhiekasta hotelliyrittäjä joutuu maksamaan \$11,70/pussi ja hiekan tarve on keskimäärin 90 pussia viikossa. Tilaukustannusten hän on arvioinut olevan \$54 per tilaus ja säilytyskustannusten 27% ostohinnasta (per annum). Hiekan toimitusaika on tällä hetkellä 3 viikkoa (18 työpäivää). Hotelli käyttää jatkuvaa varastovalvontaa ja on auki ympäri vuoden (52 viikkoa, 6 päivää viikossa). Laske optimaalinen tilauskoko, tilausten väli, tilauspiste ja vuosittaiset kokonaiskustannukset.

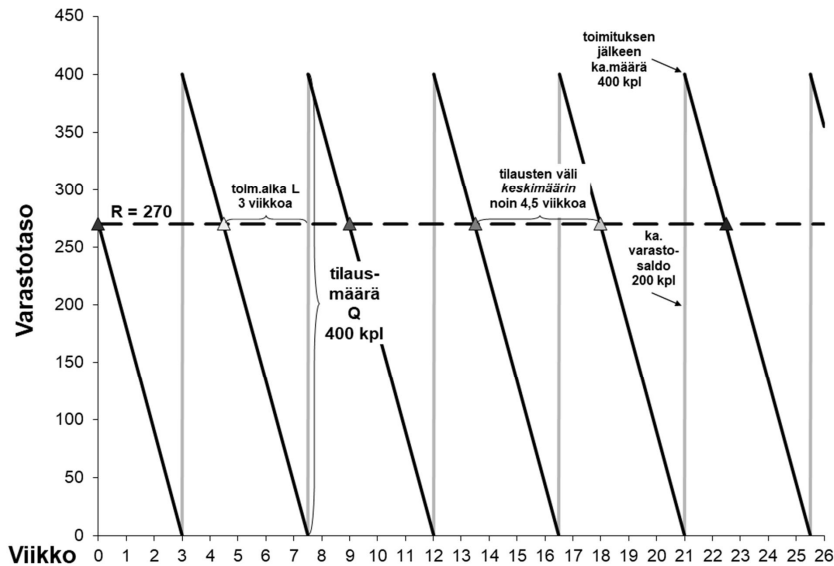
Tilauskoko: $EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (90 \cdot 52) \cdot 54}{11,70 \cdot 27\%}} = 400 \text{ kpl}$
ka.varasto 200 kpl

Tilausten väli: $TBO = \frac{EOQ}{D} = \frac{400}{90 \cdot 52} = 0,08547 \text{ vuotta} \approx 4,44 \text{ vko}$
tilauksia vuodessa 11,7 kpl

Tilauspiste: $R = dL = 90 \cdot 3 = 270 \text{ kpl}$

Kustannukset: $TC = \frac{Q}{2} \cdot H + \frac{D}{Q} \cdot S = \frac{400}{2} \cdot (11,70 \cdot 27\%) + \frac{4680}{400} \cdot 54$
 $TC = 631,80 + 631,80 = \$1263,60$

EOQ esimerkki

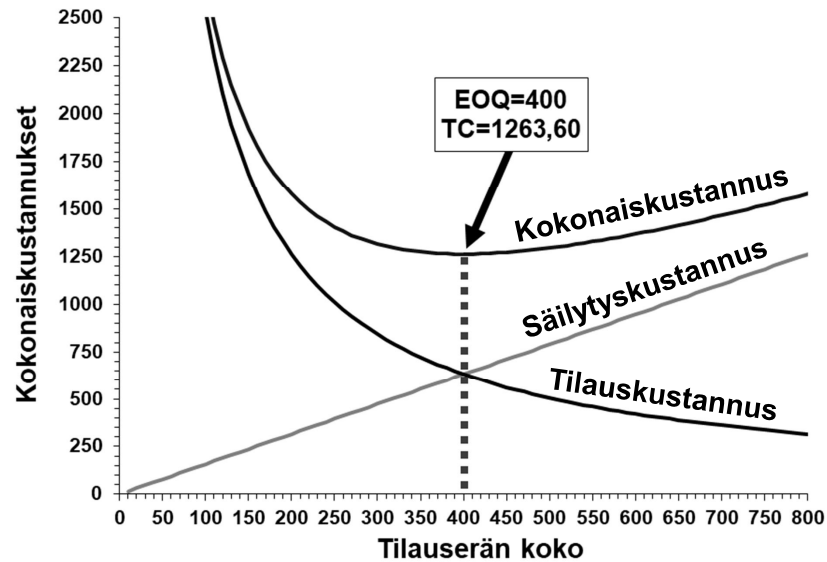


EOQ:n herkkyysanalyysi

- **Kokonaiskustannusfunktio EOQ:n lähellä melko tasaisen muotoinen**
 - erityisesti optimipisteestä oikealle kokonaiskustannukset nousevat melko vähän
 - funktion tasainen muoto tarkoittaa myös, että pienehköt virheet kustannustekijöiden estimoinnissa (ja täten tilausmäärissä) ei kauheasti nosta kokonaiskustannuksia optimista
- **Eri muuttujien vaikutus eräkokoön nähdään suoraan kaavasta**
 - kysynnän (D) kasvu nostaa eräkoko
 - tilaukustannusten (S) kasvu nostaa eräkoko
 - säilytyskustannusten (H) kasvu pienentää eräkoko
 - kasvu "omakustannushinnassa" tai "säilytyskustannusprosentissa" (pääoma/tilat&henkilöstö/säilytysriski/vakuutukset&verot)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

