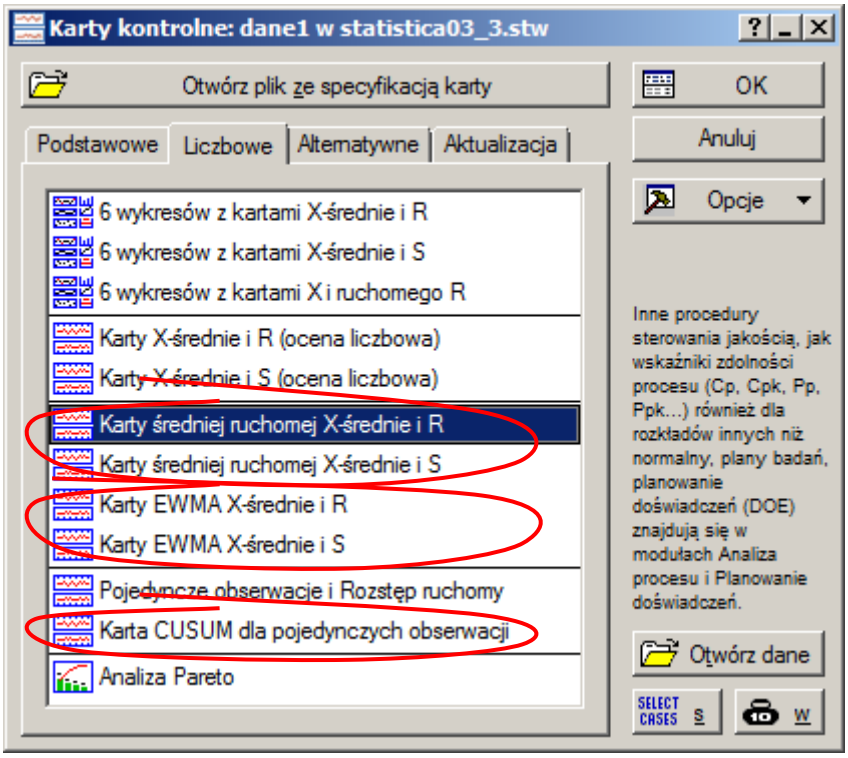
SPC – STATYSTYCZNE STEROWANIE PROCESAMI PRODUKCJI

1.2. Sekwencyjne karty kontrolne

Do wykrywania małych przesunięć średniej procesu wykorzystywane są karty sekwencyjne: CuSum, MA, EWMA. Karty te są dostępne z poziomu menu głównego: **Statystyka/Statystyki przemysłowe/Karty kontrolne**.



Karta CuSum dostępna jest w programie w wersji pozwalającej na monitorowanie odchyleń pojedynczych pomiarów od wartości założonej (**Karta CUSUM dla pojedynczych obserwacji**). Karta ta łączona jest z kartą MR.

Karta średniej ruchomej MA w zależności od ustawień dodatkowych parametrów może być wykreślana dla próbek oraz dla pojedynczych obserwacji. Karta dla próbek może być łączona z kartą R (**Karta średniej ruchomej X-średnie i R**) lub z kartą S (**Karta średniej ruchomej X-średnie i S**). Karta w wersji dla pojedynczych obserwacji może być łączona tylko z kartą MR (**Karta średniej ruchomej X-średnie i R**).

Analogicznie można wykorzystywać kartę wykładniczo ważonych średnich ruchomych EWMA. Opcja **Karty EWMA X-średnie i R** umożliwia wykreślenie kart EWMA i R dla próbek, dla pojedynczych obserwacji karta EWMA łączona jest z kartą MR. Opcja **Karty EWMA X-średnie i S** umożliwia, w wersji dla próbek, wykreślenie kart EWMA i S.

