



## O KORZYŚCIACH Z SPC

*Tomasz Greber, Politechnika Wroclawska*

Statystyczne sterowanie procesami (SPC) jest zazwyczaj stosowane z uwagi na wymagania klientów, obowiązek wynikający z wymagań wdrażanych norm lub z uwagi na podobne czynniki. Jest też zwykle postrzegane jako metoda skomplikowana, trudna do zrozumienia i generalnie mało przydatna. A przecież może być zupełnie inaczej. Przykłady projektów realizowanych przez autora, gdzie do wdrożenia SPC firmy podeszły „na poważnie” pokazują, jak wiele korzyści może przynieść SPC i informacje płynące z kart kontrolnych. I nie chodzi tu tylko o stabilizację procesów, ale o ograniczenie faktycznych wydatków ponoszonych na produkcję. Warto wzorować się na takich przykładach zastosowań.

### Popularność SPC

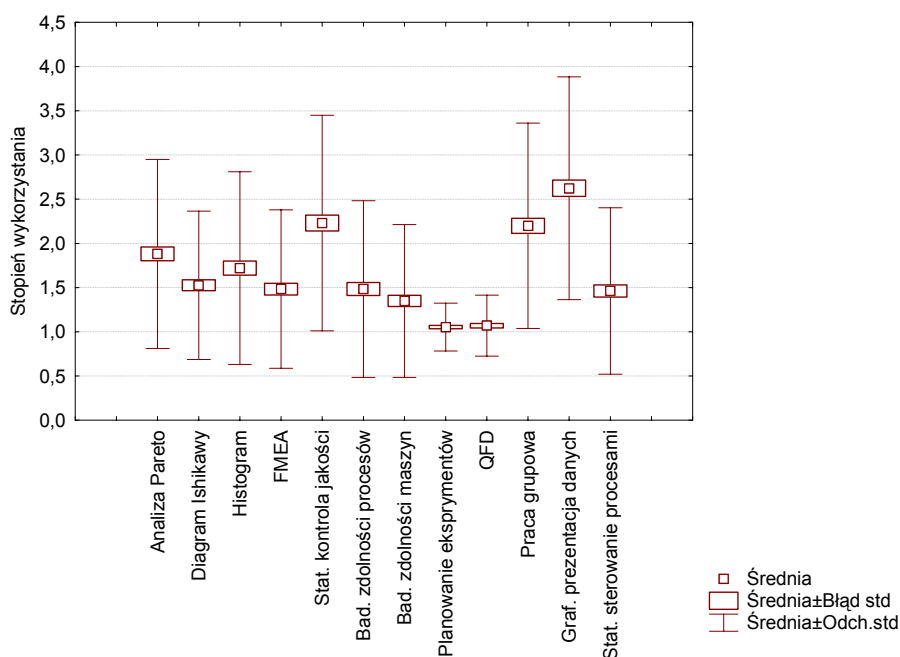
Statystyczne sterowanie procesami (SPC – ang. *Statistical Process Control*) zdaje się mieć więcej przeciwników niż zwolenników. I nie wynika to wcale z tego, że SPC jest jakoś niepraktycznie lub błędnie pod względem merytorycznym skonstruowanym narzędziem do zarządzania jakością. Niechęć do stosowania SPC wynika, jak się wydaje, głównie z ogólnopolskiej, a może i ogólnoświatowej niechęci do matematyki jako takiej, która przecież wprost odnosi się do statystyki wykorzystywanej między innymi do sterowania procesami. Gdy w mediach głośno mówi się o wprowadzeniu obowiązkowej matury z matematyki, równie głośno odzywają się wrogowie tego pomysłu, zdaniem których nie każdy musi umieć ten trudny przedmiot, bo nie każdy ma „uzdolnienia” w tym kierunku. Nie miejsce tu oczywiście, żeby oceniać ów pomysł Ministerstwa Edukacji Narodowej, ale warto zwrócić uwagę na to, jak wiele osób już od poziomu edukacji szkolnej broni się przed matematyką. Trudno się później dziwić, że gdy osoby takie trafiają na szkolenie zawierające elementy prostej nawet statystyki, przez pierwsze kilkadziesiąt minut trudno do nich „dotrzeć”. Jak wynika z praktyki autora, przekonywanie do wykorzystywania narzędzi statystycznych zawsze musi opierać się na dwóch filarach:

1. Przekonanie, że stosowanie statystyki może przynieść **rzeczywiste, namacalne korzyści**.
2. Pokazanie, że dzięki wykorzystaniu komputerów i stosunkowo niedrogich programów stosowanie statystyki jest bardzo proste.



Mimo że obie wskazane powyżej sentencje są, jak się wydaje, oczywiste, to jednak przekonanie co do ich prawdziwości wśród pracowników ogromnej liczby firm jest nikłe.

Jak wykazują badania autora [2], poziom wykorzystania statystycznego sterowania procesami w polskich organizacjach jest znikomy. Na rys. 1 przedstawiono wyniki badań ankietowych, w których pytano o stopień wykorzystania poszczególnych metod i narzędzi doskonalenia jakości w skali od 1 – „nie stosuje się”, do 4 – „stopień zaawansowany”.



Rys. 1. Stopień wykorzystania metod i technik doskonalenia jakości – podsumowanie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań

Na pytanie o rodzaj wykorzystywanych kart kontrolnych 90% organizacji biorących udział w badaniu i stosujących SPC wskazało najbardziej popularną na świecie kartę X-R (precyzyjne oznaczenie tej karty to  $\bar{x} - R$ , czyli karta wartości średniej i rozstępu). I jest to kolejny problem związany z praktycznym wykorzystaniem SPC. Ponieważ do karty wartości średniej i rozstępu przyłgnęła metka najbardziej uniwersalnej karty kontrolnej, w firmach, w których nie ma osoby mogącej stać się liderem SPC, próbuje się ją wykorzystać w przypadku praktycznie wszystkich rodzajów zbieranych wyników pomiarów. Nie zwraca się przy tym uwagi na pewne kluczowe założenia, które muszą być spełnione, żeby karta ta mogła być wykorzystana. Brak spełnienia tych założeń (np. co do wielkości próbki, „normalności” rozkładu danych, sposobu zbierania wyników do karty) jest prostą drogą do sfałszowania sygnałów pokazywanych przez kartę, co z kolei umacnia pracowników w przekonaniu, że SPC po prostu nie działa i nie ma sensu go stosować. A jak pokazuje bardzo wiele przykładów pochodzących z doświadczeń autora, SPC może przynieść organizacji wiele cennych informacji, a nierzadko dane dostarczane przez karty kontrolne okazywały się co najmniej zaskakujące.

Za wdrożeniem SPC do sterowania procesami przemawiają m.in. efekty ekonomiczne. Działania związane z doskonaleniem jakości nie pozostają bowiem bez wpływu na koszty



działalności i zysk organizacji. Badania zależności pomiędzy postrzeganym poziomem jakości produktu w fazie poprodukcyjnej (jakości rynkowej) a wskaźnikiem zwrotu zainwestowanego kapitału i zyskiem prowadzi m.in. Instytut Planowania Strategicznego w Cambridge w Massachusetts (USA). Badania te, udokumentowane i wykonywane w sposób ciągły od 1974 roku, wykazują występowanie ścisłej zależności stopy zysku od poziomu jakości produktów w różnych rodzajach działalności gospodarczej. Uzyskane wyniki jednoznacznie unaocniają, że firmy sprzedające wyroby i świadczące usługi na wysokim poziomie jakości są generalnie bardziej rentowne niż te, które oferują wyroby i usługi na poziomie niższym [3, 4, 7].