EOQ:n ympärillä erot kustannuksessa pienet



EOQ-mallissa monia perusoletuksia

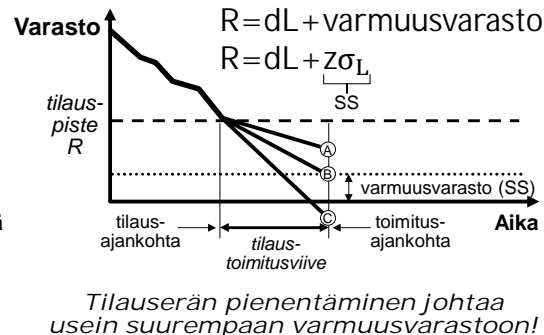
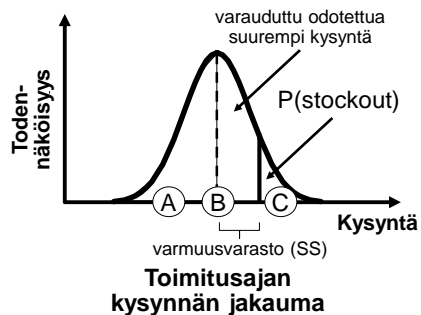
- **Kysyntä on tasaista ja tiedossa**
 - kysyntä täytetään varastosta; ei tavarantoimitusta, jälkitoimituksia tai muutakaan epävarmuutta
- **Toimitusaika on vakio ja tiedossa**
- **Tuotteen yksikköhinta on kiinteä**
 - ei volyyomialennuksia
- **Toimitukset ovat kokonaisia eriä**
 - vain yksi toimituskerta per tilaus, ei maksimitilauuseräkkoa
- **Rajatut kustannustekijät**
 - säilytys- ja tilaus- ainoat kustannukset
 - säilytyskustannus perustuu keskimääräiseen varastoon ja tilaukustannus oletettu vakioksi
- **Tuotteet toisistaan riippumattomia**

Kuinka realistisia oletuksia?

EOQ-mallin laajennuksia

- kysynnän epävarmuuden huomioiminen -

- **Kysyntä on harvoin ihan tasaista ja puutekustannus voi olla suurin kustannuserä**
 - odotettua suurempaan kysyntään varaudutaan varmuusvarastolla, jonka kokoon vaikuttaa optimoitu / "johdon" päättämä palvelutaso ja tilaus-toimitusviiveen aikaisen kysynnän keskihajonta



Varmuusvarasto esimerkki

Kissanhiekan käyttö Kissanhotellissa ei ole aivan tasaista. Hiekan kriittisyyden vuoksi yrittäjä haluaa varautua myös ennustettua korkeampiin tarvemääriin. Riittäväksi palvelutasoksi hän on päättänyt 80%. Kysynnän keskihajonnaksi on historiallisesta datasta laskettu 15 pussia viikossa. Kuinka varmuusvaraston olemassaolo muuttaa varastoinnin keskeisiä tunnuslukuja?

Tilaukoko ja tilausten väli: 400 kpl ja 4,44 viikkoa (pysyvät samoina)

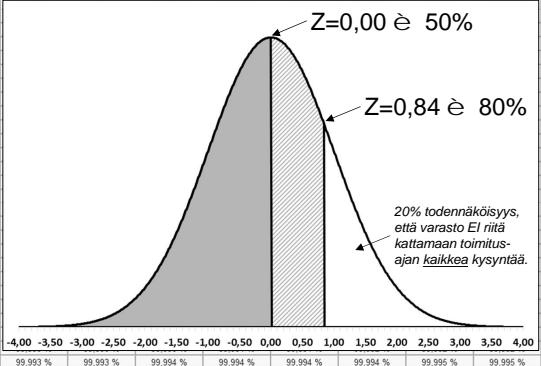
Tilaukspiste: $R = dL + \text{varmuusvarasto} = dL + z\sigma_L$

palvelutason z-arvo määritetään normaalijakauman kertymäfunktion avulla

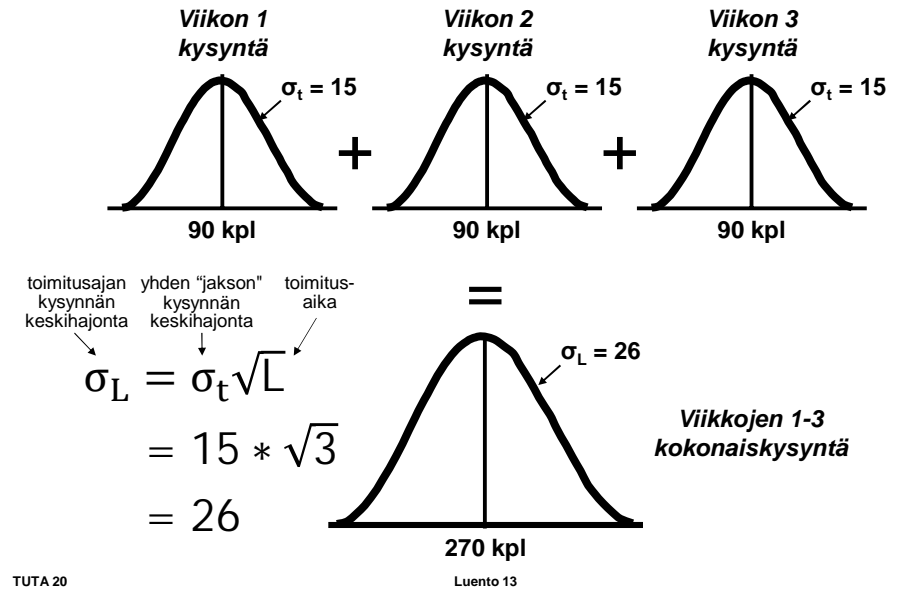
toimitusajan kysynnän hajonta lasketaan yhden jakson kysynnän hajonnan ja jaksojen lukumäärän neliöjuuren avulla

