Kap. 7 - Layout og flyt

* Layouten til en operasjon eller prosess betyr hvordan dens transformerte ressurser er posisjonert reltativt til hverandre og hvordan dens forskjellige oppgaver er allokert til disse ressursene.
	+ Sammen vil disse to avgjørelsene diktere flytmønsteret for transformerte ressurser mens de går gjennom operasjonens prosesser
	+ Viktig avgjørelse fordi dersom layouten er feil kan det lede til lange og forvirrende flytmønstre, kundekøer, lange prosesstider, infleksible operasjoner, uforutsigbar flyt og høye kostnader.
	+ Å lage ny layout kan forårsake avbrytelser

### Hvordan er en god layout?

* Inherent safety
	+ Alle prosesser som kan utgjøre en fare for ansatte eller kunder bør ikke være tilgjengelig for uatoriserte
* Flytlengde
	+ Flyt av materialer, informasjon eller kunder bør være passende for operasjonen.
	+ Betyr vanligvis å minimere distansen for transformerte ressurser.
* Clarity of flow
	+ All flyt av meterialer og kunder bør være well signposted og tydelig for ansatte og kunder
* Forhold for ansatte
	+ Ansatte bør plasseres borte fra bråkete eller ubehagelige deler av operasjonen
* Styringskoordinering
	+ Supervision og kommunisering bør assisteres av plasseringen av ansatte og kommunikasjonsapperater
* Accessibility
	+ Alle maskiner og fasiliteter bør være accessible for rengjøring og vedlikehold
* Bruk av areal
	+ Alle layouter bør bruke areal skikkelig.
	+ Betyr vanligvis å minimere brukt areal
* Long-term fleksibilitet
	+ Layouter må endres periodevis
	+ En god layout vil være utviklet også med tanke på fremtidens behov

# The basic layout types

* De fleste layoutene er utviklet fra disse
* Se figur under for forholdet mellom prosesstyper og basic layout typer

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Manufacturing process types** | **Bais layout** **types** | **Service process** **types** |
|  Project  | Fixed-position layout |  Professional sercivces |
|  pocesses |
|  Jobbing |
|  processes |  Functional layout |
|  |  |
|  Batch processes |   Service  shops |
| Cell layout |
|   Mass |  |
|  |
|  Product layout |  Mass services |
|  processes |
|  Continuos  |  |
|  processes |

## Fixed-position layout

Istedet for at materialer, informasjon og kunder flyter gjennom operasjonen, er mottageren av prosesseringen stasjonær og utstyret, maskineriet og menneskene som utfører prosesseringen beveger seg som nødvendig.

Kan være fordi produktet eller mottageren er for stor til å flyttes enkelt, kan være for delikat til å flyttes eller kan være i mot å flyttes å flyttes.

* Veiarbeid – produktet for stort
* Hjerte-operasjoner – pasienter for delikate
* Fin restaurant – kunder vil nekte å flyttes til hvor maten forberedes

En byggeplass er et typisk eksemepel på en fixed-position layout ved at det er begregenset plass som må allokeres til de ulike transformasjonsressursene. Noen av utfodringene ved å designe et slikt layout vil være å allokere områder til de ulike «contractors» slik at de har nok plass å arbeide på, kan motta og lagre materialene sine, kan ha adgang til sin del av prosjektet uten å forstyrre andres bevegelser, minimalisere bevegelse osv.

Fordeler med «fixed-position» layout er at de vil være svært fleksible i forhold til produkter, produktene eller kundene flyttes og forstyrres ikke og de ansatte får stor variasjon i arbeidsoppgaver.

Ulemper med denne layoyten er at enhetskostnadene øker, det kan være vanskelig å planegge aktiviteter og plassutnyttelse og det kan bety mye flytting av utstyr og ansatte med kostnadene som vil være knyttet til det.

De faste kostnadene ved å konstrurere denne typen layout er relativt små sammenlignet med andre måter å produsere produtkter eller tjenester på, men de variable kostnadene ved å produsere én enhet eller tjeneste er relativt høye sammenlignet med andre layouter. Derfor passer denne typen layout for virksomheter som produserer lavt volum. Det faktum at «flowen» også vil være nedsatt ved en slik layout bidrar også til at den er passende for produksjoner med lavt volum.

