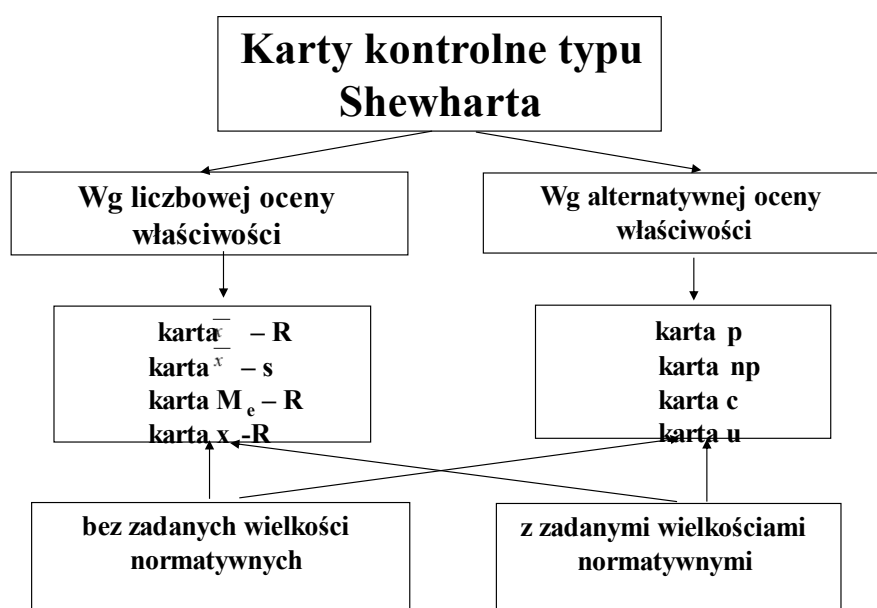


Karty kontrolne Shewharta

1. Charakterystyka

Karty kontrolne stosowane do wewnętrznej kontroli jakości badań w laboratorium (tj. kontroli pomiarów, analiz, procesów technologicznych). Nazwa pochodzi od nazwiska twórcy takiego sposobu monitorowania i regulacji procesu / analiz. W zależności od rodzaju gromadzonych danych liczbowych charakteryzujących mierzoną cechę procesu / analiz, na kartę Shewharta nanosić można wartości:

- **średnie pomiarów, \bar{x}_{sr}** - karta Shewharta średniej \bar{X}_{sr} (analizy wielokrotne lub podwójne),
- **odchylenia standardowego, SD** - karta Shewharta odchylenia standardowego SD (analizy wielokrotne),
- **rozstępu, różnic, R** - karta Shewharta rozstępu R (analizy wielokrotne, podwójne),
- **ruchomego rozstępu, różnic, R** - karta Shewharta ruchomego rozstępu R (analizy pojedyncze),
- **pojedynczych pomiarów, x** - karta Shewharta pojedynczych pomiarów X_i ,
- **odzysku** - karta Shewharta odzysku (przydatna do badania wpływu matrycy na wyniki pomiarów).



Ważnym elementem kart Shewharta są wykreślane na wykresie linie. **Linia centralna (LC)** odpowiada wartości oczekiwanej procesu poddawanego kontroli. Jej estymatorem może być wartość nominalna, znana wartość dla certyfikowanego materiału odniesienia, wartość uznana za reprezentatywną lub średnia z próby pilotażowej. Równoległe do linii centralnej wykreślane są zwykle dwie **linie ostrzegania (LO)**, a następnie w dalszej odległości dwie **linie kontrolne (LK)**. Wzory, na podstawie których wyznaczane są linie ostrzegania i kontrolne w kartach Shewharta podsumowuje **tabela**.

