

Beginnelsen van Productie en Logistiek Management

2e Toegepaste Economische Wetenschappen, KU Leuven

Schooljaar: 2018-2019

SAMENVATTING BEGINSELEN VAN PRODUCTIE EN LOGISTIEK MANAGEMENT

Gebaseerd op het handboek “Productie- en Logistiek Management” – geschreven door M. Lambrecht, R. Boute en N. Vandaele – lesnotities en hand-outs van professor Robert Boute.

Inhoudsopgave

1	Inleidende beschouwingen over productie en logistiek management	4
1.1	De studie van operationele transformatieprocessen	4
1.2	Het ruime belang van productie en logistiek in onze economie	4
2	Voorraadbeheer	5
2.1	Inleiding	5
2.1.1	Kosten verbonden aan voorraad	5
2.1.2	Waarom bestaan voorraden?	5
2.1.3	Metten van voorraad	5
2.2	Deterministische voorraadmodellen	6
2.2.1	Uitbreiding van de EOQ formule naar meerdere producten en gezamenlijke bestellingen	7
2.2.2	Uitbreiding van de EOQ formule naar een productiemodel (model met eindige aanvulsnelheid: EPQ)	7
2.2.3	Uitbreiding van de EOQ formule naar hoeveelheidskortingen	8
2.3	Stochastische voorraadmodellen	8
2.3.1	Eenmalige cyclus (eenmalige bestelling Q)	8
2.3.2	Meerdere bestelcycli met verloren verkoop	9
2.3.3	Meerdere bestelcycli met recupereerbare verkoop	9
2.3.4	Kosten van een stockbreuk zijn niet gekend	9
2.3.5	Model waarbij bestelpunt en bestelhoeveelheid afhankelijk bepaald worden	10
2.3.6	Model met variabele overbruggingstijd	10
2.3.7	Model met vast bestelinterval	11
2.4	Coördinatie van de supply chain	12
2.4.1	Supply chain management	12
2.4.2	Het zweepslag- of bullwhip-effect in supply chains	12
2.4.3	Vendor Managed Inventory (VMI)	13
3	Materiaalbehoefteplanning	14
3.1	Inleiding	14
3.1.1	Afhankelijke versus onafhankelijke vraag	14
3.1.2	Opbouw van een MRP-systeem	14
3.2	Materiaalbehoefteplanning	14
3.2.1	De MRP-registraties (roosters)	14
3.2.2	De verwerkingslogica in een MRP-systeem	15
3.2.3	Het invoeren van wijzigingen in MRP	19
3.3	Het master production schedule (MPS)	20
3.4	Ordergrootte bepalen in MRP	22
3.5	Distributie-behoefteplanning (DRP)	24
4	Planning tegen eindige capaciteit	26
4.1	Inleiding: capaciteitsgeoriënteerde planning	26
4.2	Probleemstelling	26
4.3	Theory of constraints	26
4.4	Het drum-buffer-rope-concept	26
5	Schatting van de doorlooptijd	28
5.1	Schatting van de doorlooptijd voor een basis-flow systeem: één resource, één flow	28
5.2	Enkele fundamentele observaties uit de flow-theorie	28
5.3	Variabiliteit en doorlooptijd (<i>impact van storingen</i>)	29
5.3.1	Variabiliteit ten gevolge van omstellingen en herwerken van producten	29
5.3.2	Variabiliteit ten gevolge van machinestilstanden	29

5.3.3	Gecombineerde variabiliteit.....	29
6	Lean operations / Just-in-Time.....	30
6.1	Inleiding.....	30
6.1.1	Soorten waste of muda.....	30
6.1.2	Waarom bestaat waste?.....	30
6.2	JIT systemen.....	31
6.2.1	Push- versus Pull-systemen.....	31
6.2.2	Multi model productieplan.....	32
6.3	JIT : balanceren van de productielijn.....	33
6.3.1	Productgerichte lay-out versus functionele lay-out.....	33
6.3.2	Product-process matrix.....	34
6.3.3	Specialiseren versus niet specialiseren.....	34
6.4	Innoveren en verbeteren.....	34

1 Inleidende beschouwingen over productie en logistiek management.

1.1 De studie van operationele transformatieprocessen.

Productie en logistiek management= omvat de studie van alle beheers facetten die tot doel hebben goederen en diensten, in overeenkomst met de markt- en maatschappelijke/sociale vereisten, zo efficiënt mogelijk, op het gepaste tijdstip, met de gevraagde kwaliteitseigenschappen en aan competitieve prijzen op de markt te brengen.

De cursus is gebaseerd op basis van drie prestatiemaatstaven :

- De **doorlooptijd** : hoe lang duurt het om een bepaald proces te doorlopen?
- De **voorraad** : hoeveel eenheden zijn er in bewaring om later te gebruiken?
- De **capaciteit** : hoeveel eenheden kunnen we maken?

1.2 Het ruime belang van productie en logistiek in onze economie.

Productie en logistiek is een **globaal gegeven**, met als gevolg :

- *Nuchtere kijk* : we moeten alles bekijken vanuit een globaal perspectief.
- *Positieve kijk* : slimme coördinatie van de keten is vereist.
- *Negatieve kijk* : er is een toegenomen onzekerheid.

Waarom industrie zeer belangrijk is voor onze samenleving (ook al vormt industrie niet meer zo een groot deel van het bbp) :

- *Multiplicatoreffect* : één job in de industrie zorgt voor meerdere jobs in de dienstensector (industrie is de motor van de welvaart).
- *Reshoring* : er is een proces ingezet van reshoring, d.w.z. dat we nieuwe sterk geautomatiseerde productie terughalen ($\leftarrow \rightarrow$ *offshoring* : productie uitbesteden aan lage loonlanden).
- *Geen innovatie zonder productie* : als we willen innoveren, zullen we moeten investeren in de industrie/productie.

2 Voorraadbeheer.

2.1 Inleiding.

Voorraad= goederen in bewaring voor later gebruik. Er wordt best niet teveel voorraad aangehouden, want dat brengt hoge kosten met zich mee.

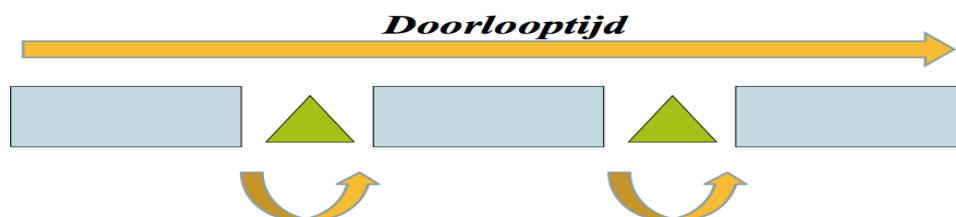
2.1.1 Kosten verbonden aan voorraad.

- **Opportunitetskosten** : kapitaal zit vast in voorraad en kan dus niet gebruikt worden voor andere investeringen en het rendement dat we hierop zouden kunnen krijgen (= *kapitaalkost* = *WACC*).
- Kosten ten gevolge van **de veroudering** van voorraden (*depreciatie*).
- Behoeftte aan **stockageruimte**.
- **Out-of-pocket kosten** : kosten van verzekering, behandeling, verwarming/koeling, huurkosten,...

2.1.2 Waarom bestaan voorraden?

Drie redenen :

- **Tijd- en ritmeverschillen** : de fysische onmogelijkheid om geen voorraad te hebben (*doorlooptijd, nood aan synchronisatie maar loopt niet altijd vlot*).



- **Risico aspect** : onzekerheid en variabiliteit (*van de vraag, levertermijn,...*).
- **Economisch aspect** : een reeks kostenafwegingen (*voorraadkosten, bestelkosten, aankoopkosten en bestelkosten*).

2.1.3 Meten van voorraad.

2 manieren om voorraad te meten :

- **Statisch** meten van voorraad : via een momentopname of een gemiddelde over een bepaalde tijdsspanne.
- **Dynamisch** meten van voorraad : voorraadopbouw overheen een bepaalde tijdsspanne bekijken (via *voorraadprofiel* of *cumulatieve input-output grafiek*).

Statisch meten van voorraad :

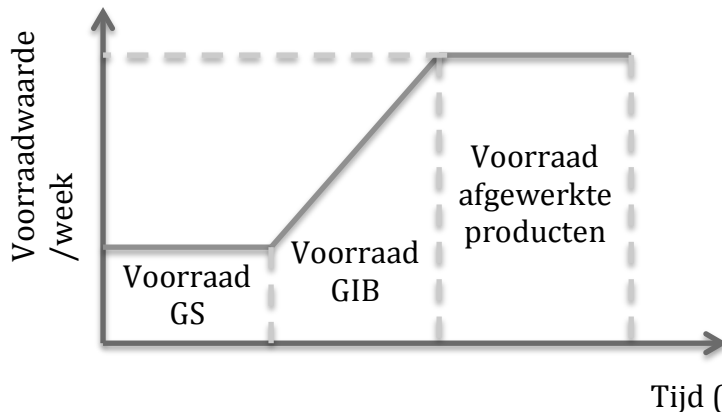
Voorraadwaarde = hoeveel cash er vast zit in u voorraad (vb. 10 stuks van €2 = €20).