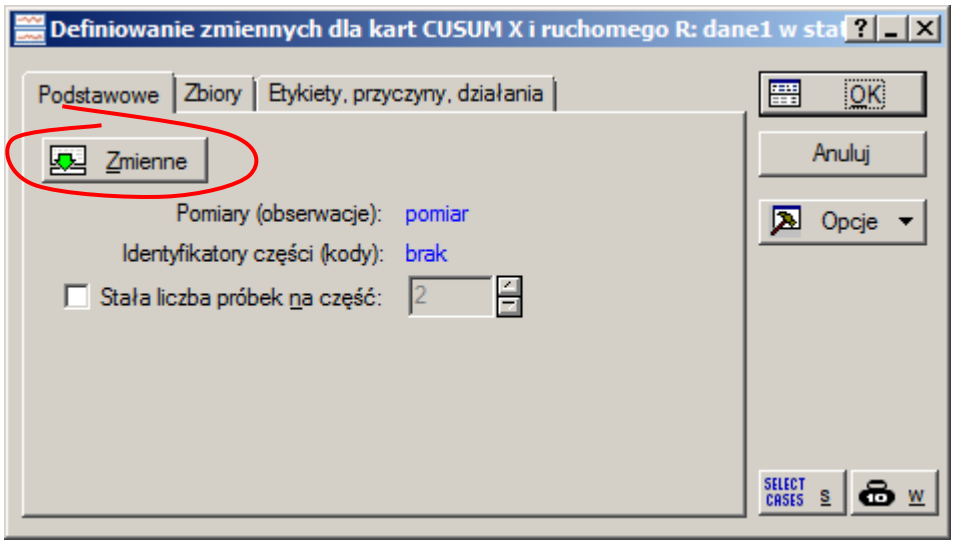
Sposób wykorzystania kart sekwencyjnych zostanie omówiony w oparciu o przykłady przedstawione w części teoretycznej. W przykładach tych wykorzystywane są dane zebrane na arkuszu *dane1*. Dane zostały wylosowane z rozkładu normalnego w taki sposób aby pokazać skuteczność kart sekwencyjnych

przy wykrywaniu małych przesunięć procesu: pierwszych 10 wyników wylosowano z rozkładu $\mathcal{N}(5,1)$, 22 kolejne z rozkładu przesuniętego o jedno odchylenie standardowe tzn. $\mathcal{N}(6,1)$.

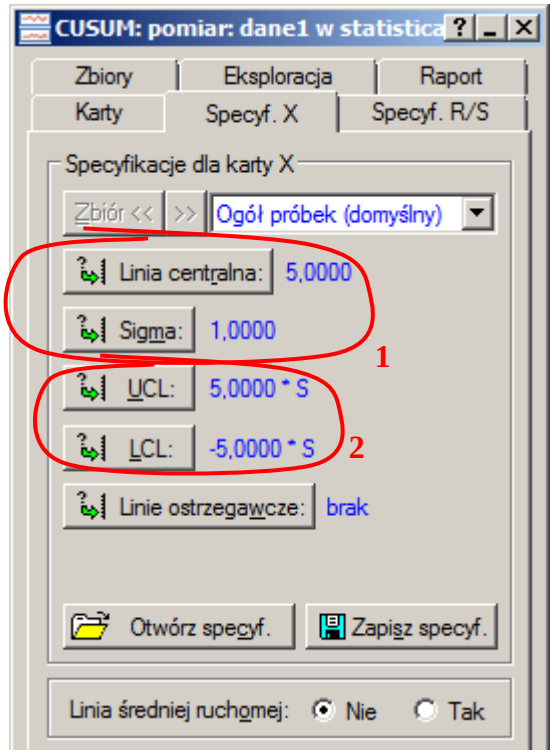
Przykład 1.

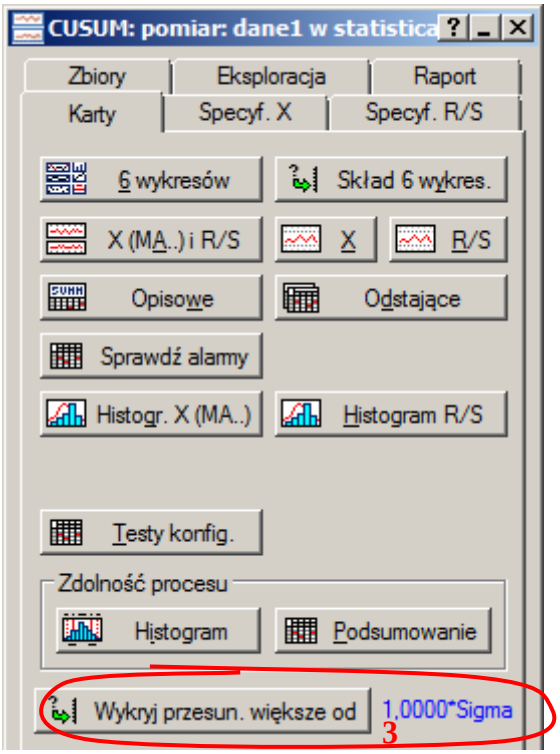
Wykorzystując dane zapisane w arkuszu *dane1* wykonaj analizę procesu z wykorzystaniem karty CuSum. Przyjmij, że: $\hat{\mu}=5$, $\hat{\sigma}=1$, $k^*=1$ i $h=5$.