Wzory do wyznaczania linii na kartach Shewharta [1]

Linie kontrolne ustalane na podstawie arbitralnie podanych wartości normatywnych	Linie kontrolne ustalane na podstawie wprowadzonych wartości pomiarowych
Karta Shewharta średniej \bar{X}sr (analizy wielokrotne, $n > 2$)	
<ul style="list-style-type: none"> • LC: μ • DLO: $\mu - 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ GLO: $\mu + 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ • DLK: $\mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ GLK: $\mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ <p>gdzie: μ - wartość prawdziwa populacji wyników x σ - odch. standardowe dla populacji wyników x</p>	<p>Typ serii wartości pomiarowych: I) x_{sr} oraz SD</p> <ul style="list-style-type: none"> • LC: X_{sr} (średnia ogólna) • DLO: $X_{sr} - 2 \frac{SD_{sr}}{c_4 \sqrt{n}}$ GLO: $X_{sr} + 2 \frac{SD_{sr}}{c_4 \sqrt{n}}$ • DLK: $X_{sr} - 3 \frac{SD_{sr}}{c_4 \sqrt{n}}$ GLK: $X_{sr} + 3 \frac{SD_{sr}}{c_4 \sqrt{n}}$ <p>Typ serii wartości pomiarowych: II) x_{sr} oraz R</p> <ul style="list-style-type: none"> • LC: X_{sr} (średnia ogólna) • DLO: $X_{sr} - 2 \frac{R_{sr}}{d_2 \sqrt{n}}$ GLO: $X_{sr} + 2 \frac{R_{sr}}{d_2 \sqrt{n}}$ • DLK: $X_{sr} - 3 \frac{R_{sr}}{d_2 \sqrt{n}}$ GLK: $X_{sr} + 3 \frac{R_{sr}}{d_2 \sqrt{n}}$ <p>gdzie: $X_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{sr,j}}{m}$ $x_{sr,j} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{i,j}}{n}$</p> $SD_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^m SD_j}{m} \quad SD_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{sr,j})^2}{n-1}}$ $R_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j}{m} \quad R_j = \max(x_1 \dots x_n) - \min(x_1 \dots x_n)$ $c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \frac{\left(\frac{n-1}{2}\right)!}{\left(\frac{n-1}{2}-1\right)!} \quad (\text{patrz tabela})$ <p>d_2 (zależy od n, patrz tabela)</p>

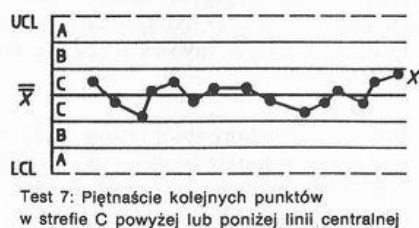
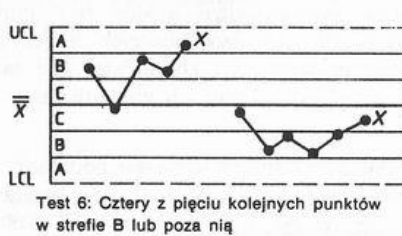
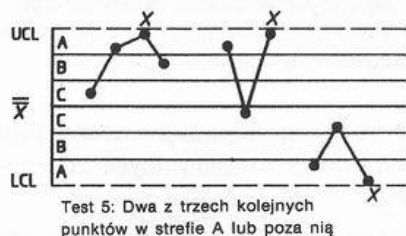
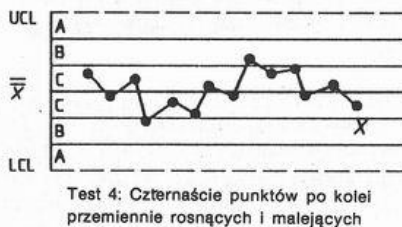
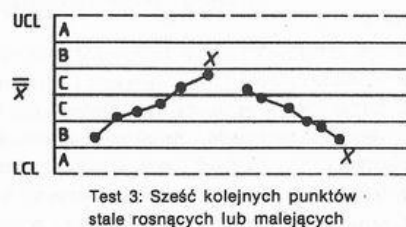
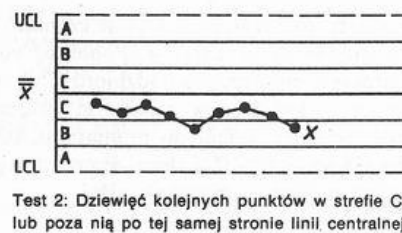
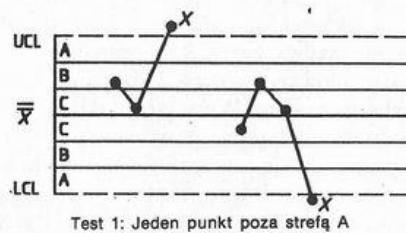
Przyjmując, że rozkład wartości parametru charakteryzującego cechę kontrolowanego procesu jest rozkładem normalnym, linie kontrolne ograniczają na karcie obszar, w

