
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

# Realizacja frontalnego solwera MES z wykorzystaniem technologii OpenCL

**Paweł Wal**

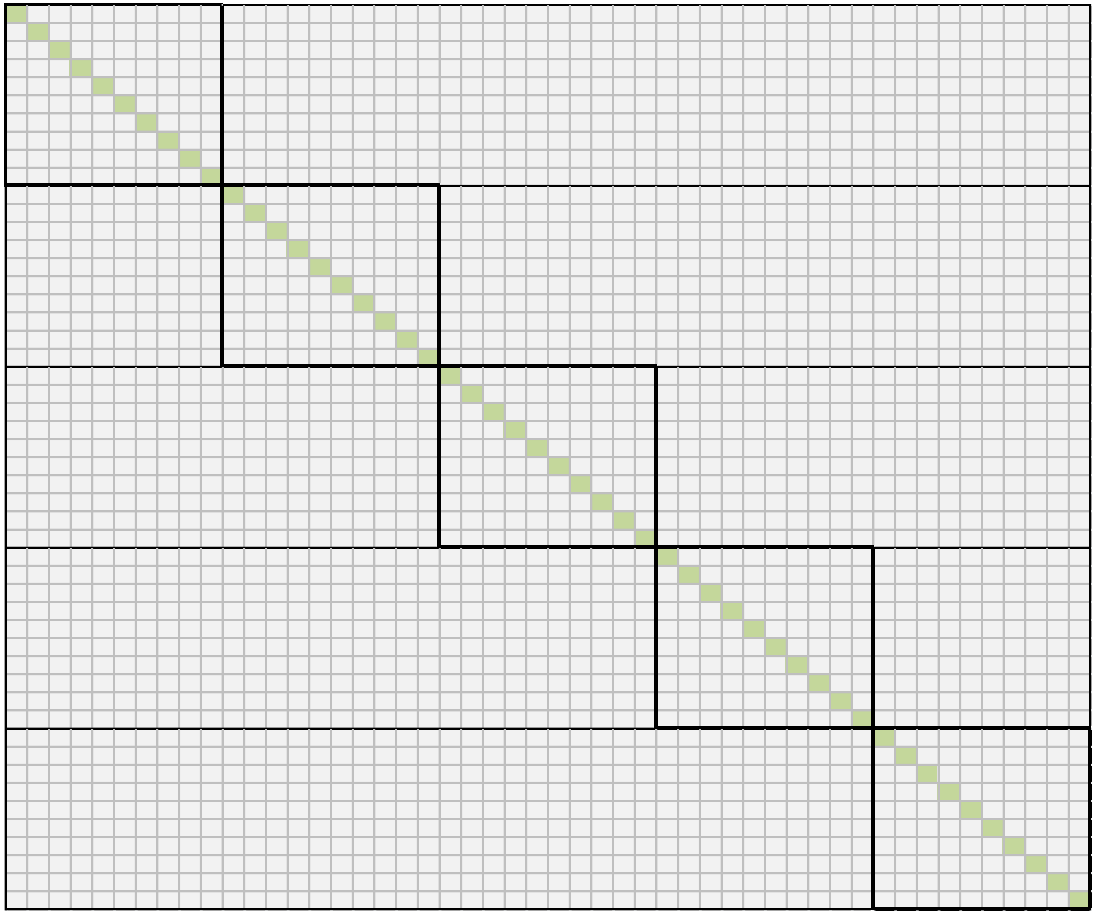
**Promotor: dr inż. Łukasz Rauch**

**Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej**

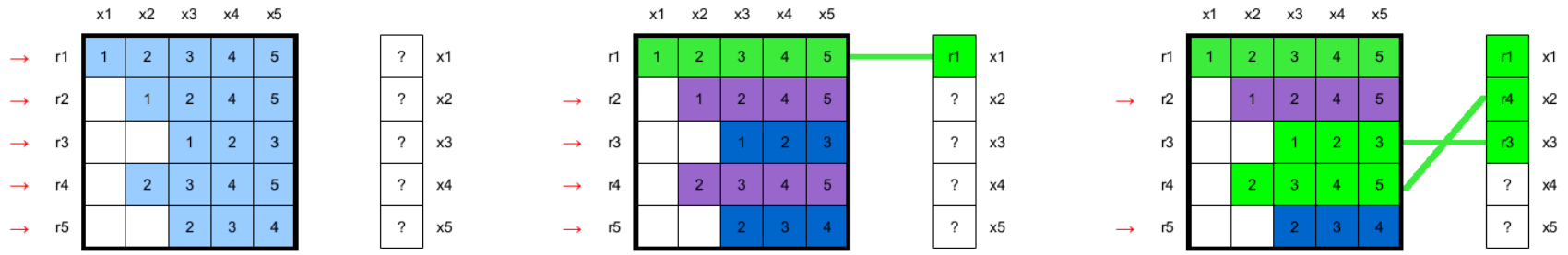
# Motywacja i cele projektu

- **Wykorzystanie ducha pracy Ironsa**
  - **Rozłożenie problemu na szereg mniejszych, częściowo zależnych problemów**
  - **Ograniczona pamięć operacyjna**
  - **Rosnący rozmiar problemów**
- **Wykorzystanie możliwości urządzeń obliczeniowych**
  - **Rozwiązanie wykorzystujące możliwości równoległości masowej w GPGPU**
- **Stworzenie rozwiązania uniwersalnego**
  - **Czarna skrzynka**
  - **Brak konieczności integracji z programem MES**
  - **Możliwość rozwiązywania układów równań z różnych klas problemów**
  - **Przenośność między systemami operacyjnymi**
  - **Przenośność między urządzeniami obliczeniowymi**