Voorraadperiode = hoe lang zit mijn voorraad vast
= (voorraadwaarde)/(kostprijs verkochte goederen)

Voorraadrotatie = hoe vaak per jaar roteert de voorraad (volledig nieuwe voorraad)
= (kostprijs verkochte goederen)/(voorraadwaarde)

Dynamisch meten van voorraad :

Voorraadprofiel :



Totale voorraadwaarde

= oppervlakte onder grafiek

Aantal weken voorraad

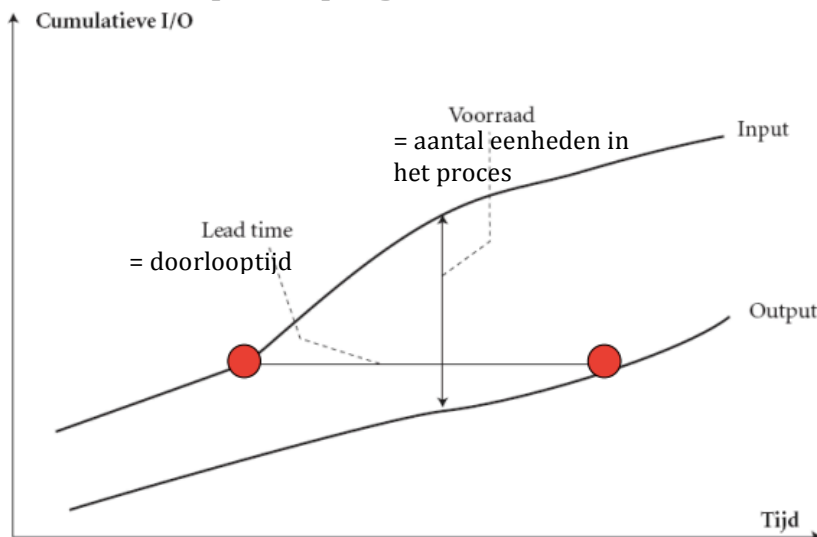
= (voorraadwaarde)/(weekproductie)

Voorraadrotatie

= (jaarproductie)/(voorraadwaarde)

MERK OP : er zit een verschil in *aantal weken voorraad* en het aantal weken weergegeven op de grafiek, aangezien enkel de waarde van de grondstoffen die hele periode vast zit in voorwaarde, de rest komt daar pas op een later moment cumulatief bij en zit dus minder lang vast in de voorraad.

Cumulatieve input-output grafiek :



Wet van Little :

Gemiddelde voorraad

= Gemiddelde input/output
x Gemiddelde doorlooptijd

2.2 Deterministische voorraadmodellen.

We moeten twee vragen kunnen beantwoorden :

- Wanneer bestellen om voorraad aan te vullen? → **orderpunt OP**
- Hoeveel bestellen? → **bestelhoeveelheid Q**

Het **doel** is om de kosten te minimaliseren, maar welke kosten zijn er allemaal?

- *Aankoopkosten* : C_p = kost per eenheid
- *Bestelkosten* : C_o = kost per bestelling/omstelling (D/Q = aantal bestellingen/jaar)
- *Tekortkosten* : C_s = kost per eenheid tekort
- *Voorraadkosten* : C_h = kost per eenheid in voorraad per tijdseenheid

→ **Totale kosten = TK(Q)** = aankoopkosten/jr + bestelkosten/jr + voorraadkosten/jr
= $D \times C_p + C_o \times (D/Q) + C_h \times (Q/2)$

Onze **optimale bestelhoeveelheid** die de kosten zal minimaliseren is dan :

$$Q^* = EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * C_o}{C_h}}$$

Een aantal additionele waarden kunnen hieruit afgeleid worden :

- T^* = de tijd tussen twee bestellingen = $\sqrt{2 * C_o / D * C_h}$
- N^* = het gemiddeld aantal orders = $D / Q^* = 1 / T^*$
- Gemiddelde voorraad = **cyclusvoorraad** = $Q^* / 2$
MERK OP : centralisatie van n identieke magazijnen in één centraal magazijn levert een reductie op van \sqrt{n} in de cyclusvoorraad.

2.2.1 Uitbreiding van de EOQ formule naar meerdere producten en gezamenlijke bestellingen.

Indien je meerdere producten verkoopt is het slim om de leveringen samen te voegen, zo heb je in plaats van 2 kleine bestellingen, 1 grote bestelling van de twee producten samen. Dan moet je echter wel op een *andere manier de EOQ berekenen*.

N^* = het aantal bestellingen per jaar bij bestelfrequentie voor de som van de j verschillende producten

$$= \sum_j D_j / Q'$$

Q' = de optimale bestelhoeveelheid van alle producten j opgeteld

$$= \sqrt{\frac{2 * \sum_j D_j * C_o}{C_h}} = \sum_j Q_j$$

Optimale bestelfrequentie $N^* = \sqrt{\frac{\sum_j D_j * C_h}{2 * C_o}} = \sqrt{\frac{i * \sum_j (D_j * C_p)}{2 * C_o}}$

2.2.2 Uitbreiding van de EOQ formule naar een productiemodel (model met eindige aanvulsnelheid: EPQ).

Voor dit model voeren we enkele nieuwe parameters in en verandert de betekenis van enkele oude parameters :

- C_o = omstelkost (i.p.v. bestelkost)
- C_p = productiekost per eenheid (i.p.v. aankoopkost)
- p = de productiesnelheid
- d = het vraagritme
- T_p = einde van de productie (start is op tijdstip 0)

Maximale voorraad = $T_p * (p - d)$

Gemiddelde voorraad per cyclus = $(T_p * (p - d)) / 2 = (Q / 2) * (1 - (d / p))$

$$EPQ = Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * C_o}{C_h} * \frac{1}{1 - (d / p)}}$$

$$TK(Q) = D * C_p + (D/Q) * C_o + (Q/2) * (1 - (d/p)) * C_h$$

$$\text{Bezettingsgraad} = d/p = T_p/T$$

2.2.3 Uitbreiding van de EOQ formule naar hoeveelheidskortingen.

Soms kan men bij aankoop van grote hoeveelheden kortingen bekomen. De optimale bestelhoeveelheid vinden doen we in dit geval via een [algoritme](#) :

Stap 1 : Start met de laagste aankoopprijs. Noem Q_{dj} de overeenkomstige breekpunthoeveelheid (= *minimumhoeveelheid waarvoor deze prijs geldt*). Bepaal de EOQ die overeenkomt met deze aankoopprijs.

Is de **EOQ geldig** voor deze aankoopprijs (is $EOQ \geq Q_{dj}$), dan is deze EOQ de *optimale bestelhoeveelheid*. Het algoritme stopt.

Indien de **EOQ niet geldig** is voor deze aankoopprijs ($EOQ < Q_{dj}$), dan is de laagste totale kost voor deze aankoopprijs te vinden op de breekpunthoeveelheid Q_{dj} . Bereken $TK(Q_{dj})$ en ga verder naar stap 2.

Stap 2 : Neem de eerstvolgende (hogere) aankoopprijs. Noem $Q_{d(j-1)}$ de overeenkomstige breekpunthoeveelheid. Bepaal de EOQ die overeenkomt met deze prijs.

Is de **EOQ geldig** ($Q_{d(j-1)} \leq EOQ < Q_{dj}$), bereken dan de *totale kosten die overeenkomen met deze EOQ*. Zijn deze kosten lager dan $TK(Q_{dj})$, dan is deze EOQ de *optimale bestelhoeveelheid*. Anders is de vorige breekpunthoeveelheid Q_{dj} de *optimale bestelhoeveelheid*. Het algoritme stopt.

Indien de **EOQ niet geldig** is voor deze aankoopprijs, dan zijn de laagste totale kosten voor deze aankoopprijs te vinden op de breekpunthoeveelheid $Q_{d(j-1)}$. Bereken de overeenkomstige totale kosten. Zijn deze lager dan $TC(Q_{dj})$ die we bekomen van de vorige breekpunthoeveelheid, dan onthouden we deze bestelhoeveelheid $Q_{d(j-1)}$ als voorlopige bestelhoeveelheid. Zijn de kosten hoger, dan onthouden we Q_{dj} als voorlopige bestelhoeveelheid.

Herhaal stap 2 voor de eerstvolgende (hogere) aankoopprijs tot de optimale bestelhoeveelheid gevonden is.

2.3 Stochastische voorraadmodellen.

Bij stochastische voorraadmodellen voeren we nog [twee extra kostenposten](#) toe :

- $C_{un} = C_s$ = tekortkost \rightarrow **Pr(tekort)** = kans op een tekort
- $C_{ov} = C_h$ = voorraadkost \rightarrow **Pr(teveel)** = kans op een restvoorraad

2.3.1 Eenmalige cyclus (eenmalige bestelling Q).

Q is *optimaal* wanneer de **marginale kosten** \geq **marginale baten** :

$$\rightarrow \Pr(D \leq Q^*) * C_{ov} \geq \Pr(D > Q^*) * C_{un}$$

$$\rightarrow \Pr(D > Q^*) \leq \frac{C_{ov}}{C_{un} + C_{ov}} = \text{economische voorraadbreekwaarschijnlijkheid}$$

Indien de vraag normaal verdeeld is met gemiddelde \bar{D} en standaarddeviatie σ_D , kan de **optimale bestelhoeveelheid** bepaald worden door deze formule :

$$Q^* = \bar{D} + z * \sigma_D \text{ met } p(z) = \Pr(D > Q^*)$$

2.3.2 Meerdere bestelcycli met verloren verkoop.

Het orderpunt OP is optimaal indien **MK** \geq **MB** :

$$\rightarrow \Pr(\text{DDLT} \leq \text{OP}^*) * C_h \geq \Pr(\text{DDLT} > \text{OP}^*) * C_s * (D/Q)$$

$$\rightarrow \Pr(\text{DDLT} > \text{OP}^*) \leq \frac{C_h * Q}{C_s * D + C_h * Q}$$

Bestelpunt : $\text{OP} = \overline{\text{DDLT}} + z * \sigma_{\text{DDLT}}$

Verwachte gemiddelde voorraad = $\sum_{\text{DDLT}=0}^{\text{OP}} (\text{OP} - \text{DDLT}) * \Pr(\text{DDLT}) + (Q/2)$

TK(Q,OP) = Aankoopkosten/jr + Bestelkosten/jr + Voorraadkosten/jr + Tekortkosten/jr

$$= D * C_p + \frac{D}{Q} * C_o + \left[\frac{Q}{2} + \sum_{\text{DDLT}=0}^{\text{OP}} (\text{OP} - \text{DDLT}) * \Pr(\text{DDLT}) \right] * C_h + C_s * \sum_{\text{DDLT}=\text{OP}}^{\text{max}} (\text{DDLT} - \text{OP}) * \Pr(\text{DDLT}) * \frac{D}{Q}$$

2.3.3 Meerdere bestelcycli met recupereerbare verkoop.

Dit is gelijkaardig met verloren verkoop, maar indien je een tekort hebt in een periode ben je deze inkomsten niet permanent verloren, maar kan je deze **recupereren** in de volgende periode.