Palvelutason z-arvon määrittäminen

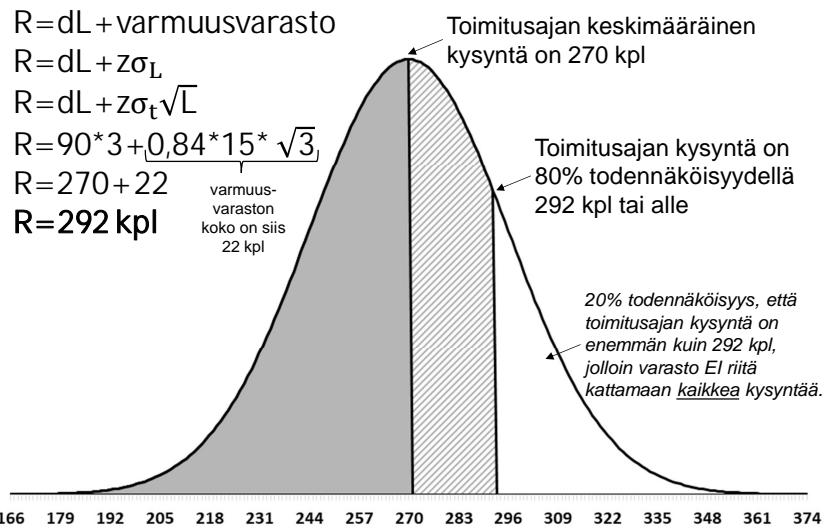
z	+0,00	+0,01	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,09
0,0	50,000%	50,399%	50,798%	51,197%	51,595%	51,994%	52,392%	52,790%	53,188%	53,586%
0,1	53,983%	54,380%	54,776%	55,172%	55,567%	55,962%	56,356%	56,749%	57,142%	57,535%
0,2	57,928%	58,317%	58,706%	59,095%	59,483%	59,871%	60,257%	60,642%	61,026%	61,409%
0,3	61,791%	62,172%	62,552%	62,930%	63,307%	63,683%	64,058%	64,431%	64,803%	65,173%
0,4	65,542%	65,910%	66,276%	66,640%	67,003%	67,364%	67,724%	68,082%	68,439%	68,793%
0,5	69,146%	69,497%	69,847%	70,194%	70,540%	70,884%	71,226%	71,566%	71,904%	72,240%
0,6	72,575%	72,907%	73,237%	73,565%	73,891%	74,215%	74,537%	74,857%	75,175%	75,490%
0,7	75,804%	76,115%	76,424%	76,730%	77,035%	77,337%	77,637%	77,935%	78,230%	78,524%
0,8	78,814%	79,103%	79,389%	79,673%	79,955%	80,234%	80,511%	80,786%	81,057%	81,327%
0,9	81,594%	81,858%	82,121%	82,381%	82,639%	82,894%	83,147%	83,398%	83,646%	83,891%
1,0	84,134%	84,375%	84,614%	84,849%	85,083%	85,314%	85,543%	85,769%	85,993%	86,214%
1,1	86,433%	86,650%	86,864%	87,076%	87,286%	87,493%	87,698%	87,900%	88,100%	88,298%
1,2	88,493%									90,147%
1,3	90,320%									91,774%
1,4	91,924%									93,189%
1,5	93,319%									94,408%
1,6	94,520%									95,449%
1,7	95,543%									96,327%
1,8	96,407%									97,062%
1,9	97,128%									97,670%
2,0	97,725%									98,169%
2,1	98,214%									98,574%
2,2	98,610%									98,899%
2,3	98,928%									99,158%
2,4	99,180%									99,361%
2,5	99,379%									99,520%
2,6	99,534%									99,643%
2,7	99,653%									99,736%
2,8	99,744%									99,807%
2,9	99,813%									99,861%
3,0	99,865%									99,900%
3,1	99,903%									99,929%
3,2	99,931%									99,950%
3,3	99,952%									99,965%
3,4	99,966%									99,976%
3,5	99,977%									99,983%
3,6	99,984%									99,989%
3,7	99,989%									99,992%
3,8	99,993%									99,995%
3,9	99,995%									99,997%
4,0	99,997%									99,998%



Toimitusajan kysynnän hajonnan laskeminen



Tilauspiste varmuusvaraston kanssa



Varmuusvarasto esimerkki

Kissanhiekkan käyttö Kissanhotellissa ei ole aivan tasaista. Hiekan kriittisyyden vuoksi yrittäjä haluaa varautua myös ennustettua korkeampiin tarvemääriin. Riittäväksi palvelutasoksi hän on päättänyt 80%. Kysynnän keskihajonaksi on historiallisesta datasta laskettu 15 pussia viikossa. Kuinka varmuusvaraston olemassaolo muuttaa varastoinnin keskeisiä tunnuslukuja?

Tilauskoko ja tilausten väli: 400 kpl ja 4,44 viikkoa (pysyvät samoina)

Tilauspiste: $R = dL + z\sigma_L = dL + z\sigma_t\sqrt{L}$

$= 90 \cdot 3 + 0,84 \cdot 15 \cdot \sqrt{3} = 292 \text{ kpl}$

toimitusaika σ_t

normaalijakaumasta σ_L

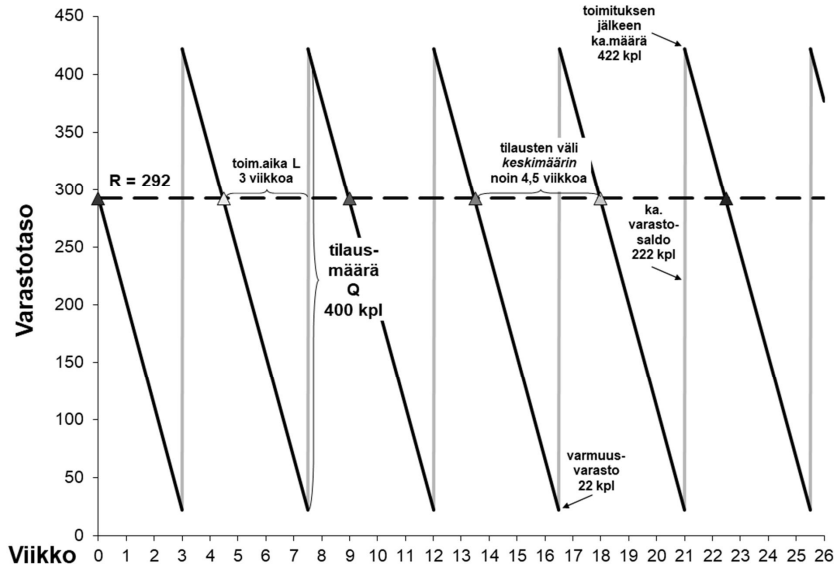
varmuusvarasto 22 kpl

Kustannukset: $TC = \left(\frac{Q}{2} + SS\right)H + \frac{D}{Q}S$

$TC = \left(\frac{400}{2} + 22\right) \cdot (11,70 \cdot 27\%) + \frac{4680}{400} \cdot 54 = 701,3 + 631,8 = \$1333,10$

