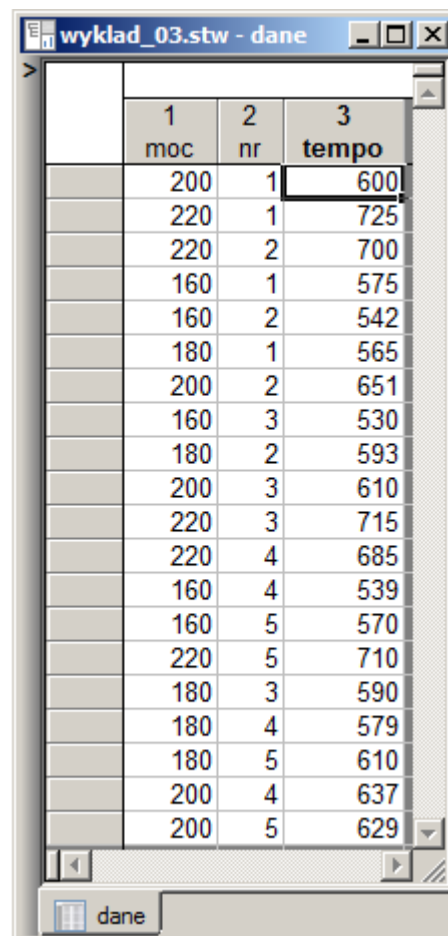


9. JEDNOCZYNNIKOWA ANALIZA WARIANCJI

Analizę wariancji można przeprowadzić w programie z poziomu okna **Statystyki w grupach** (punkt 9.1) oraz z poziomu okna **ANOVA** (punkt 9.2.). Sposób przeprowadzania analizy zostanie omówiony w oparciu o przykład 1. z części teoretycznej.

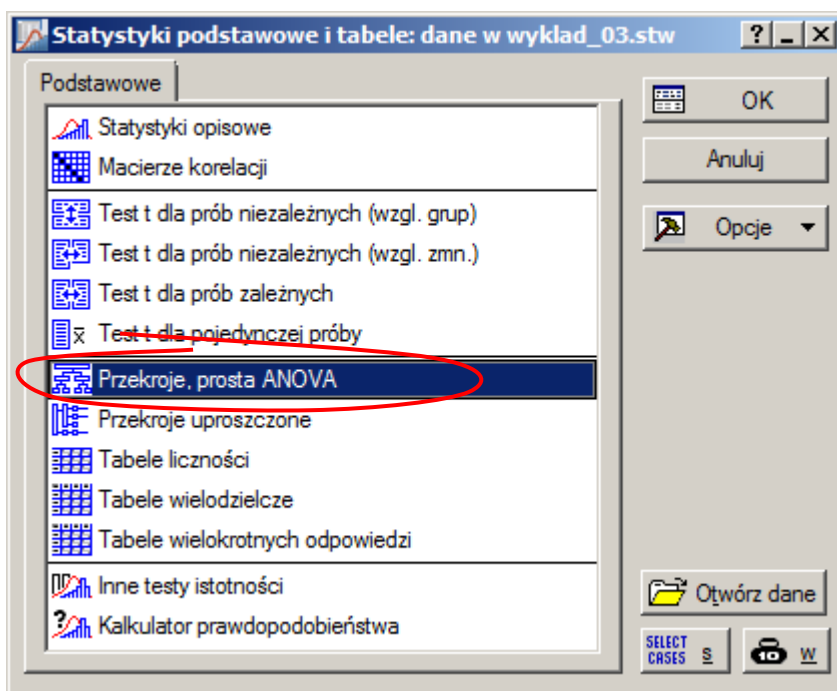
Przykład 1.

Należy zbadać wpływ mocy reaktora plazmowego na szybkość trawienia płytek krzemowych. Planując eksperyment zdecydowano o wyborze 4 poziomów mocy: 160, 180, 200 i 220W i 5 doświadczeń dla każdego z ustalonych poziomów mocy. Wyniki przeprowadzonych doświadczeń zostały zebrane w arkuszu *dane*.