Optimale orderpunt :

$$\rightarrow \Pr(\text{DDLT} > \text{OP}^*) \leq \frac{C_h * Q}{C_s * D}$$

Verwachte gemiddelde voorraad = $VV (= \text{OP} - \overline{\text{DDLT}} = z * \sigma_{\text{DDLT}}) + (Q/2)$

TK(Q,OP) = $D * C_p + \frac{D}{Q} * C_o + C_h * \left(\frac{Q}{2} + VV \right) + C_s * \frac{D}{Q} * \sum_{\text{DDLT}=\text{OP}+1}^{\text{max}} (\text{DDLT} - \text{OP}) * \Pr(\text{DDLT})$

2.3.4 Kosten van een stockbreuk zijn niet gekend.

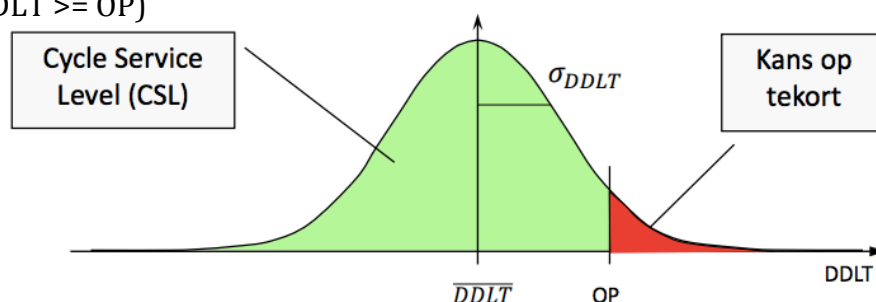
2.3.4.1 Geval 1 : Servicegraad per bestelcyclus (CSL of cycle service level).

Cycle service level = het aantal bestelcycli op 100 dat een bestelling uit voorraad geleverd kan worden = wat is de kans dat ik geen tekort heb op het einde van mijn cyclus.

CSL = (verwacht aantal bestelcycli zonder tekort) / (totaal aantal bestelcycli)

$$= 1 - \Pr(\text{stockbreuk}) = 1 - \Pr(\text{DDLT} > \text{OP})$$

$$= \Pr(\text{DDLT} \leq \text{OP})$$



2.3.4.2 Geval 2 : servicegraad als fractie van het aantal eenheden gevraagd (FR of fill rate).

Fill rate= het percentage van alle producten die uit voorraad geleverd kunnen worden = als ik een tekort heb, hoeveel bedraagt dit tekort dan?

$$\begin{aligned}\underline{FR} &= (\text{verwacht aantal eenh. geleverd uit voorraad})/(\text{totaal aantal eenh. gevraagd}) \\ &= 1 - (\text{verwacht aantal eenheden tekort})/D \\ &= 1 - E(DDLT > OP)/D\end{aligned}$$

2.3.5 Model waarbij bestelpunt en bestelhoeveelheid afhankelijk bepaald worden.

Indien we OP en Q afhankelijk van elkaar willen bepalen, zal dit moeten gebeuren via een algoritme :

Stap 1 : Bepaal Q volgens de EOQ formule.

Stap 2 : Bepaal het orderpunt op basis van :

$$\begin{aligned}\Pr(DDLT > OP) &= (C_h * Q)/(C_s * D) \\ OP &= \overline{DDLT} + z * \sigma_{DDLT}\end{aligned}$$

Stap 3 : Bepaal het verwachte aantal eenheden tekort per cyclus :

$$\begin{aligned}\text{Discreet} : E(DDLT > OP) \\ \text{Continu} : E(z) * \sigma_{DDLT}\end{aligned}$$

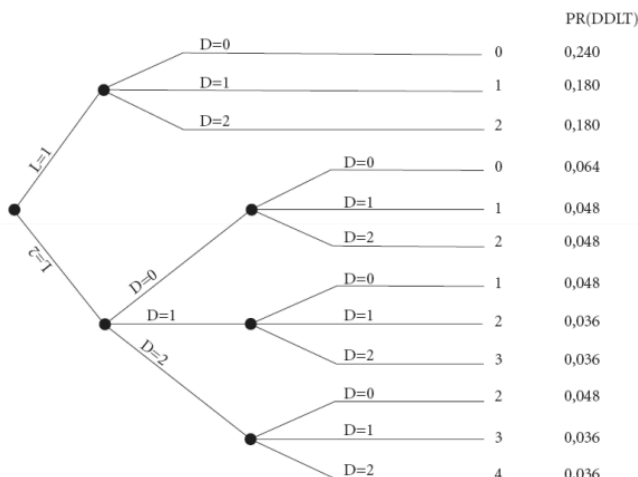
Stap 4 : Herbereken de Q-waarde. Noem de nieuwe waarde Q'.

$$Q' = \sqrt{\frac{2 * D * [C_o + C_s * E(DDLT > OP)]}{C_h}}$$

Stap 5 : Ga terug naar stap 2 en herhaal de procedure tot de waarde van Q' niet meer wijzigt (of een heel klein verschil).

2.3.6 Model met variabele overbruggingstijd.

❖ Bij een discrete verdeling van de vraag tijdens levertermijn :



Stel : $\Pr(d=0) = 0,4$; $\Pr(d=1) = 0,3$;
 $\Pr(d=2) = 0,3$
En
 $\Pr(L=1) = 0,6$ en $\Pr(L=2) = 0,4$

Vb. $\Pr(DDLT=0)$

$$\begin{aligned}&= \Pr(L=1) * \Pr(D=0) \\ &\quad + \Pr(L=2) * \Pr(D=0) * \Pr(D=0) \\ &= 0,60 * 0,40 + 0,40 * 0,40 * 0,40 \\ &= 0,240 + 0,064 \\ &= 0,304\end{aligned}$$

❖ Bij continu verdeelde vraag tijdens levertermijn :

$E(D)$ = verwachte vraag per periode

$Var(D)$ = variantie van de vraag per periode

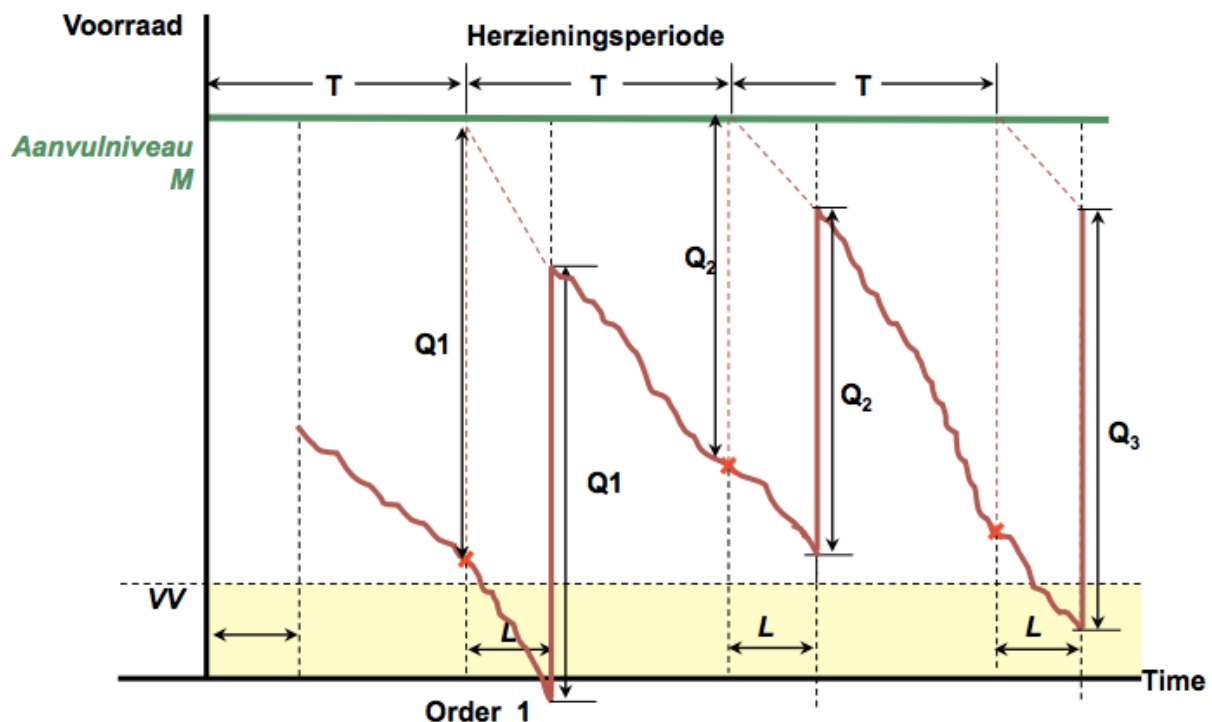
$E(L)$ = verwachte levertijd

$Var(L)$ = variantie van de levertijd

→ $E(DDLT) = E(D) * E(L)$
 $Var(DDLT) = E(L) * Var(D) + (E(D))^2 * Var(L)$

2.3.7 Model met vast bestelinterval.

Een model met vast bestelinterval wordt soms ook wel een **base-stock-model** of **order-up-to-model** genoemd.