którym leży 99.7% wartości tego parametru, natomiast linie ostrzegania - 95% wartości. Innymi słowy, prawdopodobieństwo znalezienia się wartości parametru pomiędzy liniami kontrolnymi wynosi 0.997. W obszarze pomiędzy liniami ostrzegania prawdopodobieństwo to wynosi 0.95.

2. Podstawowe reguły działania

- Wartość parametru kontrolowanej cechy pomiędzy liniami kontrolnymi i ostrzegania stanowi dla operatora wskazówkę o istnieniu możliwości rozregulowania się procesu.
- Wynik lokujący się poza linią kontrolną wymaga wstrzymania procesu i zainicjowania procedur kontrolnych.

Interpretacja kart kontrolnych



3. Karty kontrolne w R

Pakiet gcc.

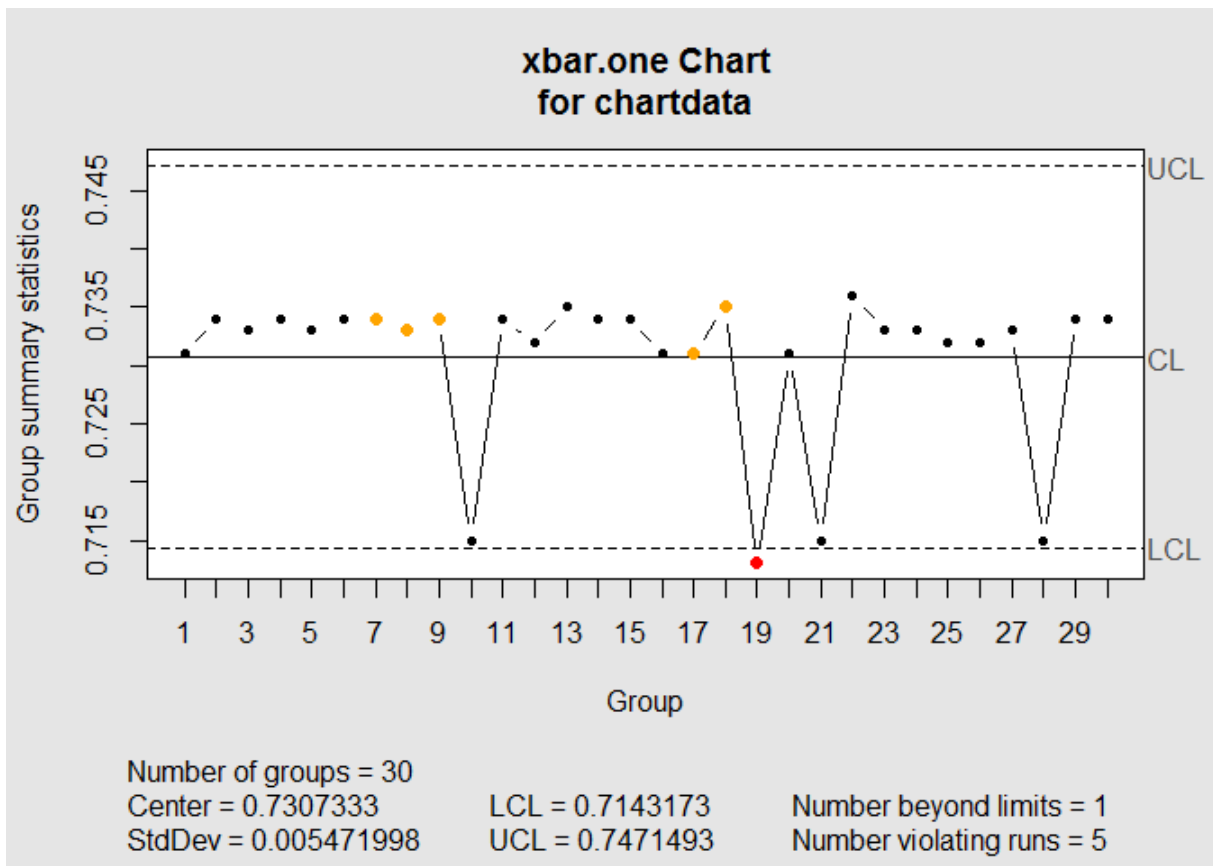
Karta X-bar dla próbki o liczności $n=1$

