

4.073 Usikkerhedsbudget

Opgaven koncentrerer sig alene om en måleklds med en nominel længde på 100 mm ved 20 °C.

Målekloidsen er kalibreret og kalibreringsusikkerhed på det akkrediterede certifikat er 0,012 mm

Målekloidsens kalibreringsfejl er 0,025 mm

Målekloidsens siders parallelitet giver et usikkerhedsbidrag mellem +-0,0045 mm

Målekloidsens fladhed er målt ved at repetere 10 målinger og spredningen er 0,0057 mm

Målekloidsen udvider sig når den bliver varm. Eksperiment viser at den udvider sig 0.03 mm når den går fra 10 °C til 35 °C.

Kloidsen benyttes i et termostateret miljø, hvor der er 23+- 2 °C

Slid, korrosion etc. bevirker at der mellem kalibreringer typisk er forskelle mellem +-0,028 mm

- A. Opstil et usikkerhedsbudget hvor den ekspanderede usikkerhed (k=2) beregnes.
- B. Rapporter målekloidsens længde ved 23 °C korrekt
- C. Lav et Pareto diagram der illustrerer usikkerhedskomponenternes bidrag (i Excel eller andet program)
- D. Verificer din beregning med en Monte Carlo Simulering i LabVIEW
- E. Afbilled grafisk i LabVIEW en sammenligning af GUM-resultatet og fordelingen genereret af MCS?

a. En overlejring af begge fordelinger i en graf er passende

b. Du kan supplere med at illustrere og beregne forskellen mellem de to fordelinger.

```
clc; clear;
u = symunit;
format long

kategorier = ["Måleudstyr/reference", "Kloidsen/dutten", "Parallelitet", "" + ...
    "Måleudstyr/fladhed", "Målemiljø", "Udvidelse"];
typer = ["B", "A", "A", "B", "B", "A"];
sider = [1,1,2,1,2,1];
fordeling = ["Normal", "Normal", "Firkant", "Normal", "Firkant", "Firkant"];
eq_factor = ["2", "2", "2*sqrt(3)", "2", "2*sqrt(3)", "sqrt(3)"];
```

```
% Værdier
Lnom = 100*u.mm; % ved 20C
temp = 20 * u.K;

% Usikkerheder
kal_usikkerhed = 0.012*u.mm; % Normal
kloids_kal_fejl = 0.025*u.mm; % Normal
kloids_side_fejl = 0.0045*u.mm; % Firkant

sigma_flad = 0.0057*u.mm; % N = 10, Trekant

temp_fejl = 2*u.K; % Firkant

udvidelse = 0.03*u.mm;

k = 2;

% Usikkerheder
fejls = [kal_usikkerhed, kloids_kal_fejl, kloids_side_fejl, sigma_flad, temp_fejl, udvidelse];

% Standardusikkerheder
u_kal_usikkerhed = fejls(1)/sqrt(3)^2;
u_kloids_kal_fejl = fejls(2)/2;
u_kloids_side_fejl = fejls(3)/(sqrt(3)^2);
u_sigma_flad = fejls(4)/2;
u_temp_fejl = fejls(5)*0.03/25*u.mm/u.K/(sqrt(6));

u_udvidelse = fejls(6)/(sqrt(6));

% Liste over kalibrerede fejl
fejl_list = [u_kal_usikkerhed, u_kloids_kal_fejl, u_kloids_side_fejl, u_sigma_flad, u_temp_fejl, u_udvidelse];

% Frihedsgrader
dfs = [inf, inf, inf, inf, 10, inf]';

sens = [1,1,1,1,0.03/25*u.mm/u.K, 1]';

fejl_tot = vpa(sum(fejl_list),3)
```

```
fejl_tot = 0.0437 mm

weight = vpa(fejl_list./fejl_tot * 100',3);
```

```
% Antal effektive frihedsgrader (noget højt)
Veff = WelchSatterthwaite(fejl_tot, fejl_list, dfs)
```

```
Veff = 35721096.14209447899618931312138
```

Usikkerhedsbudget og Pareto diagram

```
varnames = ["Kategorier", "Typer", "Sider", "Fordeling", "Ækvi-faktor", "Usikkerhed", "Følsomhed", "Standard usikkerhed", "Frihedsgrader", "Vægt"];
disp(table(kategorier', typer', sider', fordeling', eq_factor', vpa(fejls',3), vpa(sens,3) ,vpa(fejl_list',3), dfs, vpa(weight', 2), 'VariableNames',varnames))
```

