

Infoblad om Cp og Cpk-værdier. Artiklen er skrevet af kvalitetskonsulent Bettina Bornkessel og kvalitetskonsulent Lasse Ahm, Lasse Ahm Consult

## Anvendelse af Cp og Cpk ved procesoptimeringer

I sin evige stræben efter at forbedre sine processer er det væsentligt, at kende processens **kapacitetsindeks** eller **proceskapacitetsforhold**. Disse begreber er statistiske mål for processens kapacitet. Med andre ord betyder *disse begreber*:

***en proces' evne til at producere output inden for de specificerede grænser***

At arbejde med Cp og Cpk-værdier er nyttigt og kan bidrage til at forstå vores processer og derigennem fastlægge den variation som processerne giver. Det er imidlertid temmelig kompliceret, hvis man ikke arbejder med disse begreber til daglig og derfor har vi bestræbt os på gennem dette infoblad, at give læserne muligheden for at opnå en forståelse for disse begreber.

### Overordnet kan siges om Cp og Cpk-værdier:

1. Cp er den simpleste indikator for en proces' kapacitet, men Cpk giver et bedre billede.
2. Cp er også kendt som processens potentielle indeks, mens Cpk er kendt som *proceskapacitetsindeks* eller *proces performance indeks*.
3. Cp indekset tager ikke hensyn til processens placering imellem de fastlagte grænser eller bredden i specifikationen, mens Cpk anser centrering af processen output som vigtig.
4. Cp giver en beskrivelse af variationens formkurve, mens Cpk giver både en beskrivelse af variationens formkurve og placering af formkurven.

Begrebet **proceskapacitet** giver kun mening for processer, hvor det er muligt at udarbejde statistisk kontrol. Proceskapacitetsindekser måler, hvor meget **"naturlig variation"** en proces oplever i forhold til sine specifikationsgrænseværdier og tillader sammenligning af forskellige processer med hensyn til, hvor godt en virksomhed kontrollerer dem.

Processens øvre og nedre specifikationsgrænseværdier beskrives som **USL** (Upper specification limit) og **LSL** (Lower specification limit), betegnes målprocessens gennemsnit som **T**. Processens estimerede middelværdi kaldes  $\hat{\mu}$ . Processens anslåede variation (dette kaldes en standardafvigelse) er  $\hat{\sigma}$ . Der arbejdes med nedenstående almindeligt accepterede proceskapacitetsindeks:

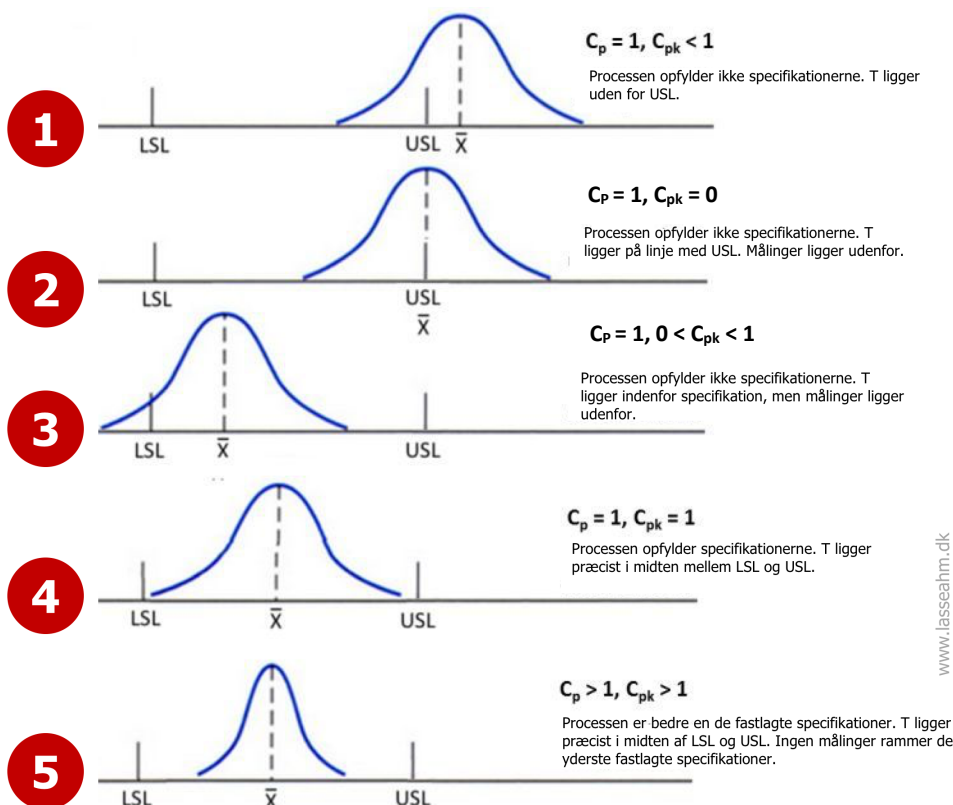
| Index                                                       | Beskrivelse                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$               | Anslår hvad processen kan frembringe hvis processens middelværdi skulle ligge midt imellem specifikationsgrænserne. Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt. |
| $\hat{C}_{p,lower} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}}$ | Anslår proceskapacitet for specifikationer, som kun består af en nedre grænse (for eksempel styrke). Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt.                |