- T = de herzieningsperiode/het bestelinterval
- L = de overbruggingstijd
- \overline{DDLT} = de gemiddelde vraag gedurende de overbruggingstijd en het bestelinterval
- σ_{DDLT} = de corresponderende standaarddeviatie
- D = de (stochastische) vraag gedurende een jaar
- M = het maximale voorraadniveau/het aanvulniveau

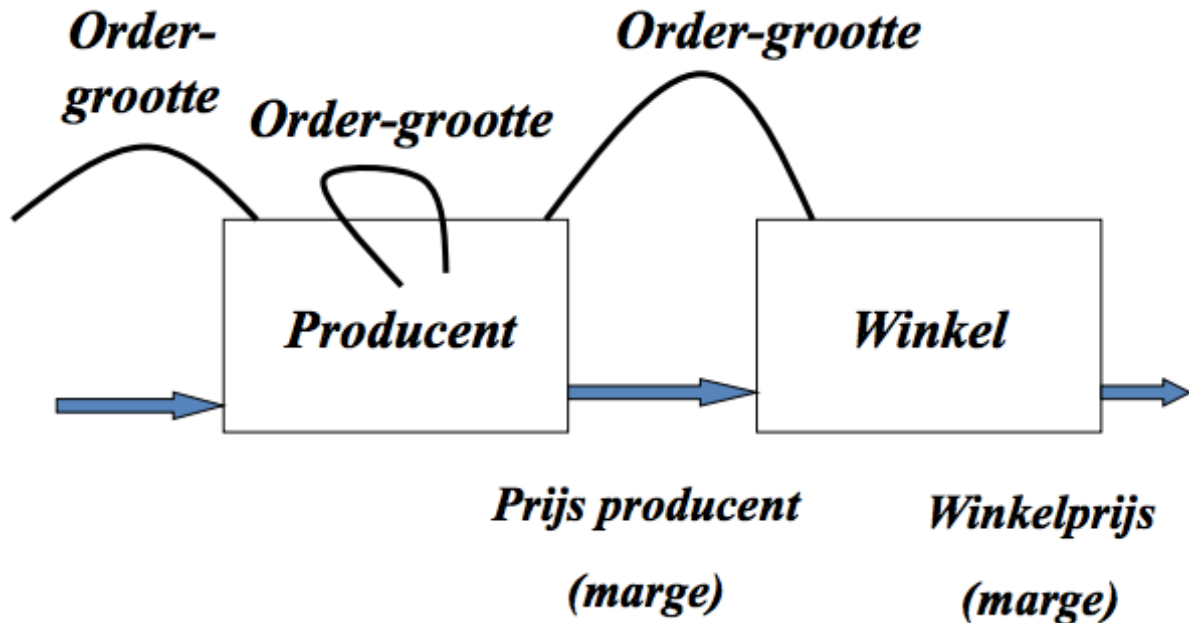
Aanvulniveau = $M = \overline{DDLT} + VV$

Bestelhoeveelheid = $Q_t = M - \text{voorraadpositie}$

Bestelinterval = $T^* = EOI = \sqrt{\frac{2 * C_o}{D * C_h}}$

2.4 Coördinatie van de supply chain.

2.4.1 Supply chain management.



= een **logistieke keten** = we gaan van het ene bedrijf naar het andere, dit moet goed op elkaar afgestemd zijn, zodat alles vlot verloopt.

Supply chain gain= een meerwaarde creëren door coördinatie van een supply chain, dus door samenwerking en het op elkaar afstemmen van beslissingen.

Stel : er is een winkelketen CA en een grote producent van deze winkelketen is LB. De optimale bestelhoeveelheid voor CA kan men dan via de EOQ-formule berekenen met bijbehorende totale kosten. LB kan zijn optimale productiehoeveelheid berekenen via de EPQ-formule met bijbehorende totale kosten. Dit zal echter niet het beste resultaat leveren. Indien ze hun gezamenlijke kosten willen minimaliseren moeten ze hun optimale bestel-/productiehoeveelheid van de *gehele supply chain* berekenen (via onderstaande formule) en zo kunnen ze een **supply chain gain** bereiken.

$$EOQ_{sc} = \sqrt{\frac{2 * D * (C_{o,CA} + C_{o,LB})}{(C_{h,CA} + C_{h,LB})}}$$

2.4.2 Het zweepslag- of bullwhip-effect in supply chains.

Bullwhip-effect= kleine schommelingen in de marktvraag geeft een gigantische klap bij de leveranciers in een supply chain.

Oorzaken :

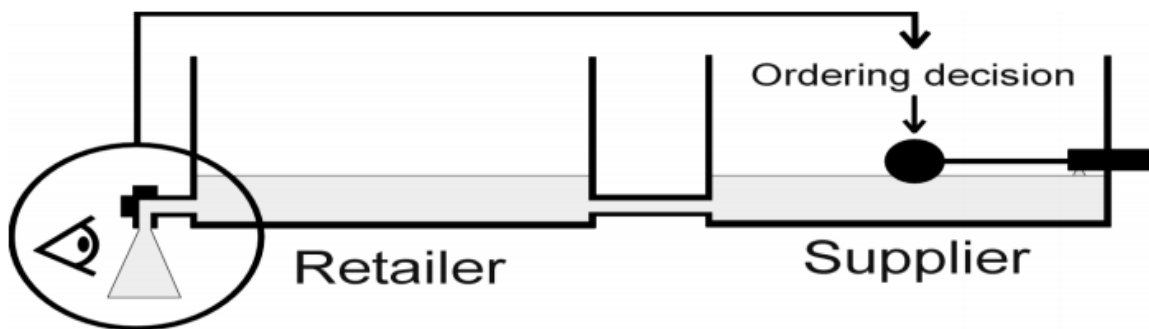
- Demand signal processing : aanpassingen in de vraagverwachtingen.
- Batching : ordergroottebepaling.
- Prijsschommelingen.
- Shortage gaming : meer bestellen dan de werkelijke behoeften.
- Gedragsoorzaken (vb. hypersensitiviteit).

Hoe kan je het Bullwhip-effect [vermijden](#)?

- Door een **afvlakkingspolitiek** uit te voeren.
- $Q_{t+1} = \beta * (M_t - IP_t)$
 - Met M_t = aanvulniveau en IP_t = voorraadpositie
 - Indien $\beta = 1$: standard base-stock policy (= vaste bestelhoeveelheid)
 - Indien $\beta < 1$: slechts een fractie van het tekort op voorraden terug aanvullen (= afvlakkingspolitiek)
 - Indien $\beta > 1$: overreageren op een tekort in voorraad en meer bijbestellen dan het tekort (→ versterking van het Bullwhip-effect)
 - De gouden $\beta = 0,61803$

2.4.3 Vendor Managed Inventory (VMI).

Bij VMI zal de **leverancier** zelf regelen met hoeveel en wanneer hij de **voorraad van zijn klanten** gaat aanvullen. Zo kan hij zelf zijn leveringen regelen en op elkaar afstemmen. Hiervoor is wel grote transparantie vereist tussen klant en leverancier (de leverancier moet namelijk weten hoe het met de voorraadpositie van zijn klanten gaat).



3 Materiaalbehoefteplanning.

3.1 Inleiding.

3.1.1 Afhankelijke versus onafhankelijke vraag.

Tot nu toe hebben wij altijd gewerkt met een **onafhankelijke vraag** (*de vraag naar de verschillende producten is onafhankelijk van elkaar*), maar in een *productieomgeving* is de vraag naar een component **afhankelijk** van de productie van de onderdelen waartoe deze component behoort (*in dit geval is er een afhankelijke vraag*).

3.1.2 Opbouw van een MRP-systeem.

Een MRP-systeem is modulair opgebouwd :

- **Strategische gedeelte** : korte termijn hoofdproductieplan (*MPS= master production schedule*).
- **Tactische gedeelte** : de omrekening van het MPS naar behoefteplannen doorheen de tijd.
- **Operationele gedeelte** : via onderuitgiften de uitvoering van de behoefteplannen naar de werkplaats of aankooporders bij de leveranciers.

3.2 Materiaalbehoefteplanning.

3.2.1 De MRP-registraties (roosters).

	Huidige periode					
(momenteel) in bestelling						
	0	1	2	3	4	5
Brutobehoeften			10		40	10
Geplande ontvangsten		50				
Te plannen orderontvangst						50
Geprojecteerd beschikbaar	4	54	44	44	4	44
Te plannen orderuitgifte					50	
	Toekomstige orders					

- **Bruto behoeften** : wat je nodig hebt aan het begin van die periode.
- **Geplande ontvangsten** : wat je nog gaat binnen krijgen als gevolg van een bestelling in het verleden.

- **Geprojecteerd beschikbaar** : wat je nog over hebt aan het einde van een periode.
- **Netto behoeften** : wat je netto nodig hebt tegen begin volgende periode (= beschikbaar einde vorige periode + geplande ontvangsten – bruto behoeften).
- **Te plannen orderuitgiften** : geplaatste orders rekening houdend met de overbruggingstermijn/lead time.

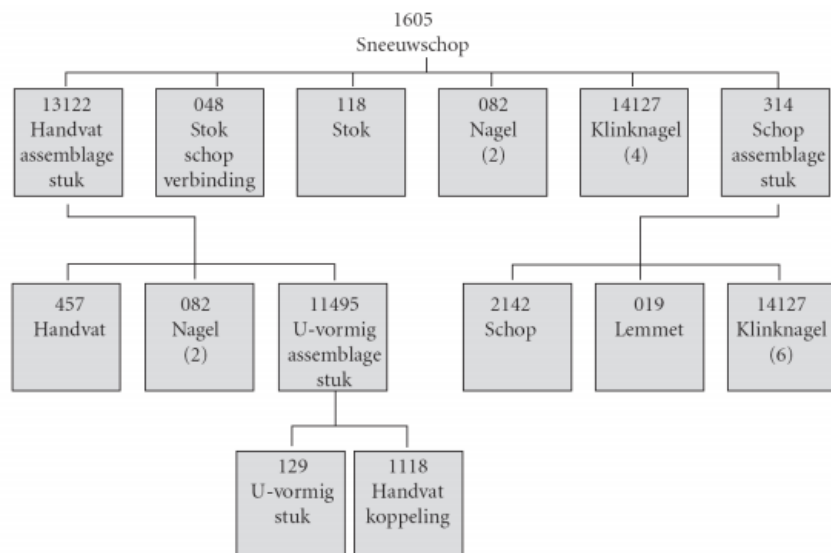
3.2.2 De verwerkingslogica in een MRP-systeem.

Per eindproduct (**parent-product**) beschikt men over een bill of material (BOM) die de samenstellende componenten en/of subassemblages weergeeft, alsook het aantal eenheden van een component (**child**) dat per parent-product nodig is.

→ De componenten moeten zo gepland worden dat ze beschikbaar zijn op het tijdstip dat het parent-order wordt uitgegeven (= *hetzelfde moment waarop de componenten verbruikt zullen worden*) = **explosieprincipe**.