# Metoda wydzielania frontów rozwiązania

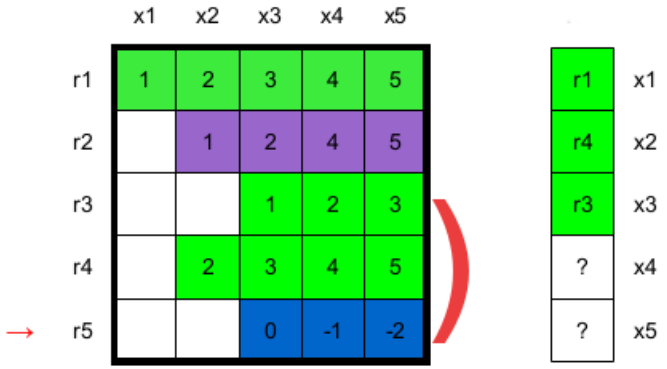


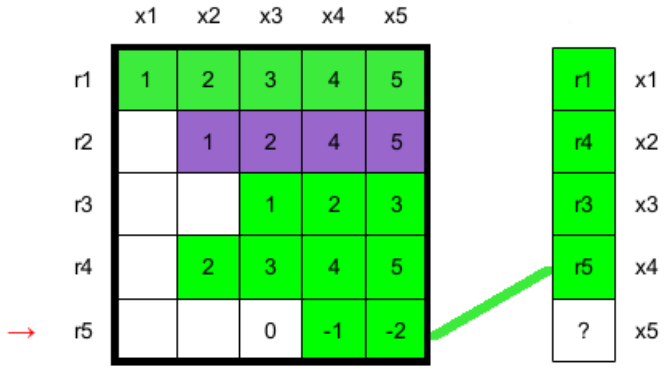
# Równoległy wariant metody Gaussa



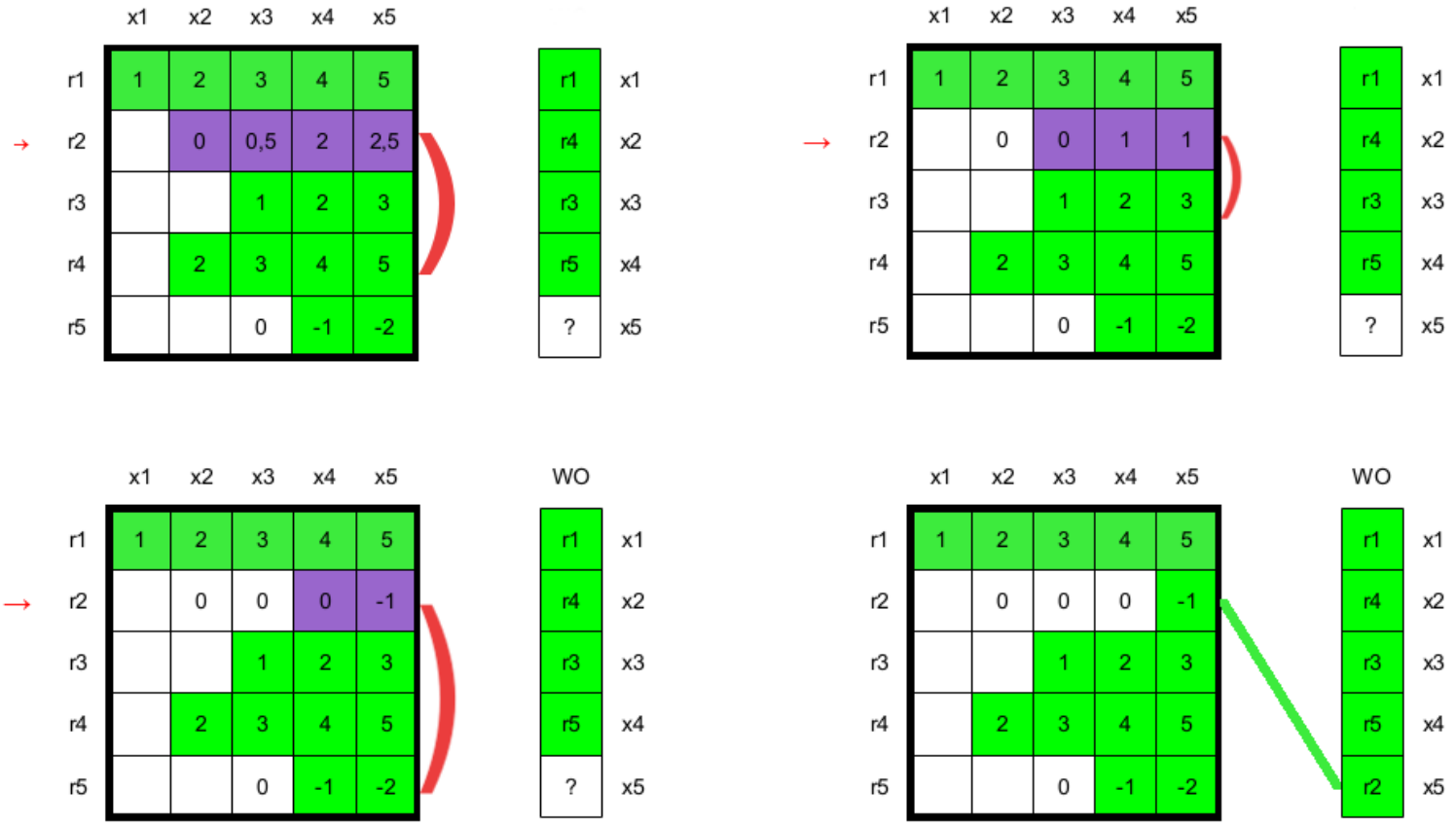

- **Operacje elementarne na macierzach**
  - **Mnożenie i dodawanie wierszy**
  - **Zamiana wierszy**
- **Przywracanie formy macierzy schodkowej**
  - **Unikalny pierwszy wyraz niezerowy w wierszu**
  - **Koncepcja mapy**
    - **Pozwala na szybką weryfikację unikalności**
    - **Informuje względem którego wiersza prowadzić eliminację**
    - **Uniknięcie kosztownej, fizycznej zamiany wierszy**