### Functional layout

Functional layout har sitt navn fra at det tilpasser seg til behovene og bekvemmeligheten til funksjonene som utføres av transformeringsressursene i prosessen. I denne typen layout vil lignende ressurser og prosesser plasseres sammen. Dette kan være fordi det vil være praktisk eller for at utnyttelsen av transformeringsressursene blir bedre. Dette betyr at når materialer, informasjon eller kunder går gjennom operasjonen blir ruten bestemt av behovene deres. Ulike produkter og kunder vil følgelig ha ulike behov og derfo ta ulike ruter. Vanligvis vil dette gjøre bevegelsesmønstrene i virksomheten svært komplekse.

Ett eksempel på denne layouten kan være sykehus. Noen prosesser (røngtgenmaskiner og laboratorier) behøves av flere typer pasienter; noen prosesser («general wards») kan oppnå høy utnyttelse av ansatte og senger.

Ett annet eksempel er supermarkeder. Noen produkter, slik som boksmat, er «convinient» å «restock» dersom de er gruppert sammen. Andre områder, slik som de som har fryste grønnsaker, krever samme teknologi (fryseskap/fryseboks) og vil derfor være hensiktsmessig å plassere sammen. Andre, slik som området med friske grønnsaker, kan være plassert sammen for å være mer attraktive til kunder eller fordi dette er mest hensiktsmessig i forhold til leveranser.

Fordelene med «functional layout» vil være høy fleksibilitet og variasjon med tanke på produkter, men dog lavere enn ved «fixed position», at den er relativt robust ved avbrytelser og at det er relativt lett å holde kontroll og oppsyn med utstyr. Ulempene med denne typen layout er at det vil gi en lav utnyttelse av fasilitetene, den kan ha svært høy «work-in-progress» eller oppsamling av kunder og det kan være vanskelig å kontrollere de komplekse bevegelsene.

### Cell layout

I en «cell layout» vil de transformerte ressursene som kommer inn i operasjonen være forhåndsbestment til å gå til en del av operasjonen (en celle) hvor alle ressursene som skal transformeres er lokalisert. Dette er for å møte deres øyeblikkelige prosseseringsbehov. Etter at de har vært gjennom prosessene i cellen vil muligens ressursene gå videre til en annen celle. Denne typen layout er et forsøk på å få orden i kompleksiteten av bevegelser som karakteriserer «functional layout».

Et eksempel på en «cell layout» er sammenstilling av laptoper. Innad i en slik fabrikk kan sammenstillingen av ulike laptoper utføres i egne områder som er dedikert til et merke som har spesielle krav som for eksempel svært høy kvalitet. Et annet eksempel på en slik layout er førdestuen på et sykehus. Kundene her er en vel-definert gruppe som kan behandles sammen og som sansynligvis ikke vil trenge andre fasiliteter på sykehuset samtidig som de trenger fasilitetene ved fødestuen.

Denne typen layout passer godt når variasjonen av produkter eller tjenester reduseres til et punkt hvor en bestemt kategori med lignende krav skiller seg ut, men variasjonen likevel ikke er liten.

Fordelene med «Cell layout» er blant annet at det kan være et godt kompromiss mellom kostnader og fleksibilitet for operasjone med høy variasjon, gjennomløpstiden er relativt kort og arbeid i grupper kan virke postitivt på motivasjonen til de ansatte. Ulempene kan være at det kan høye kostnader knyttet til å endre en eksisterende layout til «cell layout» , behovet for utstyr er stort og utnyttelsen av «plant» kan være lavere.

### Product layout

Ved product layout lokaliserer man ressurser som transformeres etter deres eget «convinience». Alle produkter, kunder og informasjon følger en rute hvor rekkefølgen på aktivitetene som kreves passer overens med rekkefølgen som prosessene har blitt plassert i. Ressursene vil da bevege seg som en enkel linje gjennom prosessen. Bevegelense er forutsigbare og derfor relativt enkle å kontrollere.