Po wybraniu karty CuSum z okna **Karty kontrolne** należy w kolejnym oknie wskazać analizowaną na karcie zmienną – arkusz *dane1* zawiera tylko jedną zmienną: *pomiar*.



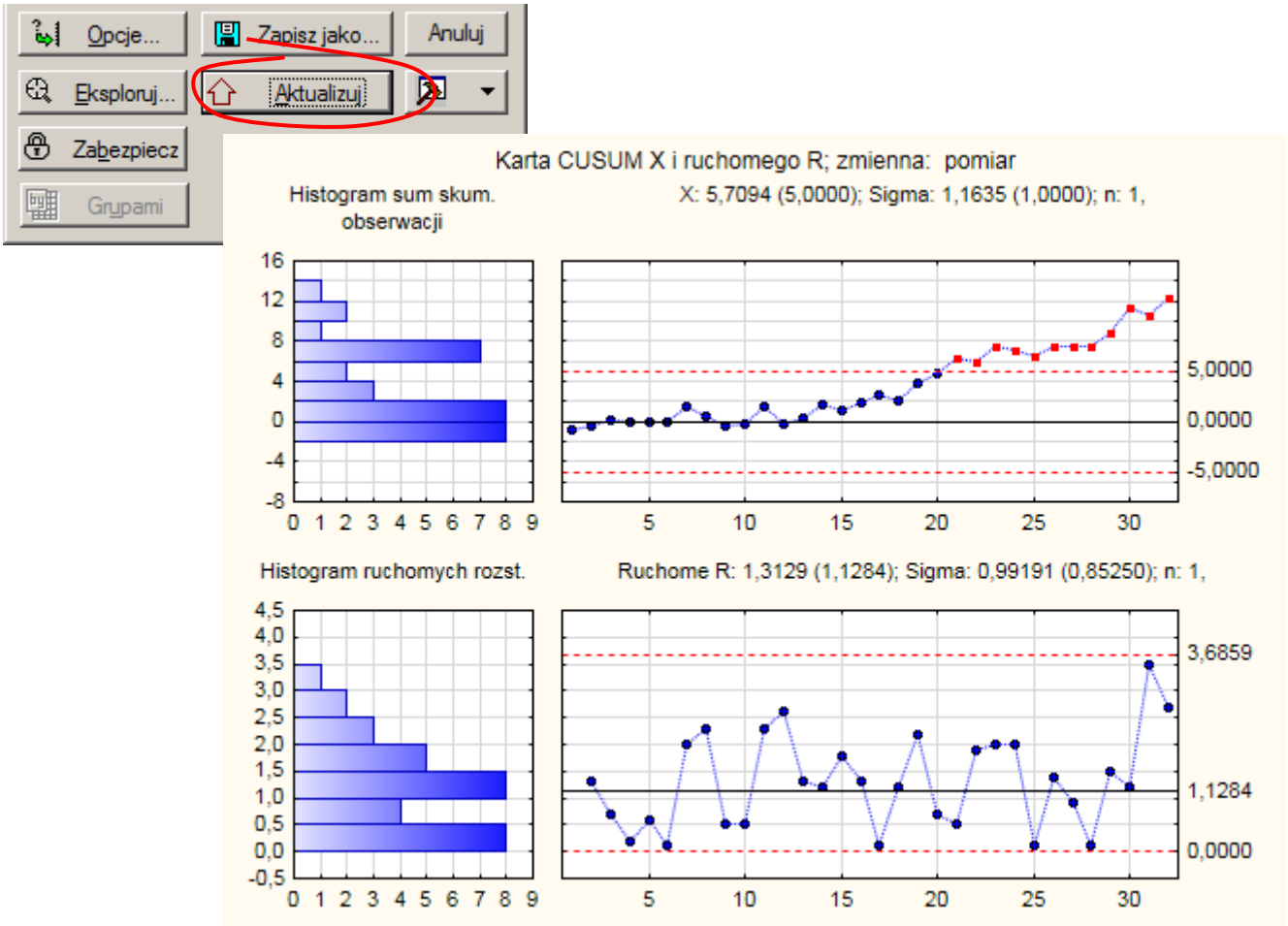
Karta kontrolna wyświetlana jest po naciśnięciu przycisku OK. Domyślnie średnia i odchylenie standardowe monitorowanej wartości estymowane są z dostępnych danych. W zadaniu podano jednak założone wartości parametrów procesu więc należy zmodyfikować specyfikację karty wprowadzając $\hat{\mu}=5$ jako wartość **Linii centralnej** a $\hat{\sigma}=1$ jako wartość **Sigmy** (na poniższym rysunku w bloku nr 1).