## Proceskapabilitet

Side 2 af 5

|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\hat{C}_{p,upper} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}$                                                       | Anslår proceskapacitet for specifikationer, som kun består af en øvre grænse (fx koncentration). Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt.                                                                                                                                                                                                                                        |
| $\hat{C}_{pk} = \min \left[ \frac{USL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} \right]$ | Anslår, hvad processen kan frembringe i betragtning af, at processens gennemsnit ikke må ligge midt imellem specifikationsgrænseværdierne. (Hvis processens middelværdi er ikke centreret, overvurderer $\hat{C}_p$ proceskapabiliteten.) $\hat{C}_{pk} < 0$ hvis processens middelværdi falder uden for specifikationsgrænseværdierne. Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt. |
| $\hat{C}_{pm} = \frac{\hat{C}_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{\hat{\mu} - T}{\hat{\sigma}}\right)^2}}$                   | Anslår proceskapabilitet omkring et mål, T. $\hat{C}_{pm}$ er altid større end nul. Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt. $\hat{C}_{pm}$ er også kendt som Taguchi kapacitetsindeks.                                                                                                                                                                                          |
| $\hat{C}_{pkm} = \frac{\hat{C}_{pk}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\hat{\mu} - T}{\hat{\sigma}}\right)^2}}$               | Anslår proceskapacitet omkring et mål, T, og tegner sig for en off-center middelværdi. Forudsætter at proces output er nogenlunde normalfordelt.                                                                                                                                                                                                                                                  |

$\hat{\sigma}$  estimeres ved anvendelse af standardafvigelsen.



# Proceskapabilitet

Side 3 af 5

## Anbefalede værdier

Proceskapacitetsindeks er konstrueret til at udtrykke en mere ønskelig kapacitet med stadig højere værdier. **Værdier nær eller under nul** indikerer at processen ikke er i mål (idet  $\hat{\mu}$  er langt fra T) eller at processen sker med høj variation.

Fastsættelse af værdier for acceptable proceskapacitetsmål er et spørgsmål om personlig holdning og hvilken opfattelse eller konsensus, der findes indenfor netop den type industri, produktionsmetode eller lige netop inden for den type af processer.

Da hele proceskapacitetsmålingen er en måling med udgangspunkt i den fastlagte specifikation, er proceskapabilitetsstudieindekset kun så godt som den specifikation, der er fastlagt.

Der eksisterer en bred accept af, at nedenstående værdier anbefales:

| Situation                                                  | Anbefalet minimum proceskapacitet til tosidede specifikationer | Anbefalet minimum proceskapacitet til ensidig specifikation |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Eksisterende proces                                        | <b>1.33</b>                                                    | <b>1.25</b>                                                 |
| Ny proces                                                  | <b>1.50</b>                                                    | <b>1.45</b>                                                 |
| Sikkerhed eller kritiske parametre for eksisterende proces | <b>1.50</b>                                                    | <b>1.45</b>                                                 |
| Sikkerhed eller kritiske parametre for ny proces           | <b>1.67</b>                                                    | <b>1.60</b>                                                 |
| Six Sigma kvalitetsproces                                  | <b>2.00</b>                                                    | <b>2.00</b>                                                 |