## SPC – podstawy

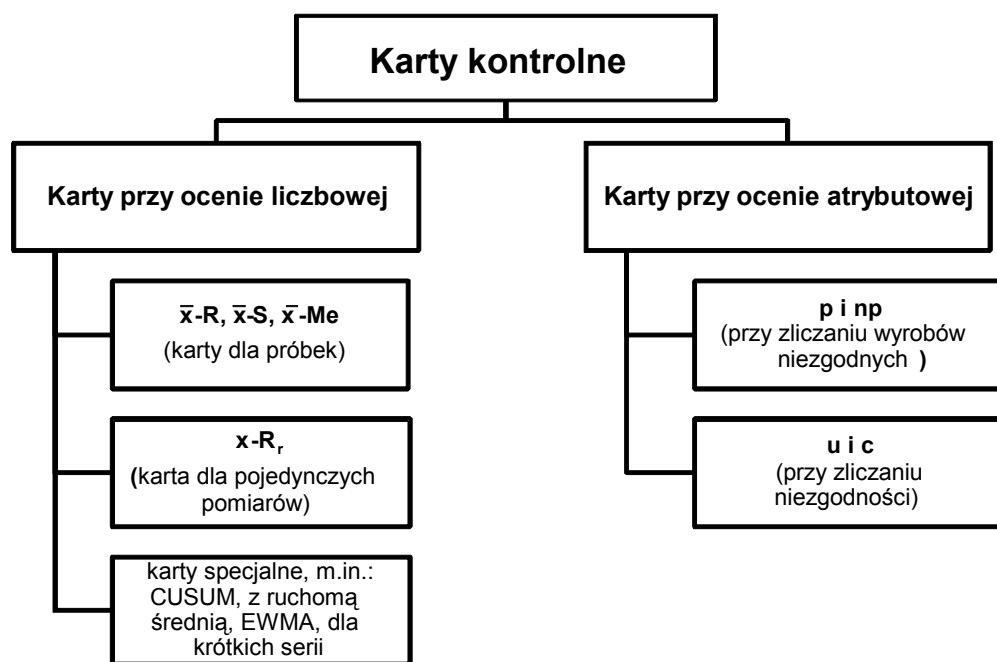
Metody statystycznego sterowania procesami swój początek zawdzięczają Amerykaninowi Walterowi Shewhartowi. Pierwsze zastosowanie tego typu metod datuje się na lata dwudzieste XX wieku. Shewhart, jako pracownik korporacji Bell Telephone Laboratory, potrzebował metody, która pozwoliłaby mu oceniać i sterować jakością wyrobów na bieżąco w czasie ich produkcji. Ze względu na bardzo liczne serie produkcyjne (produkcja elementów elektronicznych) kontrola stuprocentowa nie była możliwa. Jedynym wyjściem okazało się pobieranie w ustalonych odstępach czasu próbek i na ich podstawie wnioskowanie o tym, jak zachowuje się proces produkcyjny i jakiej jakości wyroby uzyskuje się na jego wyjściu. Wyniki pomiarów zapisywano na arkuszach i obrazowano wykresami - tak powstały karty kontrolne Shewharta, które do dziś są podstawą w sterowaniu procesami za pomocą metod statystycznych.

Koncepcja Shewharta została w latach trzydziestych rozwinięta przez Dodge'a i Rominga, którzy zajęli się sterowaniem procesami w przypadkach, gdy produkty można oceniać jedynie jako zgodne bądź niezgodne z wymaganiami.

Kolejny etap rozwoju SPC zawdzięcza się Edwardowi Demingowi, który w latach 50., przebywając w Japonii, rozpropagował te metody podczas serii wykładów, na które został zaproszony przez japońskich przedsiębiorców. Między innymi dzięki wykorzystaniu metod statystycznych produkty japońskie już niedługo potem zaczęły być utożsamiane z bardzo wysoką jakością. Po sukcesach Japonii, także pozostałe kraje rozwinięte sięgnęły po metody statystycznego sterowania procesami. Zaczęto je wykorzystywać w Stanach Zjednoczonych, a później w Europie Zachodniej.

Podstawowym narzędziem SPC są karty kontrolne, wykorzystywane do zapisywania wyników pomiarów monitorowanego procesu oraz pozwalające na ocenę stabilności jego przebiegu. W zależności od specyfiki procesu można stosować różne rodzaje kart kontrolnych. Ich ogólny podział wyodrębnia dwa typy kart (rys. 2):

- ◆ karty przy liczbowej ocenie właściwości i
- ◆ karty kontrolne przy atrybutowej (alternatywnej) ocenie właściwości.

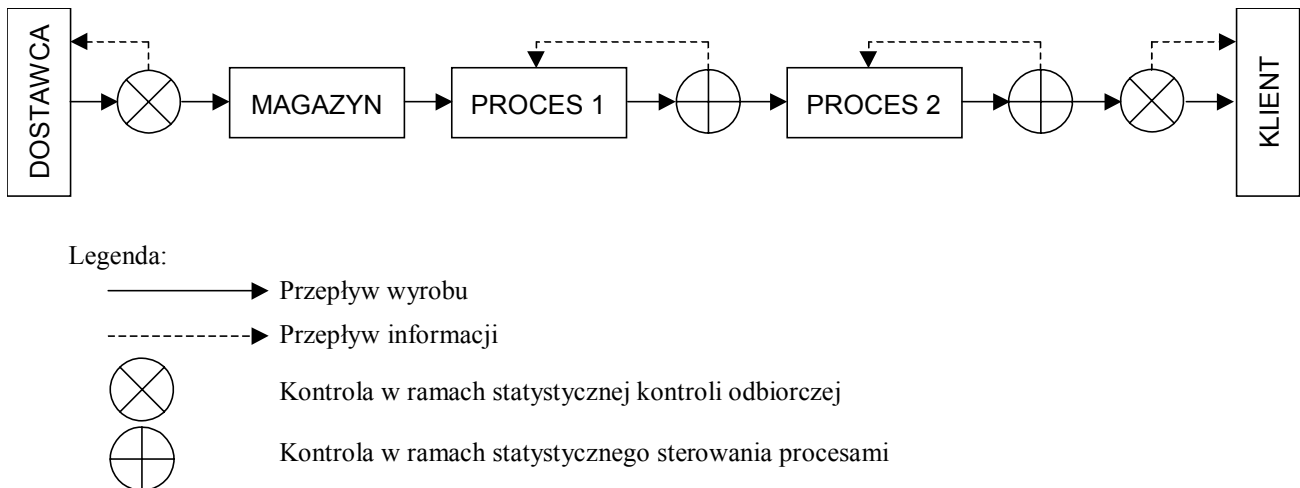


Rys. 2. Ogólny podział kart kontrolnych.

Podczas stosowania kart kontrolnych przy ocenie liczbowej podstawą oceny procesu są wartości z pomiarów wybranych właściwości wyrobu lub procesu. Standardowe karty z tej grupy zakładają, że zebrane wyniki mają rozkład normalny (w oparciu o takie założenie opracowane są wzory potrzebne do skonstruowania karty), założenie to powinno więc być sprawdzane przed wykorzystaniem wybranej karty. W przypadku rozkładów odbiegających od rozkładu normalnego również można stosować karty kontrolne, przy czym utrudnione (z uwagi na dodatkowe obliczenia) jest ich konstruowanie bez wykorzystania odpowiedniego oprogramowania.

Karty kontrolne przy atrybutowej ocenie właściwości budowane są w oparciu o rozkład dwumianowy lub rozkład Poissona. Dane wykorzystywane do oceny procesu to liczba niezgodności pojawiających się w kontrolowanych próbkach, liczba wyrobów niezgodnych w kolejnych partiach produkcyjnych itp.

