



Ekonometria Finansowa i Dynamiczna Projekt nr 7
Mateusz Mulka, Maciej Nagły
Informatyka i Ekonometria, studia II stopnia, rok II
Wydział Zarządzania AGH

Wstęp	3
Metodologia	3
1. Zbiory danych	3
2. Obliczenie logarytmicznych stóp zwrotu	3
3. Modelowanie zmienności rynkowej z zastosowaniem modeli Garch i GJR-Garch	3
4. Testowanie efektu zarażania	4
Wyniki wariancji warunkowej dla użytych modeli	5
Okres przed pandemia	5
Okres pandemii	7
Okres wojny	9
Analiza korelacji między rynkami	11
Okres przed pandemią:	11
Okres pandemiczny:	14
Okres wojenny:	18
Porównanie między okresami	21
Podsumowanie i wnioski	21

Wstęp

Celem projektu jest analiza efektu zarażania finansowego (financial contagion) na europejskich rynkach akcji w wyniku pandemii COVID-19 oraz wojny w Ukrainie. Badanie koncentruje się na ocenie, czy w okresach kryzysowych wystąpił istotny wzrost współzależności pomiędzy indeksami giełdowymi, co mogłoby wskazywać na efekt zarażania. W naszym przypadku analizujemy WIG20 (Polska), CAC40 (Francja), DAX (Niemcy) oraz PX (Czechy), uwzględniając jeden rynek wschodzący, którym są Czechy. Powodem dla którego wybraliśmy wszystkie rynki z Europy jest zbieżność strefy czasowej, w przypadku wybrania bardziej odległych rynków mogą wystąpić problemy z uwzględnieniem wpływu różnic czasowych, na których rozwiązanie istnieją różne, bardziej lub mniej skuteczne metody.

Metodologia

1. Zbiory danych

- **Źródła danych:** dzienne ceny zamknięcia indeksów WIG20, CAC40, DAX oraz PX.
- **Okres analizy:** 2018–2024, podzielony na trzy kluczowe podokresy:
 - **Przed pandemią:** 01.01.2018 – 31.12.2019
 - **Kryzys COVID-19:** 01.01.2020 – 23.02.2022
 - **Kryzys wojenny:** 24.02.2022 – 31.12.2024

2. Obliczenie logarytmicznych stóp zwrotu

Logarytmiczne stopy zwrotu są obliczane w celu normalizacji zmian cen:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

gdzie P_t i P_{t-1} to ceny zamknięcia indeksu odpowiednio w dniu t i $t - 1$.

3. Modelowanie zmienności rynkowej z zastosowaniem modeli Garch i GJR-Garch

Do analizy dynamiki zmienności wykorzystujemy modele **GARCH(1,1)** oraz **GJR-GARCH(1,1)**:

- **GARCH(1,1)** – model klasyczny opisujący zmienność warunkową

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

- **GJR-GARCH(1,1)** – model rozszerzony o asymetryczne efekty szoków negatywnych

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma I_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

gdzie $I_{t-1} = 1$, jeśli $\varepsilon_{t-1} < 0$, co pozwala uchwycić większą reakcję rynku na negatywne wiadomości.

4. Testowanie efektu zarażania

Aby zweryfikować efekt zarażania, przeprowadzamy regresję zmiennych korelacji względem zmiennych kryzysowych:

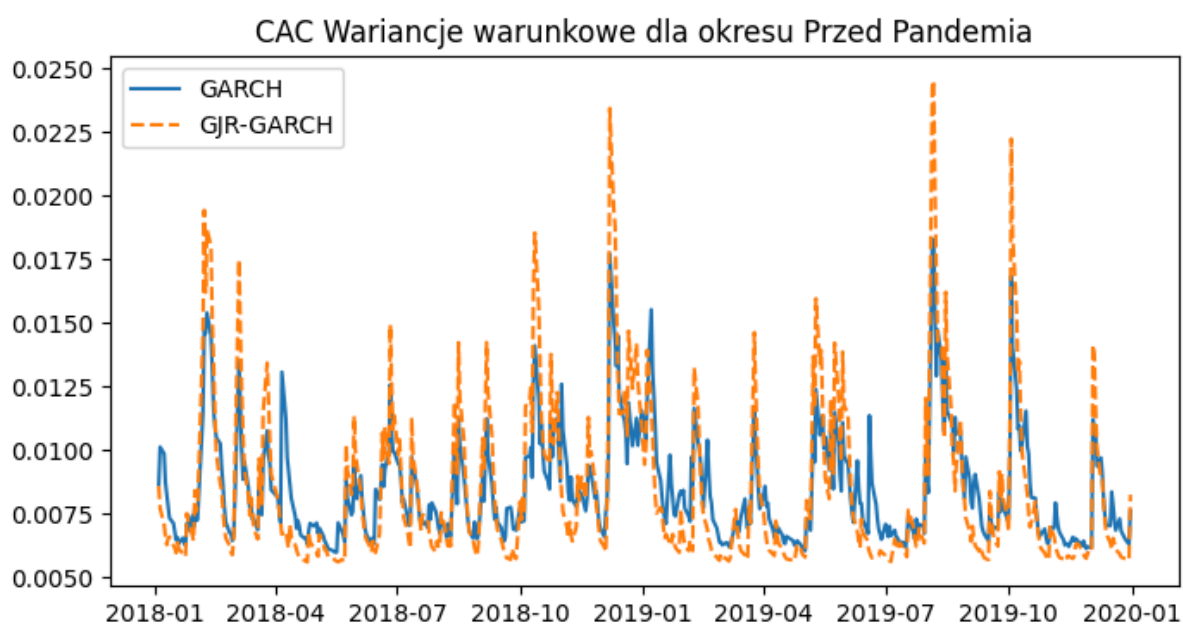
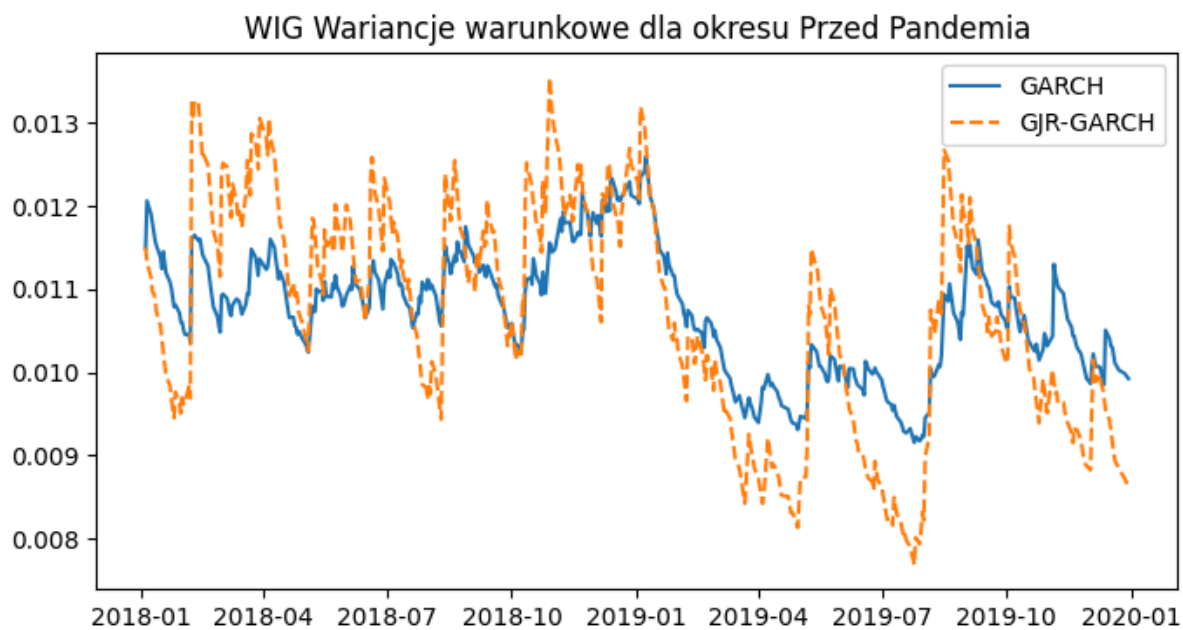
$$\rho_{ij,t} = \gamma_0 + \gamma_1 Crisis_t + \nu_{ij,t}$$

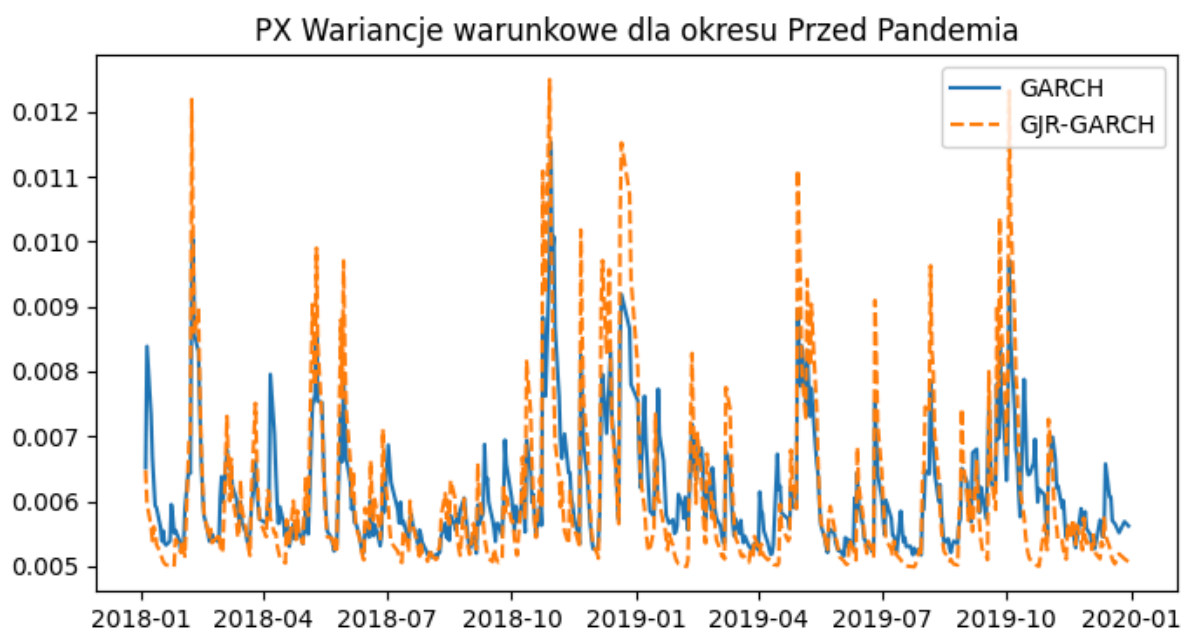
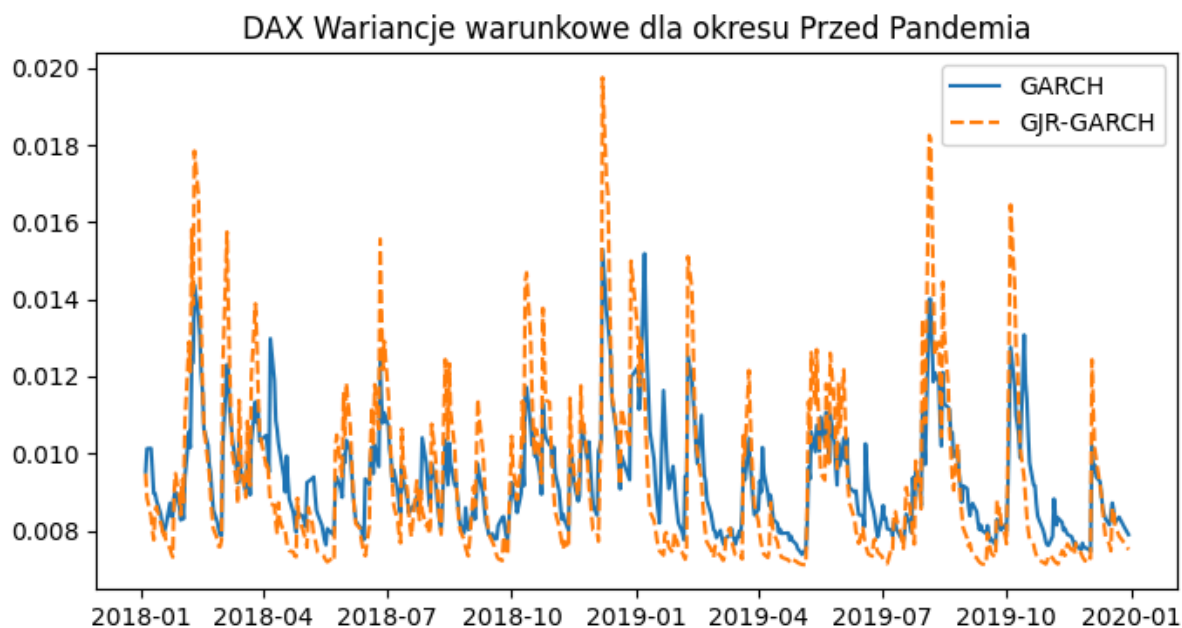
gdzie *Crisis* to zmienna zero-jedynkowa przyjmująca wartość 1 podczas kryzysu (COVID-19 lub wojna), a wartość γ_1 pozwala określić, czy nastąpił wzrost korelacji między rynkami w czasie kryzysu.