Kategorier	Typer	Sider	Fordeling	Ækvi-faktor	Usikkerhed	Følsomhed	Standard usikkerhed	Frihedsgrader	Vægt
Måleudstyr/reference	B	1	Normal	2	0.012*[mm]	1.0	0.0139*[mm]	Inf	32.0
Kloidsen/dutten	A	1	Normal	2	0.025*[mm]	1.0	0.0125*[mm]	Inf	29.0
Parallelitet	A	2	Firkant	2*sqrt(3)	0.0045*[mm]	1.0	0.0013*[mm]	Inf	3.0
Måleudstyr/fladhed	B	1	Normal	2	0.0057*[mm]	1.0	0.00285*[mm]	Inf	6.5
Målemiljø	B	2	Firkant	2*sqrt(3)	2.0*[K]	0.0012*([mm]/[K])	9.8e-4*[mm]	10	2.2
Udvidelse	A	1	Firkant	sqrt(3)	0.03*[mm]	1.0	0.0122*[mm]	Inf	28.0

```
hold on
yyaxis left
ylabel("Procentsmæssigt bidrag fra hver usikkerhed")
w = sort(weight, 'descend');

kategorier = categorical(["Måleudstyr/reference", "Kloidsen/dutten", "Udvidelse", "" + ...
    "Måleudstyr/fladhed", "Parallelitet", "Målemiljø"]);

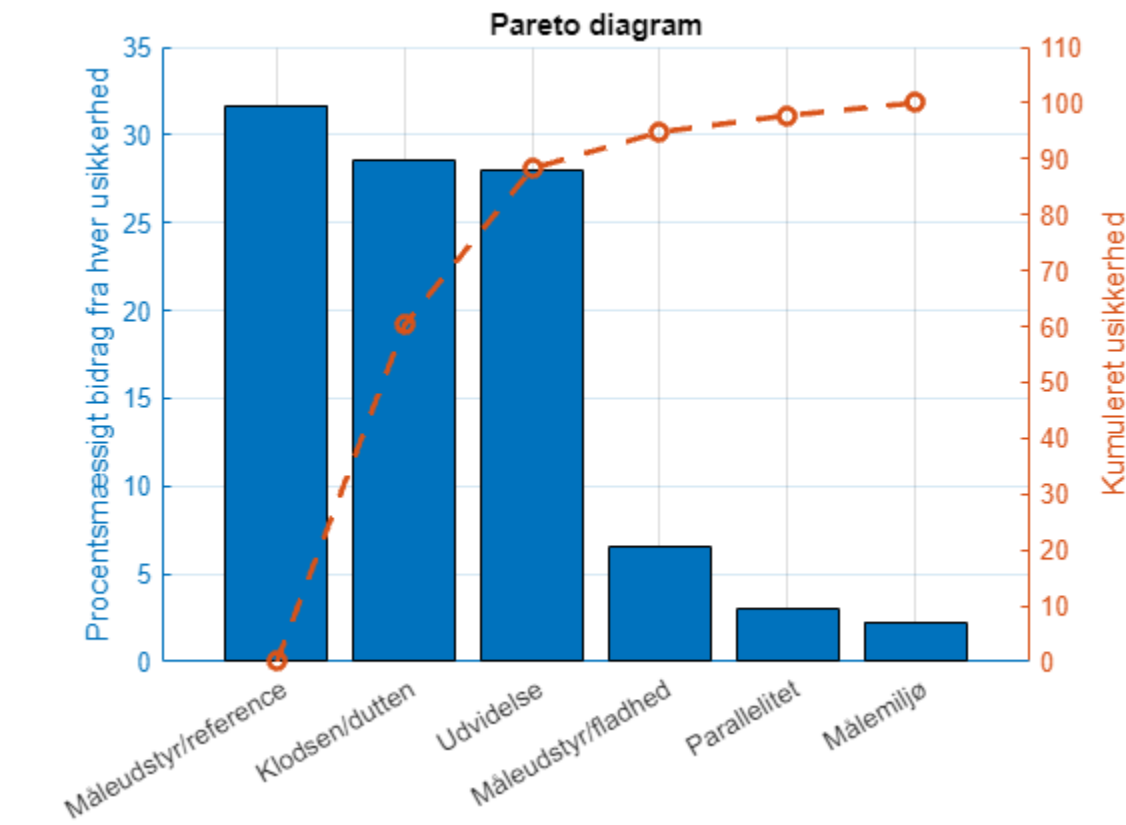
kategorier = reordercats(kategorier, ["Måleudstyr/reference", "Kloidsen/dutten", "Udvidelse", "" + ...
    "Måleudstyr/fladhed", "Parallelitet", "Målemiljø"]);

bar(kategorier, double(w)), title("Pareto diagram"), grid("on")

yyaxis right

for i = 2:length(w)
    ws(i) = sum(w(1, 1:i));
end

plot(ws, '-o', linewidth=2)
ylabel("Kumuleret usikkerhed")
ylim([0,110])
hold off
```



```
fejl_tot = fejl_tot
```

```
fejl_tot = 0.0437 mm
```

```
t_95 = tinvc(0.95,Veff);
```

```
% Ekspanderet usikkerhed
```

```
U_eks = vpa(fejl_tot * t_95,3)
```

```
U_eks = 0.0719 mm
```

Det ses at den ekspanderede fejl er 0,0719mm, som vil give målingen

100mm ± 0,0719mm

Dog er der nok gået noget galt med de effektive frihedsgrader, men syntes resultatet giver OK nok mening