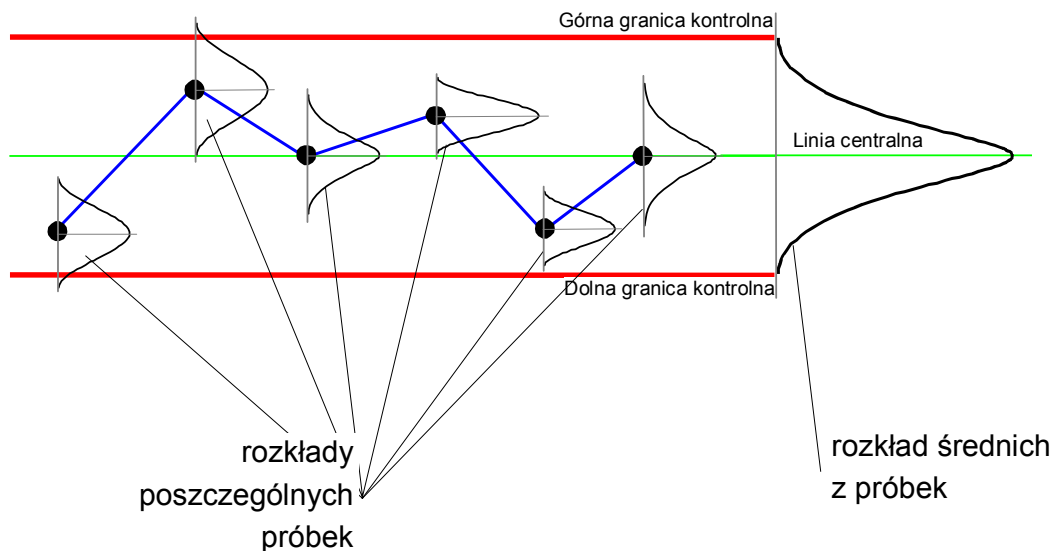
Stosowanie SPC ma na celu głównie ustabilizowanie monitorowanego procesu, a następnie stałe nadzorowanie jego stabilności i granic zmienności. Dane do wykreślenia kart kontrolnych powinny być zbierane tuż po zakończeniu procesu (tj. wytworzeniu wyrobu bądź partii wyrobów) oraz wykorzystywane do jego ewentualnego doskonalenia (rys. 3). Jest to więc podejście wyraźnie odmienne niż w przypadku statystycznej kontroli odbiorczej. O stabilności procesu wnioskuje się na podstawie wyników powtarzanych w mniej więcej regularnych odstępach (np. co godzinę, co 50 wyrobów) pomiarów kilkuelementowych próbek (podzbiorów) wyrobów, zazwyczaj o stałej liczności (liczność próbki jest zdeterminowana głównie specyfiką procesu oraz rodzajem wykorzystywanej karty kontrolnej), a uzyskane tą drogą informacje powinny być na bieżąco wykorzystywane do sterowania procesem.



Rys. 3. Miejsce SPC w procesie doskonalenia jakości.

Karta kontrolna jest rodzajem formularza, na którym zapisywane są wyniki pomiarów oraz wykreślone są wykresy będące podstawą do oceny procesu. Na wykresach zaznaczane są trzy podstawowe linie (rys. 4):

- ♦ linia centralna odpowiadająca wartości odniesienia analizowanej właściwości (np. wartości średniej, wartości nominalnej) oraz
- ♦ górna i dolna granica kontrolna.



Rys. 4. Ogólny układ karty kontrolnej.

Granice kontrolne są określane na podstawie odpowiednich wzorów i znajdują się w „odległości”  $3\sigma$  po obu stronach linii centralnej (gdzie  $\sigma$  jest odchyleniem standardowym). Analizując położenie punktów reprezentujących poszczególne pomiary (lub np. wartości średnie z pomiarów), można ocenić, czy potrzebna jest ingerencja mająca na celu ustabilizowanie procesu. W normach dotyczących tego zagadnienia, w tym m.in.



w Polskiej Normie PN-ISO 8258:1996, podane są tzw. testy przyczyn wyznaczalnych, stosowane do interpretowania konfiguracji punktów wykreślanych na kartach kontrolnych Shewharta.

Szerszy opis sposobu wykorzystania kart kontrolnych można znaleźć w bogatej literaturze z tego zakresu, m.in. [1], [6], [8].

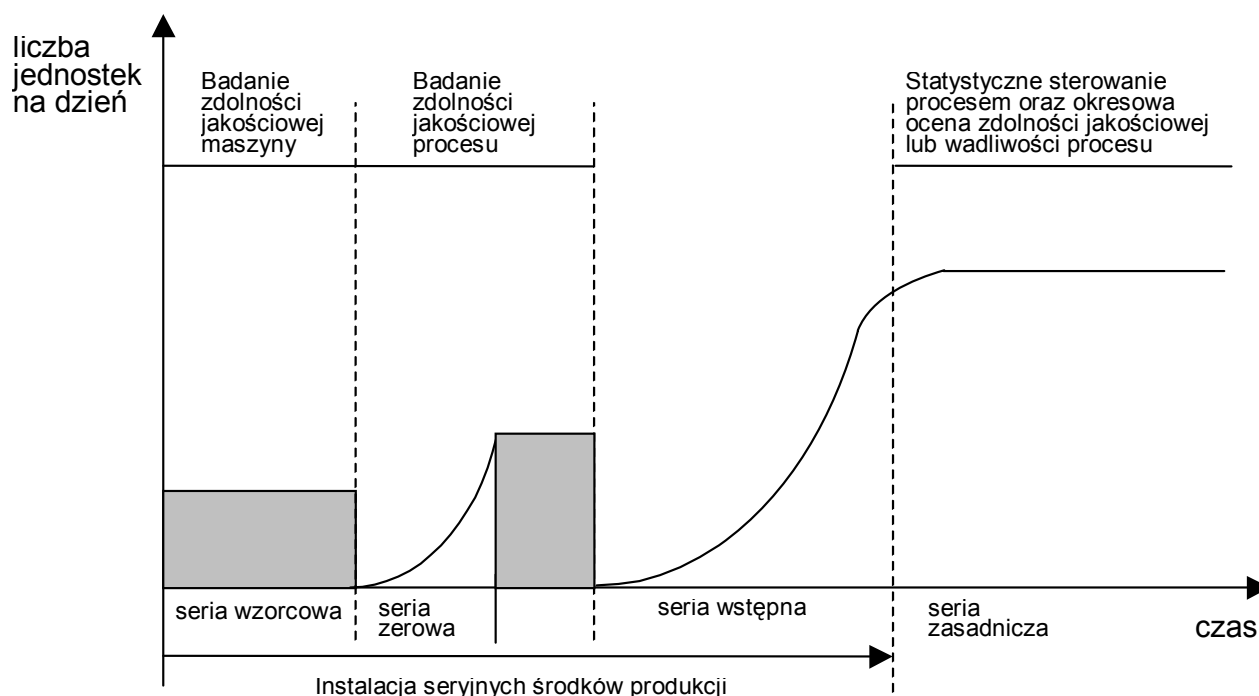
## Badanie zdolności jakościowej

Badanie zdolności jakościowej polega na określeniu, czy rozrzut wyników uzyskiwanych z analizowanego procesu, przyrządu pomiarowego lub maszyny mieści się w określonych standardach, wyznaczonych przez organizację lub jej klientów.