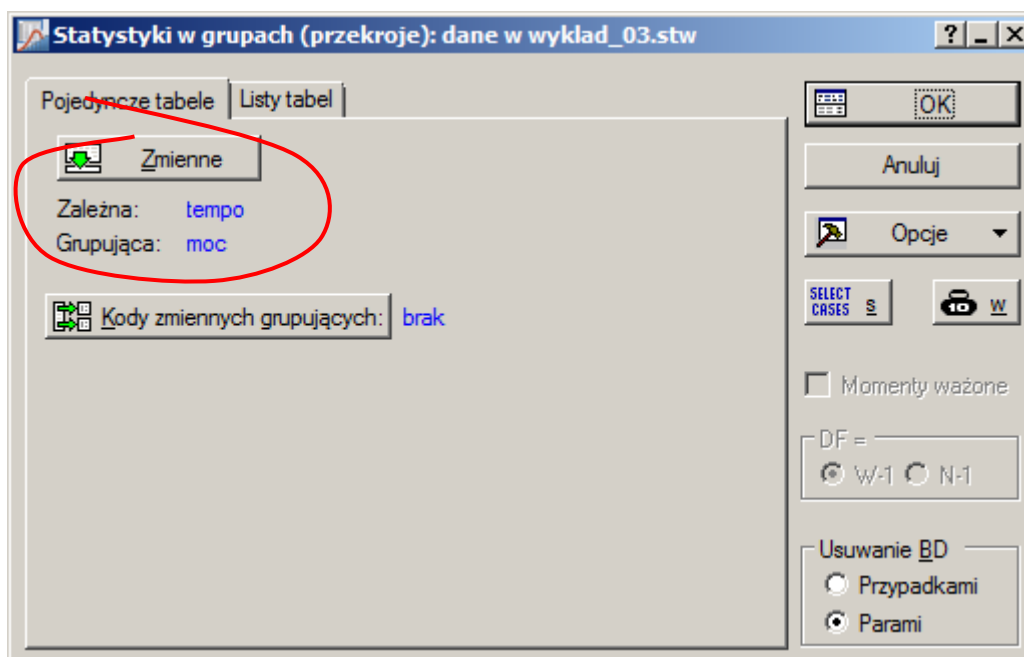


	1 moc	2 nr	3 tempo
	200	1	600
	220	1	725
	220	2	700
	160	1	575
	160	2	542
	180	1	565
	200	2	651
	160	3	530
	180	2	593
	200	3	610
	220	3	715
	220	4	685
	160	4	539
	160	5	570
	220	5	710
	180	3	590
	180	4	579
	180	5	610
	200	4	637
	200	5	629

