



Målesystem

Af **Mads Bruun Larsen**, Adjunkt, Department of Technology and Innovation, Syddansk Universitet. www.sdu.dk

En væsentlig del af kvalitetsstyringen involverer målinger af forskellige karakteristika. Det er derfor essentielt, at man har en vis sikkerhed for, at ens målesystemer er kapable. I denne artikel vil vi uddybe, hvorfor det er vigtigt med et godt målesystem, hvilke karakteristika, der er ved et målesystem og hvordan man evaluerer om målesystemet er godt nok.

Vi bruger målinger for at beslutte os for, om et emne er indenfor eller udenfor specifikationerne. Skal vi justere processen? Hver gang man tager en beslutning, er der også en risiko for, at man tager den forkerte beslutning. Årsagen til, at vi har en risiko for at tage fejl, skyldes at der også i målesystemerne er tilfældig variation, ligesom der er i de fleste andre processer. Det betyder, at hvis vi måler den samme karakteristika igen og igen og igen, vil vi ikke få præcis de samme værdier.

RISIKO FOR MISKLASSIFICERING

For at illustrere effekten af variation i målesystemet, forestil jer en måling, som ligger lige indenfor specifikationerne. Almindeligvis vil de fleste sige, at emnet er indenfor og derfor skal godkendes, men på grund af den tilfældige variation, der også er i målesystemet, kan vi ikke være sikre på, at beslutningen om at emnet er indenfor, er korrekt.

På figur 1 ses to eksempler på mis-klassificering. Den blå kurve til venstre viser et emne, som reelt er indenfor specifikationen, men selve målingerne vil kunne variere f.eks. som beskrevet ved en normalfordelingskurve. Det vil sige, nogle gange vil målingen af emnet være lidt højere end den faktiske værdi og nogle gange mindre, men som regel omkring den faktiske værdi. Hvis en måling falder i det ud-

fylde område til venstre for specifikationen, vil emnet fejlagtigt kasseres. Tilsvarende viser den røde kurve et eksempel på et emne, som faktisk er udenfor specifikationen, men som i nogle tilfælde vil blive godkendt, igen blot på grund af variationen i målesystemet.

Hvis emnet ligger lige indenfor specifikationen, er der faktisk 50% sandsynlighed for, at man afviser et godt emne, og modsat hvis emnet er lige udenfor specifikationen, er der også 50% sandsynlighed for, at man godkender et defekt emne.

KARAKTERISTIKA VED ET MÅLESYSTEM

Ved et målesystem kan der være problemer med enten nøjagtigheden eller præcisionen. Nøjagtigheden kan deles op i bias, linearitet og stabilitet, mens præcisionen kan deles op i repeterbarhed og reproducerbarhed.

På figur 2 ses en illustration af nøjagtighed og præcision. Ofte henviser man til problemer med bias, når man snakker om nøjagtighed, altså hvor tæt målingerne i gennemsnit er på den sande værdi. Hvis der er bias, måler man enten for meget eller for lidt i gennemsnit. Problemer med bias korrigeres som regel ved en kalibrering.

Præcisionen handler om med hvilken



CV
MADS BRUUN LARSEN

Adjunkt, SDU. Civilingeniør, ph.d.
Konsulent siden 2004.

sanalyse

Q-toolbox

variation målesystemet måler. Desto bedre præcision, desto mindre variation er der i målingerne. Variationen i målesystemet kan stamme fra problemer med repeterbarhed eller reproducerbarhed.

Repeterbarhed er evnen til at gentage den samme måling af det samme emne med lille variation. Den kaldes også for udstyrsvariationen, men kan også stamme fra metoden, emnet eller andre kilder.

Reproducerbarheden er den variation, der er i den gennemsnitlige måling af

et emne mellem 2 eller flere operatører eller maskiner. Hvis det samme emne måles forskelligt (i gennemsnit) af 2 maskiner eller af 2 operatører har man et problem med reproducerbarhed.