W ramach statystycznego sterowania procesami stosowane są przede wszystkim dwa rodzaje badania zdolności jakościowej:

- ◆ badanie zdolności jakościowej procesu,
- ◆ badanie zdolności jakościowej maszyny.

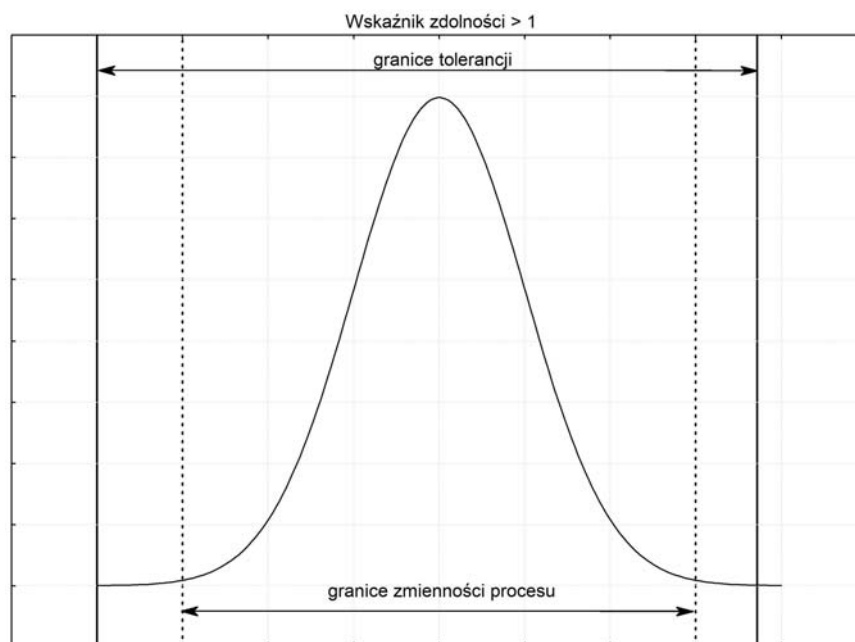
Choć badania te są, patrząc na wzory i zasady interpretowania wyników, bardzo do siebie podobne, to wymagają odmiennego przygotowania badań oraz próbek i prowadzą do odmiennych wniosków w zakresie doskonalenia. Na rys. 5 przedstawiono miejsce poszczególnych rodzajów badań zdolności jakościowej w cyklu uruchamiania i prowadzenia produkcji.



Rys. 5. Cykl badania zdolności jakościowej maszyny, procesu i regulacji procesu za pomocą metod statystycznych. Źródło: [5].



Uogólniając, można powiedzieć, że badanie zdolności jakościowej (zarówno procesów, jak i maszyn) polega na porównaniu uzyskanego z odpowiednio pobranej próbki rozrzutu wyników z granicami specyfikacji, obowiązującymi dla danego procesu (rys. 6).



Rys. 6. Granice zmienności procesu a granice tolerancji.

Wzór na podstawowy wskaźnik zdolności procesu ma postać:

$$\text{wskaźnik zdolności} = \frac{\text{szerokość pola tolerancji}}{\text{granice zmienności procesu}}$$

Jeżeli pole tolerancji jest równe przedziałowi zmienności procesu, wtedy wskaźnik ma wartość równą 1. Przy szerszym polu tolerancji – wartość wskaźnika jest większa od jedności. W przypadku niekorzystnym, gdy zmienność procesu jest większa od szerokości pola tolerancji, wartość wskaźnika spada poniżej jedności.

W praktyce zarządzania jakością stosowanych jest wiele rodzajów wskaźników zdolności jakościowej. Najpopularniejsze z nich to wskaźniki  $C_p$  i  $C_{pk}$ :

$$C_p = \frac{T_g - T_d}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{T_g - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - T_d}{3\sigma} \right\}$$

gdzie:

- $\bar{x}$  – wartość średnia badanej właściwości,
- $T_g$  – górna tolerancja dla badanej właściwości,
- $T_d$  – dolna tolerancja dla badanej właściwości,



- $\sigma$  – odchylenie standardowe,
- $min$  – minimum (wartość najmniejsza w podanym zbiorze).

Za minimalną akceptowaną wartości powyższych wskaźników uważa się 1,33, choć wartość ta może być różna w zależności od branży (np. w branży motoryzacyjnej jest to 1,67).

## SPC – praktyczne przypadki wykorzystania

### *SPC w branży spożywczej*

Jest wiele przesłanek do tego, aby w branży spożywczej SPC zajmowało ważne miejsce w zarządzaniu procesami. Wśród nich można podać na pewno następujące:

- ◆ Produkcja jest zazwyczaj wielkoseryjna i w przypadku, gdy np. analizie poddawana jest waga sprzedawanych wyrobów lub proporcje dozowanych składników, wszelkie, nawet niewielkie odchylenia od standardów, które nie będą w porę skorygowane, mogą przynieść odczuwalne straty.
- ◆ Wiele firm z branży spożywczej podlega ustawie o towarach paczkowanych, która obliuguje do utrzymania wagi lub objętości pakowanych dla klientów wyrobów w odpowiednich, urzędowo ustalonych granicach – potrzebny jest więc stały nadzór nad procesami.

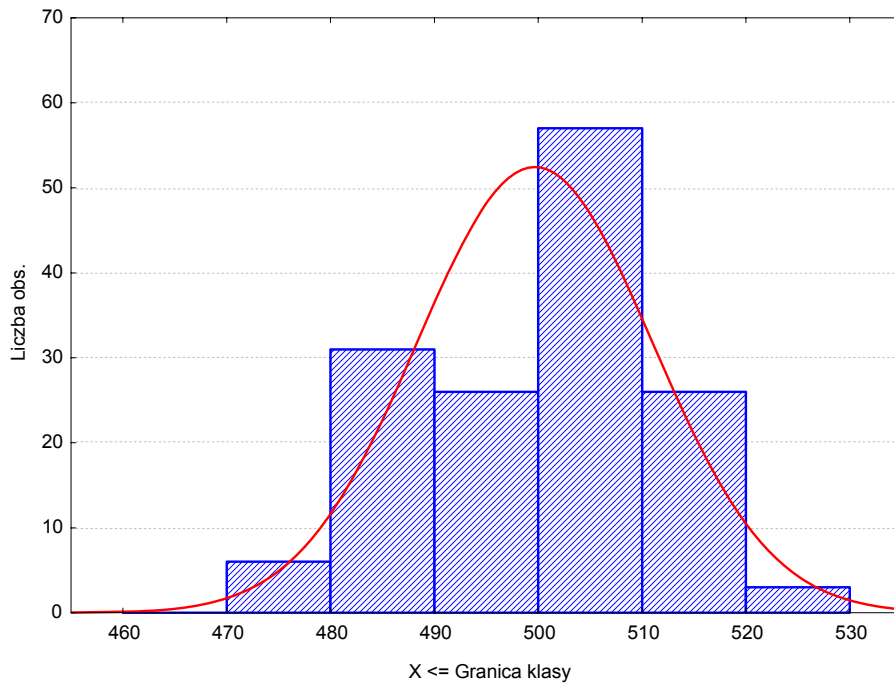
Z praktyki Autora przytoczyć można wiele przykładów, kiedy wykorzystanie SPC przyczyniło się do poprawy procesu i nie wymagało to wcale dużych inwestycji. Wystarczyło po prostu „na poważnie” zacząć sterować procesem.

W dalszej części przedstawione będą trzy powiązane ze sobą przypadki wykorzystania SPC w pewnej znanej w Polsce firmie z branży spożywczej.