Voorbeeld MRP :

- **Bill of material :**



- **Bruto naar netto explosie :**

Sneeuwschop (1605) (overbruggingstijd = 1 week)

let op: als ik er x nodig heb, plaats ik een order van x

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Brutobehoeften		-	-	20	-	10	-	20	5	-	35	10
Geplande ontvangsten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte		-	20	-	10	-	20	5	-	35	10	0

↳ bruto behoeften handvat assemblage stuk

Handvat-assemblagestuk (13122) (overbruggingstijd = 2)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften		-	20	-	10	-	20	5	-	35	10
Geplande ontvangsten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	25	25	5	5	0	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte		-	5	-	20	5	-	35	10	-	-

= bruto-behoeft e handvat, nagel (x2) en U-vormig assemblage stuk
Handvat (457) (overbruggingstijd = 2)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften		-	5	-	20	5	-	35	10	-	-
Geplande ontvangsten		-	-	25	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	22	22	17	42	22	17	17	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte		-	-	-	-	18	10	-	-	-	-

Nagel (082) (overbruggingstijd = 1, lotgrootte = 50)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften x2		-	10	-	40	10	-	70	20	-	-
Geplande ontvangsten		50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	4	54	44	44	4	44	44	24	4	4	4
Te plannen orderuitgifte		-	-	-	50	-	50	-	-	-	-

U-stuk assemblage (11495) (overbruggingstijd = 2)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften		-	5	-	20	5	-	35	10	-	-
Geplande ontvangsten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	27	27	22	22	2	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte		-	-	3	-	35	10	-	-	-	-

U-stuk (129) (overbruggingstijd = 1)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften		-	-	3	-	35	10	-	-	-	-
Geplande ontvangsten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	15	15	15	12	12	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte		-	-	-	23	10	-	-	-	-	-

Handvatkoppeling (1118) (overbruggingstijd = 3, veiligheidsvoorraad = 20)

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften		-	-	3	-	35	10	-	-	-	-
Geplande ontvangsten		-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	39	39	54	51	51	20	20	20	20	20	20
Te plannen orderuitgifte		-	4	10	-	-	-	-	-	-	-

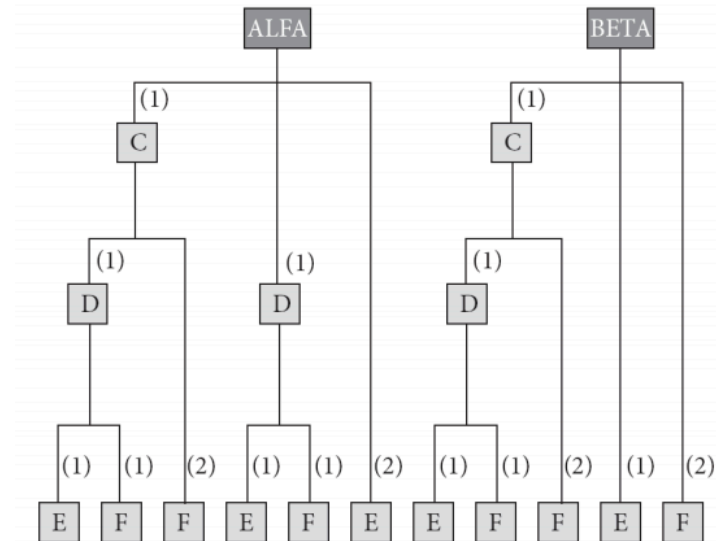
Tabel 2: Voorbeeld van een bruto-naar-netto-explosieproces

moet minimaal 20 blijven

= **Back scheduling** : zorgen dat alles juist op tijd klaar is ($\leftarrow \rightarrow$ front scheduling : meteen beginnen als je weet dat je in de toekomst iets gaat moeten maken, maar dat kan dus wel te vroeg klaar zijn)

Voorbeeld common usage : soms worden componenten gebruikt voor meer dan één parent-product. Men werkt dan met niveaus (zie BOM) en hoe lager het niveau, hoe hoger de kans dat de component voor meer dan één parent-product gebruikt wordt.

- **Bill of material :**



- **Bruto naar netto explosie :**

Eindproduct Alfa: *overblijfsel : 2 weken*

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	-	-	-	-	-	1 250	-
Geprojecteerd beschikbaar	50	50	50	50	50	50	1 250	0	0
Te plannen orderuitgifte	-	-	-	-	1 200	-	-	-	-

Eindproduct Bèta: *overblijfsel : 2 weken*

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	-	-	-	-	-	460	-
Geprojecteerd beschikbaar	60	60	60	60	60	60	460	0	0
Te plannen orderuitgifte	-	-	-	-	400	-	-	-	-

Subassemblage C: 1 week

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	-	-	1600	-	-	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	40	40	40	40	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte	-	-	-	1560	-	-	-	-	-

400 + 1200

Subassemblage D: 1 week

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	0	1560	1200	-	-	270	-
Geprojecteerd beschikbaar	30	30	30	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte	-	-	1530	1200	-	-	270	-	-

Component E: 1 week

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	1530	1200	2800	-	270	380	-
Geprojecteerd beschikbaar	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Te plannen orderuitgifte	-	1530	1200	2800	-	270	380	-	-

1200 + 400 + 1200

Component F: 1 week

Periode	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brutobehoeften	-	-	1530	4320	800	-	270	-	-
Geprojecteerd beschikbaar	40	40	0	0	0	0	0	0	0
Te plannen orderuitgifte	-	1490	4320	800	-	270	-	-	-

1200 + 2 * 1560 + 2 * 400

3.2.3 Het invoeren van wijzigingen in MRP.

Men kan wijzigingen in het MRP-plan doorvoeren, maar LET OP want een kleine wijziging in bruto behoefte kan een enorme impact hebben!!!

(Vb zie handboek pagina 211-213)

3.3 Het master production schedule (MPS).

Master production schedule= het productieplan voor het vervaardigen van eindproducten of productopties en vormt de basis voor orderbeloften, efficiënte capaciteitsbezetting en het tijdig voldoen van klantenorders.

MPS op basis van afweging capaciteit (*flexibiliteit*) vs. Voorraad :

- **Een genivelleerd MPS-schema** : we proberen de MPS rij constant te houden (*genivelleerd productieschema* → *smoothing out*), maar dan is er wel het risico van enorme voorraadopbouw.

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prognose		5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
Beschikbaar	20	25	30	35	40	45	50	45	40	35	30	25	20
MPS		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

- **Een chase-sales MPS-schema** : we proberen de beschikbaar rij (*voorraad*) constant te houden, maar hebben daardoor wel een zeer onregelmatig productieplan.

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prognose		5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
Beschikbaar	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MPS		5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15

MPS werkt bovendien met een **APS/available-to-promise** rij : in deze rij vindt men het aantal eenheden er nog vrij zijn om aan nieuwe klanten/orders te beloven in de komende periode (vb. ATP=10, dan kan je wel nog een order van 9 accepteren, maar geen order van 11).

Voorbeeld MPS met ATP-rij :

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prognose		10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15
Orders		5	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Beschikbaar	20	40	30	20	40	30	20	35	20	35	20	35	20
ATP		40	—	—	30	—	—	30	—	30	—	30	—
MPS		30	—	—	30	—	—	30	—	30	—	30	—

Tabel 13: Tijdsgephaseerde registratie – de eerste week

Stel deze **bijkomende orders** komen binnen :

Order	Hoeveelheid	Te leveren week
1	20	1
2	10	2
3	35	5
4	10	6

Dan overlopen we voor elke periode wat deze nieuwe bestellingen veranderen :

- Order van 20, te leveren week 1

Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prognose		10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15
Orders		$= 30$ 25	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschikbaar	20	25	15	5	25	15	5	20	5	20	5	20	5
ATP		$= 20 + 30 - 30$ 20	-	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-
MPS		30	-	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-

- Order van 10, te leveren week 2

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Prognose		10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	20
Orders		$= 15$ 13	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschikbaar	25	12	2	22	12	2	17	2	17	2	17	2	-18
ATP		$= 25 - 15$ 10	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-	-
MPS		-	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-	-

- Order van 35, te leveren week 5 (er is te weinig ATP voor die periode zelf, maar we kunnen 5 eenheden 'overdragen' van de ATP voor periode 2-3)

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Prognose		10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	20
Orders		13	2	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschikbaar	25	12	2	22	-13	-23	-8	-23	-8	-23	-8	-23	-43
ATP		5	-	0	-	-	30	-	30	-	30	-	-
MPS		-	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-	-

- Order van 10, te leveren week 6 (er is te weinig ATP – nog slechts 5 van de ATP voor periode 2-3 – dus het order zal afgewezen moeten worden of de klant moet minder bestellen)

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Prognose		10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	20
Orders		13	2	-	35	10?	-	-	-	-	-	-	-
Beschikbaar	25	12	2	22	-13	-23	-8	-23	-8	-23	-8	-23	-43
ATP		5	-	0	-	-	30	-	30	-	30	-	-
MPS		-	-	30	-	-	30	-	30	-	30	-	-

Tabel 15E: Vierde order – 10 eenheden voor week 6

↓
order niet accepteren
al slechts 5 lever

3.4 Ordergrootte bepalen in MRP.

Voorwaarde waaraan de **optimale bestelpolitiek** moet voldoen :

→ $I_{t-1} * Q_t = 0$ (**Wagner-Whitin**)

→ Als ik een planningshorizon heb van n perioden, dan zijn er 2^{n-1} plannen die voldoen aan de voorwaarde voor optimale bestelpolitiek.

Er zijn een aantal bestelpolitieken mogelijk, elk met hun eigen totale kosten. We bekijken met een voorbeeld welke bestelpolitiek de laagste kosten met zich meebrengt : (vraag=20/week; bestelkost= €9; voorraadkost= €0,1/week en de levertermijn= 1week)

- ❖ **Lot for lot** : als ik een netto-behoefte heb dan plaats ik een order van diezelfde hoeveelheid.

Netto-behoeften		2	9	42	46	3	30	9
Te plannen orderuitgifte	2	9	42	46	3	30	9	
Geprojecteerd beschikbaar		0	0	0	0	0	0	0

→ $TK = 7 * €9 + 0 * €0,1 = €63$

- ❖ **Ordergrootte bepalen via EOQ** : $EOQ = 60$

Netto-behoeften		2	9	42	46	3	30	9
Te plannen orderuitgifte	60			60		60		
Geprojecteerd beschikbaar		58	49	7	21	18	48	39

→ $TK = 3 * €9 + 240 * €0,1 = €51$

MAAR deze voldoet niet aan optimalisatievoorwaarde, dus zal NOOIT de beste zijn!!!