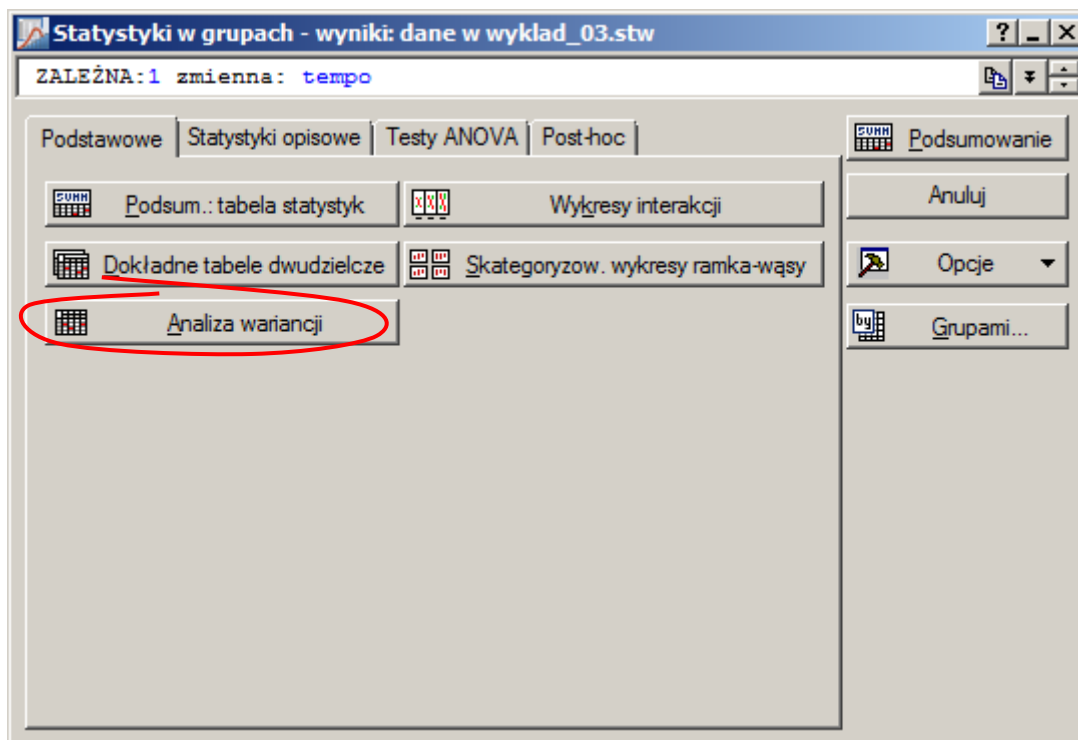
9.1. Okno Statystyki w grupach



Okno **Statystyki w grupach** dostępne jest z menu **Statystyka/Statystyki podstawowe** po wskazaniu opcji **Przekroje, prosta ANOVA**. W oknie tym przede wszystkim należy wskazać zmienne dla których przeprowadzona zostanie analiza.



Wyniki analizy wyświetlane są po naciśnięciu przycisku **Analiza wariancji** na zakładce **Podstawowe** lub **Testy ANOVA**.



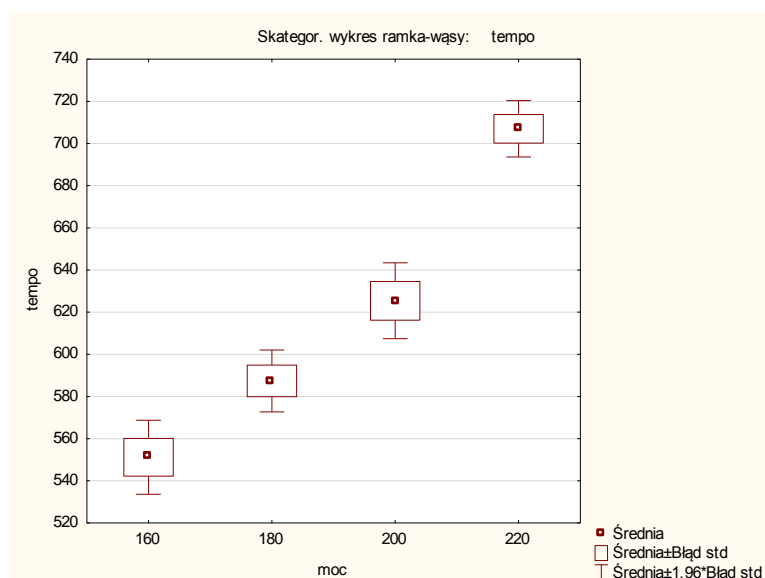
W wynikowym arkuszu wyświetlane są: zmienność wyjaśniona przyjętym modelem SS_r (SS Efekt), liczba stopni swobody zmienności SS_r (df Efekt), uśredniony kwadrat odchyłeń MS_r (MS Efekt), zmienność niewyjaśniona modelem SS_e (SS Błąd), liczba stopni swobody zmienności SS_e (df Błąd),

uśredniony kwadrat odchyłeń MS_e (MS Błąd), wartość statystyki testowej F oraz obliczony *graniczny poziom istotności* p -value (p).

Dane: Analiza wariancji (dane w wyklad_03.stw)								
Analiza wariancji (dane w wyklad_03.stw)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
tempo	66870,55	3	22290,18	5339,200	16	333,7000	66,79707	0,000000

Przyjęty *poziom istotności* ($\alpha = 0,05$) jest większy od *granicznego* ($\alpha > p$ -value) – hipoteza zerowa o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek musi zostać odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej – moc generatora w istotny sposób wpływa na szybkość trawienia płytek.