Na rys. 7 przedstawiono histogram wyników pomiarów wagi butelek ketchupu – wartość nominalna wynosiła 500 g (dane to wyniki badania 150 butelek, co kilkanaście minut pobieranych z procesu w trzelementowych próbkach).

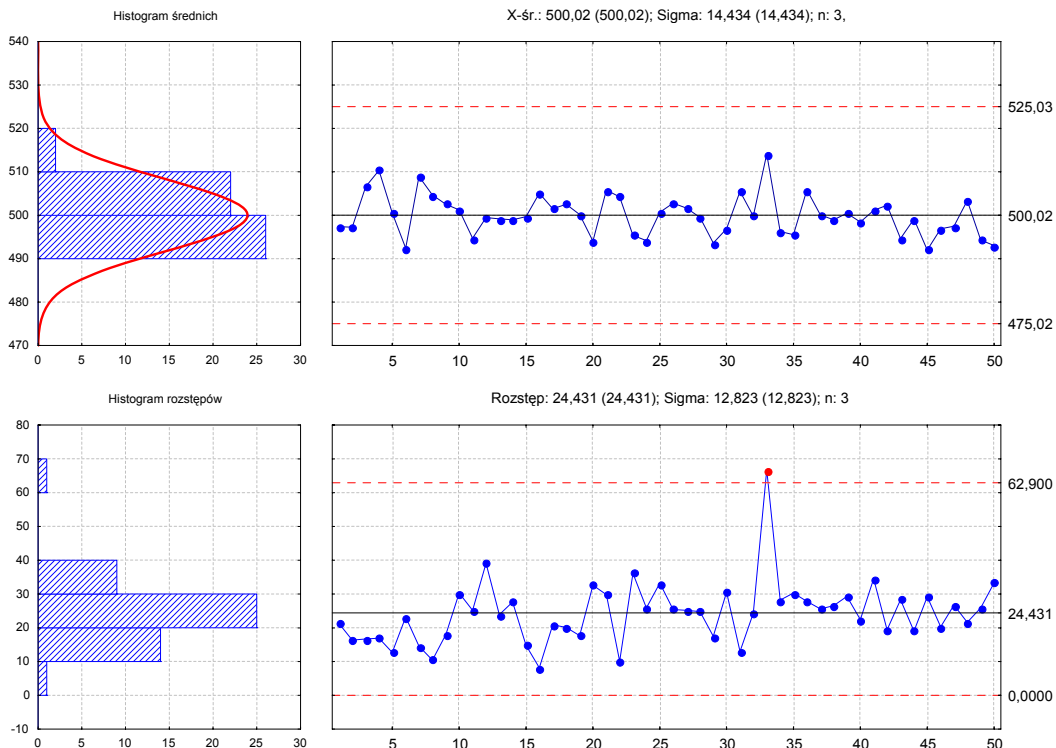
Jak widać na rysunku, rozrzut wyników jest znaczny w obu kierunkach wokół wartości średniej, wynoszącej w tym przypadku 500,02. Podstawowym narzędziem wykorzystanym do analizy przebiegu procesu była karta kontrolna (rys. 8).

Jak wykazały przeprowadzone analizy, proces można było generalnie uznać za stabilny (pojawił się tylko jeden sygnał alarmowy na wykresie rozstępów wskazujący, że w tej jednej próbce rozproszenie wyników było nienaturalnie duże jak dla tego procesu). Wartości średnie mieściły się w granicach kontrolnych i nawet nie zbliżyły się do nich. Jest to jednak głównie wynikiem m.in. bardzo dużych rozstępów w poszczególnych próbkach (które rozszerzyły znacznie granice kontrolne na karcie wartości średniej).



Rys. 7. Histogram dla wyników pomiarów.

Karta X-średnie i R; zmienna: Wszystkie wyniki

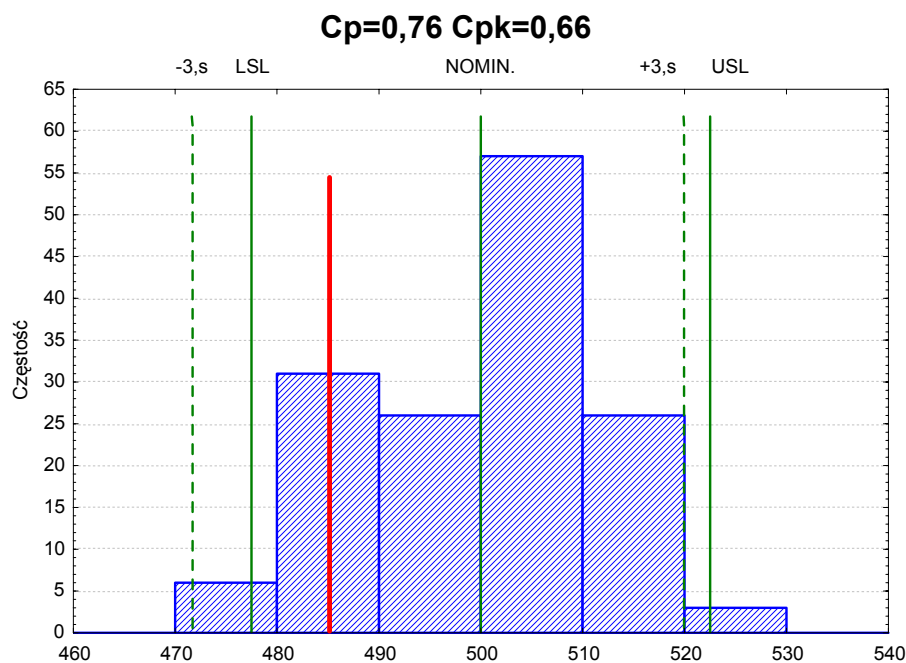


Rys. 8. Karta kontrolna wartości średniej i rozstępu – ketchup.

Jak widać na rys. 9, średni rozrzut pomiędzy wagą każdych trzech butelek wchodzących w skład kolejnych próbek wynosi prawie 25 g (!), a minimalny rozrzut oscyluje wokół



wartości 10 g. Proces nie mieścił się ani w granicach specyfikacji wyznaczonych sobie przez firmę (478 g i 522 g), ani tym bardziej w bardziej rygorystycznych w tym przypadku granicach ustawowych (ograniczenie dolne na wartości 485 g i gruba pionowa linia na rysunku). Pokazują to też bardzo wyraźnie obliczone dla szerszych granic wskaźniki zdolności (rys. 9).



Rys. 9. Analiza zdolności procesu – ketchup.