Dzięki temu podejściu możemy określić, czy pandemia i wojna wpłynęły na rynki i czy wystąpił efekt zarażania.

Wyniki wariancji warunkowej dla użytych modeli

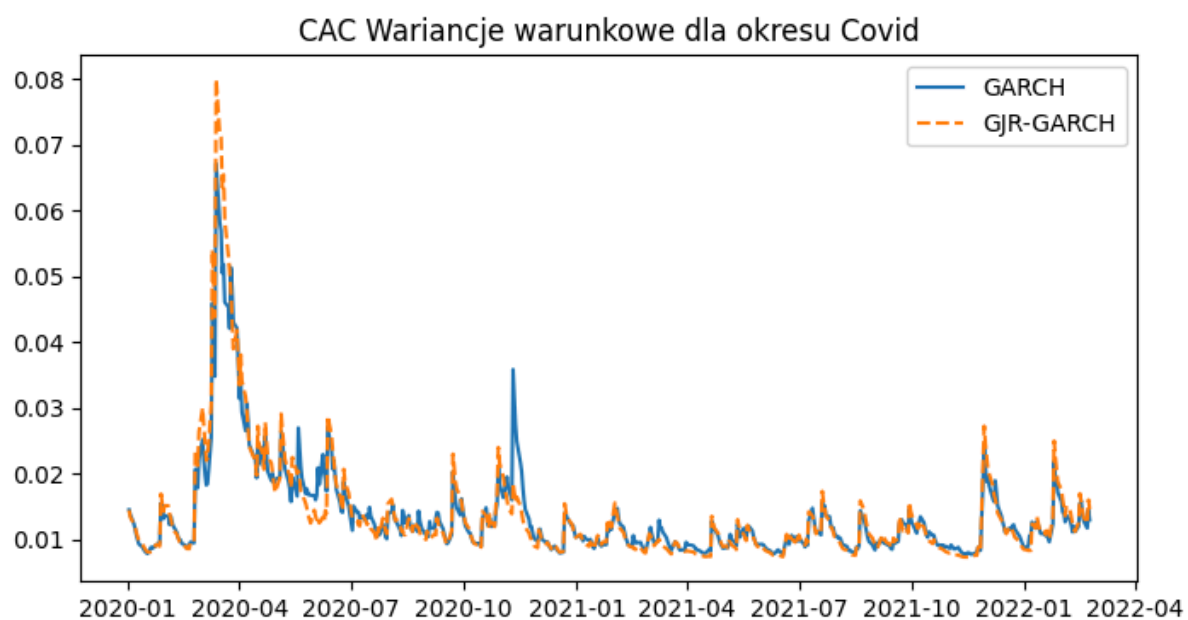
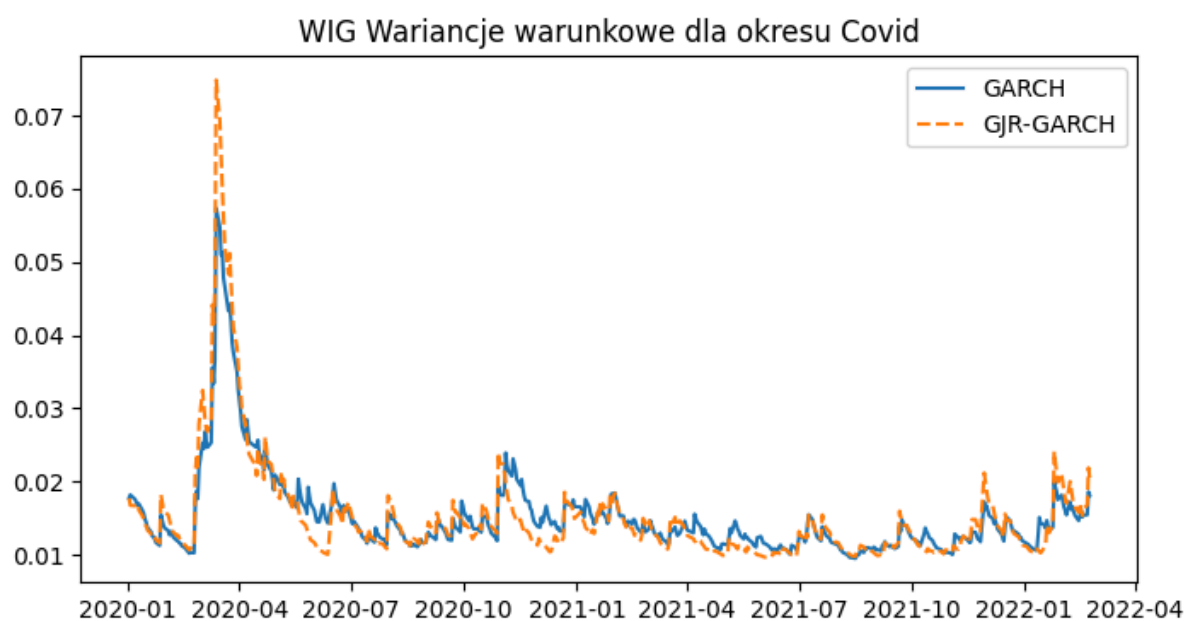
Okres przed pandemią

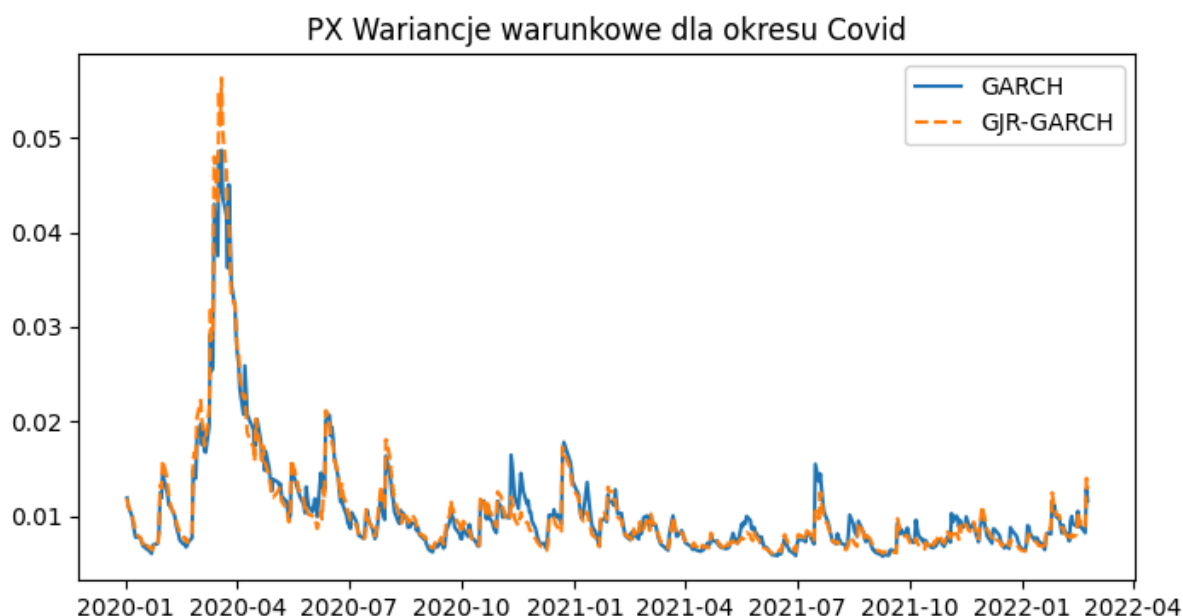
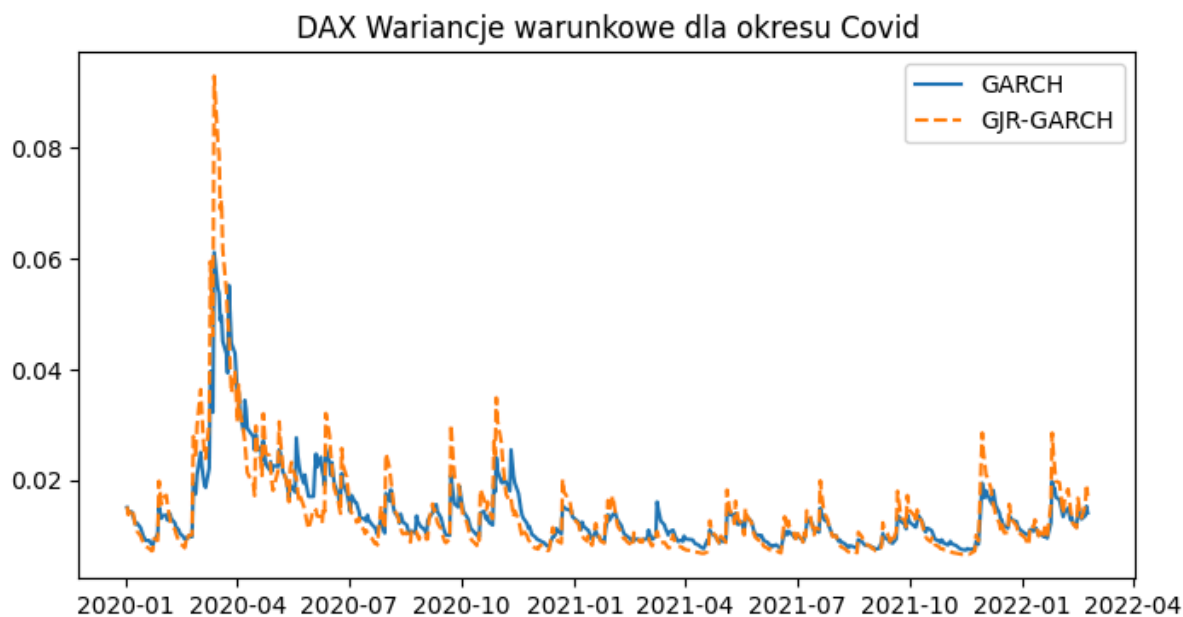




W okresie przed pandemią zmienność na rynkach WIG20, CAC40, DAX i PX była stosunkowo stabilna, z okresowymi wzrostami. Modele GARCH i GJR-GARCH dobrze odwzorowały zmienność, przy czym GJR-GARCH częściej wykazywał wyższe piki, co sugeruje większą wrażliwość na negatywne szoki. Największą zmienność zaobserwowano na rynku niemieckim (DAX), podczas gdy rynek czeski (PX) charakteryzował się największą stabilnością. Różnice w zmienności między rynkami mogą wynikać z ich różnej wielkości, struktury i poziomu integracji z rynkami globalnymi.