Dane wejściowe

```
chartdata <- read.table(header = FALSE, text = "  
0.731  
0.734  
0.733  
0.734  
0.733  
0.734  
0.734  
0.733  
0.734  
0.715  
0.734  
0.732  
0.735  
0.734  
0.734  
0.731  
0.731  
0.735  
0.713  
0.731  
0.715  
0.736  
0.733  
0.733  
0.732  
0.732  
0.733  
0.715  
0.734  
0.734  
")
```

Opracowanie x-bar chart dla danych dla n= 1

```
library(qcc)
qcc(data = chartdata, # The dataset
     type = "xbar.one", # The chart type (in this case it lets qcc know that
                        n = 1)
     plot = TRUE) # Display the plot
```



```
## List of 11
## $ call      : language qcc(data = chartdata, type = "xbar.one", plot =
TRUE)
## $ type      : chr "xbar.one"
## $ data.name : chr "chartdata"
## $ data      : num [1:30, 1] 0.731 0.734 0.733 0.734 0.733 0.734 0.734 0
.733 0.734 0.715 ...
## ..- attr(*, "dimnames")=List of 2
## $ statistics: Named num [1:30] 0.731 0.734 0.733 0.734 0.733 0.734 0.73
4 0.733 0.734 0.715 ...
## ..- attr(*, "names")= chr [1:30] "1" "2" "3" "4" ...
## $ sizes     : int [1:30] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
## $ center    : num 0.731
## $ std.dev   : num 0.00547
```

```
## $ nsigmas : num 3
## $ limits : num [1, 1:2] 0.714 0.747
## .. attr(*, "dimnames")=List of 2
## $ violations:List of 2
## - attr(*, "class")= chr "qcc"
```