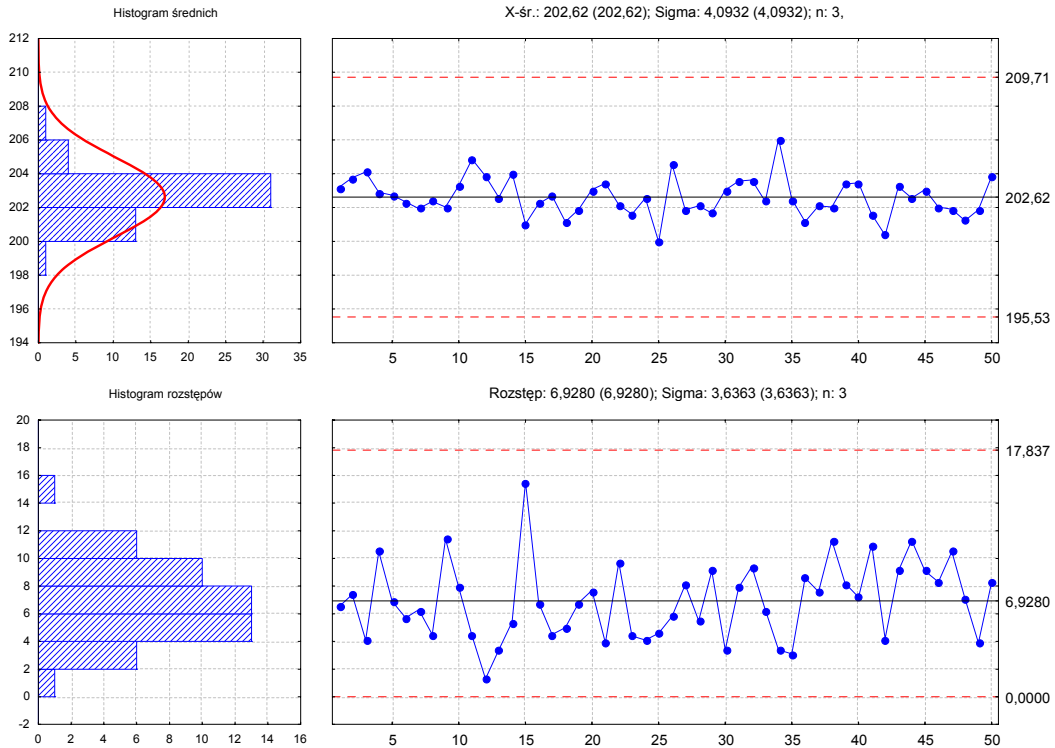
Jak wykazały dalsze badania, aby proces (przy obecnym poziomie stabilności) zapewniał (na określonym poziomie ufności), że wszystkie butelki z ketchupem będą miały wagę co najmniej taką, którą gwarantuje klientom ustawa o towarach paczkowanych, trzeba by podnieść średnią wagę butelek (na dozownikach) o co najmniej 20 g (zakładając, że nie ulegnie zmianie jego zmienność mierzona tu rozstępami). Byłaby to oczywista strata dla producenta, który w tej chwili, jak wykazują zebrane dane, „oszukuje” część swoich klientów.

Bardzo podobna sytuacja miała miejsce w przypadku produkcji musztardy, której nominalnie powinno być w opakowaniu 200 g.

Na rys. 10 przedstawiono kartę kontrolną wartości średniej i rozstępu (liczność próbek  $n=3$ ). Podobnie jak w przypadku ketchupów, proces był tu stabilny. Wartość średnia procesu lekko przewyższała wartość docelową, a średni rozrzut wyników w poszczególnych próbkach wynosił około 7 g.

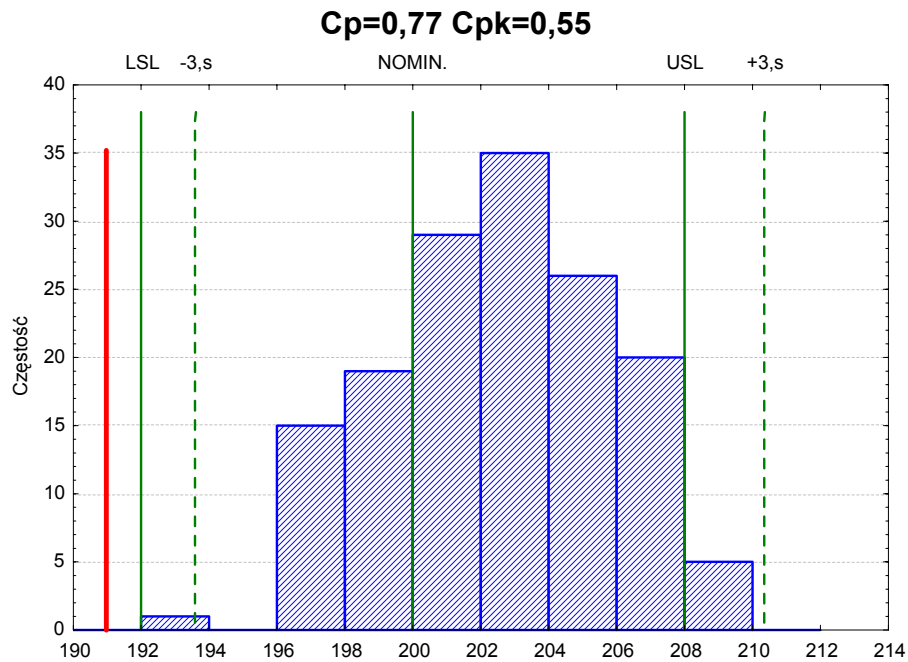


Karta X-średnie i R; zmienna: Wyniki wszystkie



Rys. 10. Karta kontrolna wartości średniej i rozstępu – musztarda.

Podobnie jak w przypadku wyżej opisanego przypadku produkcji ketchupu, tu również wyniki badania zdolności procesu pokazały słabość dotychczasowych metod sterowania procesem.



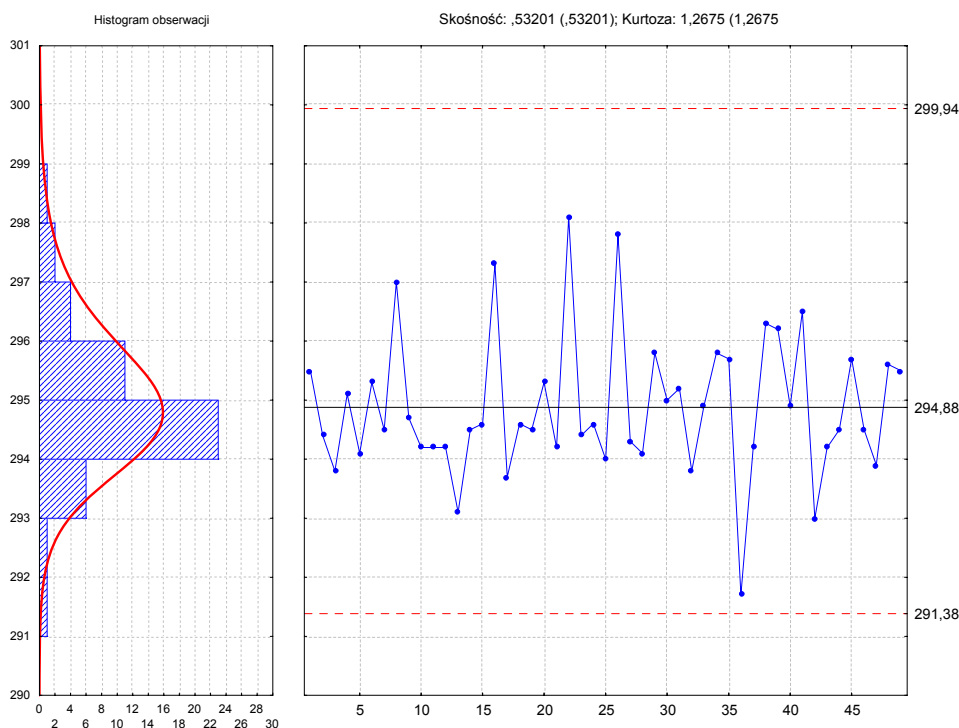
Rys. 11. Analiza zdolności procesu – musztarda.



Wskaźniki zdolności liczone w odniesieniu do ustanowionych przez firmę granic specyfikacji (192 g i 208 g) mają wartości znacznie poniżej jedności. Niewiele poprawiłoby też sytuację obliczenie ich (a właściwie tylko wskaźnika  $C_{pk}$  - z uwagi na tylko jednostronne ograniczenie) w odniesieniu do granicy podanej w ustawie (rys. 11).