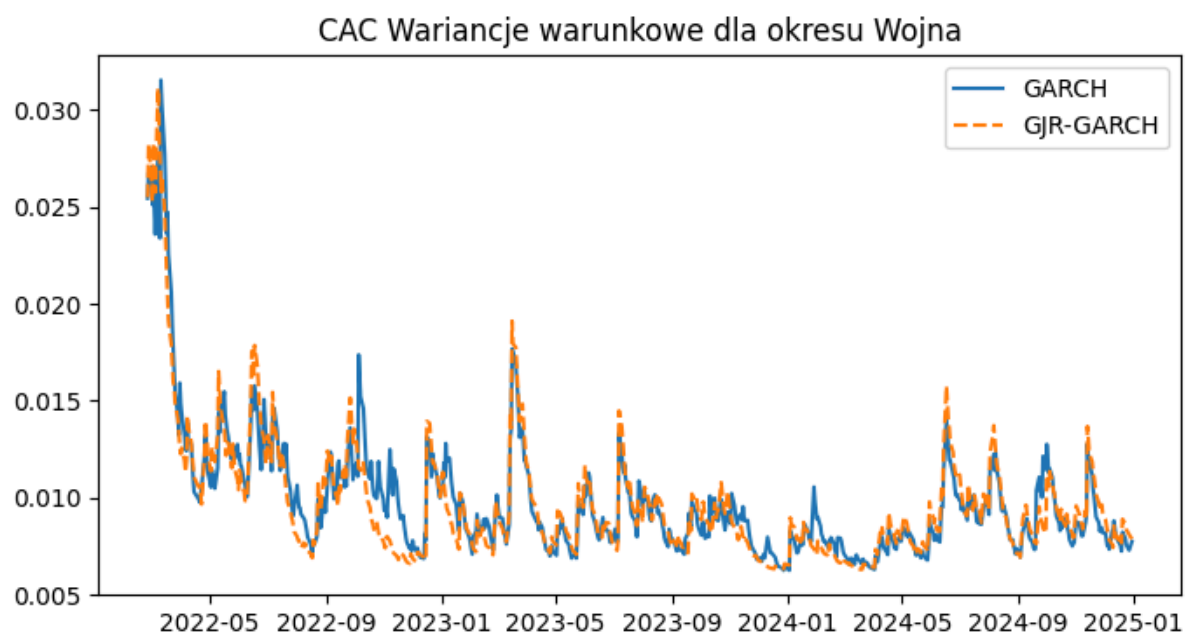
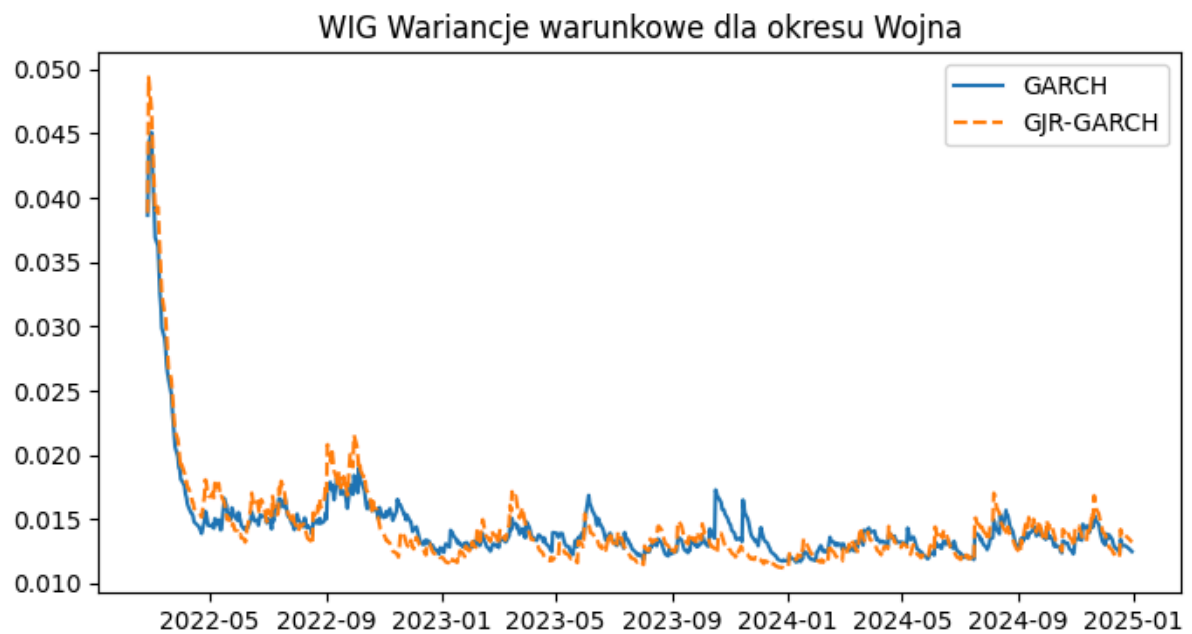
Okres pandemii

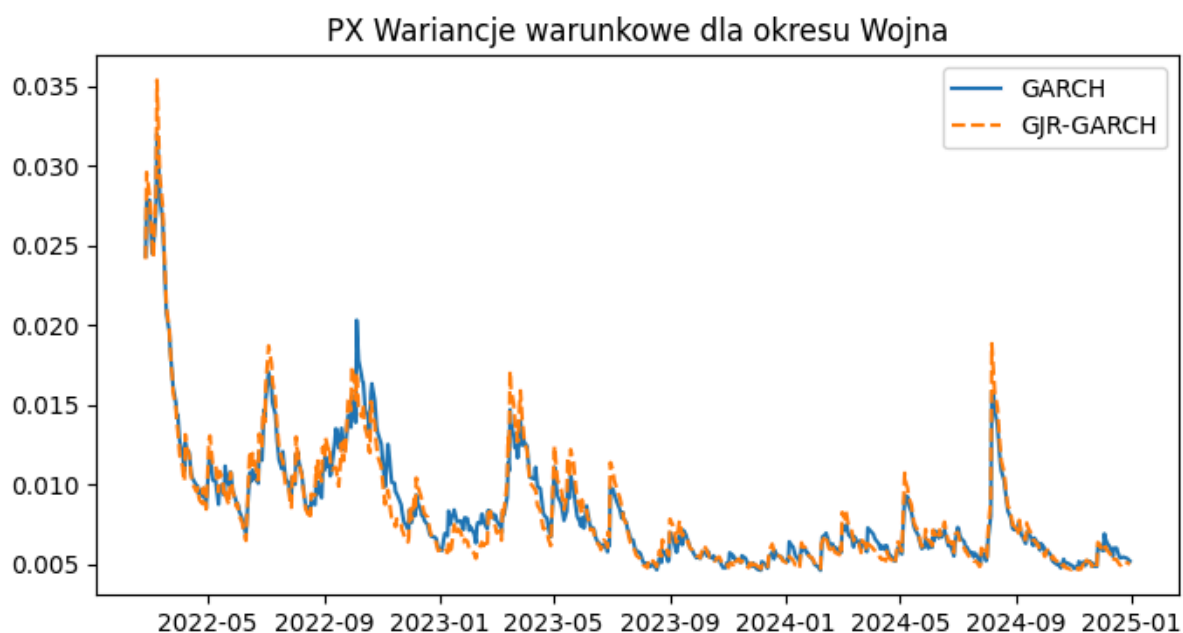
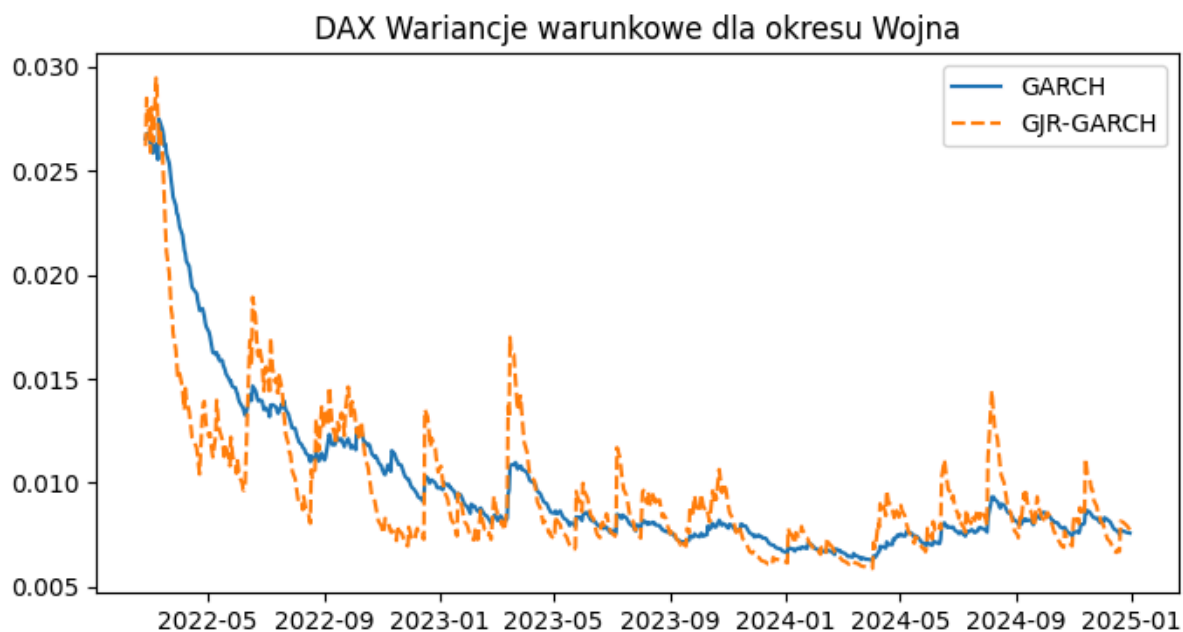




W okresie pandemii COVID-19 na wszystkich analizowanych rynkach (WIG20, CAC40, DAX, PX) zaobserwowano gwałtowny wzrost zmienności warunkowej na początku kryzysu, co odzwierciedla początkowy szok rynkowy spowodowany niepewnością i reakcjami inwestorów. Modele GARCH i GJR-GARCH dobrze uchwyciły te zmiany, przy czym GJR-GARCH uwidocznił wyraźniejsze piki, co wskazuje na asymetryczną reakcję rynków na negatywne informacje, polegającą na większym wzroście zmienności w odpowiedzi na spadki niż na wzrosty cen aktywów.. Po początkowym wzroście zmienności, rynki stopniowo stabilizowały się, jednak poziom zmienności pozostał wyższy w porównaniu do okresu przed pandemią, co świadczy o utrzymującej się niepewności w tym okresie.