+\$69,50 vuodessa

Varmuusvarasto esimerkki

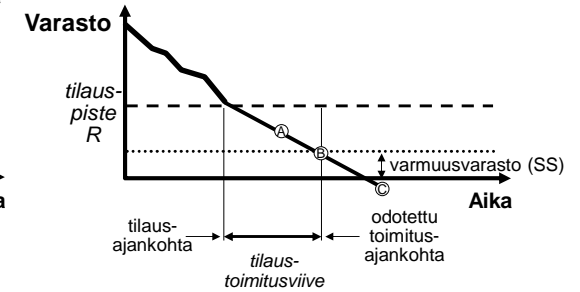
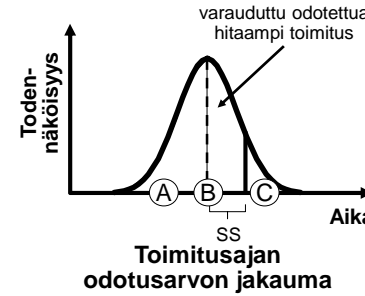


EOQ-mallin laajennuksia

- toimitusaikojen vaihtelevuuden huomioiminen -

• Toimitusajoissa usein valitettavaa vaihtelua

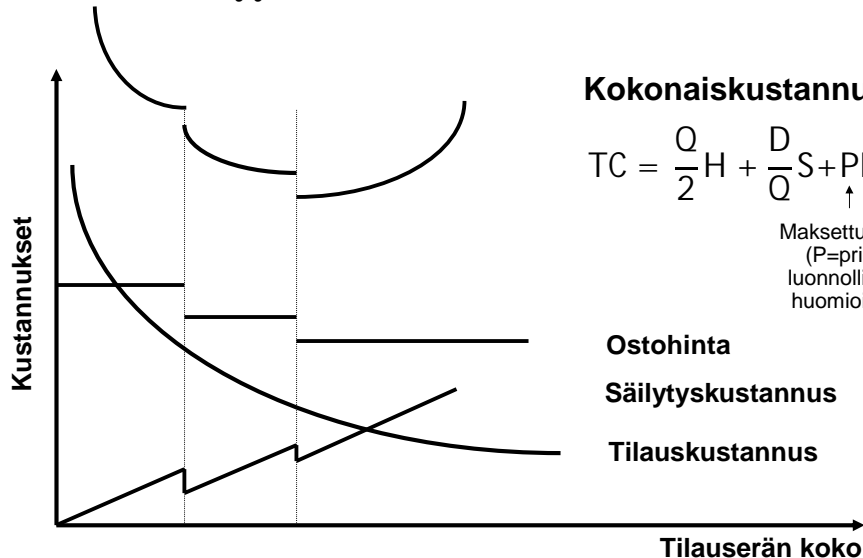
- odotettua hitaampaan toimitukseen varaudutaan varmuusvarastolla



Toimitusaikojen vaihtelun pienentäminen voi olla kustannustehokkaampaa kuin lyhentäminen!

EOQ-mallin laajennuksia

- volyomialennusten huomioiminen -



Kokonaiskustannus:

$$TC = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S + PD$$

Maksettu hinta (P=price) luonnollisesti huomioitava

Ostohinta

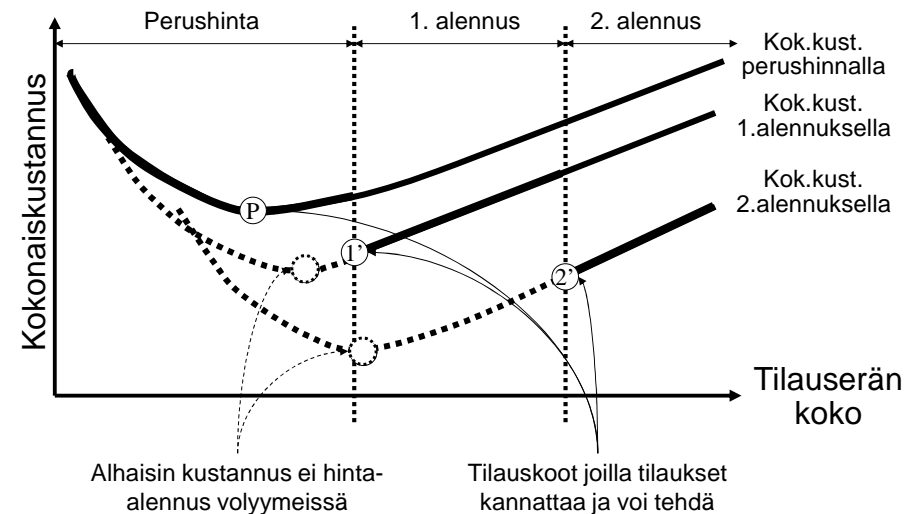
Säilytyskustannus

Tilaukustannus

Tilauserän koko

EOQ-mallin laajennuksia

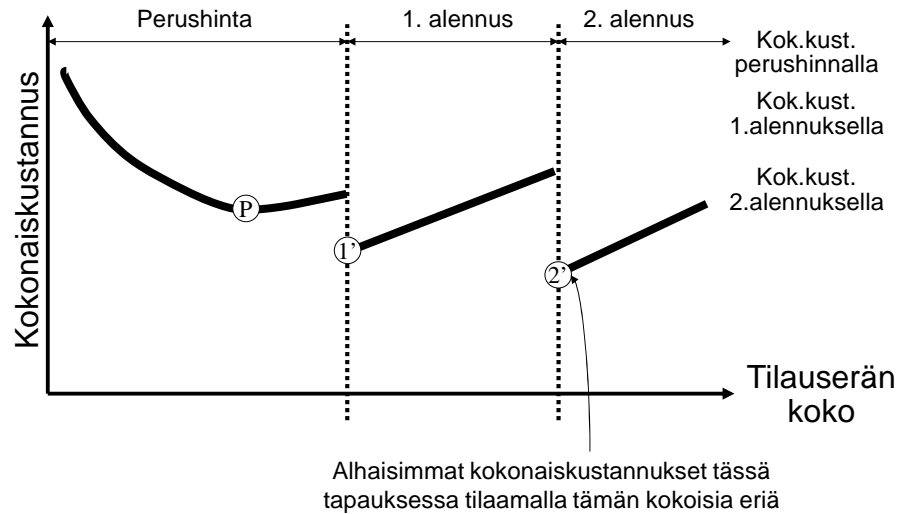
- volyomialennusten huomioiminen -



Alhaisin kustannus ei hintalennus volyymeissä

Tilaukoot joilla tilaukset kannattaa ja voi tehdä

EOQ-mallin laajennuksia - volyymialennusten huomioiminen -



Volyymialennus esimerkki

Baseball-joukkue pohtii minkä kokoisissa erissä sen kannattaisiin ostaa mailansa. Päätöksentekoa varten ostopäällikkö on kerännyt tarvittavat sisäiset tiedot; mailojen kokonaistarve on 208 kpl vuodessa, tilaaminen maksaa \$70 per kerta ja mailojen säilytys maksaa 38% hankintahinnasta per vuosi. Mailojen myyjä on hinnoitellut mailan ostoerän koon mukaan; tilattaessa 1-11 kpl kerralla hinta on \$54,00 per kpl, tilattaessa 12-143 kpl \$51,00 per kpl ja tilattaessa 144 tai enemmän \$48,50 per kpl. Minkä kokoisia ostoeriä joukkueen tulisi käyttää?