Ett eksempel på en slik layout kan være ved sammenstilling av biler. Her vil nesten alle varianter av samme modell kreve de samme rekkefølgen av prosesser. Et eksempel fra service-bransjer er kafeteriar hvor kundene forsyner seg sel. I de fleste tilfeller vil rekkefølgen på kravene fra kundene være de samme (forrett, hovedrett, dessert, drikke), men layouten hjelper også til med å kontrollere kundenes bevegelser.

Fordeler med «product layout» er at for høye volum vil enhetskostnadene være spesielt lave, layouten gir muligheter for spesialisert utstyr og material- eller kundebevegelsene er «convinient». Ulemper er knyttet til at fleksibiliteten kan reduseres, arbeidet for de ansatte kan være høyst repetitivt og dermed lite motiverende og layouten er heller lite robust ved avbrytelser.

De faste kostnadene knyttet til «product layout» er relativt høye sammenlignet med andre typer layout, men de variable kostnadene er tilsvarende små. Derfor vil denne layouten økonomisk sett i de fleste tilfeller lønne seg for store volum sammenlignet med de andre typene. En annen årask til at denne layouten passer for produksjoner med høyt volum (og lav variasjon) er at «flow» her reguleres bra.

### Mixed layout

Mixed layout vil være egendesignede hybridlayouts som kombinerer ulike elemener fra noen eller alle av basistypene, eller bruker forskjellige basic layout typer i forskjelliige deler av virksomheten.

# Hvilken type layout bør en operasjon ha?

Viktigheten av flyt for en operasjon vil avhenge av **volum og variasjon.**

* Når volumet er lavt og variasjonen er høy er ikke flyt et hoved-issue
* Med høyere volum og lavere variasjon, blir flyt et issue
* Med høyt volum og høy variasjon vil et totalt flyt-dominerende arrangement være vanskelig fordi det vil være ulie flyt-mønstre.

Når variasjonen av produkter elleyt, kan tjenester reduseres til et punkt hvor en distinkt kategori med lignende krav blir tydelig, men variasjonen fremdeles er liten, er celle-layout passende.

Når variasjon er relativt liten og volumet høyt kan flyt bli regularized og en produkt-baser layout er sansynlig passende. Se figur

## Å velge en layout-type

Volum-variasjon karateristikkene til en operasjon vil i stor grad smalne inn valget ned til en eller to layout-alternativer. Valg av layout-type vil påvirkes av deres relative fordeler og ulemper.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Fordeler | Ulemper |
| Fixed-position | Veldig stor mix og produkt-fleksibilitet.Produkt og kunder flyttes og forstyrres ikke.Høy variasjon av oppgaver for ansatte. | Høye enhetskostnader.Planlegging av areal og aktiviteter kan være vanskelig.Kan bety mye bevegelse av fabrikk og ansatte. |
| Funksjonell | Høy miks og produkt-fleksibilitet.Relativt robust med tanke på avbrytelser.Relativt enkel oppsyn av utstyr eller fabrikk. | Lav utnyttelse av fasiliteterKan ha veldig store WIP eller kundekøer.Kompleks flyt kan være vanskelig å kontrollere. |
| Cell | Kan være et godt kompromiss mellom kostnad og fleksibilitet for operasjoner med relativ høy variasjon. Rask throughput.Gruppearbeid kan resultere i god motivasjon | Kan være dyrt å rearrangere eksisterende layout.Kan trenge mer fabrikk og utstyr.Kan gi lavere utnyttelse av fabrikk. |
| Product | Lave enhetskostnader for høye volum. Gir muligheter for spesialisering av utstyr.Materialers eller kunders bevegelser er praktisk. | Kan ha lav mix fleksibilitet.Ikke veldig robust ved avbrytelser.Arbeid kan være repetitivt. |