Opracowanie x-bar chart dla danych dla $n > 1$

Dane - 25 próbek o liczności $n=5$.

```
chartdata2 <- read.table(header = FALSE, text = "
0.07705      0.076030001 0.076959997 0.075489998 0.076920003
0.078160003 0.077119999 0.076250002 0.076690003 0.076470003
0.077550001 0.077079996 0.077129997 0.076839998 0.077440001
0.07581      0.07728      0.076549999 0.077760004 0.077540003
0.077459998 0.079109997 0.077830002 0.07711      0.078670003
0.0766      0.078039996 0.076240003 0.077660002 0.075900003
0.077919997 0.074440002 0.078419998 0.077370003 0.074500002
0.077299997 0.076370001 0.075539999 0.076800004 0.078280002
0.075460002 0.076229997 0.077959999 0.07491      0.078620002
0.07931      0.077420004 0.07519      0.07784      0.07649
0.076609999 0.076860003 0.077720001 0.075790003 0.078380004
0.078050002 0.075450003 0.078400001 0.076810002 0.077770002
0.077289999 0.078170002 0.077260002 0.076849997 0.075120002
0.077639997 0.076820001 0.077200003 0.079180002 0.078299999
0.077610001 0.075630002 0.079350002 0.076920003 0.075800002
0.076509997 0.076970004 0.077919997 0.078189999 0.077660002
0.07863      0.077200003 0.077310003 0.076530002 0.075680003
0.075730003 0.07807      0.075580001 0.074589998 0.076499999
0.076849997 0.076140001 0.077370003 0.075790003 0.07705
0.076370001 0.076700002 0.075620003 0.077399999 0.076559998
0.076180004 0.078189999 0.07626      0.076580003 0.077459998
0.076059997 0.075350001 0.077310003 0.07553      0.077990003
0.076889999 0.075240001 0.076609999 0.077090003 0.079120003
0.07762      0.078919999 0.078730002 0.076849997 0.077660002
0.078299999 0.075479999 0.076619998 0.078780003 0.07728")
```

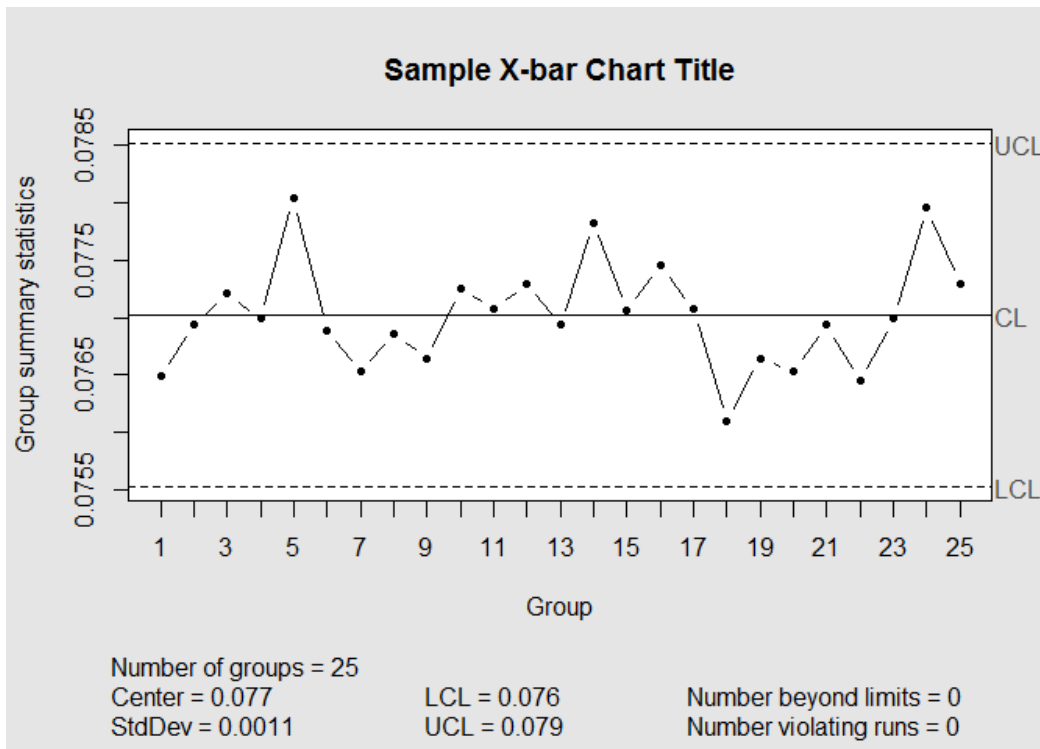
Karta x-bar

```
xbar_chart2 <- qcc(data = chartdata2,
```

```

type = "xbar",
sizes = 5,
title = "Sample X-bar Chart Title", # Replacement title
digits = 2, # Limit the significant figures
plot = TRUE)