Okres wojny

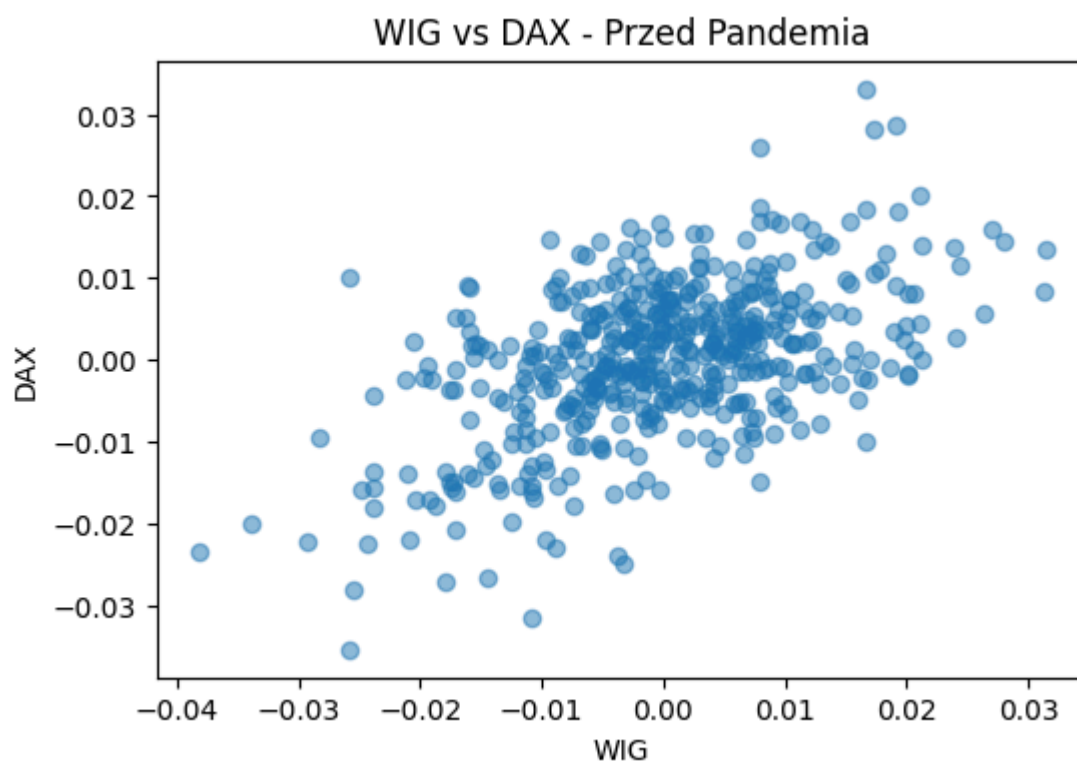
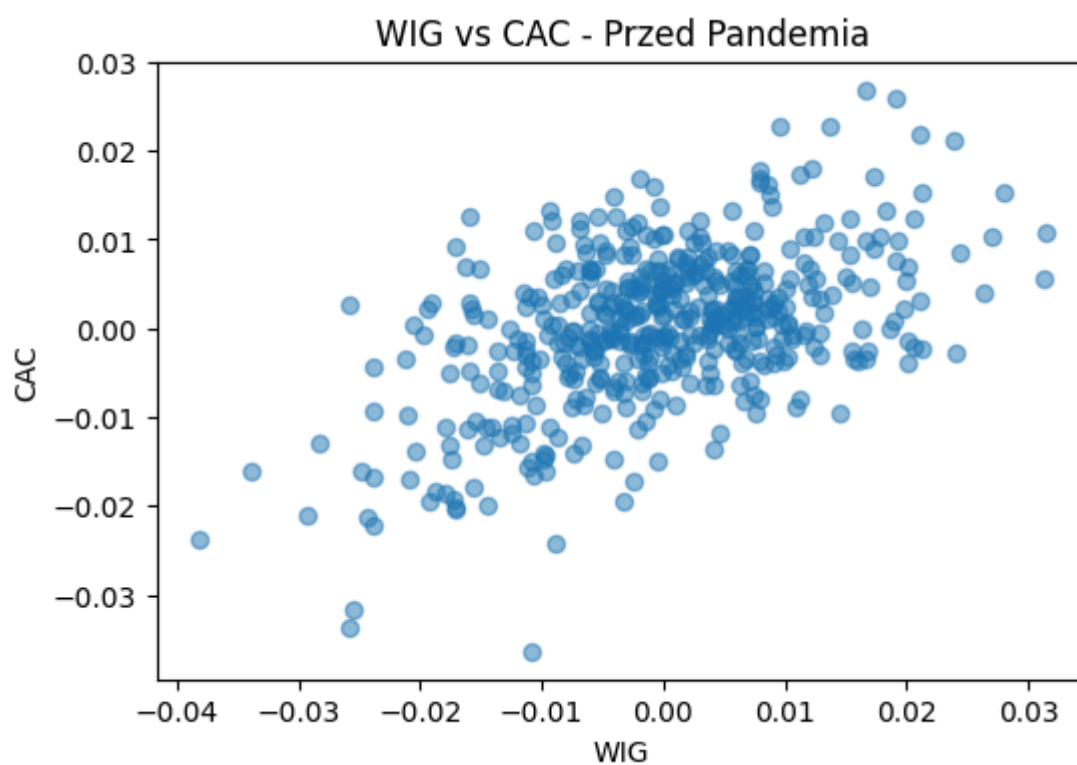




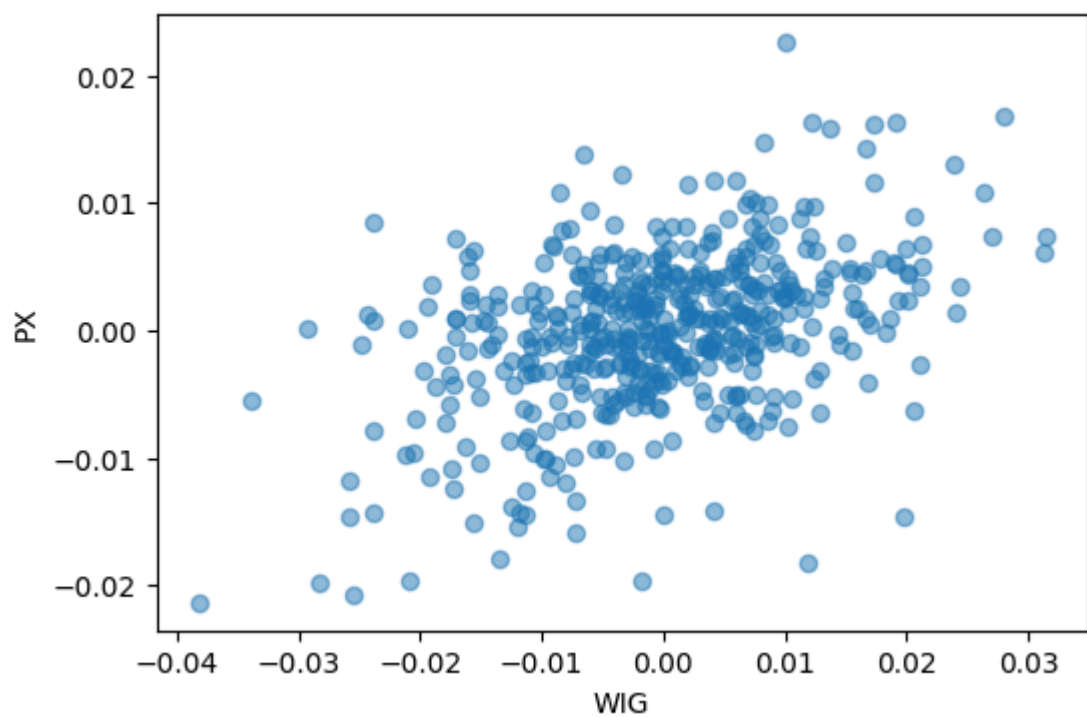
W przypadku wojny widzimy podobną reakcję rynków jak w przypadku pandemii Covid, jednak rynki nie uspokoili się aż tak bardzo po początkowej reakcji na wydarzenia. W okresie po wybuchu wojny na Ukrainie na wszystkich analizowanych rynkach (WIG20, CAC40, DAX, PX) zaobserwowano gwałtowny wzrost zmienności warunkowej na początku kryzysu, po czym nastąpiła stopniowa stabilizacja. Wyższe poziomy zmienności w porównaniu do okresu sprzed wojny wskazują na zwiększoną niepewność rynkową i wrażliwość na negatywne informacje w czasie kryzysu geopolitycznego.

Analiza korelacji między rynkami

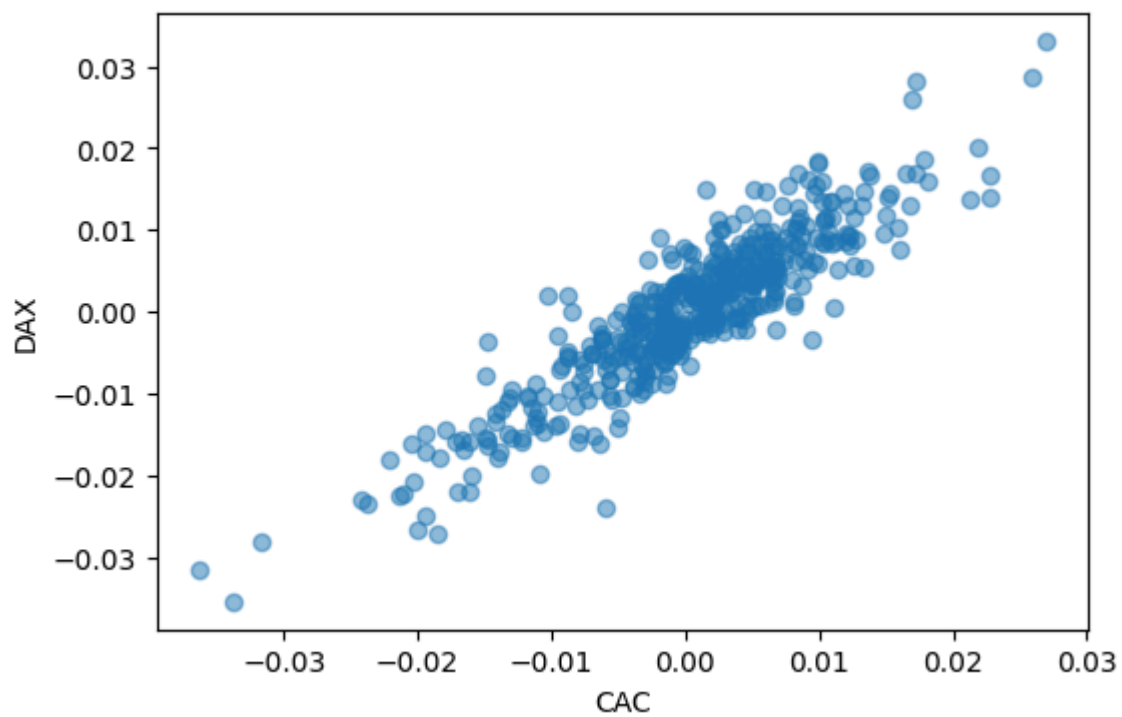
Okres przed pandemią:

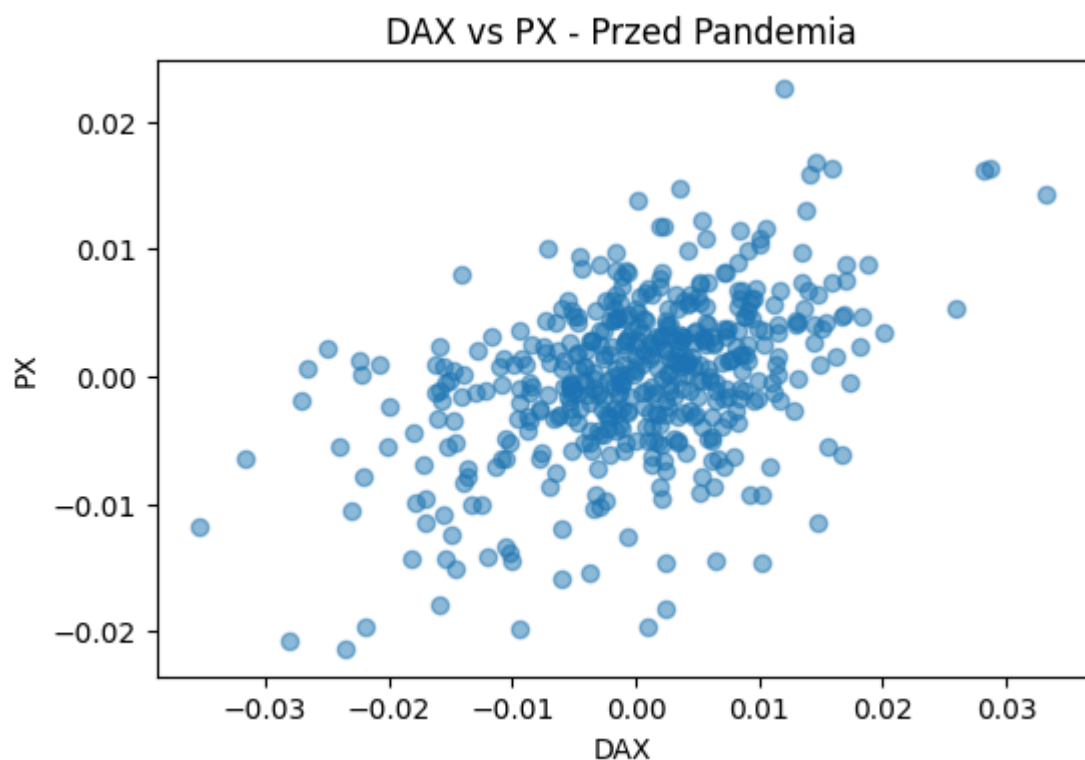
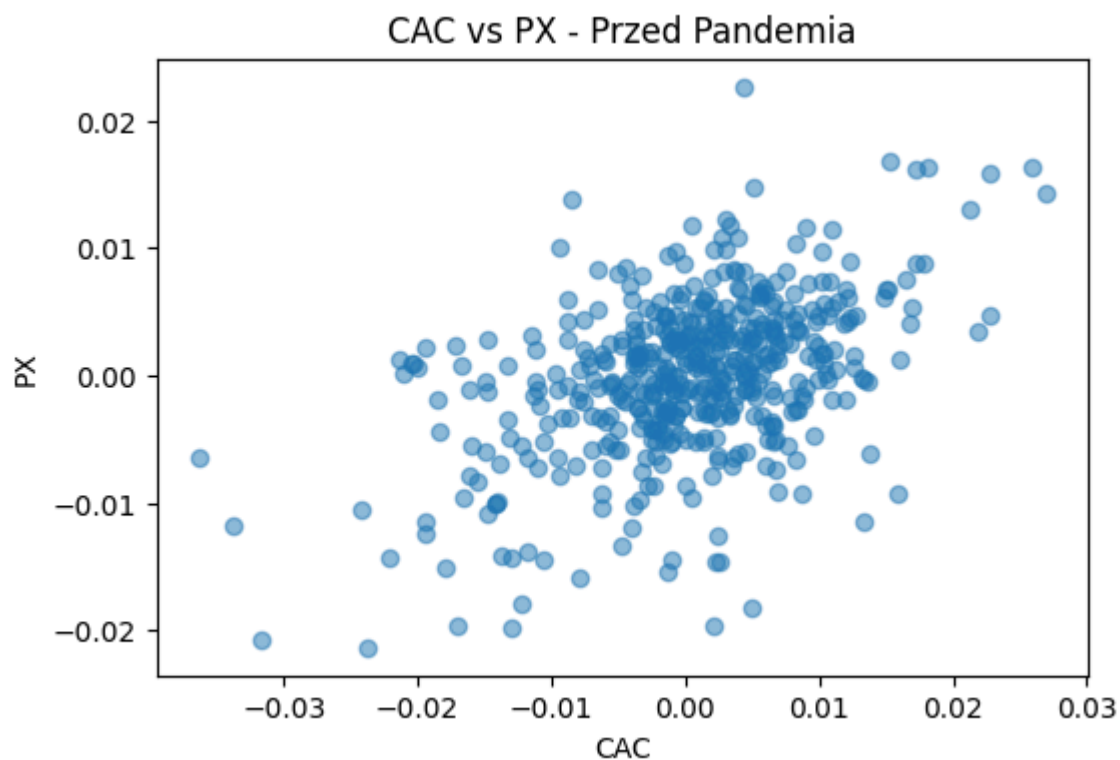