En av de viktigste karakteristikkene er hvordan enhetskostnadene påvirkes av layout-type. For et hvert produkt eller tjeneste, er de faste kostnadene ved å fysisk konstrurere en fixed-position layout relativt små sammenlignet med en annen måte å produsere samme produkt eller tjeneste. Men de variable kostnadene ved å produsere hvert produkt eller tjeneste er relativt høye sammenlignet med de andre layout-typene. Faste kostnader øker vanligvis når man beveger seg fra fixed-position til produkt-layout. De totale kostnadene ved hver layot-type vil avhenge av volume av produkt. Se figur a)

De eksakte kostnadene ved en layout er vanskelige å forutsi og vil trolig avhenge av mange uforutsigbare faktorer i tillegg til volum. Derfor er det rolig mer passende å bruke brede bånd enn linjer, hvor kostnadene ligger en plass innenfor båndet.

# Detaljert design av layouten.

Når en layout er valgt vil neste steg være å bestemme den detaljerte designen.

## Detaljert design, fixed-position

Plassering av ressurser vil bestemmes basert på beleieligheten til ressursene selv. Hensikten med den detaljerte planleggingen er å oppnå en layout for operasjonen som tillater at alle de transformerende ressursene maksimerer deres bidrag til transformasjonsprosessen ved å tillate dem å gi effektive «service» til de transformerte ressursene.

## Detaljert design, funksjonell layout

Den detaljerte designen ved funksjonell layout er kompleks og det er også flyten.

For N arbeidssentre er det N! forskjellige måter å arrangere sentrene på:

 $N!=N×\left(N-1\right)×\left(N-2\right)×…. ×(1)$

Dette gjør at det er vanskelig å oppnå optimale løsninger i praksis.

### Informasjon for funksjonell layout

Før man starter prosessen med detaljert design trenger man følgende informasjon:

* Arealet hvert arbeidssenter trenger
* Restriksjoner for formen til arealet allokert til hvert arbeidssenter
* Grad og retning av flyt mellom sentrene
* Attråverdigheten for at arbeidssenter plasseres nær hverandre eller nær et fiksert punkt i layouten.

Retning og grad av flyt viser normalt på et **flow record chart** som vist i a) under. Informasjonen samles inn fra å rute informasjonen eller ved observasjon. Dersom flytretningen mellom arbeidssentrene ikke utgjør noen forskjell for layouten, kan informasjonen vises som i b), et alternativ for c). Det kan være knyttet store forskjeller i kostnadene ved å flytte materialer eller kunder mellom arbeidssentre. Figur d) vil vise enhetskostadene ved å transportere en ladning mellom arbeidssentrene. Ved å kombinere enhetskostnadene og flytdata får man cost-per-distance-travelled data vist i e. Denne har «been collapsed as before into» f).

### Mimisere avstand

I mange tilfeller av funksjonell layout er hovedmålet å minimere kostnadene for operasjonen som er knyttet til flyt gjennom operasjonen. Dette betyr vanligvis å minimere den totale avstanden «travelled» i operasjonen. Se figur

$$Effektiviteten til layouten= \sum\_{}^{}F\_{ij}D\_{ij } i\ne j$$

Fij = flyt av ladninger eller journeys per tidsperiode fra senter i til senter j.

Dij = distansen mellom arbeidssenter i og j.

Jo lavere effektivitetsscoren er, desto bedre er layouten. Utregningen forutsetter at alle joruneys har samme kostnad for operasjonen, dette er imidlertid ikke alltid tilfelle. I tilfeller hvor kostnader (eller vanskeligheter) inkluderes i utregning har vi at:

$$Effektiviteten til layouten= \sum\_{}^{}F\_{ij}D\_{ij }C\_{ij } i\ne j$$

Cij = Kostnad per distanse travelled ved en journey mellom i og j

### Den generelle metoden for funksjonell design

1. Samle inn informasjon relatert til arbeidssentre og flyt mellom dem
2. Tegn opp et flytskjema som viser arbeidssentrene og flyten mellom dem, plasser arbeidssentrene med høyest flyt nær hverandre
3. Juster skjemaet ved å ta hensyn til restriksjonene for areal som layouten må passe inn i
4. Tegn layouten og vis de faktiske arbeidsarealene og distansen materialer eller kunder må travel. Kalkuler effektiviteten enten som total distanse eller som kostnad ved bevegelser.
5. Sjekk om det vil redusere kostnader eller distanse å bytte to arbeidssentre. Viss det er tilfellet, bytt dem og returner til steg 4.