Pozostałe parametry określone w zadaniu odpowiadają domyślnym parametrom karty. Parametr *h* (na rysunku w bloku nr 2) wskazuje położenie linii kontrolnych i domyślnie ustawiany jest na wartość równą 5 sigmom procesu. Parametr *k* (na rysunku w bloku nr 3) definiuje niedopuszczalne przesunięcie procesu i domyślnie ustawiany jest na wartość jednego odchylenia standardowego procesu.

Po ustaleniu wartości parametrów karty i wymuszeniu aktualizacji wykreślana jest para kart CuSum/MR.



Otrzymany wynik nie różni się od tego przedstawionego w części teoretycznej. Przesunięcie procesu które pojawiło się w po raz pierwszy w obserwacji 11 (tak zostały wylosowane dane) dało sygnał o rozregulowaniu w obserwacji 21. Do wykrycia przesunięcia o jedno odchylenie standardowe potrzebnych więc było 10 wyników. Wartość ta jest zgodna z przybliżoną w przykładzie 2. w części teoretycznej wartością $ARL_1 \approx 10.34$.

Przykład 2.

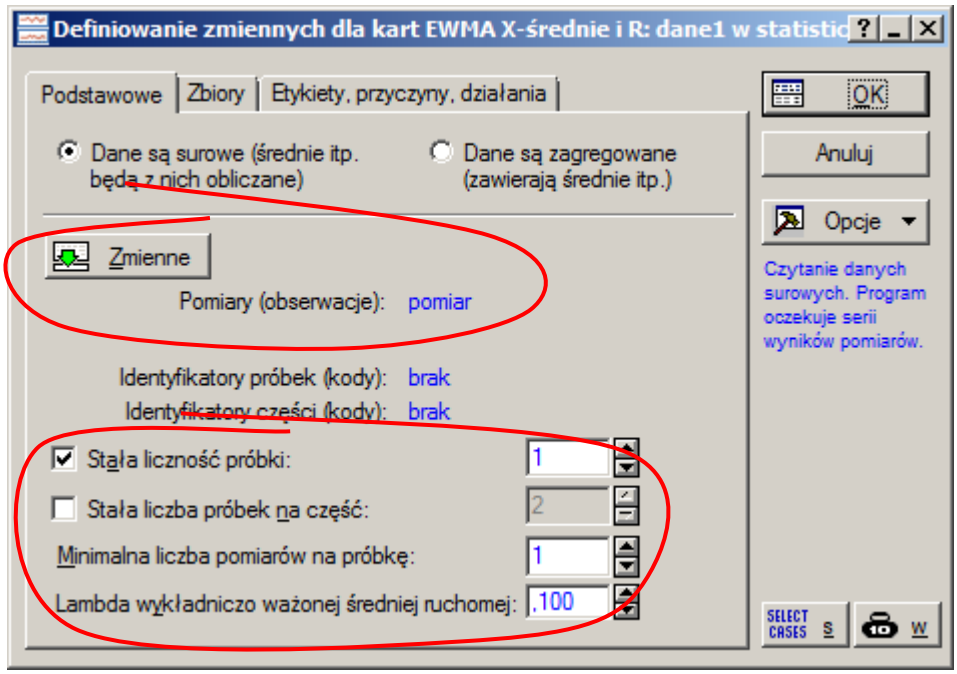
Wykorzystując dane zapisane w arkuszu *dane1* wykonaj analizę procesu z wykorzystaniem karty EWMA dla pojedynczych obserwacji. Przyjmij, że: $\hat{\mu} = 5$, $\lambda = 0.1$ i $L = 3$.