WIG vs PX - Przed Pandemia



CAC vs DAX - Przed Pandemia

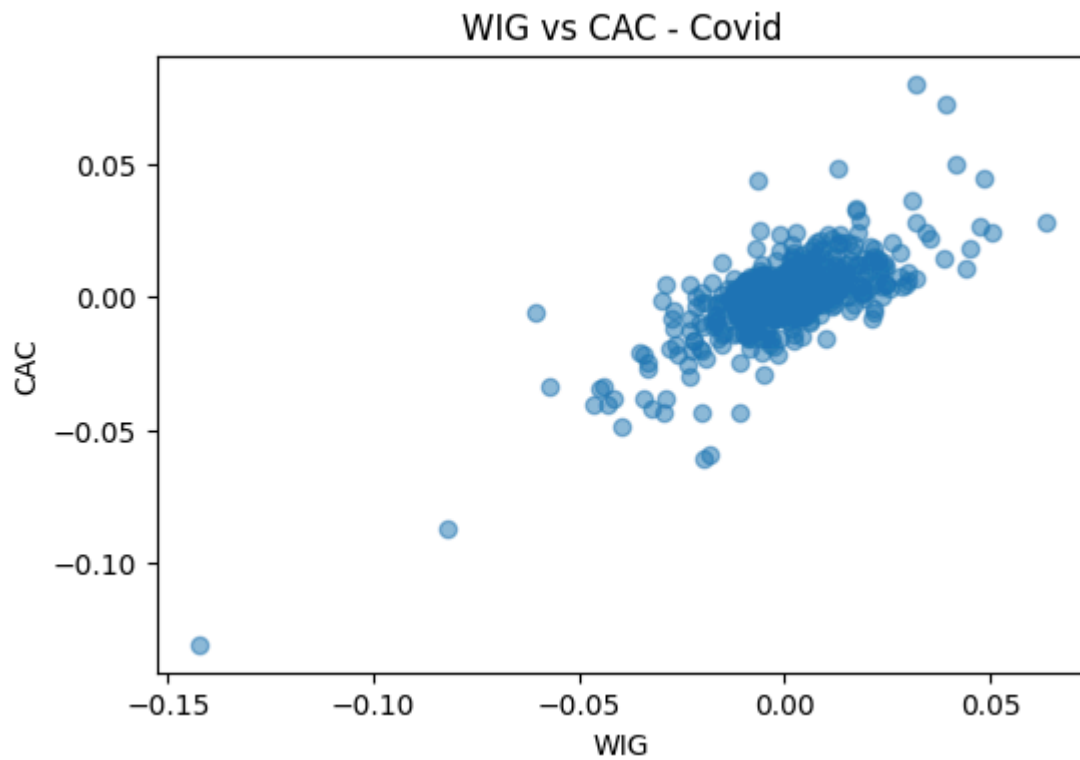


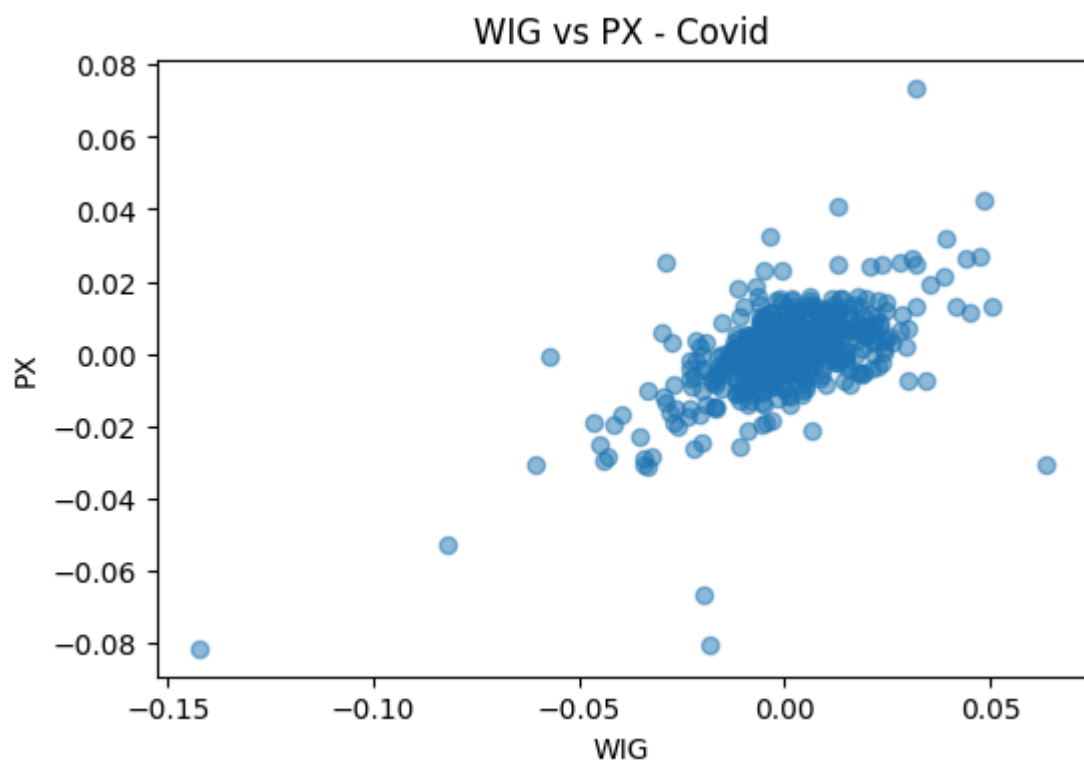
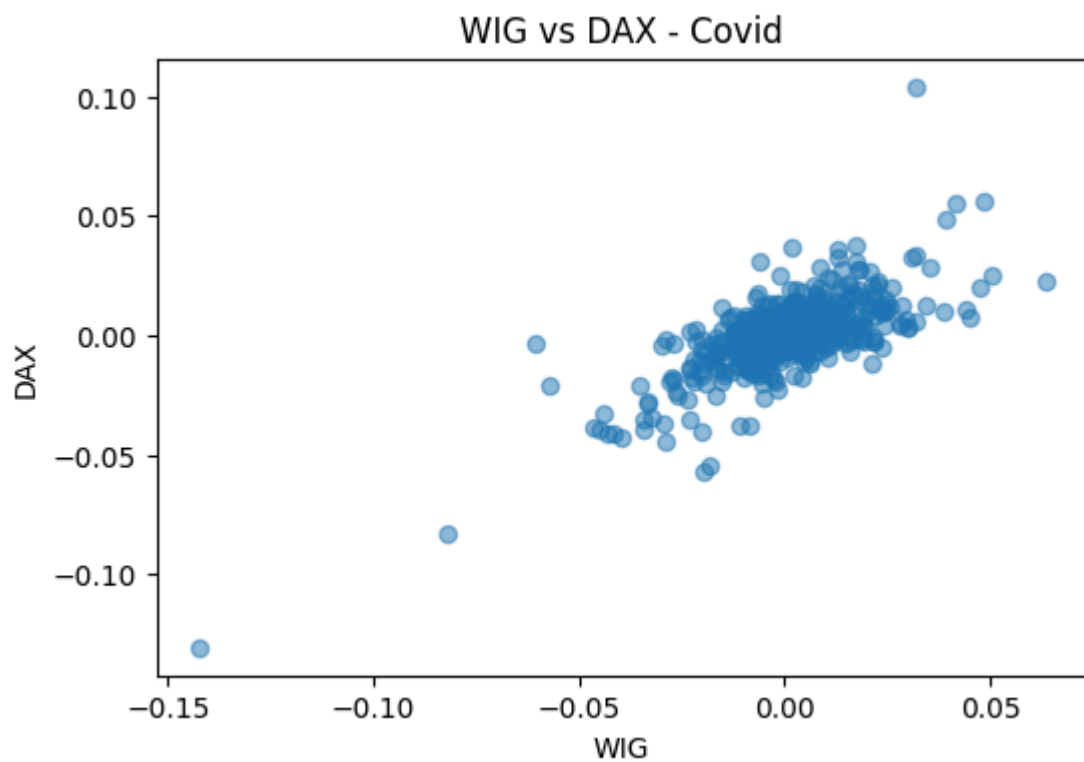


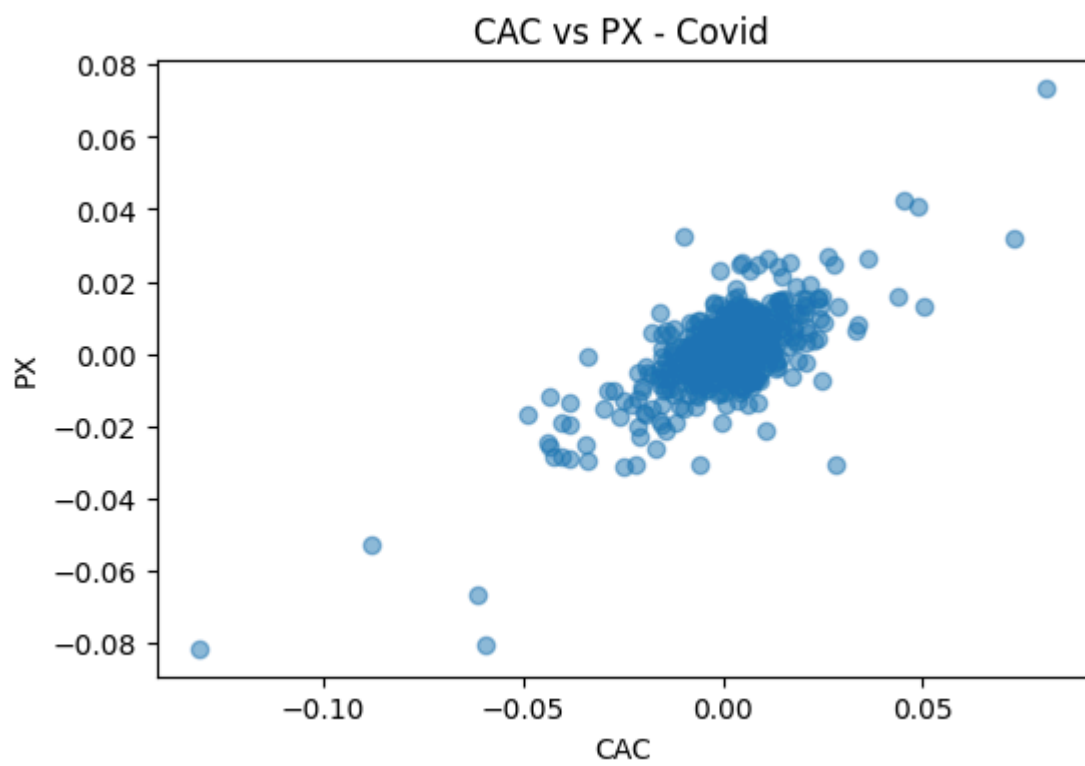
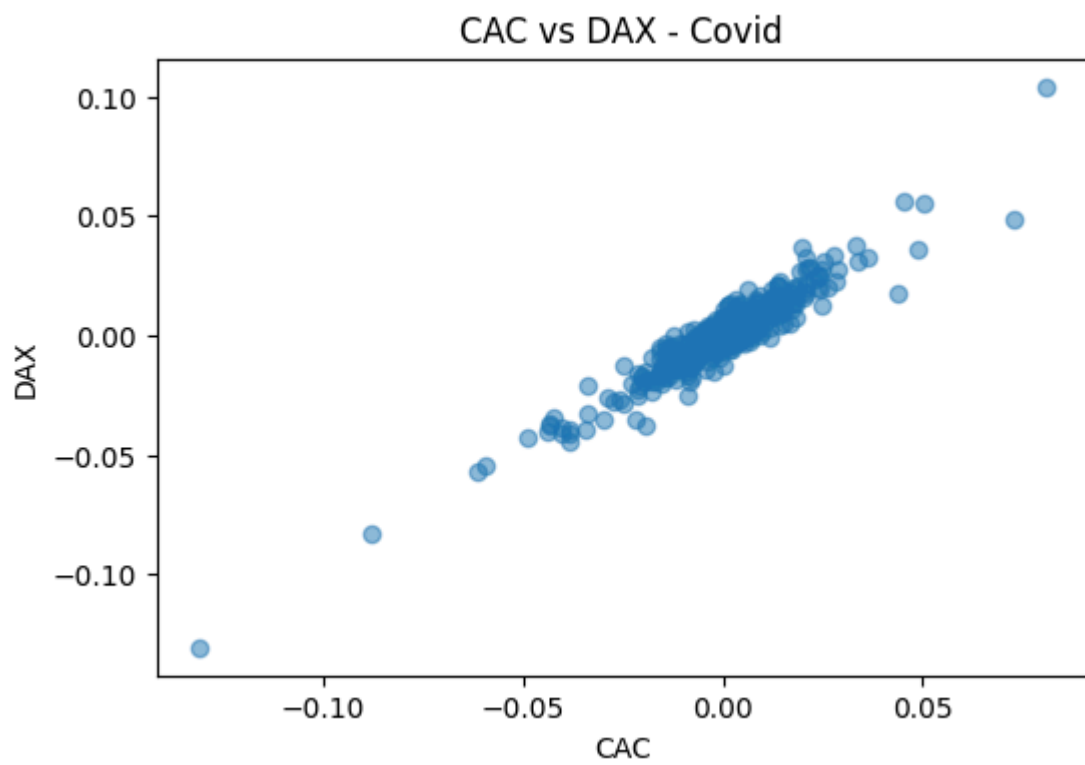
Wykresy korelacyjne dla okresu przed pandemią COVID-19 wskazują na umiarkowaną pozytywną zależność między dziennymi logarytmicznymi stopami zwrotu indeksów giełdowych. Relacja między WIG20 a pozostałymi indeksami (CAC40, DAX, PX) jest zauważalna, choć stosunkowo luźna, co może wynikać z mniejszego poziomu integracji polskiego rynku z rynkami rozwiniętymi. Najsilniejsza korelacja występuje między indeksami CAC40 i DAX, co odzwierciedla ich bliskie powiązania w ramach strefy euro i wspólnych

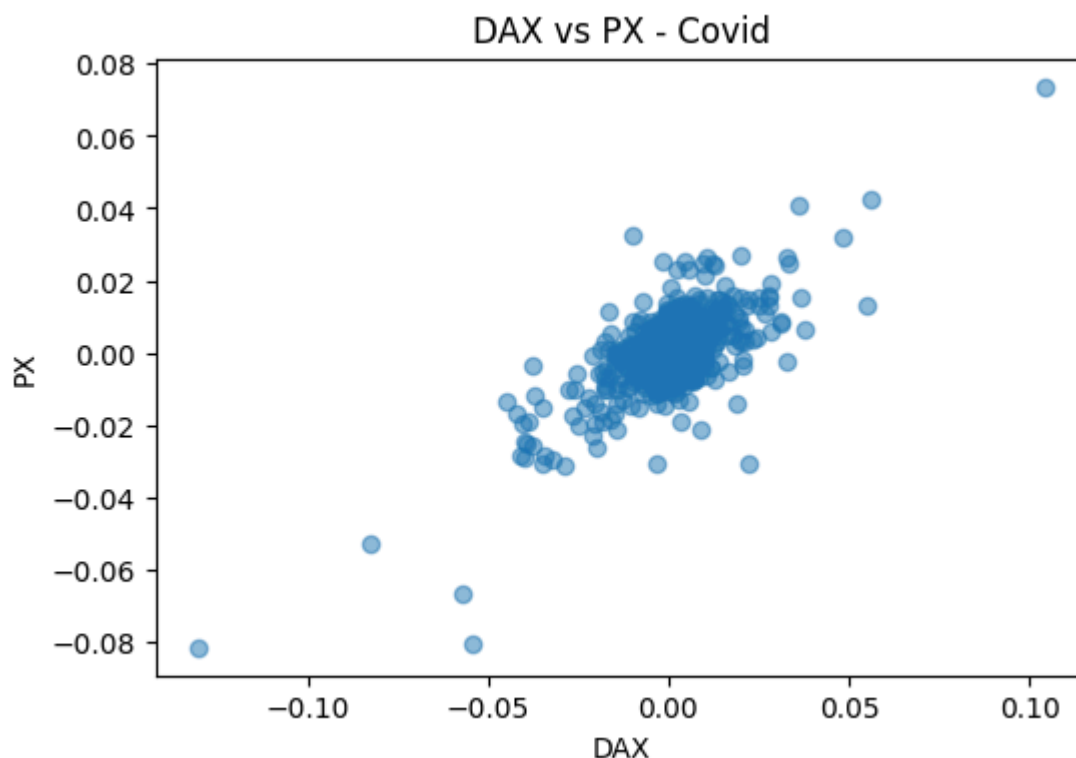
czynników gospodarczych. Rynek czeski (PX) wykazuje pozytywne, choć nieco słabsze korelacje z rynkami rozwiniętymi, co może być związane z jego charakterystyką jako rynku wschodzącego. Ogólnie, w okresie przedpandemicznym obserwowano umiarkowaną współzależność między analizowanymi rynkami, przy czym rynki rozwinięte były ze sobą wyraźnie silniej powiązane niż z rynkami wschodzącymi.