Hinta \$54,00: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (54,00 \cdot 38\%)} = 37,7 \approx$ tilaa EOQ-määrä 38

$$TC = \frac{38}{2} \cdot (54,00 \cdot 38\%) + \frac{208}{38} \cdot 70 + 54,00 \cdot 208 = 390 + 383 + 11232 = \$12005$$

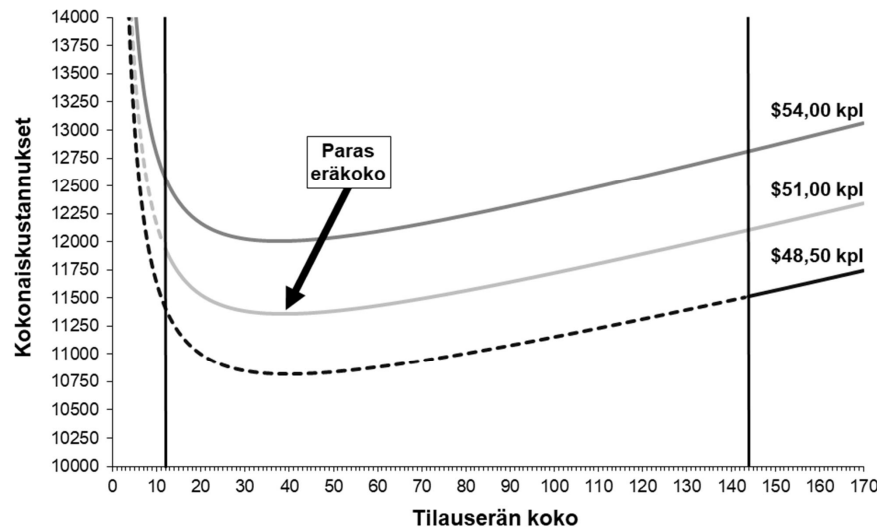
Hinta \$51,00: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (51,00 \cdot 38\%)} = 38,7 \approx$ tilaa EOQ-määrä 39

$$TC = \frac{39}{2} \cdot (51,00 \cdot 38\%) + \frac{208}{39} \cdot 70 + 51,00 \cdot 208 = 378 + 373 + 10608 = \$11359$$

Hinta \$48,50: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (48,50 \cdot 38\%)} = 39,7 \approx$ tilattava vähintään 144

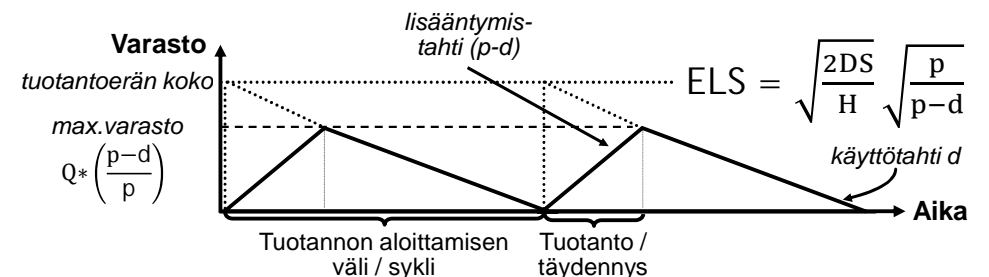
$$TC = \frac{144}{2} \cdot (48,50 \cdot 38\%) + \frac{208}{144} \cdot 70 + 48,50 \cdot 208 = 1327 + 101 + 10088 = \$11516$$

Volyymialennus esimerkki



EOQ-mallin laajennuksia - hitaan täydennyksen huomioiminen -

- **Varastotäydennys voi tapahtua myös tasaisesti jonkin ajan kuluessa (kaikkea ei toimiteta kerralla)**
 - tuotanto- ja suuryritystilanteissa varsin käytännöllinen
 - esim. tuotantoprosessin peräkkäiset vaiheet tai tilanne jossa oma tehdas ja vähittäismyymälä (yritys siis sekä erän valmistaja että käyttäjä)
 - käyttökelpoinen myös muissa tilanteissa
 - esim. tilaus lähetetään osina asiakkaalle heti kun jotain valmiina (Amazon)



ELS esimerkki

Vertikaalisesti integroitunut kokolattiamattoyritys valmistaa itse suosittua Super Shag mallia. Super Shagin kysynnän on arvioitu olevan noin 10000 metriä vuodessa. Sisäinen laskenta osoittaa, että kyseisen mallin tapauksessa koneiden asetuskustannukset ovat 150 € per kerta ja valmiin maton säilytyskustannukset ovat noin 0,75 € per metri per vuosi. Tuotantotehdas pystyy valmistamaan Super Shag mattoa 150 metriä päivässä. Tehtaalla on toimintaa jälleenmyyntiliikkeen tapaan kuutena päivässä viikossa (311 päivää vuodessa) ja kuljetukset tehtaalta tapahtuvat päivittäin.

Määritä Super Shag maton optimaalinen tuotantoerän koko ja toiminnan kokonaiskustannukset. Piirrä myös varaston kehitystä kuvaavat "varastokolmiot".