Tym razem z okna **Karty kontrolne** należy wybrać kartę **Karty EWMA X-średnie i R** (dla pojedynczych obserwacji karta EWMA nie może być wykreślana w połączeniu z kartą S).

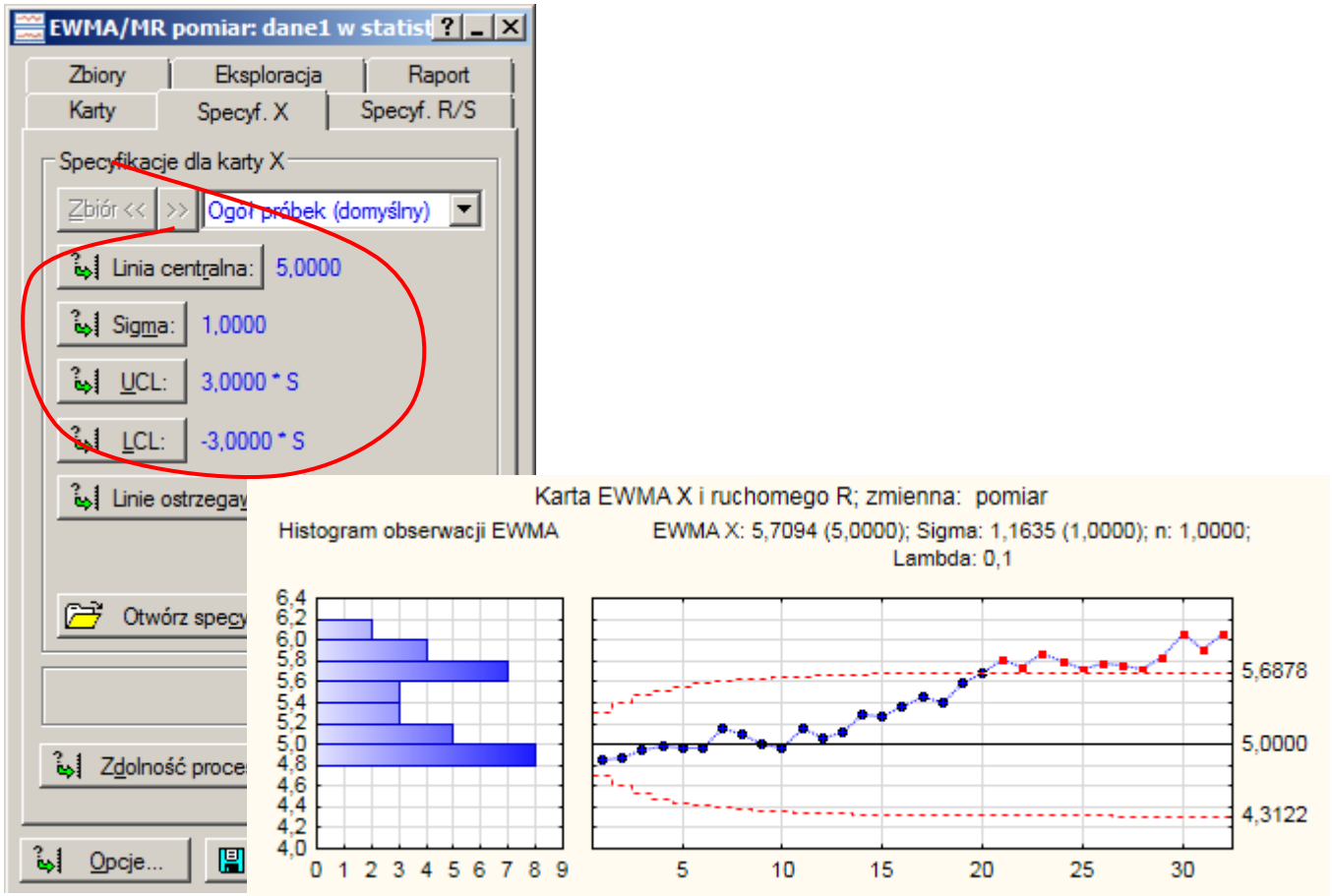
W kolejnym oknie należy:

- wskazać analizowaną na karcie zmienną *pomiar*,
- określić liczność próbki (w przypadku karty dla pojedynczych obserwacji liczność jest równa 1),

- zmienić minimalną liczbę pomiarów na próbkę z domyślnej liczby 2 na 1,
- zmienić wartość λ o ile różni się ona od domyślnej wartości $\lambda = 0.1$.