Wynik analizy można zilustrować wykresem ramka-wąsy (dostępny pod przyciskiem **Skategoryzow. wykresy ramka-wąsy**):

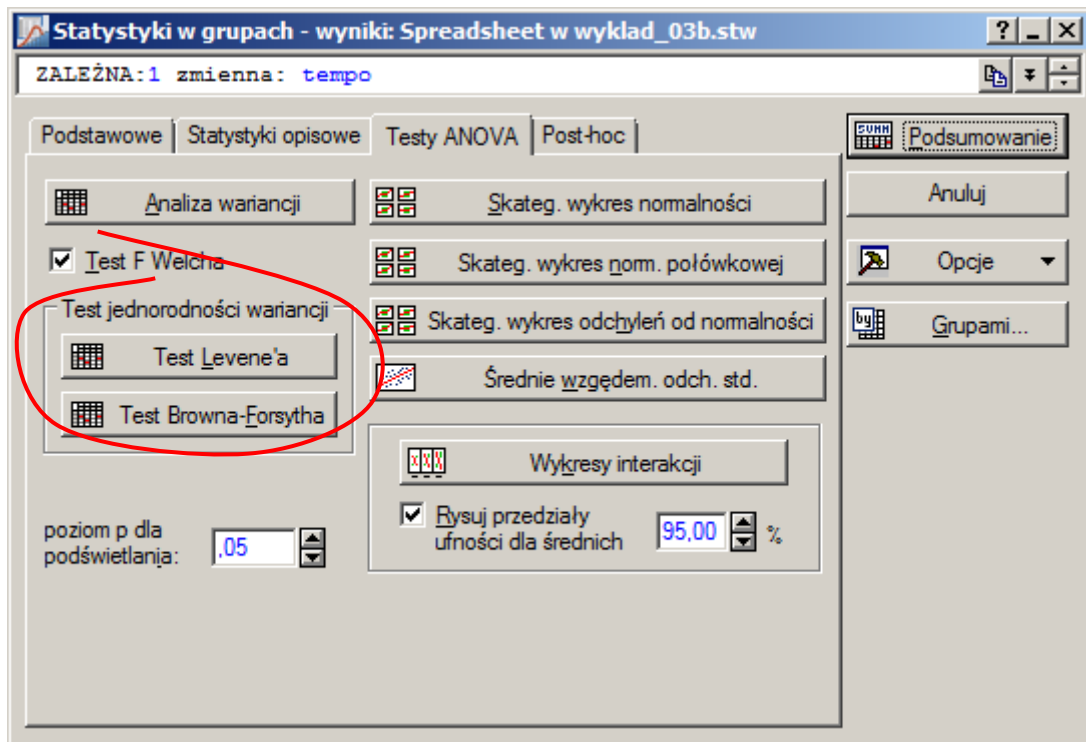


Z analizy wykresu wynika, że moc reaktora faktycznie wpływa na szybkość trawienia, im wyższa moc tym większe tempo trawienia płytek.

Zakładka **Testy ANOVA** umożliwia sprawdzanie założeń analizy wariancji. Sprawdzanie jednorodności wariancji umożliwiają testy:

- Levene'a i
- Browna-Forsythe'a.





Ze względu na to, że weryfikacja hipotezy o jednorodności wariancji sprowadza się do przeprowadzenia *analizy wariancji* dla zmiennej reprezentującej odchylenie zmiennej zależnej od średnich grupowych arkusze wynikowe obydwu testów zawierają takie same kolumny jak arkusz analizy wariancji.

Dane: Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)								
Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
tempo	113,9840	3	37,99467	1123,968	16	70,24800	0,540865	0,661164