### Funksjonell layout design ved bruk av data

Kompleksiteten ved funskjonell layout har ført til utvikling av heuristiske prosedyrer for å bidra til design prosessen. Disse søker ikke etter en optimal løsning, men en suboptimal løsning.

Det er

$$\frac{N!}{2!\left(N-2\right)!}$$

Måter å bytte 2 av N arbeidssentre. Tre inputs er nødvendig for CRAFT heuristic: en matrise av flyten mellom avdelingene, en matrise med kostnadene knyttet til transport mellom hver av avdelingene, og en pil som viser den opprinnelige layouten. Fra disse:

* Kalkuleres lokasjonen av tyngdesenteret til hver avdeling
* Flytmatrisen veies opp mot kostnadsmatrisen, og denne denne vektede matrisen multipliseres med avstanden mellom avdelingene for å få de totale transportkostnadene for den nåværende layouten..
* Modellen kalkulerer så kostnadskonsekvensene ved å bytte alle mulige par av avdelinger.

Byttet som gir best forbedringer fikseres så, og hele syklusen repeteres med den oppdaterte kostnad-flyt matrisen inntil det ikke lenger skjer noen forbedring ved å bytte to avdelingerl.

## Detaljert design, celle layout

Må ta avgjørelser i forhold til

* The extent and nature of the cells it has chosen to adopt
* Hvilke ressurser som skal allokeres til hvilke celler

### Analyse av produksjonsflyt

Detaljert design av celle layout er vanskelig, dels fordi celle i seg selv er et kompromiss mellom prosess og produkt layout. For å forenkle oppgaven kan det være nyttig å fokusere på enten produkt eller prosess aspektene ved celle layout. .

* Prosess
	+ **Cluster analysis** for å finne ut hvilke prosesser som naturlig grupperes sammen
	+ Vurder hver prosess og se på hvilke andre type prosesser et produkt eller del som bruker denne prosessen trolig også vil trenge.
	+ En måte å allokere oppgaver og maskiner til celler er **production flow analysis,** som undersøker både produktkrav og prosessgrupering samtidig. Se figur

## Detaljert design, produkt layout

I stedet for «hvor skal man plassere hva» er produkt layout mer opptatt av «hva som skal plasseres hvor». Beliggenheter avgjøres og så blir arbeidsoppgaver allokert til hver beliggenhet.

For eksempel kan det være bestemt at det trengs fire stasjoner for å lage en dataveske. Valget blir så hvilken av oppgavene som kreves skal allokeres til hver stasjon.

Hovedavgjørelsene ved produkt layout er:

* Hvilken cycle time behøves?
* Hvor mange stadier behøves?
* Hvordan skal task-time variasjon takles?
* Hvordan skal layouten balanseres?

### Syklustiden ved produktlayout

«It is the time between completed products, pieces of information or customers emerging from the process». Syklustid er en vital faktor i design av produkt layout. Kalkuleres ved å vurdere sansynlig demand etter produktene eller tjenestene over en periode og mengden produksjonstid tilgjengelig i den perioden.

$$Syklustid for layouten= \frac{tid tilgjengelig}{antall som skal prosesseres}$$

### Antall stadier i layouten

Avhenger av syklustiden som kreves og den totale mengden arbeid involvert i å produsere produktet eller tjenesten. Jo større den totale arbeidsmengden er og jo kortere krevd syklustid er, desto mer stadier vil være nødvendig.

$$Antall stadier= \frac{Total arbeidsmengde}{krevd syklustid}$$

### Task-time variasjon

Eksempel: et linje med fire stadier som hver bidrar med en fjerdedel av den totale arbeidsmengden av prosesseringen av et lån og sender dokumentasjonen videre til neste stadie hvert 15 min. I praksis vil ikke flyten være like regelmessig. Dette er en generell karakteristikk for alle repetitive prosesser og kan forårsakes av faktorer som forskjeller mellom hvert produkt eller service som prosesseres langs linjen, eller små variasjoner i koordinasjonen og innsatsen fra de ansatte som utformer oppgaven. Denne variasjonen kan forårsake irregulariteter i flyten langs linjen, som igjen kan fører til periodiske køer i stadiene og tapt prosesseringstid.