Karta kontrolna wyświetlana jest po naciśnięciu przycisku OK. Podobnie jak w przykładzie poprzednim, ze względu na to, że w zadaniu podano założone wartości parametrów procesu należy zmodyfikować specyfikację karty wprowadzając $\hat{\mu} = 5$ i $\hat{\sigma} = 1$. Domyślne położenie linii kontrolnych, w odległości trzech odchyleń standardowych procesu odpowiada przyjętemu w zadaniu $L = 3$.



Wykreślona na podstawie otrzymanych wyników karta zareagowała na przesunięcie procesu identycznie jak karta CuSum w 21 obserwacji. Do wykrycia przesunięcia procesu potrzebnych było 10 obserwacji co odpowiada oszacowanej wartości $ARL_1 = 10.3$.

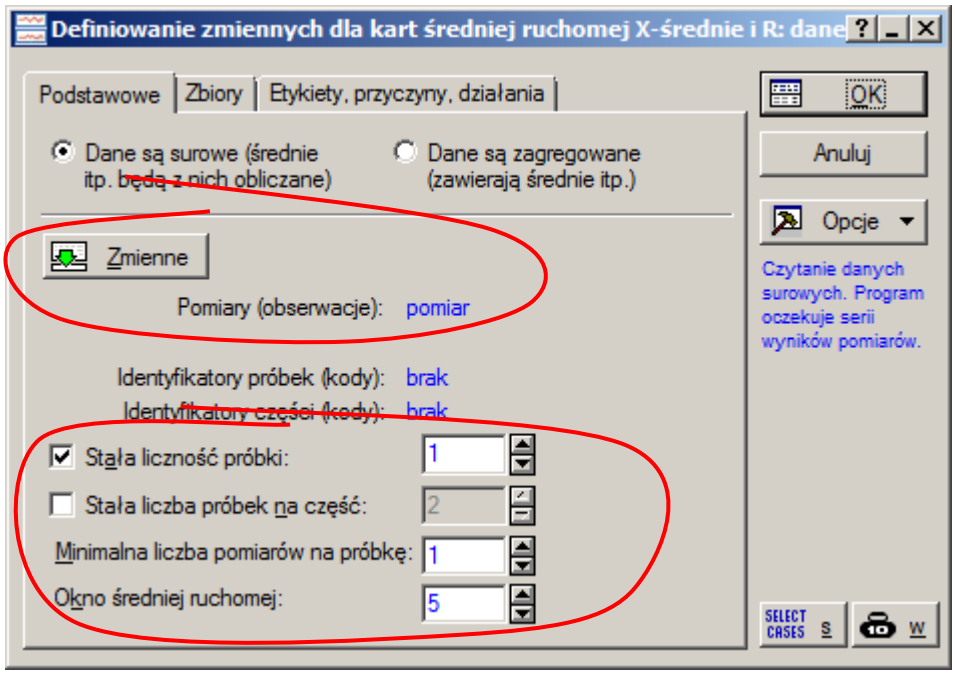
Przykład 3.

Wykonaj analizę procesu z przykładu 1. z wykorzystaniem karty MA dla pojedynczych obserwacji. Przyjmij, że: $\hat{\mu} = 5$, $\hat{\sigma} = 1$, $w = 5$.

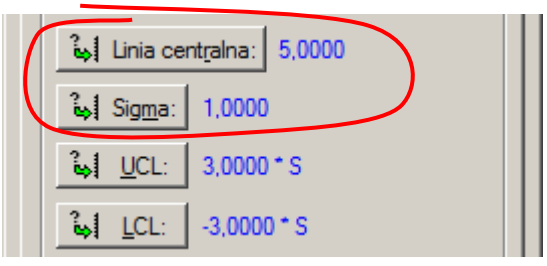
Podobnie jak w przykładzie poprzednim, ze względu na to, że karta S nie może być wykreślana dla pojedynczych obserwacji kartę należy utworzyć wybierając z okna **Karty kontrolne** kartę **Karta średniej ruchomej X-średnie i R**.