Tuotantoerän koko:

$$ELS = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 150}{0,75}} \sqrt{\frac{150}{150 - 32,15}} \leftarrow 10000\text{m}/311\text{päivää}$$

$$= 2000 \cdot 1,1286 \approx 2257 \text{ metriä}$$

ELS kpl-määrä > EOQ kpl-määrä johtuen juuri hitaan täydennyksen luonteesta (vaikutus varastomäärään)

ELS esimerkki

Kustannukset:

$$TC = \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) H + \frac{D}{Q} S = \frac{2257}{2} * \left(\frac{150-32,15}{150} \right) * 0,75 + \frac{10000}{2257} * 150$$

$$= 665 + 665 = 1330 \text{ €}$$

Tuotannon aloittamisen väli: Tuotantoerän valmistusaika:

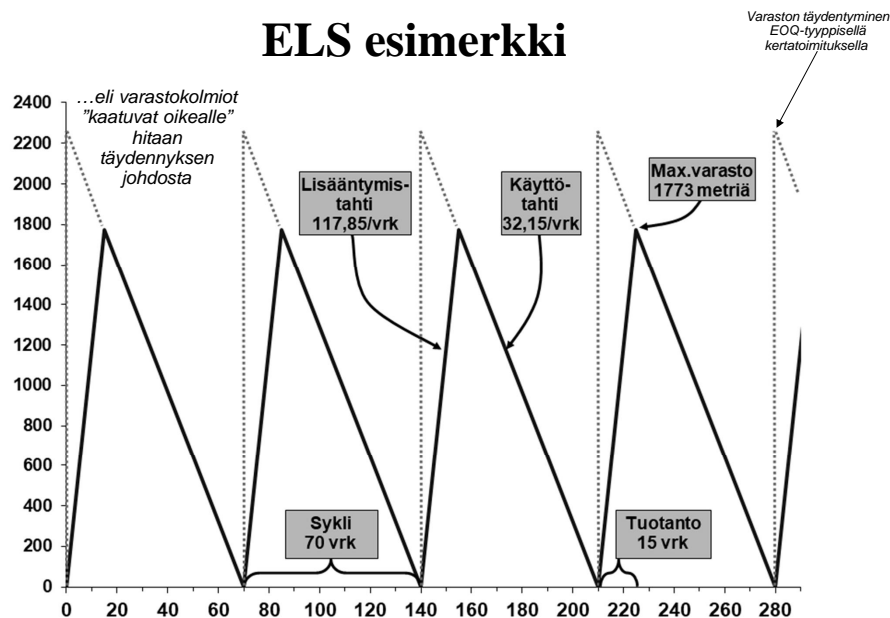
$$\frac{ELS}{d} = \frac{2257}{32,15\text{m/pv}} \approx 70 \text{ päivää}$$

$$\frac{ELS}{p} = \frac{2257}{150\text{m/pv}} \approx 15 \text{ päivää}$$

Maksimaalinen varasto (tuotantoerän tuotannon lopussa):

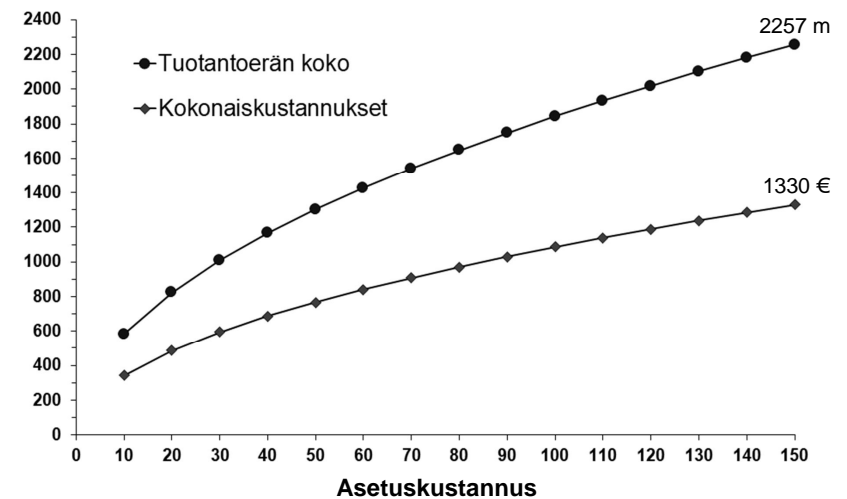
$$Q * \left(\frac{p-d}{p} \right) = 2257 * \frac{150 - 32,15}{150} = 1773 \text{ metriä}$$

ELS esimerkki



ELS esimerkki

- asetuskustannukset, eräkkoko ja kokonaiskustannukset -



EOQ-mallin laajennuksia

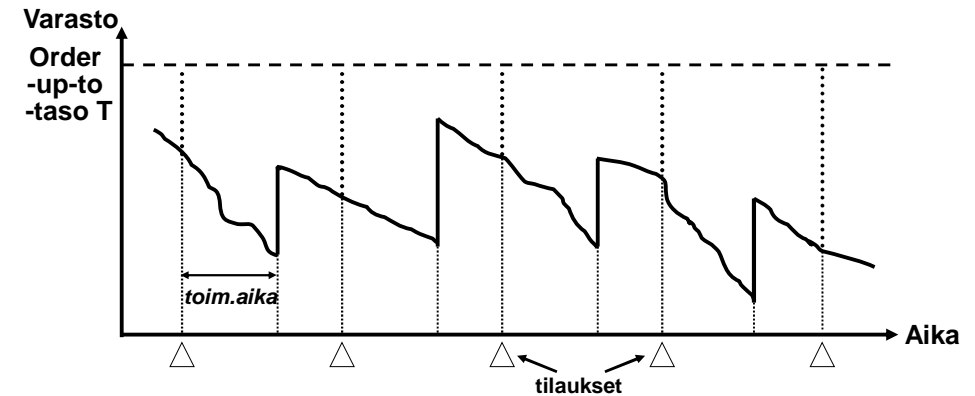
- hitaan täydennyksen huomioiminen -

- **Huomioita ELS ja EOQ malleista...**
 - jos p on paljon suurempi kuin d, niin ELS ja EOQ ovat lähes samoja
 - hitaasta käyttötahdista johtuen varaston täyttö siis EOQ:n tapainen
 - jos p ja d ovat lähes samankokoisia, niin tuotanto muistuttaa vähemmän erätuotantoa ja enemmän tuotantolinjaa
 - tuotteita siis käytetään samaa tahtia kuin niitä valmistetaan ja tuotanto on lähes jatkuvaa
 - asetuskustannusten laskeminen pienentää optimaalista tuotantoerän kokoa
 - säästöjä tulee myös säilytyskustannusten pienenemisestä
 - yritysyhteistyöllä ja tilauskustannusten vakioinnilla tilauserän kokoa voidaan pudottaa dramaattisesti (⇔ JIT-tuotanto)