### Balansering av work-time allokering

**Line balancing** er en av de viktigste avgjørelsene med tanke på design av produkt layout. Effektiviteten ti line-balancing aktiviteten måles ved **balancing loss**. Dette er timen som sløses gjennom ulik allokering av arbeid som en prosent av den totale tiden investert i prosesseringen av produktet eller tjenesten.

### Balanseringsteknikker

De mest praktiske teknikkene for å hjelpe med line-balancing er de relativt enkle, slik som **precedence diagram.** Dette er en representasjon av «the ordering» av hvert element som utgjør den totale arbeidsmengden til produktet eller tjenesten. Hvert element representeres ved en sirkel. Sirklene forbindes med piler som viser rekkefølgen på elementene. To regler gjelder ved konstruksjon av diagrammet:

* Sirklene som representerer elementene tegnes så langt mot venstre som mulig
* Ingen av pilene som viser «precedence» av elementene skal være vertikale

Diagrammet er det vanligste startpunktet for balanseringsteknikker.

Denne generelle tilnærmingen er å allokere elementer fra diagrammet til første stadium, starter fra venstre, i rekkefølgen til kolonnene til arbeidet som allokeres til stadiet er nær syklustiden. Når stadiet er så fullt med arbeid som det kan være uten å overgå syklustiden, beveger man seg videre til neste stadium helt til alle arbeidselementer er allokert. Hovedissue er å velge et element for allokering til et stadium når det er flere enn et element som kan velges. To heuristiske regler er spesielt nyttige ved denne avgjørelsen:

* Velg den største som passer inn i tiden som gjenstår i stadiet.
* Velg elementet med flest «followers»: altså høyest antall elementer som bare kan allokeres etter at det elementet er allokert.

### Arrangering av stadiene

Alle stadiene som er nødvendig for å oppfylle kravene til layouten må nødvendigvis ikke arrangeres i en sekvensiell linje. Må ta stilling til om layouten bør arrangeres som én enkel lang og tynn linje, flere korte og tykke parallelle linjer, eller noe i mellom. (lang refererer til antall stadier og tykk til mengden arbeid som allokeres i hvert stadium). I alle situasjoner er det normalt tekniske begrensninger som begrenser enten hvor «lang og tynn» eller hvor «kort og tykk» layouten kan være.

**Fordelene med langt og tynt arrangement**

* Kontrollert flyt av materialer eller kunder – lett å styre
* Enkel materialhåndtering – spesielt dersom produktet er tungt, stort eller vanskelig å flytte.
* Lavere kapitalkrav – dersom en spesiell del trengs for et element i arbeider, må bare en del kjøpes. I kort og tykt arrangement må hvert stadium ha hver sin.
* Mer effektiv operasjon – dersom hvert stadium bare utfører en liten del av det totale arbeidet, vil personen i det stadiet ha en større del av direkte produktivt arbeid i forhold til ikke-produktivt arbeid (spesielt viktig, utdypes i kap. 9)

**Fordeler med kort og tykt arrangement**

* Høyere mix-fleksibilitet – dersom layouten behøver å prosessere flere typer produkter eller tjenester kan hvert stadium eller linje spesialisere seg på ulike typer.
* Høyere volum- fleksibilitet – når volumet varierer, kan stadier lukkes eller åpnes etter behov. Lange tynne arrangement må rebalanseres hver gang syklustiden endres.
* Bedre robusthet – dersom et stadium bryter sammen, er dens parallelle stadium upåvirket. Et langt og tynt arrangement vil stoppe produksjonen helt.
* Mindre monotont arbeid.