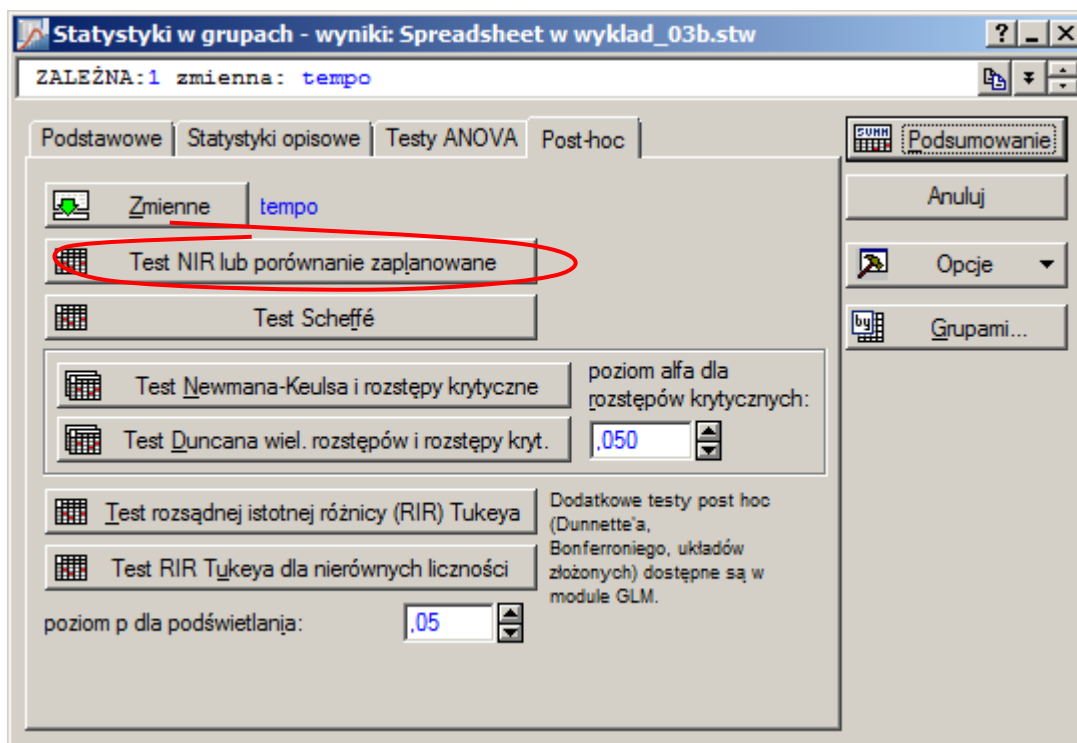
Dane: Test jednorod. wariancji Browna-Forsythe'a (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)								
Test jednorod. wariancji Browna-Forsythe'a (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
tempo	82,00000	3	27,33333	2232,800	16	139,5500	0,195868	0,897669

Otrzymane w obydwu testach wartości p -value (w teście Levene'a p -value = 0,661164 a w teście Browna-Forsythe'a p -value = 0,897669) są na tyle duże, że nie pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej o jednorodności wariancji.

Okno **Statystyk w grupach** pozwala również na wykonanie testów post-hoc pozwalających na zidentyfikowanie poziomów zmiennej zależnej różniących się od siebie w sposób istotny. Po zmianie zakładki na **Post-hoc** udostępniany jest pełen zestaw testów post-hoc. W części teoretycznej omówiony



został test *NIR Fishera*, w oknie analizy test ten jest dostępny pod przyciskiem **Test NIR lub porównanie zaplanowane**.



W wyświetlonym arkuszu wynikowym widoczne są *graniczne poziomy istotności p-value* obliczone dla każdej porównywanej pary mocy generatora.

Test NIR; Zmienna: (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)				
Zaznaczone różnice są istotne z $p < ,05000$				
	{1}	{2}	{3}	{4}
moc	M=551,20	M=587,40	M=625,40	M=707,00
160 {1}		0,006416	0,000008	0,000000
180 {2}	0,006416		0,004624	0,000000
200 {3}	0,000008	0,004624		0,000003
220 {4}	0,000000	0,000000	0,000003	

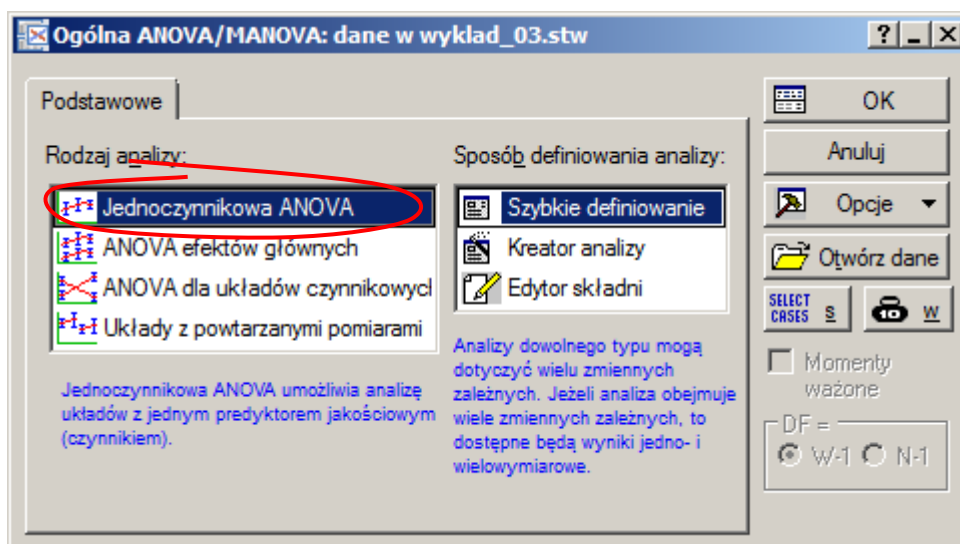
Porównywane moce 160W, 180W, 200W i 220W otrzymały kolejne kody {1}, {2}, {3} i {4}. *Graniczne poziomy istotności* otrzymane dla każdego z porównań zostały zestawione w poniższej tabeli.