Kiinteä tilausperiodi

- periodic review, P-system -

- **Kiinteän tilausperiodin malleissa vakiopituisin tilausvälein tehdään muuttuvan kokoinen tilaus**
 - keskeisinä kysymyksinä tilausvälin pituus ja tilaukseen määrittäminen (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)



Kiinteä tilausperiodi

- periodic review, P-system -

- **Jaksottaista valvontaa käytetään, koska jatkuva valvonta ei ole aina taloudellisesti kannattavaa ja vie liikaa aikaa**
 - osa tilauksista voidaan myös tehdä ainoastaan tietyin aikavälein
 - esim. ruokakaupassa kiinteät toimitusaikataulut ja reitit
 - käypä myös kun tilataan useita tuotteita samalta toimittajalta
- **Jaksottainen seuranta luonnollisesti lisää tavaran loppumisen (stock-out) riskiä**
 - samaan palvelutasoon tarvitaan suurempi varmuusvarasto koska joudutaan varautumaan myös tarkasteluvälin (P) aikaiseen kysynnän vaihteluun ($\sigma_{P+L} > \sigma_L$)
- **Kysyntä vaikuttaa tilattavaan määrään**
 - eli tuotteiden sesongit huomioitava jne.

Kiinteän tilausperiodin keskeiset kaavat

Varaston tarkasteluväli / tilausten tekoväli:

$$P = \frac{EOQ}{D \text{ tai } d}$$

Ideana määrittää tarkasteluväli niin, että tilattava (vaihteleva) määrä "pyörisi" EOQ-määrän ympärillä (oletuksena tasainen kysyntä)

Tilauksen ylätaso:

$$T = \overbrace{d(P + L)}^{\text{kysyntä per "jakso" (tark.väli+toim.aika)}} + \overbrace{Z\sigma_{P+L}}^{\text{varmuus-varasto}}$$

Kysynnän keskihajonta tarkasteluvälin ja toimitusajan aikana:

$$\sigma_{P+L} = \sigma_t \sqrt{\overbrace{P + L}^{\text{yhden "jakson" kysynnän keskihajonta}}}$$

Tarkkana: laskujen aikayksiköiden oltava linjassa!

Tilattava määrä:

$$Q = T - IP \leftarrow \begin{matrix} IP = \text{varastopositio (inventory position)} \\ \text{nykyinen varasto + aikaisemmin tehdyt vielä saapumattomat tilaukset - jälkitilaukset} \end{matrix}$$

Kustannukset:

$$TC = \left(\frac{dP}{2} + SS \right) H + \frac{D}{dP} S$$

Kiinteän tilausperiodin esimerkki

Kiireiden vuoksi kissahotelli on päättänyt siirtyä jaksottaiseen varasto- ja tilausvalvontaan. Selvitä varaston tarkasteluväli, tilauksen ylätaso, tilattava määrä jos varastossa on tällä hetkellä 330 pussia hiekkaa ja vuosittaiset varaston kokonaiskustannukset.

Varaston tarkasteluväli / tilausten tekoväli: $P = \frac{EOQ}{D} = \frac{400}{4680} * 52 = 4,44 \approx 4,5 \text{ vko}$

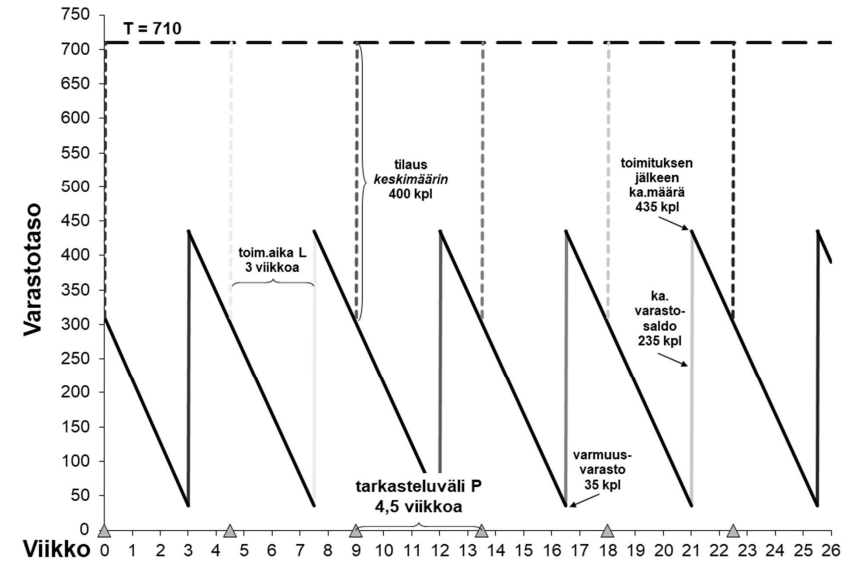
Tilauksen ylätaso: $T = d(P + L) + z\sigma_t\sqrt{P + L}$
 $= 90 * (4,5 + 3) + 0,84 * 15 * \sqrt{4,5 + 3} \approx 710 \text{ kpl}$
varmuusvarastoa 35 kpl (+13 kpl)

Tilattava määrä: $Q = T - IP = 710 - 330 = 380 \text{ kpl}$

Kustannukset: $TC = \left(\frac{dP}{2} + SS\right)H + \frac{D}{dP}S$
Nousevat hieman suuremman varmuusvaraston vuoksi

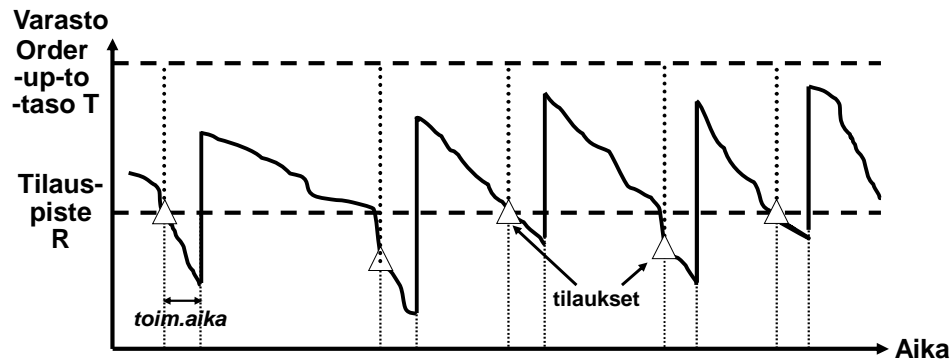
$TC = \left(\frac{90 * 4,5}{2} + 35\right) * (11,70 * 27\%) + \frac{4680}{90 * 4,5} * 54 \approx 750 + 624 \approx \1374