Okres pandemiczny:



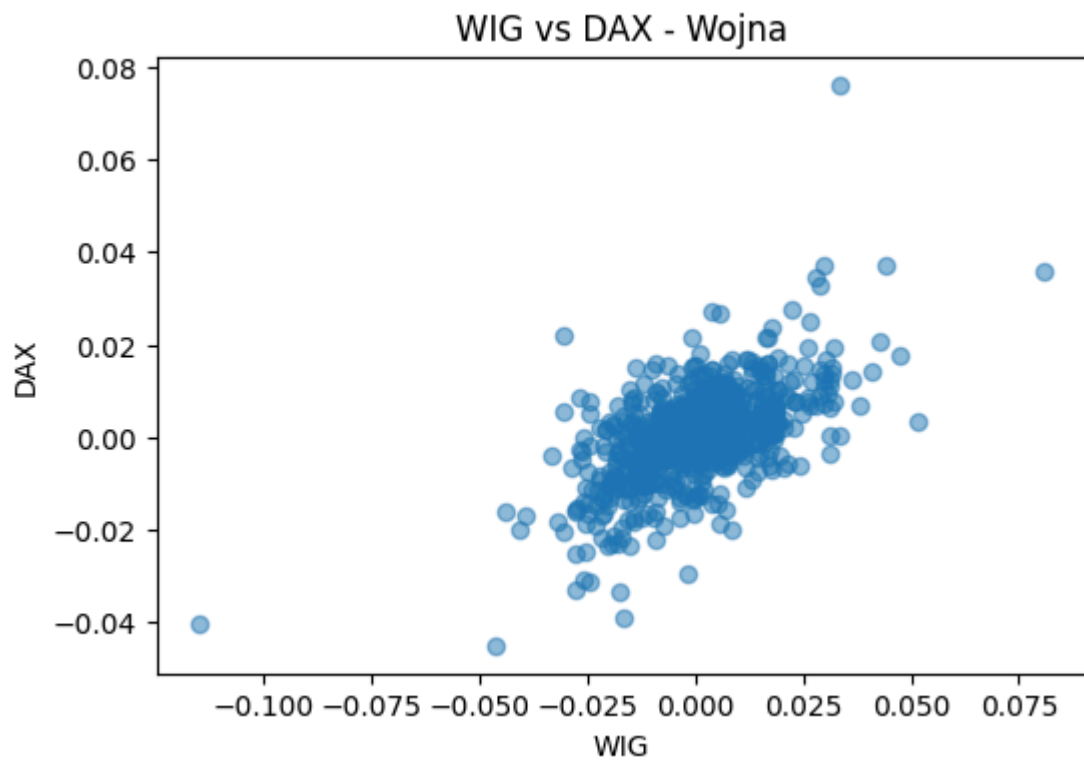
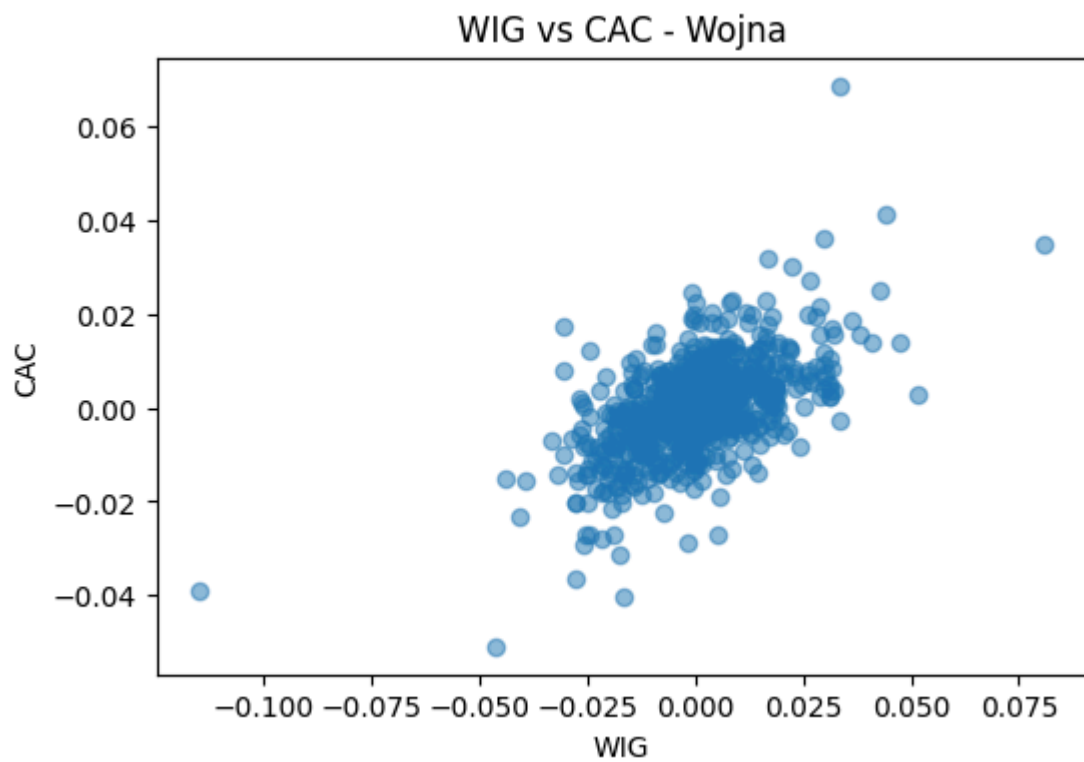


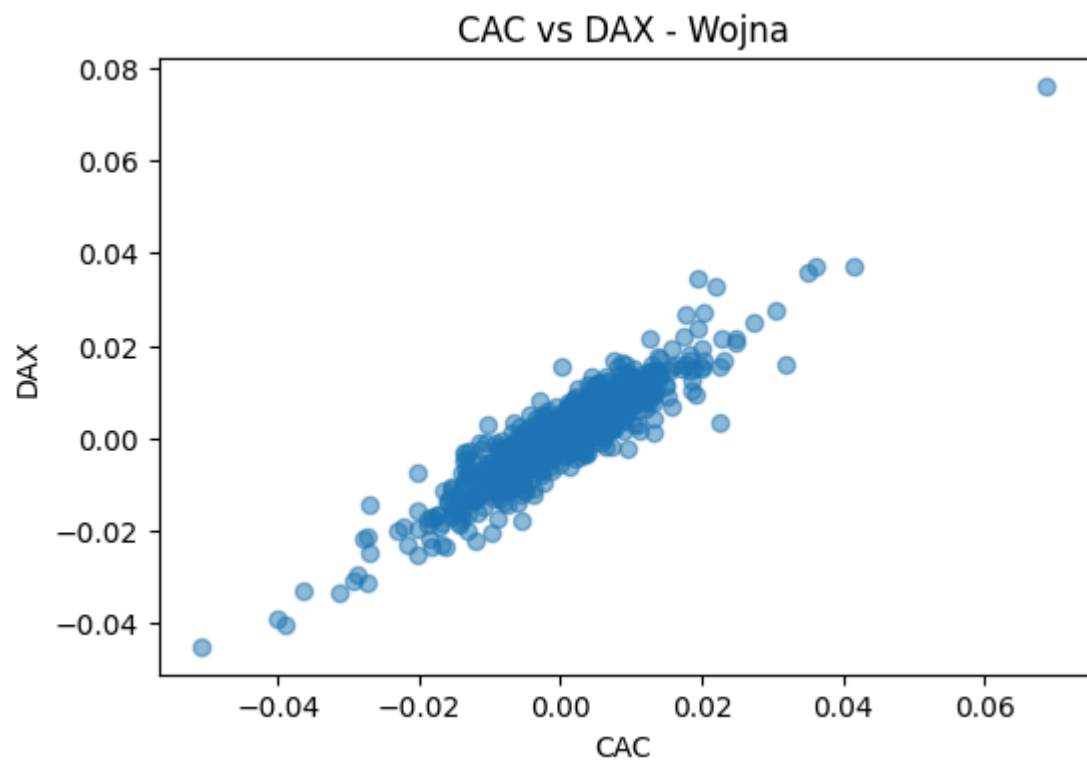
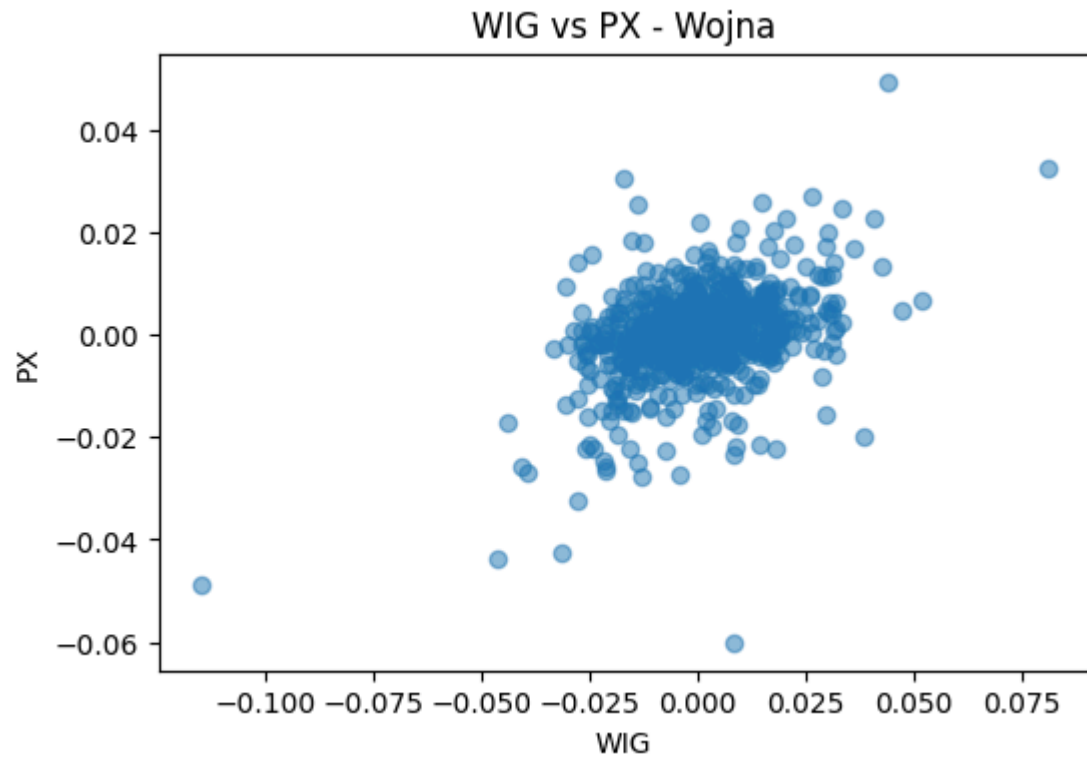