- ❖ **Periodic order quantity** : $POQ = EOQ/D = 3$ (→ gemiddeld om de 3 perioden een bestelling plaatsen)

Netto-behoeften		2	9	42	46	3	30	9
Te plannen orderuitgifte	53			79			9	
Geprojecteerd beschikbaar		51	42	0	33	30	0	0

→ $TK = 3 * €9 + 156 * €0,1 = €42,6$

- ❖ **Least total cost** : (waar het verschil tussen de 2 het kleinst is, is het optimaal)

	Bestelkost	Voorraadkost
$\bar{1}(Q_1 = 2)$	€9	€0
$\bar{12}(Q_1 = 11)$	€9	$9 * €0,1 = €0,9$
$\bar{123}(Q_1 = 53)$	€9	$(51 + 42) * €0,1 = €9,3$

→ $Q_1 = 53$ is de optimale bestelhoeveelheid, daarmee kom je voor drie periodes toe, dus nu moet je nog eens hetzelfde doen, maar startend van periode 4 om ook optimale bestelhoeveelheden te vinden voor de rest van de periodes.

- ❖ **Least-unit cost** :

- $\bar{1}(Q_1 = 2)$: $(€9 + €0)/2 = €4,5$
- $\bar{12}(Q_1 = 11)$: $(€9 + €0,9)/11 = €0,9$
- $\bar{123}(Q_1 = 53)$: $(€9 + €9,3)/53 = €0,34$
- $\bar{1234}(Q_1 = 99)$: $(€9 + €23,1)/99 = €0,3242$
- $\bar{12345}(Q_1 = 102)$: ...=€0,3264 (gaat terug omhoog)

❖ **Silver-Meal :**

- $\bar{1}(Q_1=2): (\text{€}9 + \text{€}0)/1=\text{€}9$
- $\bar{12}(Q_1=11): (\text{€}9 + \text{€}0,9)/2=\text{€}4,95$
- $\bar{123}(Q_1=53): (\text{€}9 + \text{€}9,3)/3=\text{€}6,1$

3.5 Distributie-behoefteplanning (DRP).

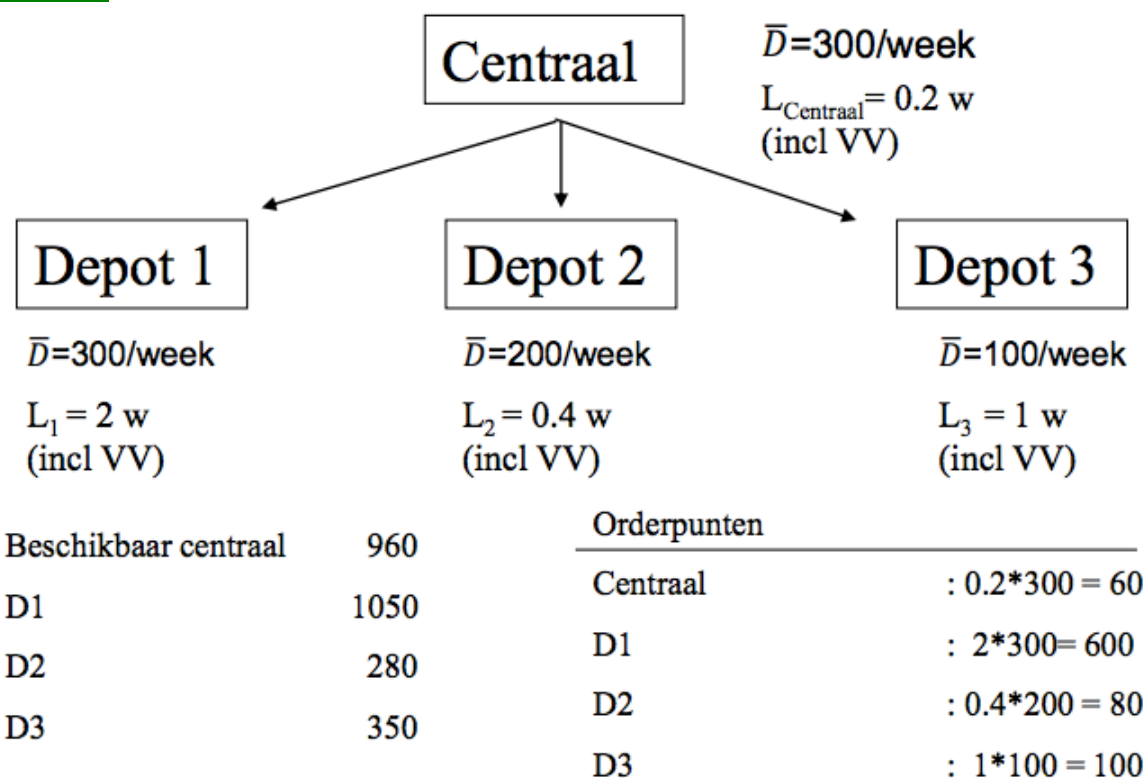
Distributieplanning= planningsconcept dat ervoor zorgt dat de eindproducten op de juiste plaats, in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment de klant bereiken.

- **Te plannen shipments** : hoeveel en wanneer producten verstuurd moeten worden (*vormt de basis van MPS producent*).
- **In transit** : zendingen die nog op komst zijn.

(Vb. zie handboek pagina 235-238)

Faire share allocation= planningsmethode waarbij de producent beschikt over een bepaalde hoeveelheid eindproducten en deze dan over de verschillende magazijnen verdeeld zodat ieder een eerlijk deel ontvangt (= *hoeveelheid die ervoor zorgt dat elk magazijn over een gelijk aantal perioden de vraag kan voldoen*).

Voorbeeld:



Het Centraal magazijn heeft 2400 eenheden om te verdelen over alle magazijnen :

System Time Supply = (Beschikbaar + ontvangsten - orderpunten)/(totale vraag)=4,66

Huidige tijd tot bestelpunt:

DC 1 : $(1050 - 600)/300=1,5$

DC 2 : $(280 - 80)/200=1$

DC 3 : $(350 - 100)/100=2,5$

Centraal : $(960 - 60)/300=3$

Allocatie:

DC 1 : $(4,66 - 1,5) \cdot 300=950$

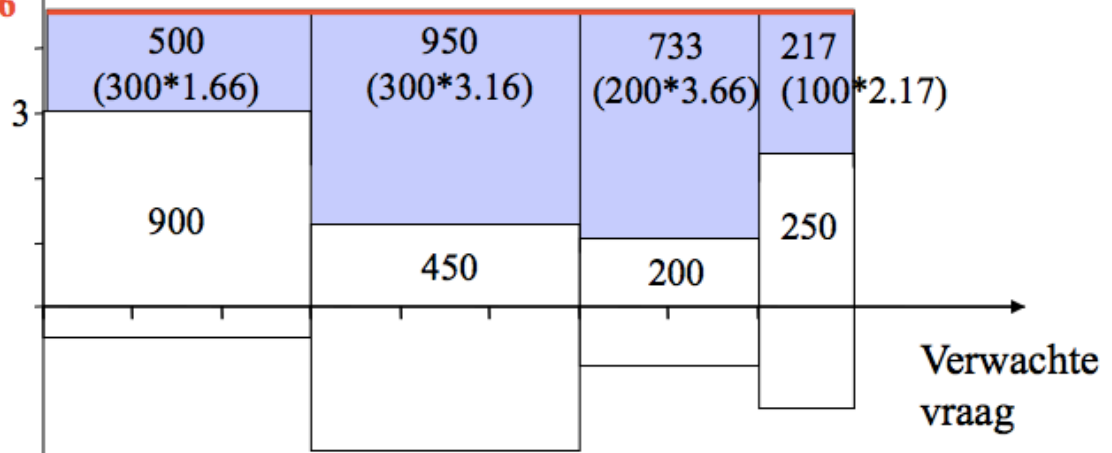
DC 2 : $(4,66 - 1) \cdot 200=733$

DC 3 : $(4,66 - 2,5) \cdot 100=217$

Centraal : $(4,66 - 3) \cdot 300=500$

Time
supply

4.66



4 Planning tegen eindige capaciteit.

4.1 Inleiding: capaciteitsgeoriënteerde planning.

Bij capaciteitsgeorieënteerde planning kijken we in eerste instantie naar de **capaciteitsbeperkingen**, namelijk gericht op *knelpuntmachines* (= de machine(s) waar het capaciteitsprobleem zich voordoet).

Een capaciteitsprobleem vertrekt dus niet uit een productstructuur, maar vanuit een **productievolgordebestand**.

4.2 Probleemstelling.

Scheduling problem= de planning van de verschillende stappen, rekening houdend met de volgorde van de bewerkingen en de beschikbare capaciteit op de machines.

We stellen een plan op met beperkingen dus spreken van **finite capacity scheduling** en men spreekt dan van **APS/advanced planning and scheduling**. Enkele criteria zijn :

- *Due date performance* : het percentage orders dat binnen de gestelde leveringstermijn wordt afgewerkt.
- *Throughput* : het aantal eenheden geproduceerd per tijdseenheid.
- *Lead time* : de tijd dat de orders in het systeem blijven.
- De gemiddelde voorraad van goederen in bewerking.
- De gemiddelde bezettingsgraad van de machines.

Dan hebben we een aantal mogelijkheden om een goed plan op te stellen :

- De ordergrootte
- Het ogenblik van uitbrengen van orders
- De capaciteit van de werkcentra
- De volgordebepaling
- De bepaling van het leveringstijdstip

4.3 Theory of constraints.

Stap 1 : Bepaal de knelpuntmachine.

Stap 2 : Maximaliseer de winst onder de beperkingen en stel de nieuwe productmix op.

Stap 3 : Breng alles in lijn met de beslissing gemaakt in stap 2.

Stap 4 : Verhoog de beperking.

Stap 5 : ga terug naar stap 1.