porównywane moce	p -value
160W i 180W	0,006416
160W i 200W	0,000008
160W i 220W	0,000000
180W i 200W	0,004624
180W i 220W	0,000000
200W i 220W	0,000003

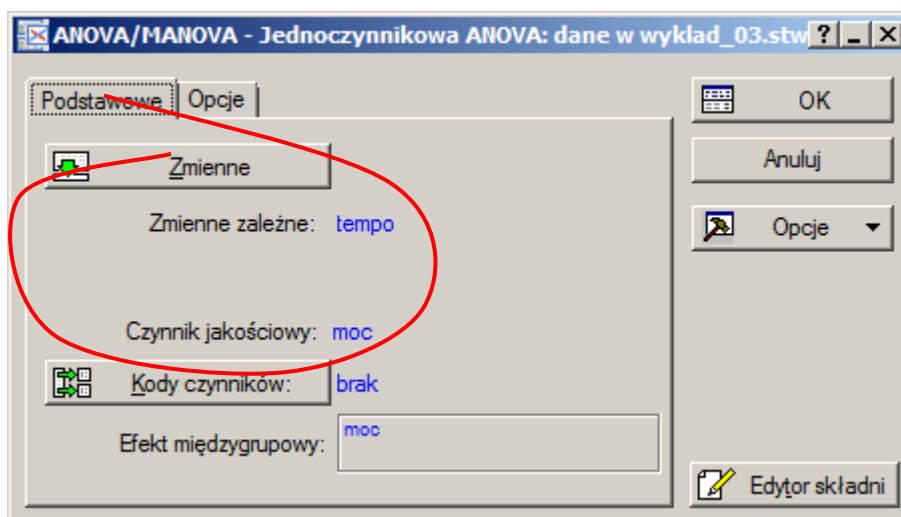
Dla każdego z 6 analizowanych przypadków poziom istotności α jest większy od *granicznego poziomu istotności* — we wszystkich 6 przypadkach należy więc odrzucić hipotezę o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia pływki.

9.2. Okno ANOVA

Okno ANOVA dostępne jest z menu **Statystyka/ANOVA** po wskazaniu opcji **Jednoczynnikowa ANOVA**.



Właściwe okno analizy wyświetlane jest po wskazaniu zmiennych: zależnej i niezależnej (nazywanej tu czynnikiem jakościowym),



Po zaakceptowaniu analizowanych zmiennych przyciskiem OK wyświetlane jest kolejne okno, które udostępnia wyniki analizy wariancji, umożliwia weryfikację jej założeń oraz wykonanie testów post-hoc.

Wyniki analizy dostępne są już z poziomu zakładki **Podstawowe** po kliknięciu na przycisku **Wszystkie efekty**. W wierszu *moc* tego arkusza wyświetlane są: zmienność wyjaśniona przyjętym modelem SS_T (SS), liczba stopni swobody zmienności SS_T (Stopnie swobody), uśredniony kwadrat odchyłeń MS_T (MS), wartość statystyki testowej F oraz obliczony *graniczny poziom istotności* p -value (p). W wierszu *Błąd* wyświetlane są zmienność niewyjaśniona modelem SS_e (SS), liczba stopni swobody zmienności SS_e (Stopnie swobody) oraz uśredniony kwadrat odchyłeń MS_e (MS).