```



```

xbar_chart2
## List of 11
## $ call      : language qcc(data = chartdata2, type = "xbar", sizes = 5,
plot = TRUE, title = "Sample X-bar Chart Title",      digits = 2)
## $ type      : chr "xbar"
## $ data.name : chr "chartdata2"
## $ data      : num [1:25, 1:5] 0.077 0.0782 0.0776 0.0758 0.0775 ...
## ..- attr(*, "dimnames")=List of 2
## $ statistics: Named num [1:25] 0.0765 0.0769 0.0772 0.077 0.078 ...
## ..- attr(*, "names")= chr [1:25] "1" "2" "3" "4" ...
## $ sizes     : num [1:25] 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 ...
## $ center    : num 0.077
## $ std.dev   : num 0.00112
## $ nsigmas   : num 3
## $ limits    : num [1, 1:2] 0.0755 0.0785
## ..- attr(*, "dimnames")=List of 2
## $ violations:List of 2

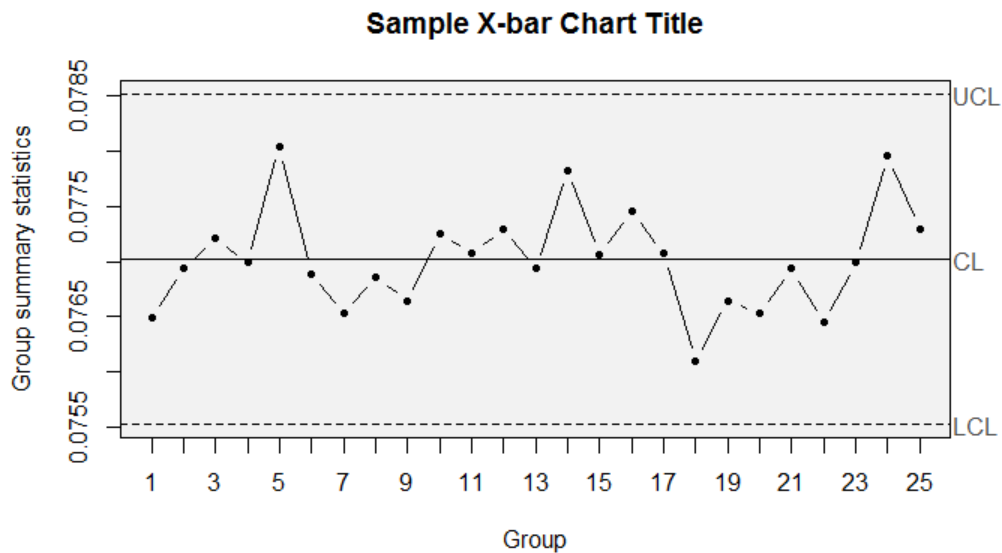
```

```
## - attr(*, "class")= chr "qcc"
```

We can improve the plot visually by customizing the colors using the following code to set the background to grey and the margins to white.

```
qcc.options(bg.margin = "white", bg.figure = "gray95")
```

Then the plot will look like this:



Number of groups = 25

Center = 0.07701688

StdDev = 0.001115391

LCL = 0.07552043

UCL = 0.07851334

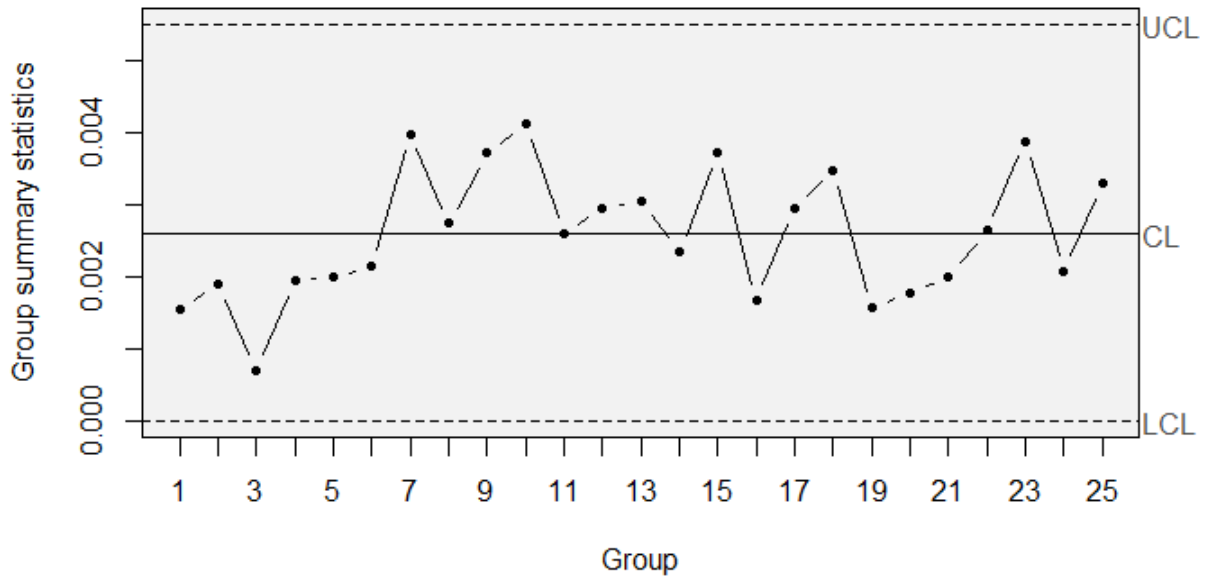
Number beyond limits = 0

Number violating runs = 0

Karta R-chart

```
xbar_chart2 <- qcc(data = chartdata2,  
                  type = "R",  
                  sizes = 5,  
                  title = "Sample R Chart Title",  
                  digits = 2,  
                  plot = TRUE)
```


Sample R Chart Title



Number of groups = 25
Center = 0.0026
StdDev = 0.0011

LCL = 0
UCL = 0.0055

Number beyond limits = 0
Number violating runs = 0

Analiza zdolności procesu

```
#Process Capability Analysis

qq = qcc(chartdata2, type = "xbar", nsigmas = 3)

process.capability(qq, spec.limits = c(0.071,0.075))
```