Kiinteän tilausperiodin esimerkki



Muitakin varastohallintamalleja löytyy extra - case order-point, order-up-to-level system -

- Vaikka käytetään jatkuvaa valvontaa, niin sekä tilauskoko että tilausväli vaihtelevat
 - keskeisinä kysymyksinä tilaukseen määrittäminen ja "oikea" tilausajan kohta (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)

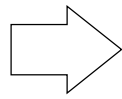
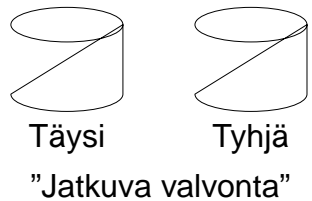


Muitakin varastohallintamalleja löytyy extra - case order-point, order-up-to-level system -

- Tilaus tehdään aina kun varastosaldo putoaa tilauspisteeseen tai sen alle
- Tiluserän koko määräytyy tilauksen ylätason avulla
 - jos käyttöerät ovat yksittäiskappaleita systeemi on identtinen Q-systeemin kanssa
 - jos käyttöerät ovat suuria, tiluserä koko muuttuu vaihtelevaksi
- Systemiä kutsutaan usein min-max systeemiksi
 - varastopositio IP (nykyinen varasto + tehdyt tilaukset) on käytännössä aina tilauspisteen R (min) ja ylätason T (max) välillä
- Käytännössä varsin yleinen hallintamalli
 - optimaalisen tilauspisteen R ja ylätason T määrittäminen on usein aikaa vievää Q-systeemiin verrattuna joten arvot usein "mutupainotteisesti"
- Vaihtuvan tiluseräko on todettu lisäävän toimittajien toimitusvirheitä

Muitakin varastohallintamalleja löytyy - laatikko-järjestelmät -

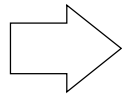
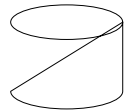
Kahden laatikon systeemi



Tilaa yksi laatikollinen varastoon
esim. muistus shekkivihkossa,
"ilmoita myyjälle" lappu
rautakaupassa, etiketin alalaita
baarissa, viiva varaston seinässä

Informaation
hallinta helppoa!

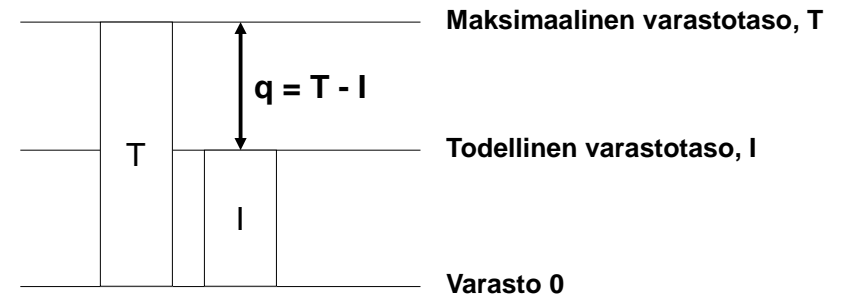
Yhden laatikon systeemi



"Jaksottainen valvonta"

Tilaa tarpeeksi
täyttämään laatikko

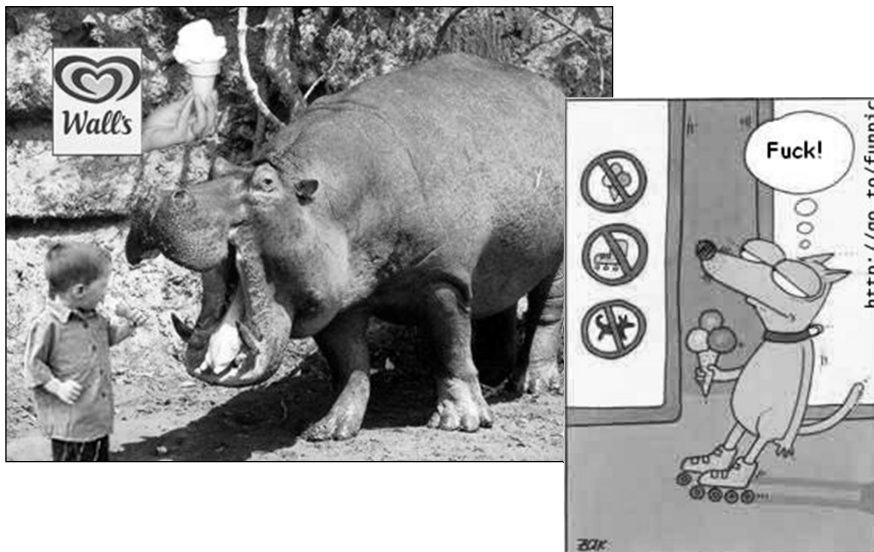
Muitakin varastohallintamalleja löytyy - ehdollinen täydennysjärjestelmä -



Q = pienin hyväksyttävä tilausmäärä

Jos $q \geq Q$, tilaa q , muuten älä tilaa mitään
(käytössä myös kahden rajan menetelmänä; 1-lupa 2-pakko)

Hyvä varastointijärjestelmä ei aina riitä - case voimakas kysynnän vaihtelu -



Hyvä varastointijärjestelmä ei aina riitä - case sesonkituotteet -

- **Sesonki...**
 - ajallisesti rajattu
 - menekki melko epävarmaa
 - varastotäydennykset usein vaikeaa toteuttaa
 - myynti- ja markkinointisuunnitelma varasto-ohjauksen kulmakiviä
 - ABCD-luokittelu usein apuna
- **Tuotannolliset ratkaisut usein välttämättömiä**
 - joustavuuden parantaminen, fast response -systemit
 - viivästyttämisstrategiat (postponement)
 - valmistus tilaukseen



**Markkinointi ja
tuotanto vaikuttavat
paljon varastointiin!**