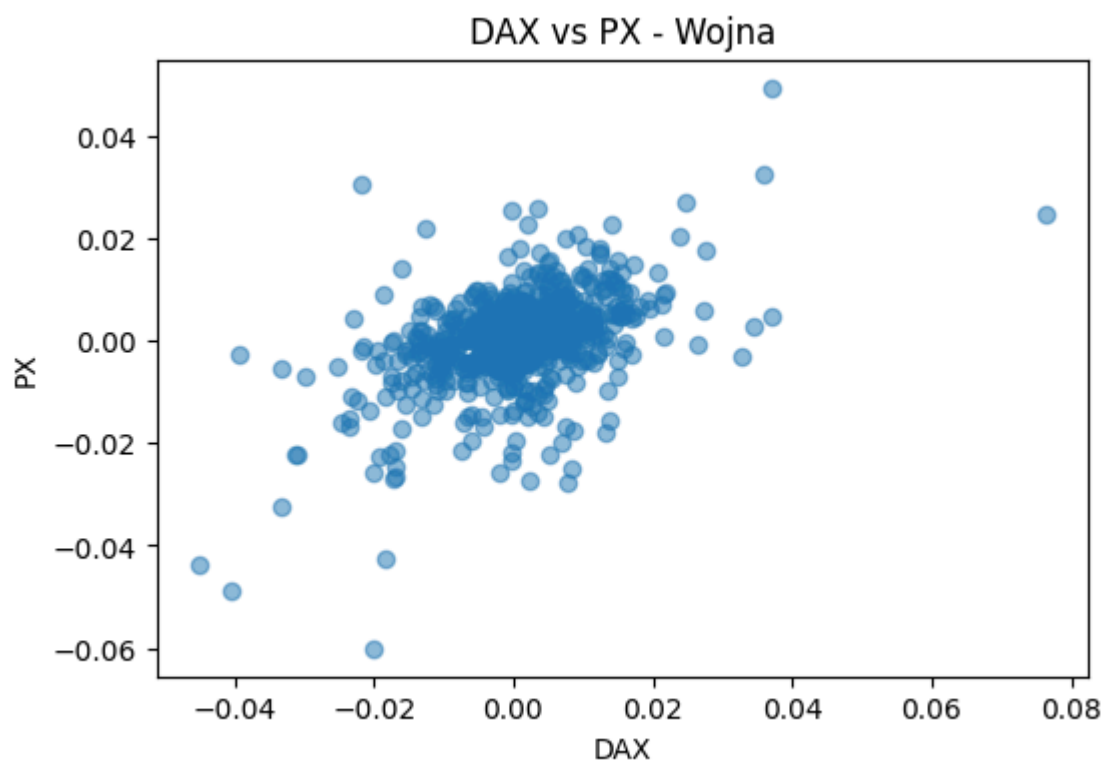
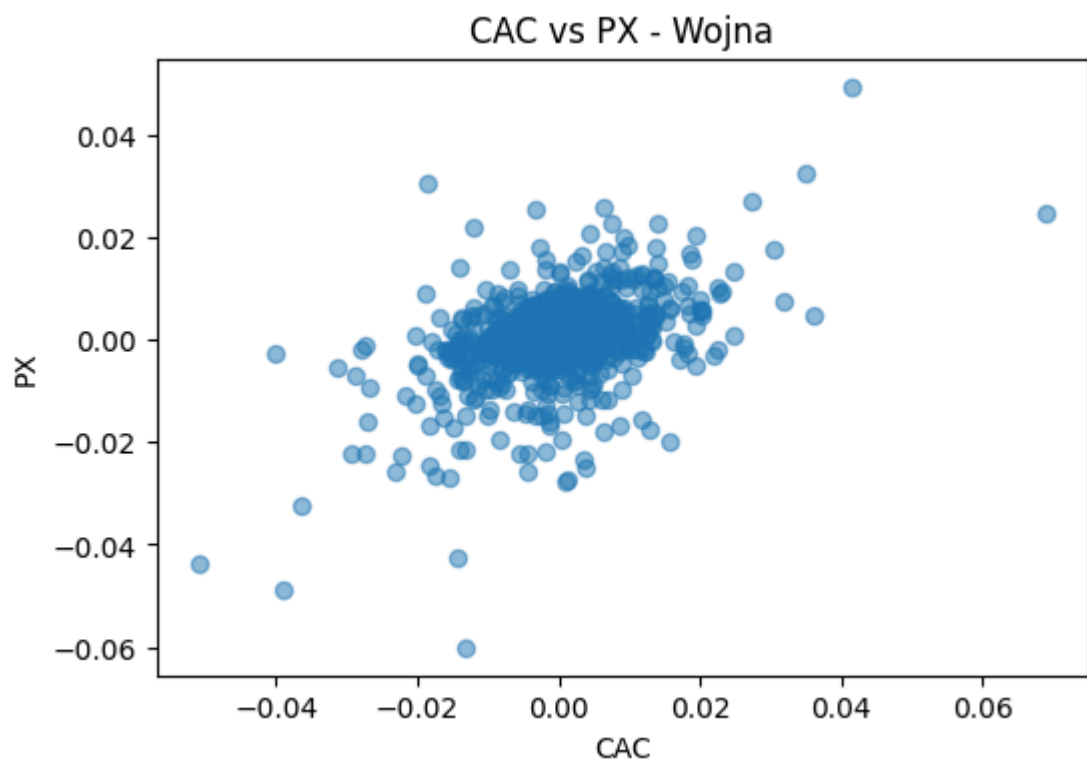


W okresie pandemii COVID-19 korelacje między analizowanymi indeksami giełdowymi stały się wyraźnie silniejsze, co widoczne jest w bardziej zwartym rozkładzie punktów na wykresach. Relacje między WIG20 a innymi indeksami (CAC40, DAX, PX) wskazują na większe powiązania w porównaniu do okresu przedpandemicznego, co może wynikać z globalnego charakteru szoku gospodarczego spowodowanego pandemią. Szczególnie silną współzależność można zaobserwować między rynkami rozwiniętymi, takimi jak CAC40 i DAX, co odzwierciedla ich integrację w ramach gospodarek strefy euro. Rynek czeski (PX) również wykazuje wyższą korelację z rynkami rozwiniętymi, co sugeruje wzrost współzależności w czasach kryzysu. Ogólnie, okres pandemiczny charakteryzował się wyraźnym wzrostem synchronizacji rynków, co może być przejawem efektu zarażania.

Okres wojenny:







W okresie wojny w Ukrainie korelacje między analizowanymi indeksami giełdowymi nadal utrzymywały się na podwyższonym poziomie, co wskazuje na wciąż silne powiązania między rynkami w czasach kryzysu geopolitycznego. Wykresy przedstawiają bardziej zwarte skupiska punktów, zwłaszcza między rynkami rozwiniętymi, takimi jak CAC40 i DAX, co potwierdza ich bliską współzależność w kontekście globalnych niepewności. Indeks WIG20

wykazuje umiarkowane, ale wyraźne korelacje z innymi indeksami, co może wynikać z jego specyfiki jako rynku wschodzącego. Podobna sytuacja dotyczy indeksu PX, który pokazuje silniejsze powiązania z rynkami rozwiniętymi, choć nadal nie tak intensywne, jak te między CAC40 i DAX. Ogólnie, okres wojenny charakteryzował się wysoką synchronizacją rynków, podkreślając wrażliwość globalnych giełd na niepewności wywołane konfliktem.

Porównanie między okresami

W okresie przed pandemią korelacje były umiarkowane, a rozkłady punktów na wykresach wskazywały na relatywnie luźne powiązania, zwłaszcza między rynkami wschodzącymi (WIG20, PX) a rynkami rozwiniętymi (CAC40, DAX). Najsilniejsze powiązania występowały między rynkami rozwiniętymi, co można przypisać ich wyższemu poziomowi integracji gospodarczej i finansowej.

W czasie pandemii COVID-19 korelacje między rynkami znacząco wzrosły, co znalazło odzwierciedlenie w bardziej zwartym układzie punktów na wykresach. Pandemia, jako globalny szok ekonomiczny, spowodowała synchronizację rynków, zarówno rozwiniętych, jak i wschodzących. W szczególności indeksy WIG20 i PX zaczęły wykazywać wyraźniejsze powiązania z CAC40 i DAX, co sugeruje wzrost współzależności w warunkach kryzysu. Współzależności między CAC40 a DAX były jednak najsilniejsze, co podkreśla ich dominującą rolę jako liderów rynku europejskiego.

Podczas wojny w Ukrainie korelacje nadal utrzymywały się na wysokim poziomie, zbliżonym do tego obserwowanego w okresie pandemii. Rynki rozwinięte (CAC40, DAX) nadal charakteryzowały się bardzo silnymi powiązaniami, co widoczne jest w szczególnie zwartym rozkładzie punktów. W przypadku rynków wschodzących (WIG20, PX), powiązania z rynkami rozwiniętymi pozostały na wyższym poziomie niż w okresie przedpandemicznym, ale nie były tak silne, jak między samymi rynkami rozwiniętymi. Wysoka synchronizacja rynków w czasie wojny podkreśla znaczenie geopolitycznego ryzyka jako czynnika wzmacniającego współzależność rynków finansowych.

Podsumowując, najsłabsze korelacje występowały w okresie przed pandemią, natomiast zarówno pandemia COVID-19, jak i wojna w Ukrainie spowodowały wzrost współzależności między rynkami, szczególnie w przypadku rynków rozwiniętych. Kryzysowe wydarzenia uwydatniły globalny charakter rynków finansowych oraz ich podatność na zewnętrzne szoki.

Podsumowanie

Projekt dostarczył istotnych wniosków dotyczących zmienności i współzależności europejskich rynków akcji w kontekście kryzysów wywołanych pandemią COVID-19 i wojną w Ukrainie. Analiza wykazała, że w czasie obu kryzysów zmienność na rynkach znacząco wzrosła, co odzwierciedla reakcję inwestorów na niepewność oraz asymetryczność w odpowiedzi na negatywne szoki. Modele GARCH i GJR-GARCH efektywnie uchwyciły te zmiany, szczególnie w początkowych fazach kryzysów.

Równocześnie, współzależność między rynkami była wyraźnie silniejsza w okresach kryzysowych niż przed pandemią, co potwierdza występowanie efektu zarażania. Rynki

rozwinięte, takie jak CAC40 i DAX, były ze sobą silniej powiązane niż z rynkami wschodzącymi (WIG20, PX), choć ich współzależność również wzrosła w czasie kryzysów. Wyniki podkreślają globalny charakter rynków finansowych oraz ich podatność na zewnętrzne szoki, co ma istotne implikacje dla zarządzania ryzykiem i regulacji rynków w czasie kryzysów.

Podsumowując, projekt uwidoczniał dynamiczne zmiany w zachowaniu rynków w odpowiedzi na kryzysy oraz dostarczył narzędzi do analizy przyszłych niepewności w kontekście zmienności i współzależności rynków.