Process Capability Analysis

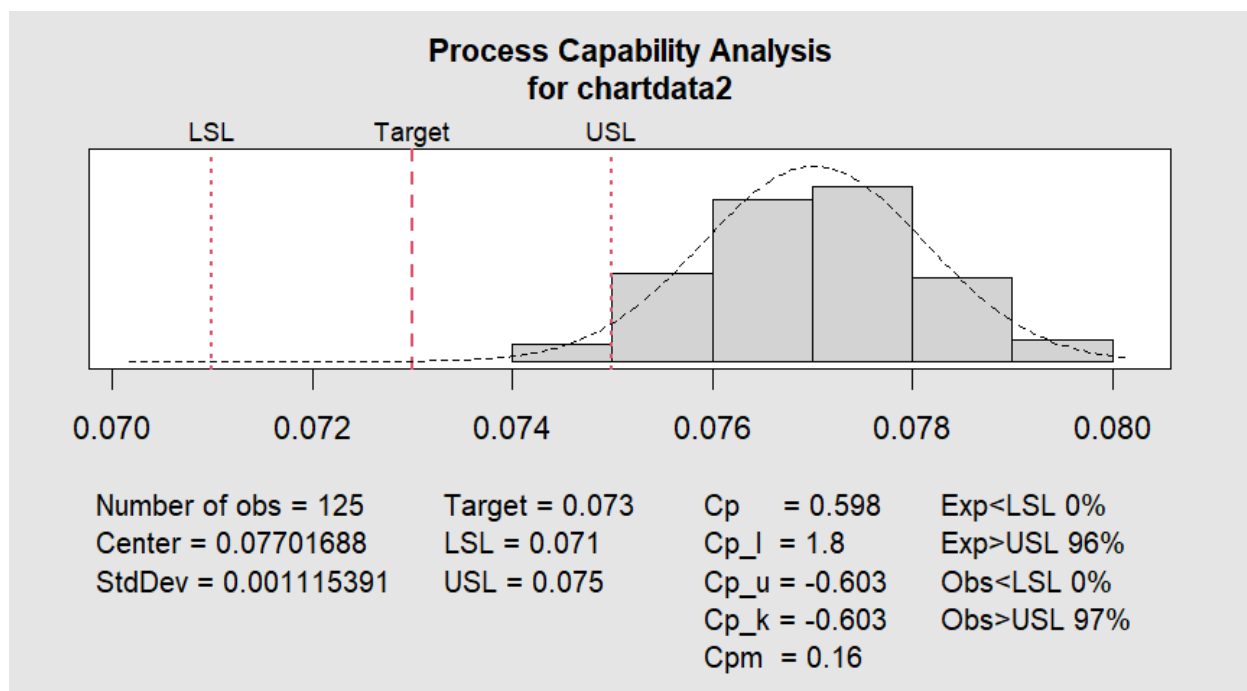
Call:

```
process.capability(object = qq, spec.limits = c(0.071, 0.075))
```

Number of obs = 125	Target = 0.073
Center = 0.07702	LSL = 0.071
StdDev = 0.001115	USL = 0.075

Capability indices:

	Value	2.5%	97.5%
Cp	0.5977	0.5234	0.6719
Cp_l	1.7981	1.6040	1.9922
Cp_u	-0.6027	-0.5229	-0.6825
Cp_k	-0.6027	-0.5077	-0.6978
Cpm	0.1599	0.1324	0.1873
Exp<LSL	0%	Obs<LSL	0%
Exp>USL	96%	Obs>USL	97%



- **Cp (Wskaźnik Zdolności Procesu):** To miara zdolności procesu do wytwarzania wyników mieszczących się w granicach specyfikacji. Wartość Cp wskazuje, ile odchylenia standardowego zakres specyfikacji jest od średniej procesu. Wyższa wartość Cp sugeruje bardziej zdolny proces, z mniejszym prawdopodobieństwem wytwarzania wadliwych produktów.
- **Cp_l (Dolna Zdolność Procesu):** To mogłoby odnosić się do wskaźnika zdolności procesu obliczonego tylko z dolną granicą specyfikacji. Jest to miara zmienności procesu w stosunku do dolnej granicy specyfikacji.
- **Cp_u (Górna Zdolność Procesu):** Podobnie, to mogłoby odnosić się do wskaźnika zdolności procesu obliczonego z górną granicą specyfikacji. Mierzy zmienność procesu w stosunku do górnej granicy specyfikacji.
- **Cp_k (Skorygowany Wskaźnik Zdolności Procesu dla Skośności):** Jest to inna wersja wskaźnika zdolności procesu, która uwzględnia skośność rozkładu procesu. Dostosowuje wskaźnik zdolności do efektu niesymetrycznego rozkładu.

- **Cpm (Wskaźnik Zdolności Procesu dla Średniej):** Ten indeks mierzy zdolność procesu do wytwarzania wyników w granicach specyfikacji, biorąc pod uwagę zarówno zmienność procesu, jak i odchylenie średniej procesu od wartości docelowej. Jest bardziej wrażliwy na położenie średniej procesu w stosunku do wartości docelowej niż Cp.

Zadanie:

Przeprowadzenie analizy dla nowych danych : dane_table_karty.csv