(Vb. zie de gevallenstudie in het handboek pagina 281-285)

4.4 Het drum-buffer-rope-concept.

Drum= legt het hoofdproductieplan vast, geeft het ritme aan.

Rope= planning en timing van de werkorderuitgiften.

Buffer= beschermt het knelpunt met een veiligheidstijd.

Drie soorten ropes :

- **Constraint rope** : verbinding tussen de start van de eerste bewerking en de start op het knelpuntproces.
- **Shipping rope** : verbinding tussen het leveringstijdstip en het beëindigingstijdstip op het knelpunt.
- **Assembly rope** : verbinding tussen de assemblageknooppunten en de start van de bijbehorende assemblagetrajecten.

Opstellen van de drum :

- In hoeveel loten gaan we produceren (op het knelpunt en op de andere machines)?
- Hoe kleiner de ordergrootte, hoe meer flow in je systeem, maar creëert ook meer omstellingen. Dus kijken hoeveel tijd men nog over heeft voor omstellingen.
- Neem het meeste omstellingen mogelijk zonder capaciteitsbeperking te overschrijden en stel aan de hand daarvan de drum op.

(Vb. drum opstellen zie gevallenstudie handboek pagina 296-306)

5 Schatting van de doorlooptijd.

5.1 Schatting van de doorlooptijd voor een basis-flow systeem: één resource, één flow.

We gaan op zoek naar de **gemiddelde doorlooptijd $E(W)$** :

- t_a = gemiddelde tussenaankomsttijd
- λ = aankomstritme = $1/t_a$
- t_e = gemiddelde productietijd
- μ = productieritme = $1/t_e$
- ρ = bezettingsgraad = $t_e/t_a = \lambda/\mu$
- C_a^2 = variatiecoëfficiënt voor aankomsten = σ_a^2/t_a^2
- C_e^2 = variatiecoëfficiënt voor productie = σ_e^2/t_e^2

G/G/1 (willekeurig verdeelde aankomsten en productietijden en 1 parallelle machine)

$$\rightarrow E(W) = \frac{1}{2} * (C_a^2 + C_e^2) * \left(\frac{\rho}{1-\rho}\right) * t_e + t_e$$

M/M/1 (exponentieel verdeelde aankomsten en productietijden en 1 parallelle machine)
 $C_a^2 = C_e^2 = 1$

$$\rightarrow E(W) = t_e * \left(\frac{1}{1-\rho}\right) = \left(\frac{1}{\mu-\lambda}\right)$$

M/G/1 (exponentieel verdeelde aankomsten, willekeurig verdeelde productietijden en 1 parallelle machine)

$$\rightarrow E(W) = \frac{(\lambda/\mu)^2 + \lambda^2 \sigma_e^2}{2\lambda(1-\lambda/\mu)} + \frac{1}{\mu}$$

MERK OP : ook hier kan de wet van Little gebruikt worden (gemiddeld aantal in systeem = $E(I) = E(W) * \lambda$)

5.2 Enkele fundamentele observaties uit de flow-theorie.

❖ **Observatie 1** :

Wanneer in een systeem de bezettingsgraad toeneemt zonder andere factoren te wijzigen, dan zal de gemiddelde doorlooptijd, vanaf een bepaalde bezettingsgraad, op een sterk niet-lineaire manier toenemen.

❖ **Observatie 2** :

Een verhoogde variabiliteit veroorzaakt altijd een verhoogde doorlooptijd en een verhoogde voorraad.

❖ **Observatie 3** (Wet van Little) :

Gemiddelde voorraad is gelijk aan de gemiddelde doorlooptijd vermenigvuldigt met de gemiddelde input.

❖ **Observatie 4** :

Om met een gegeven serviceniveau een geplande doorlooptijd te halen, moet er een veiligheidstijd worden ingecalculleerd. Veiligheidstijd is tijd bovenop de gemiddelde doorlooptijd.

❖ **Observatie 5** (samenvatting van de 4 voorgaande) :

Wie niet bereid is in een variabiliteitsreductie te investeren, zal er toch in één van de volgende vormen voor moeten betalen :

1. Lange doorlooptijden en hoge voorraadniveaus,
2. Verspilde capaciteit door lagere bezettingsgraad,
3. Gereduceerde output.

5.3 Variabiliteit en doorlooptijd (impact van storingen).

We introduceren eerst het **natuurlijke variabiliteitsconcept** (= de variabiliteit die inherent is aan het proces, gekenmerkt door niet-toewijsbare oorzaken) :

- t_0 = de verwachte natuurlijke productietijd
- σ^2_0 = de natuurlijke variantie
- $C^2_0 = \sigma^2_0 / t_0$ = de gekwadraterde variatiecoëfficiënt

5.3.1 Variabiliteit ten gevolge van omstellingen en herwerken van producten.

Impact van omstellingen en herwerken van producten :

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s}$$

$$\sigma_e^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} * t_s^2$$

$$C_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2}$$

met N_s = om de hoeveel eenheden er een defect/omstelling is
 t_e = additionele herwerkingstijd

5.3.2 Variabiliteit ten gevolge van machinestilstanden.

Impact van machinestilstanden :

$$A = \frac{m_f}{m_r + m_f}$$

$$t_e = \frac{t_0}{A}$$

$$\sigma_e^2 = \frac{\sigma_0^2}{A} + 2 * t_0 * m_r * \frac{1 - A}{A}$$

met A = de beschikbaarheid van de machines
 m_f = mean time to failure
 m_r = mean time to repair

5.3.3 Gecombineerde variabiliteit.

Stap 1 : we starten met de natuurlijke productietijden, variantie en bezettingsgraad.

Stap 2 : we voeren omstellingen en productiedefecten in en bepalen de additionele herwerkingstijd, de variantie van de herwerkingstijd en de effectieve bezettingsgraad.

Stap 3 : we voeren machinestilstanden in en herberekenen de parameters.

6 Lean operations / Just-in-Time.

6.1 Inleiding.

Lean operations= een verzamelterm voor een veelheid van methodes en technieken die allemaal de minimale inzet van buffers nastreven om een gegeven prestatimaatstaf te bereiken.

➔ *Doe meer met minder :*

- *Doe alleen wat nodig is voor de klanten, niet meer.*
- *Alle verspilling/waste elimineren.*
- *Doe het goed vanaf de eerste keer, want als je het niet meteen juist doet moet je dat opnieuw herwerken (= waste).*

Waste/muda = alles wat niets te maken heeft met de minimale hoeveelheid apparatuur, materiaal, onderdelen, ruimte en tijd die essentieel zijn om waarde toe te voegen aan het product = het verschil tussen het ideale en het werkelijke.

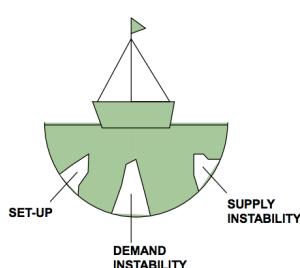
Toyota production system : de eerste die just-in-time management begon toe te passen. Ze probeerden de waste te elimineren (vb. geen te grote voorraden, geen wachttijd).

6.1.1 Soorten waste of muda.

- **Defecten** : eender welke defecten die worden doorgegeven doorheen het productieproces.
- **Overproductie** : door overproductie gaat men onnodige voorraad creëren.
- **Over-processing** : op inspecties vertrouwen i.p.v. het systeem zo te ontwerpen dat het zelf fouten ontdekt (*jidoka* : ingebouwde controles die garanderen dat er geen defecten worden doorgegeven in de keten)
- **Aankopen voor het nodig is** : een voorraad grondstoffen aanleggen die je nog niet meteen gebruikt is verspilling.
- **Beweging** : van het ene naar het andere werkstation gaan.
- **Transport en behandeling** : het is bijvoorbeeld beter om in één keer het transport te kunnen doen dan in verschillende stappen.
- **Wachttijd** : door bijvoorbeeld een trage computer ontstaat er wachttijd, wat waste is.

6.1.2 Waarom bestaat waste?

River analogy : waste bestaat omdat men enkele problemen/risico's wil verdoezelen/indekken (➔ *er zijn heel veel ondernemingen die waste hebben door een aantal inefficiënties in het productieproces*)



➔ Het water stelt de waste voor die het bootje (de onderneming) beschermt tegen de rotsen (inefficiënties). Indien we waste elimineren, dan gaat het bootje sneller crashen op de rotsen.

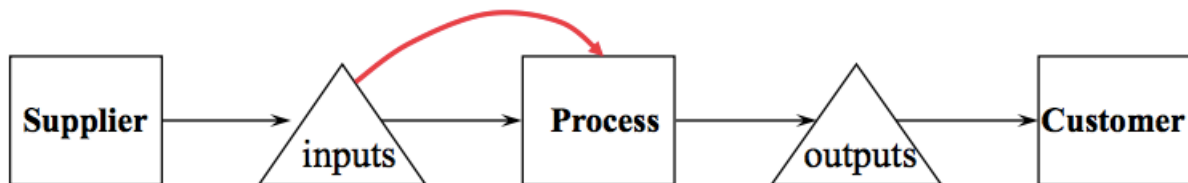
➔ **Waste is een buffer/veiligheid.**

6.2 JIT systemen.

6.2.1 Push- versus Pull-systemen.

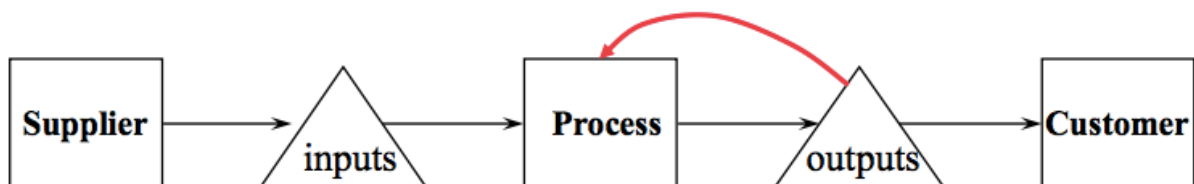
Push-systeem : ik heb materiaal, ik heb tijd dus ik begin te produceren of de andere (*latere in de schakel*) werkstations kunnen volgen of niet (→ *creëert heel veel voorraadopstapeling*).