Det er kritisk for målesystemet, hvis der er for stor variation fra f.eks. reproducerbarheden. I det ekstreme tilfælde kan man forestille sig, at et emne ville blive godkendt, hvis det blev målt af det ene målesystem, mens det ville blive afvist hvis det blev målt af et andet målesystem.

EVALUERING AF MÅLESYSTEMET

Matematisk kan man beskrive nøjagtigheden ved følgende formel

$$\tilde{x}_{\text{målt}} = \tilde{x}_{\text{sand}} + \text{bias}$$

og præcisionen kan beskrives ved følgende formel, som igen kan deles på i repeterbarhed og reproducerbarhed.

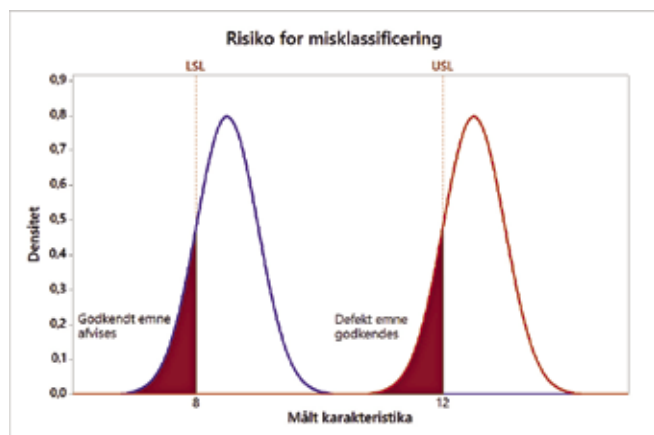
$$\sigma_{\text{total}}^2 = \sigma_{\text{emne}}^2 + \sigma_{\text{målesystem}}^2 \text{ og}$$

$$\sigma_{\text{målesystem}}^2 = \sigma_{\text{repeterbarhed}}^2 +$$

$$\sigma_{\text{reproducerbarhed}}^2$$

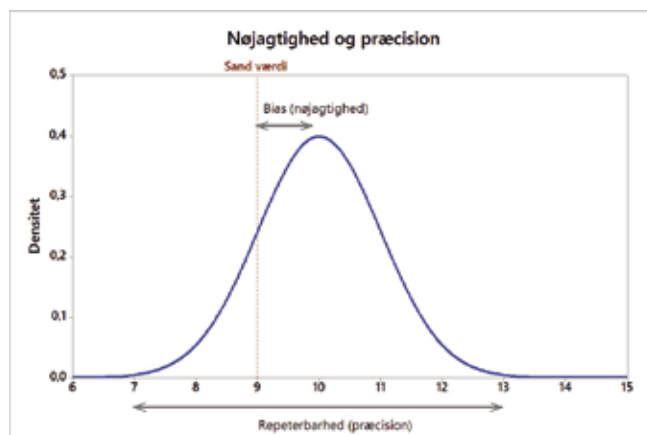
FIGUR 1

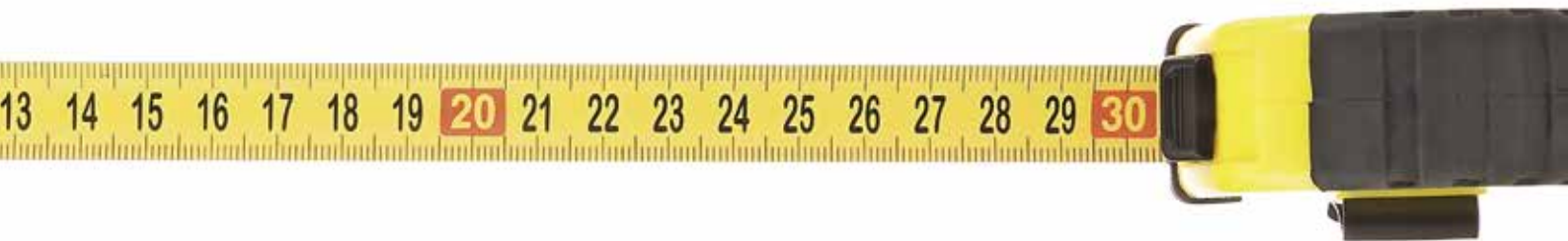
Illustration af effekten af variation i målesystemet. Der er en vis risiko for, at et emne indenfor specifikationen afvises og tilsvarende at et emne udenfor specifikationen godkendes alene på grund af variation i målesystemet.