# Równoległy wariant metody Gaussa



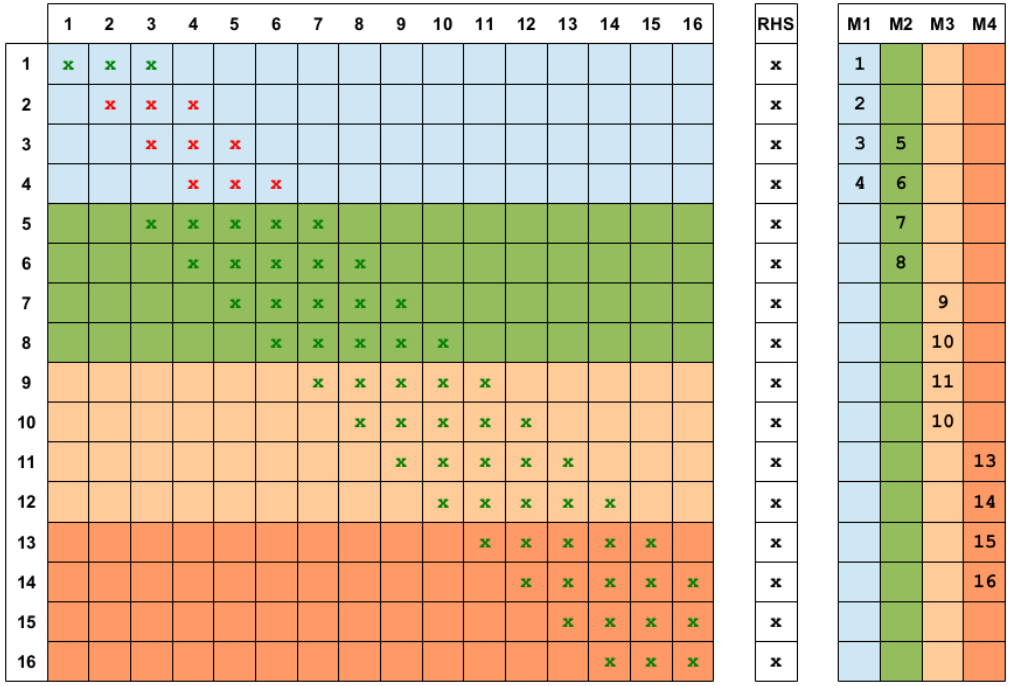
# Równoległy wariant metody Gaussa



# Masowo równoległy wariant metody Gaussa

- **Wewnątrz części macierzy (frontu) wydzielane są grupy robocze**
  - **Wynika to z architektury urządzeń obliczeniowych**
- **Przedstawiony algorytm działa w obrębie grupy**
  - **Pewność, iż nie ma konfliktujących wierszy w obrębie grupy**
  - **Co z konfliktami w obrębie całego frontu?**
  - **Co z konfliktami w obrębie całej macierzy?**
- **Rozwiązanie problemu**
  - **Dodatkowy kernel na urządzeniu obliczeniowym**
  - **Dodatkowa faza przetwarzania na CPU**