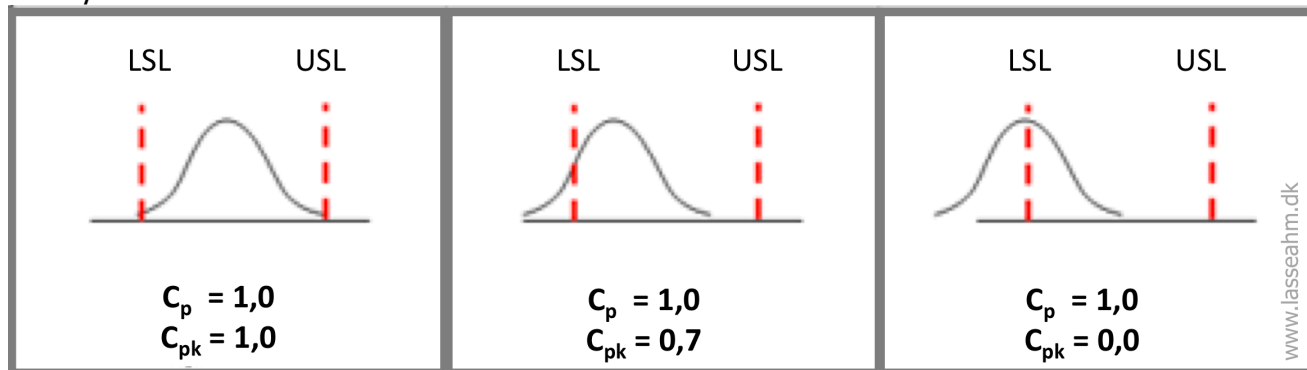
Når en proces viser et kapacitetsindeks **større end 2,5** vil denne (ofte helt unødvendige) præcision som hovedregel være meget omkostningstung at arbejde med idet der kun tolereres meget små variationer.

Det anbefales derfor at kapacitetsindekset er mellem **1,45 - 1,5** afhængig af om processen der måles på er en eksisterende proces eller en ny proces.

Yderligere er nedenstående værdier anerkendte antagelser:

|                                             |                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><math>0 &lt; C_p &lt; 0,33</math></b>    | Processen er uegnet, selv med efterfølgende sortering idet fejlprocenten er så stor, at man må forvente, at der før eller senere slipper defekter igennem.<br>Fejlprocenten er større end 31,74% |
| <b><math>0,33 &lt; C_p &lt; 0,67</math></b> | Processen er uegnet, selv med efterfølgende sortering idet fejlprocenten er så stor, at man må forvente, at der før eller senere slipper defekter igennem.<br>Fejlprocenten er større end 4,56%  |
| <b><math>0,67 &lt; C_p &lt; 1,00</math></b> | Processen er betinget egnet, man må påregne efterfølgende sortering idet fejlprocenten er større end 0,27%                                                                                       |
| <b><math>1,00 &lt; C_p &lt; 1,33</math></b> | Processen er egnet, den forventede fejlprocent er større end 0,006%                                                                                                                              |
| <b><math>1,33 &lt; C_p</math></b>           | Processen er særdeles velegnet.<br>Fejlprocenten er mindre end 0,006%                                                                                                                            |
| <b><math>C_p &lt; 2,00</math></b>           | Processens kvalitet er nu så god, at man udtrykker fejlandelen i "ppm" (antal fejl pr. million producerede emner)                                                                                |

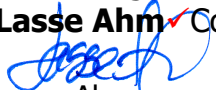
Principskitser:



Overordnet om Cp og Cpk-værdier er følgende betragtninger:

| Situation          | Konklusion om processen                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cp=Cpk</b>      | Processen er uden systematiske variationer - processen er uden indstillingsfejl.                                                                                                                                    |
| <b>Cp&gt;Cpk</b>   | Processen har systematiske variationer - processen har en indstillingsfejl.<br>Årsager til systematiske variationer skal bestemmes og eventuelle korrektioner skal foretages før processen kan fortsættes.          |
| <b>Cpk&gt;1,00</b> | Både processens systematiske og tilfældige variationer ligger indenfor de aktuelle tolerancer.<br>Årsager til eventuelle systematiske variationer skal dog bestemmes og korrigeres før processen kan fortsættes.    |
| <b>Cpk&lt;1,00</b> | Processens systematiske variationer er så store, at der bliver produceret fejlemner.<br>Årsager til systematiske variationer skal bestemmes og eventuelle korrektioner skal foretages før processen kan fortsættes. |

***Har du yderligere spørgsmål til Cp eller Cpk værdier er du velkommen til at kontakte os på telefon 56 29 72 36.***

Med venlig hilsen  
**Lasse Ahm**  Consult  
  
Lasse Ahm