FIGUR 2

Nøjagtigheden eller bias, er den gennemsnitlige forskel fra de målte værdier til den sande værdi, mens præcision er variationen, man måler med.





MAN KAN RISIKERE, AT
INVESTERINGEN I MASKINERI
IKKE FÅR DEN FORVENTEDE
EFFEKT PÅ KAPABILITETEN
AF EMNERNE, HVIS MAN
FORTSÆTTER MED AT ANVENDE
ET INFERIØRT MÅLESYSTEM.

RETTELSE

I denne artikel af Mads Bruun Larsens, var der desværre en fejl i den trykte udgave og i den først udsendte PDF-version af Magasinet Kvalitet. I den første formel på denne side var angivet 15,5 - det skulle være 5,15. Fejlen er sket i opsætningen af Magasinet. Vi beklager. Fejlen er rettet i denne version.

Det ses af formelen, at den totale observerede variation kan deles op i variation fra emnerne og i variation fra målesystemet.

For at vurdere om et målesystem er godt nok, kan man lave et Gage R&R studie, hvor man ved et styret eksperiment estimerer alle varianskomponenterne. Det vil sige at man nedbryder den samlede variation i den del som stammer fra emnerne, den del som stammer fra repeterbarheden og den del som stammer fra reproducerbarheden.

I et Gage R&R studie udvælges typisk 10 emner, som repræsenterer den variation, der er i processen, som emnerne kommer fra. De måles så af 2-3 operatører eller maskiner, som hver måler alle emnerne i tilfældig rækkefølge. Dette gentages, så hver operatør i sidste ende har målt hvert emne 2-3 gange. Idet hvert emne måles flere gange af samme operatør, kan man bestemme repeterbarheden, og da der er flere operatører kan man også bestemme reproducerbarheden.

På baggrund heraf kan man så beregne 2 vigtige nøgletal, som hver især kan bruges til at evaluere målesystemets kapabilitet med.

Det første nøgletal anvendes til at vurdere, om målesystemet kan bruges til at godkende/afvise emner og kaldes for $\%P/T$ (precision to tolerance) eller GRR (Tolerance). Det beregnes som følger

$$\%P/T = \frac{5,15 - \sigma_{\text{målesystem}}}{\text{tolerancen (USL-LSL)}}$$

Det andet nøgletal, som kaldes %R&R (repeterbarhed og reproducerbarhed) eller GRR(TV) anvendes til at vurdere i hvor høj grad målesystemet kan skelne emnerne fra hinanden, og dermed også om målesystemet kan bruges til at monitorere og styre processen ved f.eks. kontrolkort. Det beregnes som følger

$$R\&R = \frac{\sigma_{\text{målesystem}}}{\sigma_{\text{total}}}$$

Fælles for begge nøgletal er, at det typisk skal være mindre end 10% for at være "godt", og mindre end 30% for at være "acceptabelt". Om begge nøgletal skal være under acceptkriterierne afhænger af om målesystemet skal anvendes til proceskontrol. Hvis ikke, kan man med fordel nøjes med at forholde sig til $\%P/T$. Jeg har oplevet virksomheder, som overfor en leverandør ukritisk krævede, at begge nøgletal var under de 30% på trods af at målesyste-

met ikke skulle anvendes til proceskontrol. Hvis processen i al almindelighed er kapabel, er der ingen risiko ved at acceptere et målesystem med en højere %R&R end anbefalet. Dog under forudsætning af, at målesystemet ikke skal anvendes til proceskontrol men udelukkende til godkendelse eller afvisning.