PUSH: Inputs availability triggers execution



Pull-systeem : een workstation later in de schakel geeft een signaal dat opdracht geeft om te beginnen produceren.

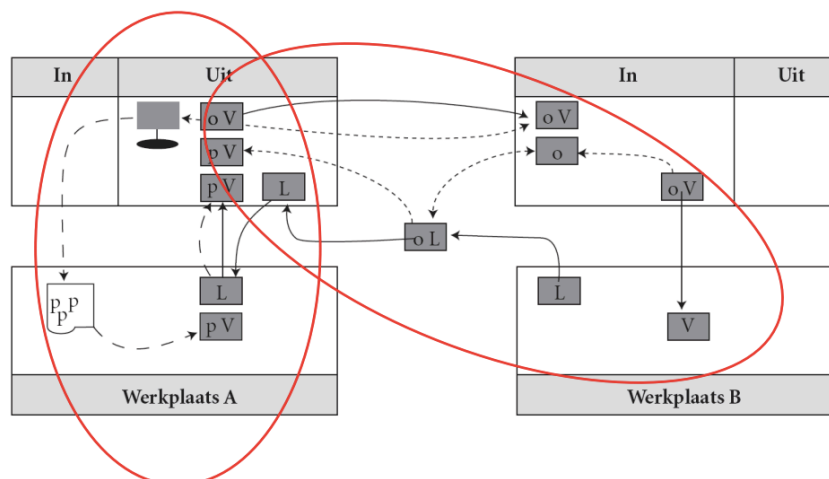
PULL: Outputs need triggers execution



Planning in Pull productiesysteem :

- **Regels :**
 - Start met het transport of de productie wanneer een signaal komt van een centrum lager in de schakel.
 - Produceer/lever de afgesproken hoeveelheid.
 - Produceer FIFO.
- **Signalisatie :**
 - Kanban kaarten (*de signalen worden gegeven via kaartjes in input/output mandjes*), containers, elektronisch,...

Voorbeeld Kanban kaarten :



6.2.2 Multi model productieplan.

Multi model productieplan= Heijunka= een productieproces waar genivelleerd werken gecombineerd wordt met een mixed-model concept (vb. AAABC AAABC AAABC).

SILS (*supply in line sequence*) : leveranciers die leveren in de volgorde van de mixed-model-lijn.

Stappenplan heijunka proces maken (*a.d.h.v. voorbeeld, zie vb. onder stappenplan*) :

Stap 1 : van maandvraag naar dagvraag (vb. 20 dagen in een maand \rightarrow delen door 20).

Stap 2 : berekenen van de cyclustijd (vb. 60 maken op 480 min $\rightarrow 480/60 = 8$).

Stap 3 : zoek het kleinste gemene veelvoud van de cyclustijden (vb. 48 minuten).

Stap 4 : bereken de hoeveelheid per cyclus (vb. 48 min en 8 min per stuk $\rightarrow 48/8 = 6$).

Hierna kan de volgorde nog geoptimaliseerd worden om verbruiksritme van de componenten te nivelleren (moeten we in deze cursus niet kunnen).

Voorbeeld : er zijn 20 dagen per maand, 480 min per dag

	Maandvraag	Dagvraag
Type A	1 200	60
B	400	20
C	1 600	80
D	400	20
E	600	30
F	600	30

	Dagvraag	Cyclus (480 min per dag)
Type A	60	8
B	20	24
C	80	6
D	20	24
E	30	16
F	30	16

	<i>Hoeveelheid per cyclus</i>
Type A	6
B	2
C	8
D	2
E	3
F	3

Heijunka proces : AAAAAA BB CCCCCCCC DD EEE FFF

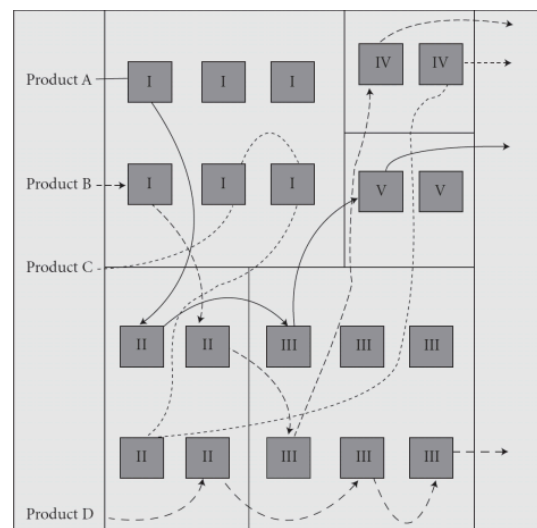
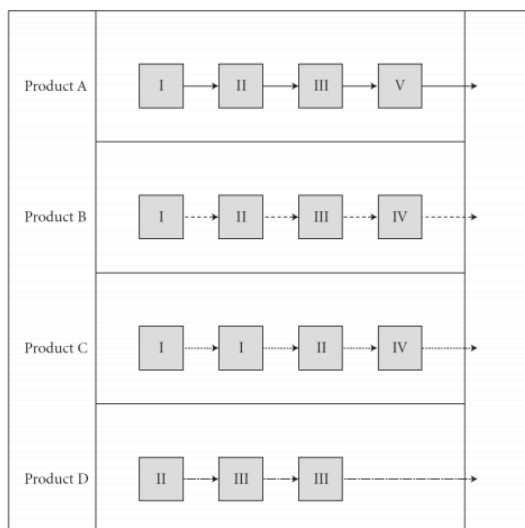
Voorwaarden : als we ordergroottes zo klein mogelijk willen krijgen, dan zullen we de omstelkosten en omsteltijden zoveel mogelijk moeten reduceren.

6.3 JIT : balanceren van de productielijn.

6.3.1 Productgerichte lay-out versus functionele lay-out.

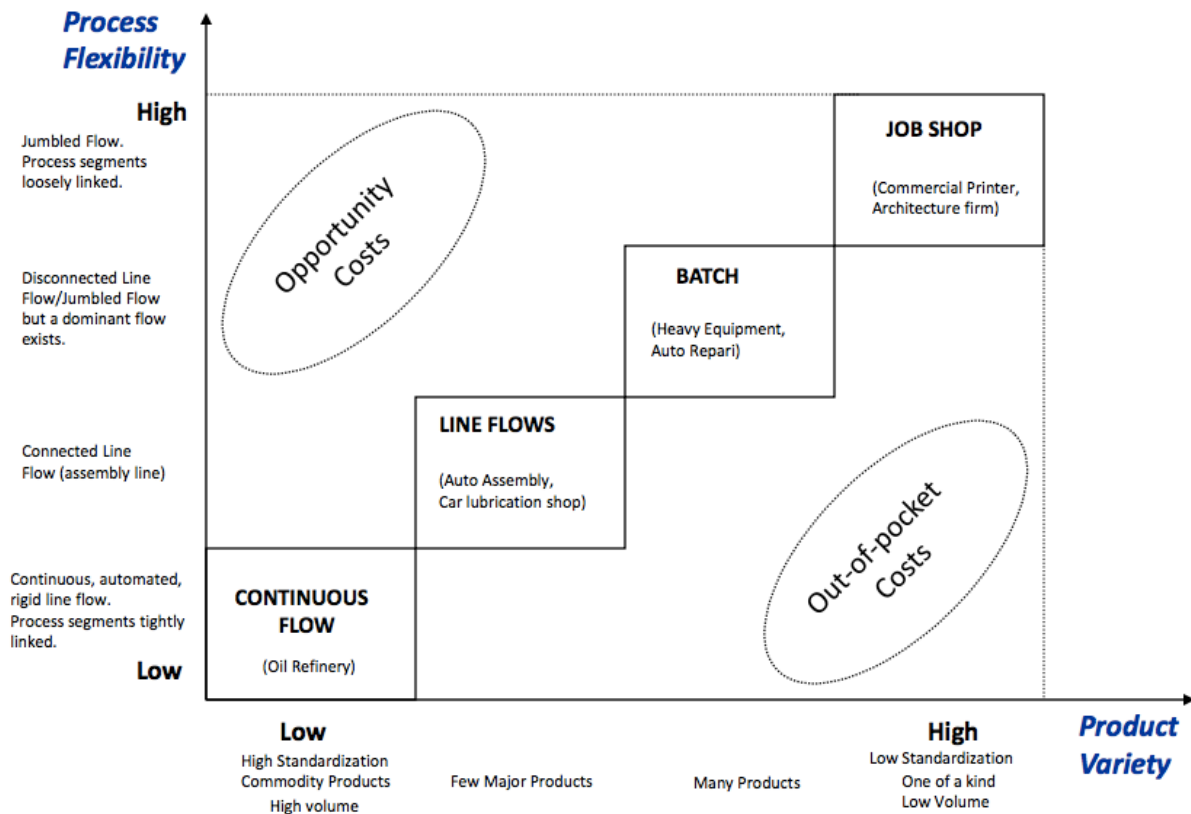
Productgerichte lay-out (flow shop) : alle machines om een bepaald product/ onderdeel te maken bij elkaar zetten.

Functionele lay-out (job shop) : alle machines die een bepaalde bewerking uitvoeren bij elkaar zetten.



Tussenoplossing : **cell lay-out** : gelijkaardige producten samenbrengen → machines groeperen per familie van producten.

6.3.2 Product-process matrix.



6.3.3 Specialiseren versus niet specialiseren.

Specialiseren	Niet specialiseren
<p><u>Voordelen</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Snel leerproces, eenvoudige taak, korte duurtijd • Minder werktuigen, dus lagere investeringen 	<p><u>Voordelen</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen dode tijd • Meer variantie in het werk • Bij toename volume, persoon toevoegen, eenvoudig
<p><u>Nadelen</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vervelend werk • Lagere efficiëntie, dode tijd • Als één arbeider stopt, ligt de lijn stil • Bij toename volume, takt gewijzigd, alles herschikken 	<p><u>Nadelen</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Complexe taak, moeilijker • Elke persoon heeft alle werktuigen nodig • Langere duurtijd van de taken?

6.4 Innoveren en verbeteren.

- **Kai** = verandering (→ *innovatie*)
- **Zen** = goed te worden.
- **Kaizen** = continue verbetering.
- **Kaikaku** = radicale verbetering.