# Masowo równoległy wariant metody Gaussa: przykład jednego frontu

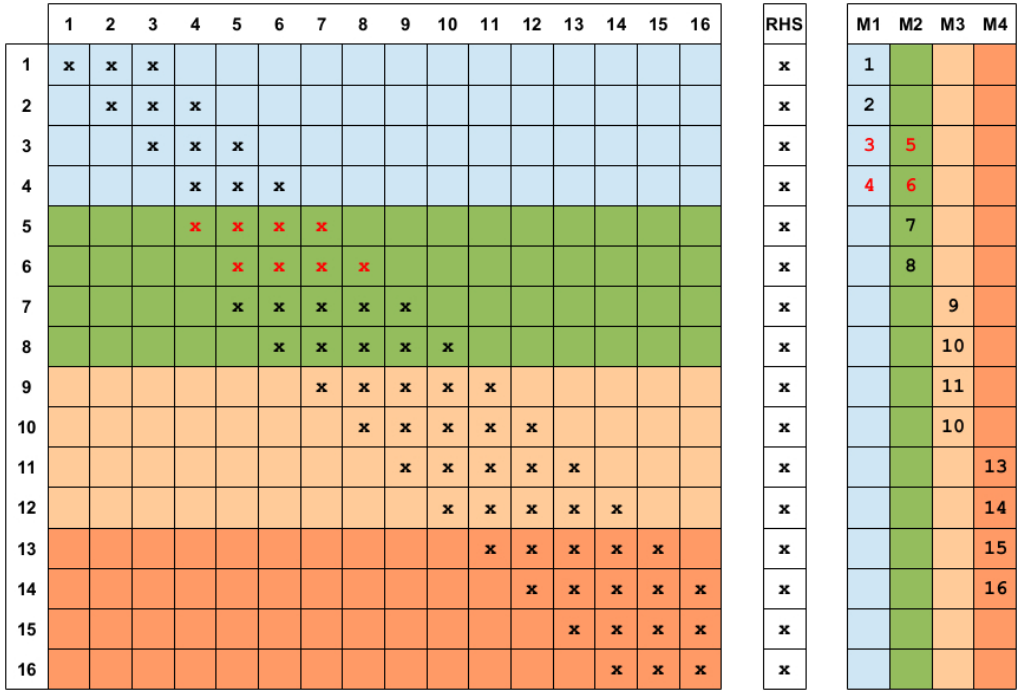


| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | RHS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | x |
| 2 | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x |
| 3 | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | x |
| 4 | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | x |
| 5 | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | x |
| 6 | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | x |
| 7 | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | x |
| 8 | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | x |
| 9 | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | x |
| 10 | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | x |
| 11 | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | x |
| 12 | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | x |
| 13 | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | x |
| 14 | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x |
| 15 | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x |

| M1 | M2 | M3 | M4 |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | 5 | | |
| 4 | 6 | | |
| | 7 | | |
| | 8 | | |
| | | 9 | |
| | | 10 | |
| | | 11 | |
| | | 10 | |
| | | | 13 |
| | | | 14 |
| | | | 15 |
| | | | 16 |
| | | | |
| | | | |

- **Tyle lokalnych map, ile grup roboczych**