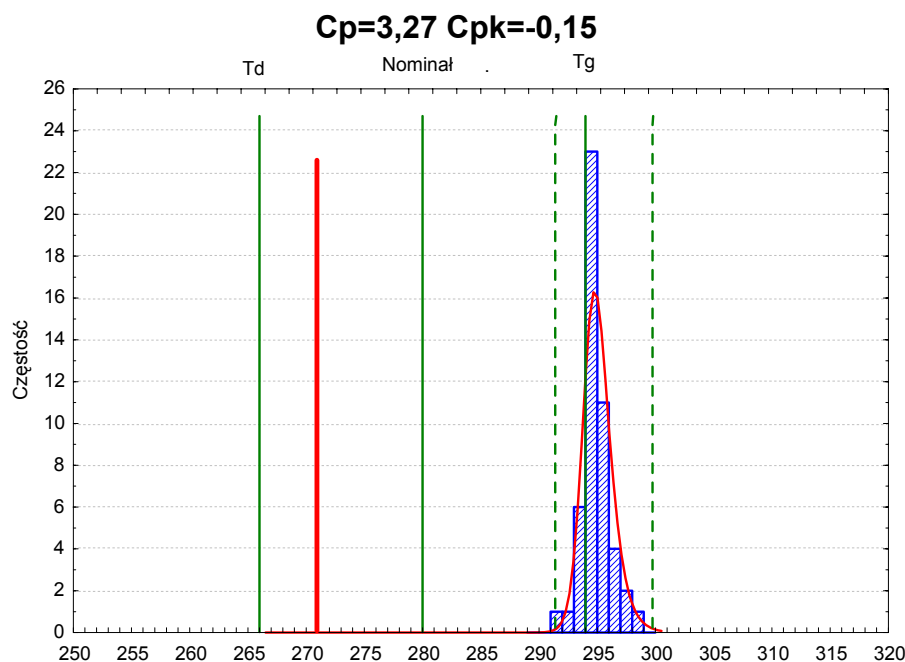
Jak widać na rys. 11, także w tym przypadku spora część klientów powinna się spodziewać mniejszej ilości musztardy, a w niektórych przypadkach nawet mniejszej niż ta, która gwarantowana jest niejako wymaganiami ustawy o towarach paczkowanych.

Trzecim monitorowanym w tej firmie procesem było konfekcjonowanie majonezu. Wartość nominalna wynikająca z etykiety sugerowała, że w słoiczku znajduje się 280 g tego wyrobu. Na rys. 12 przedstawiono kartę kontrolną obrazującą przebieg procesu. Z uwagi na to, że rozkład wyników pomiarów nie był normalny (nie był to rozkład Gaussa), zastosowano kartę kontrolną odpowiednią dla takiego rozkładu.



Rys. 12. Karta kontrolna wartości średniej – majonez.

Co dziwne, w przypadku tego procesu można zauważyć, że wartość średnia z zebranych prawie pięćdziesięciu próbek wynosiła około 295 g, czyli około 15 g za dużo (patrząc na nominal). Wnioski pochodzące z obserwacji karty kontrolnej potwierdzają wyniki analizy zdolności (rys. 13). Wskaźniki zdolności obliczone dla ustalonych w firmie granic specyfikacji (266 g i 294 g) jednoznacznie wskazywały, że proces miał bardzo zawyżoną średnią (do tego stopnia, że wskaźnik  $C_{pk}$  miał wartość ujemną), a jego rozrzut był bardzo mały (wskaźnik  $C_p$  miał wartość powyżej 3).



Rys. 13. Analiza zdolności procesu – majonez.

Jak widać z przedstawionych wykresów, w przypadku majonezu nie było mowy o „oszukiwaniu” klientów. Wszystkie przebadane słoiczki zawierały więcej majonezu, niż zadeklarowano na opakowaniu.

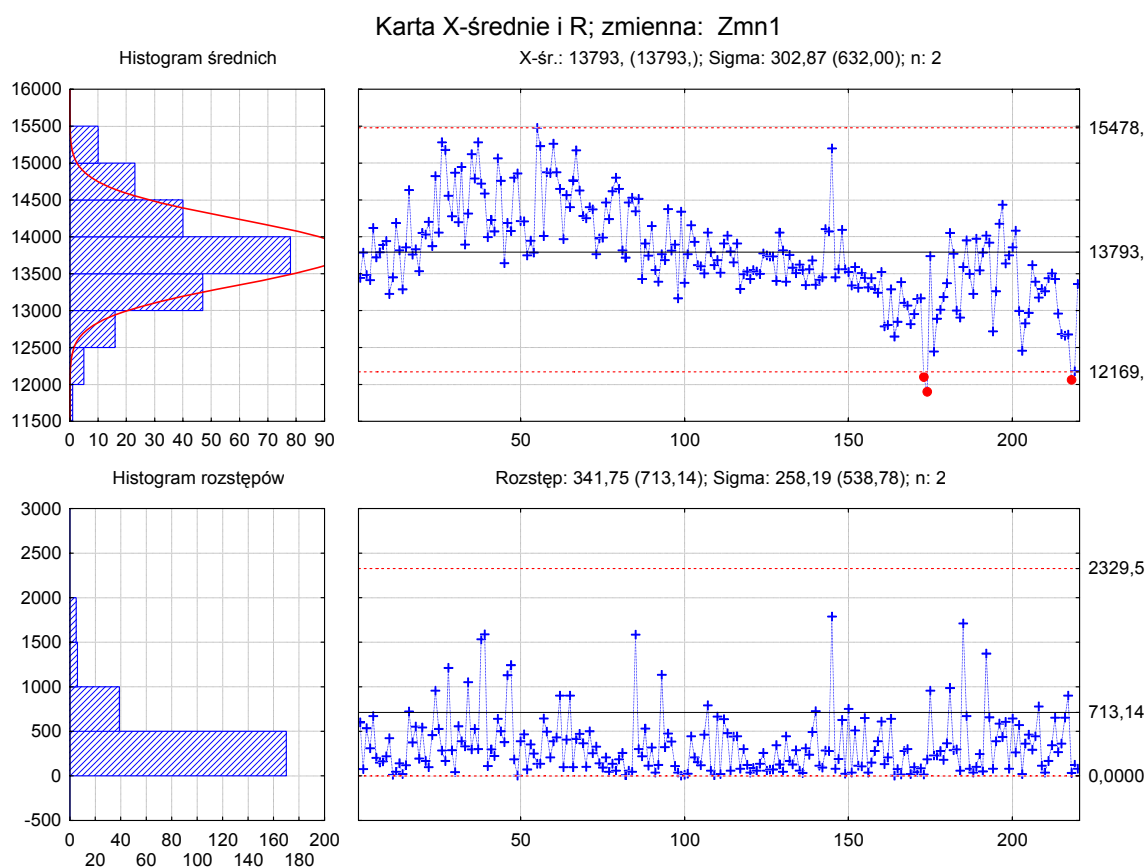
Patrząc na przekrój trzech omówionych powyżej procesów, bardzo ciekawym „odkryciem” były dane pochodzące z badania zdolności procesów. Bardzo tani wyrób, jakim jest musztarda (jest to wyrób bardzo tani dla klienta, ale też bardzo tani z punktu widzenia kosztów produkcji) był niedoważany i firma nieświadomie „oszukiwała” na nim klientów. Z kolei w przypadku bardzo drogiego w produkcji majonezu (zawiera on dużo drogich składników) do każdego słoiczka dodawano niepotrzebnie 15 g tego produktu. Oczywiście jest to bardzo korzystne z punktu widzenia klienta, ale firmie przynosiło rzeczywiste, bardzo wymierne straty. Mniej więcej co 20 słoiczek z majonezem był niejako oddawany za darmo, co przy masowej produkcji stanowiło niemały problem. Osoby zarządzające w opisywanej firmie procesami konfekcjonowania wyrobów jednoznacznie przekonały się, jakie korzyści może przynieść SPC. Omówiony przykład projektu doradczego zrealizowanego przez Autora pokazuje też, że inwestowanie w narzędzia doskonalenia jakości może się szybko zwrócić, a cały projekt związany z ich wdrożeniem może się okazać w bardzo krótkim czasie efektywny.