Wartości alfa
Przedziałów ufności: .950
Poziomu istotności: .050

Dane: Jednowymiarowe testy istotności dla tempo (dane w wyklad_03.stw)*					
Jednowymiarowe testy istotności dla tempo (dane w wyklad_03.stw)					
Parametryzacja z sigma-ograniczeniami					
Dekompozycja efektywnych hipotez					
Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	p
Wyraz wolny	7632301	1	7632301	22871,74	0,000000
moc	66871	3	22290	66,80	0,000000
Błąd	5339	16	334		

Wyniki analizy są oczywiście identyczne do tych uzyskanych w punkcie 9.1 – Przyjęty *poziom istotności* ($\alpha = 0,05$) jest większy od *granicznego* ($\alpha > p$ -value) – hipoteza zerowa o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek musi zostać odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej – moc generatora w istotny sposób wpływa na szybkość trawienia płytek.

Założenia analizy można zweryfikować po przełączeniu okna w tryb rozszerzony z pomocą przycisku **Więcej wyników**. W trybie rozszerzonym udostępniana jest dodatkowa zakładka **Założenia**, która pozwala np. na przeprowadzenie testu Levene'a (przycisk **Test Levene'a (ANOVA)**).



The screenshot shows the ANOVA software interface. The main window is titled "ANOVA - Wyniki 1: Spreadsheet w wyklad_03b.stw". The "Założenia" (Assumptions) tab is active. The variable "tempo" is selected. The "Efekt" (Effect) is "moc". Under "Jednorodność wariancji/kowariancji" (Homogeneity of variances/covariances), the "Test Levene'a (ANOVA)" option is selected and circled in red. The "Więcej wyników" (More results) button is also circled in red. Other options include "Cochrana, Hartleya, Bartletta" and "M Boxa (wariancje i kowariancje)".

Arkusze wyników testu Levene'a zawiera wyniki *analizy wariancji* wykonanej dla zmiennej reprezentującej odchylenie zmiennej zależnej od średnich grupowych. W arkuszu tym wyświetlane są: uśrednione kwadraty odchyłeń MS_{τ} (MS Efekt) i MS_e (MS Błąd), wartość statystyki testowej F oraz obliczony *graniczny poziom istotności p-value* (p).

Dane: Test Levene'a jednorodności wariancji (Spre...				
Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadshe				
Efekt: moc				
Stopnie swobody dla każdego F : 3, 16				
	MS Efekt	MS Błąd	F	p
tempo	37,99467	70,24800	0,540865	0,661164

Otrzymana wartość p -value = 0,661164 nie pozwala na odrzucenie hipotezy zerowej o jednorodności wariancji – założenia analizy są więc spełnione.

W trybie rozszerzonym okna analizy dostępne są również, omówione w części teoretycznej, testy post-hoc: test *NIR Fishera* i test *Bonferroniego*.

The screenshot shows the ANOVA software interface. The 'Post-hoc' tab is selected. Under 'Pokaż', the 'Różstępy kryt.' option is selected. In the 'Testy dla różstępów' section, 'Test NIR Fishera' and 'Test Bonferroniego' are highlighted with red circles. Below, two windows show the results for these tests.

Dane: Test NIR; zmienna tempo (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)
 Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc
 Błąd: MS międzygrupowe = 333,70, df = 16,000

Nr podkl.	moc	{1}	{2}	{3}	{4}
		551,20	587,40	625,40	707,00
1	160		0,006416	0,000008	0,000000
2	180	0,006416		0,004624	0,000000
3	200	0,000008	0,004624		0,000003
4	220	0,000000	0,000000	0,000003	

Dane: Test Bonferroniego; zmienna tempo (Spreadsheet w w...)
 Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc
 Błąd: MS międzygrupowe = 333,70, df = 16,000

Nr podkl.	moc	{1}	{2}	{3}	{4}
		551,20	587,40	625,40	707,00
1	160		0,038497	0,000051	0,000000
2	180	0,038497		0,027746	0,000000
3	200	0,000051	0,027746		0,000016
4	220	0,000000	0,000000	0,000016	

Dla każdego z 6 analizowanych przypadków poziom istotności α jest większy od *granicznego poziom istotności* – we wszystkich 6 przypadkach należy więc odrzucić hipotezę o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek – patrz omówienie wyników testu *NIR Fishera* w punkcie 9.1.