W kolejnym oknie należy:

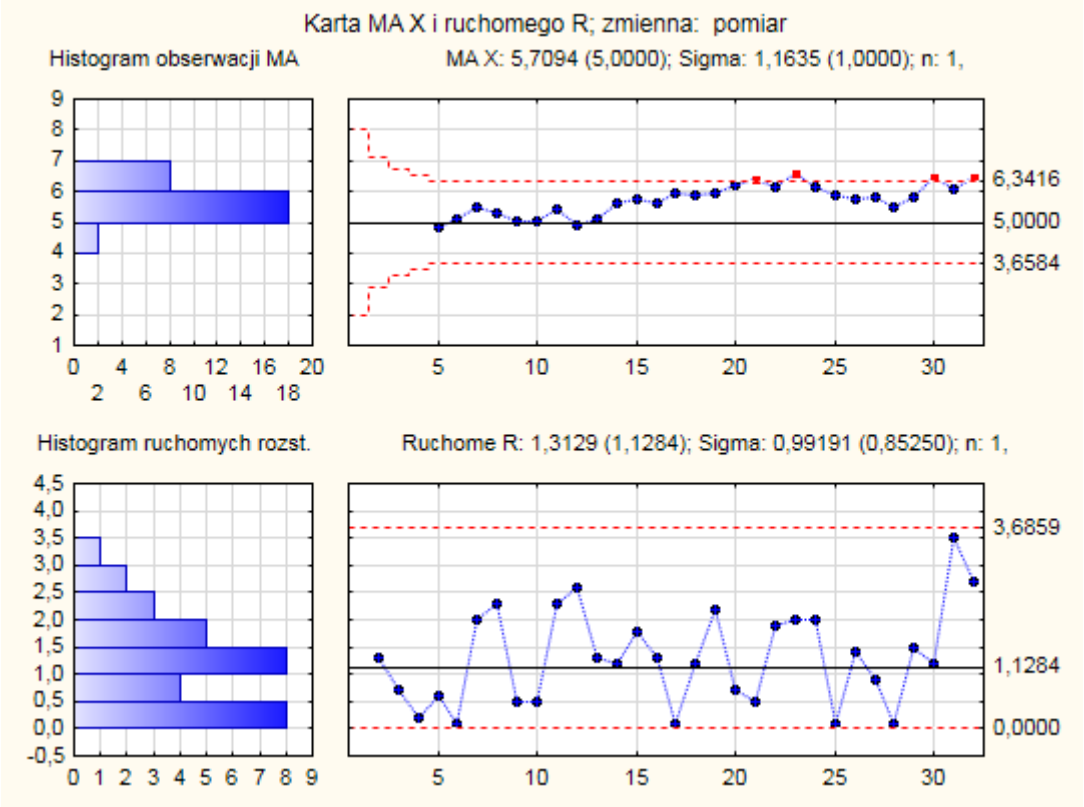
- wskazać analizowaną na karcie zmienną *pomiar*,
- określić liczność próbki (w przypadku karty dla pojedynczych obserwacji liczność jest równa 1),
- zmienić minimalną liczbę pomiarów na próbkę z domyślnej liczby 2 na 1,
- zmienić szerokość okna ruchomej średniej z domyślnej wartości 2 na podaną w zadaniu $w = 5$.



Karta kontrolna wyświetlana jest po naciśnięciu przycisku OK. Podobnie jak w przykładach poprzednich, ze względu na to, że w zadaniu podano założone wartości parametrów procesu należy zmodyfikować specyfikację karty wprowadzając $\hat{\mu} = 5$ i $\hat{\sigma} = 1$.



Po wymuszeniu aktualizacji wykreślana jest para kart MA/MR.



Wykreślona na podstawie otrzymanych wyników karta zareagowała na przesunięcie procesu identycznie jak poprzednie karty w 21 obserwacji. Czułość karty zależy od szerokości okna. W części teoretycznej pokazano, że karta o rozmiarze $w = 4$ wykrywa rozregulowanie badanego procesu dopiero w ostatniej obserwacji.

We wszystkich przedstawionych przykładach wykreślana była karta ruchomego rozstępu MR. Karta ta nie zareagowała jednak w tym przypadku na przesunięcie analizowanego procesu.