Beregninger af varianskomponenterne foretages ofte enten i et Excel regneark (husk at validere regnearket) eller i et statistikprogram f.eks. Minitab. Der vil ofte være en lille forskel på resultaterne, da Excel arkene anvender det, der kaldes X-bar og R metoden, mens Minitab vil anvende ANOVA metoden. Forskellene vil ofte være uden praktisk betydning, da den statistiske usikkerhed ved selve Gage R&R analysen er væsentligt større end eventuelle beregningsmæssige forskelle. De interesserede kan kigge nærmere på konfidensintervaller for Gage R&R nøgletallene.

Vi har her kun kigget på målinger af kontinuerte karakteristika f.eks. dimensioner. En målesystemsanalyse kan også på tilsvarende vis laves for en go/no-go måling. I så fald refereres den typisk til som en Attribute Agreement Analysis.

AFSLUTNING

Målinger og målesystemer spiller ofte en afgørende rolle i kvalitetskontrollen og -styringen. Variation i målesystem kan være kilde til misklassificering og det er derfor af stor vigtighed, at målesystemet har både god nøjagtighed, måler tæt på den sande værdi, og god præcision, det vil sige med lille variation. Målesystemets egnethed kan vurderes ved beregning af nøgletallene %P/T og &R&R, som begge helst skal være under 30%, ideelt under 10%.

Afslutningsvis vil jeg pege på vigtigheden af at supplere kvalitetssystemet med relevante krav til Gage R&R ana-

lyser, så målesystemets egnethed ikke udelukkende sikres af årlige kalibreringsrutiner. Husk på at kalibrering blot sikrer at bias er nul, men ikke at operatørerne måler med tilstrækkelig lille variation. Mange virksomheder får sig en overraskelse, når de finder ud hvor meget af tolerancen, der faktisk bruges af målesystemet.

Slutteligt vil jeg gerne påpege, at da målesystemet er en kilde til variation i de målte værdier, er det også en kilde til forbedringer af kapabiliteten. Hvis målesystemets variation er stor i forhold til den totale variation, kan man med fordel reducere variationen i målesystemet fremfor variationen i

emnerne for at forbedre kapabiliteten. En simpel metode til at reducere variation i målesystemet er at anvende gennemsnittet af 2 målinger af emnet. Det vil reducere variation med ca. en faktor 0,7 (det reciprokke af kvadratroden af 2).

Det ses stadig, at man måler emner fra et dyrt bearbejdningscenter med en skydelære – uden at have viden om variationen i målesystemet. Man kan risikere, at investeringen i maskineri ikke får den forventede effekt på kapabiliteten af emnerne, hvis man fortsætter med at anvende et inferiørt målesystem. ●



Kvalitet - Miljø - Arbejdsmiljø

tf. 70 20 20 03
www.soludyne.com



Efterlevelse af love, regler, standarder og krav i arbejdsprocesserne samt dokumenthåndtering af arbejdsprocesser.



Forbedringsforslag
Afvigelser
Reklamationer
Nærværd-ulykker
Arbejdsskader mv.



Styring af ansattes data, kompetencer og kurser. Kompetencekortlægning med grafiske GAP analyser.



Risikoanalyse med trend-visning. Kan kobles direkte til arbejdsprocesser og hændelsesrapporter.



Strategiske og operative mål med kritiske succesfaktorer og KPI/nøgletal.



Handlingsplaner for styring og opfølgning på virksomhedens aktiviteter - herunder audit, APV, mv.



Styring af systematisk vedligehold af udstyr og anlæg samt kalibrering af udstyr.



CE mærkning af stål- og aluminiumskonstruktioner iht. EN 1090.