### ***SPC w motoryzacji***

Branża motoryzacyjna jest dosyć specyficzna, jeżeli chodzi o wykorzystywanie statystycznego sterowania procesami. Jest ono mocno naznaczone „piętnem” wymagań standardów dotyczących systemów zarządzania jakością (np. specyfikacji technicznej ISO/TS 16949) oraz wymagań klientów, którzy narzucają wprost stosowanie SPC do opisywania procesów produkcyjnych. Powoduje to, że firmy stosują SPC nie dlatego, że uważają to za



pożyteczne narzędzie do zarządzania jakością, ale dlatego, że muszą to robić. Prowadzi to do wielu uproszczeń i uchybień przy wykorzystywaniu kart kontrolnych, analizowaniu zdolności procesów, zdolności maszyn itp. Tym większe jest zdziwienie niektórych pracowników, gdy podczas projektu doradczego prowadzonego przez doświadczonego w zakresie SPC konsultanta okazuje się, że karty kontrolne „działają” i dostarczają cennych informacji. Jedną z takich sytuacji przedstawiona jest na rys. 14. W ramach projektu SPC pracownicy zobowiązani zostali do systematycznego zbierania danych, które później miały zostać wykorzystane do zaprezentowania możliwości kart kontrolnych, na przykładach wziętych z życia poszczególnych procesów.

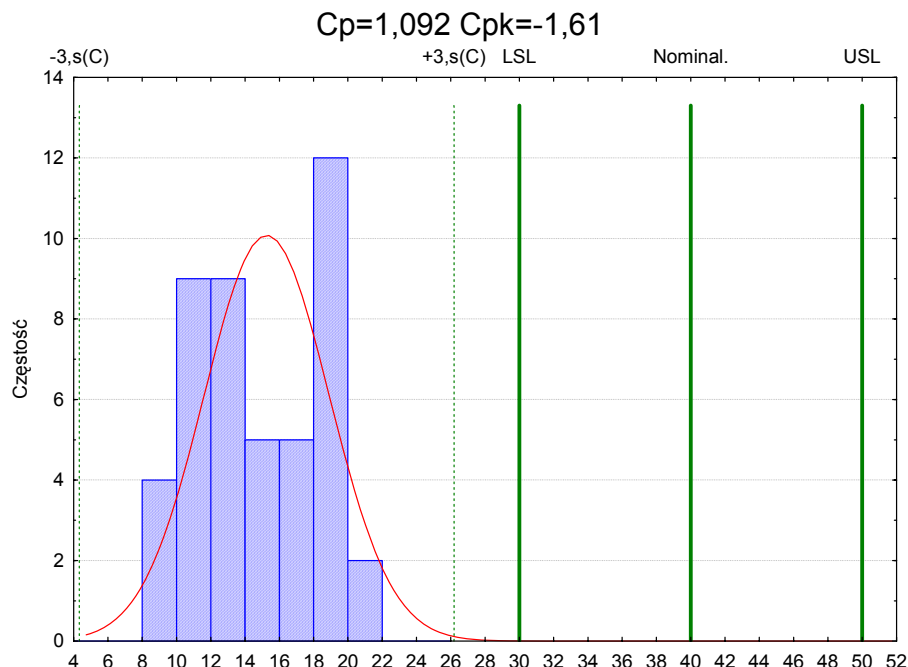


Rys. 14. Karta kontrolna wartości średniej i rozstępu – dokręcanie śruby.

Analiza danych zebranych przez jednego z pracowników zakończyła się bardzo ciekawymi wnioskami. Pracownik ten zobaczył, że karta kontrolna ostrzegłaby go (gdyby stosował ją w czasie zbierania przez siebie danych z procesu) przed poważną awarią maszyny. Od mniej więcej próbki nr 50 mierzona cecha produkowanego wyrobu (moment siły dokręcenia śruby) systematycznie spadał. Przy próbce około nr 175 nastąpiło zerwanie pewnego elementu na stanowisku, na którym wyrób ten był produkowany. W dalszej części procesu widać, że proces nie jest jeszcze ustabilizowany, co wynikało z prób produkcyjnych, które prowadzono po naprawie stanowiska pracy. Stosując kartę kontrolną, być może udało by się zapobiec tej awarii.



Podobnie ciekawe wnioski wyniknęły w czasie innego projektu prowadzonego w odniesieniu do procesów realizowanych w galwanizerni, świadczącej usługi dla firm motoryzacyjnych. Mierzonym parametrem była grubość powłoki na jednym z pokrywanych elementów (rys. 15).



Rys. 15. Analiza zdolności procesu – galwanizernia.

Jak widać, analiza ta wykazała znaczące zaniedbania w jakości pokrywanych części. Grubość powłoki była znacząco niższa niż założona wartość średnia, do tego stopnia, że żaden ze zmierzonych kilkudziesięciu wyrobów nie zmieścił się nawet w polu pomiędzy dolną a górną granicą specyfikacji. Dla klienta tej galwanizerni była to bez wątpienia bardzo istotna informacja.

## Podsumowanie

Statystyczne sterowanie procesami jest bez wątpienia cennym narzędziem do sterowania procesami produkcyjnymi (szczególnie przy produkcji wielkoseryjnej) oraz dobrym sposobem na nadzorowanie procesów realizowanych przez dostawców. Żeby mogło jednak „pokazać” pełnię swoich możliwości, powinno być prawidłowo wdrożone i stosowane z poszanowaniem pewnych zasad i założeń, które zapewniają, że karty kontrolne i wskaźniki zdolności pokazują prawdziwe informacje o kondycji procesów i maszyn. Warto zauważyć, że wielu przeciwników SPC jest tak naprawdę przeciwnikami matematyki jako takiej, a nie SPC, a statystyczne sterowanie procesami bez wątpienia zasługuje na wielkie uznanie i jest w stanie wpłynąć pozytywnie na efektywność i skuteczność procesów produkcyjnych.



## Literatura

1. Czermiński J. B., Iwasiewicz A., Paszek Z., Sikorski A., *Metody statystyczne dla chemików*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1992 r.
2. Greber T., *Analiza wykorzystania metod i narzędzi doskonalenia jakości w polskich organizacjach*, Raporty Inst. Organ. PWroc. 2003 Ser. PRE nr 33, Rozprawa doktorska Politechnika Wrocławska, Wydział Informatyki i Zarządzania, Wrocław, 2003.
3. Harry M., Schroeder R., *Six Sigma. Wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2001 r.
4. Marczak M., *Jakość wyrobu a zysk przedsiębiorstwa produkcyjnego*, Problemy Jakości 2001 r., nr 5, s. 31-35.
5. Masing W., *Handbuch der Qualitätssicherung – 2 Aufgabe*, Carl Hauser Verlag, München-Wien, 1988 r.
6. Montgomery D. C., *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons, New York, 1991 r.
7. Opolski K., *Zarządzanie przez jakość*, Zeszyty Finansowe 1998, nr 8, s. 10.
8. Wheeler D. J., *Charts Done Right*, Quality Progress 1994 r., May, s. 65-68.