- **Konflikty w obrębie grup zostały rozwiązane**
- **Istnieją konflikty w obrębie frontu**

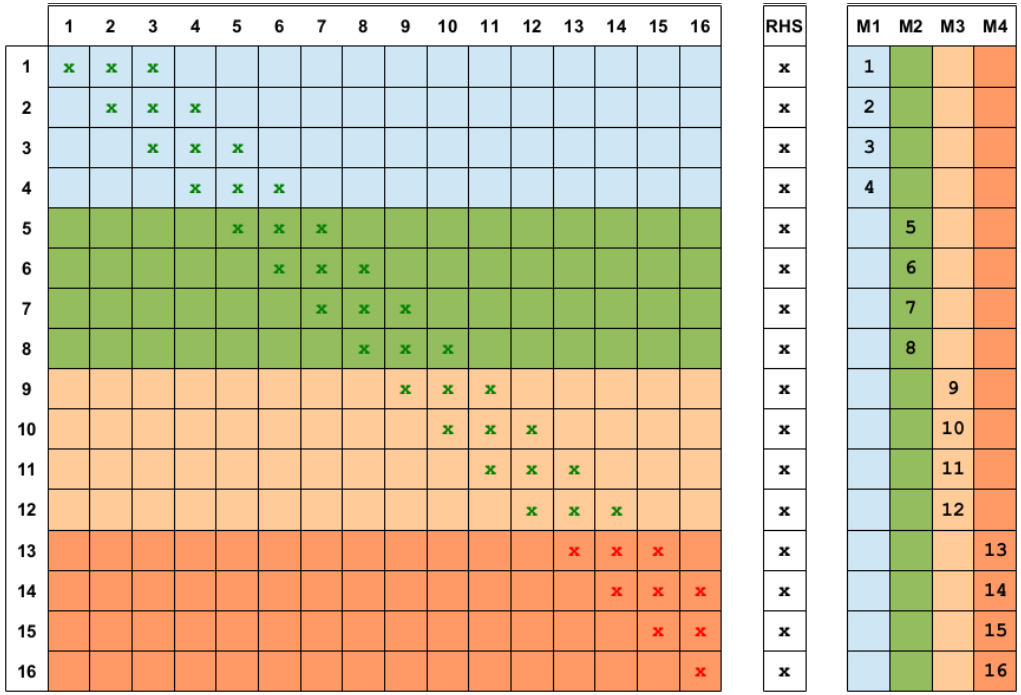
# Masowo równoległy wariant metody Gaussa: przykład jednego frontu



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | RHS | M1 | M2 | M3 | M4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | x | 1 | | | |
| 2 | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | x | 2 | | | |
| 3 | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | x | 3 | 5 | | |
| 4 | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | x | 4 | 6 | | |
| 5 | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | x | | 7 | | |
| 6 | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | x | | 8 | | |
| 7 | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | x | | | 9 | |
| 8 | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | x | | | 10 | |
| 9 | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | x | | | 11 | |
| 10 | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | x | | | 10 | |
| 11 | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | x | | | | 13 |
| 12 | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | x | | | | 14 |
| 13 | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | x | | | | 15 |
| 14 | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | 16 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | |

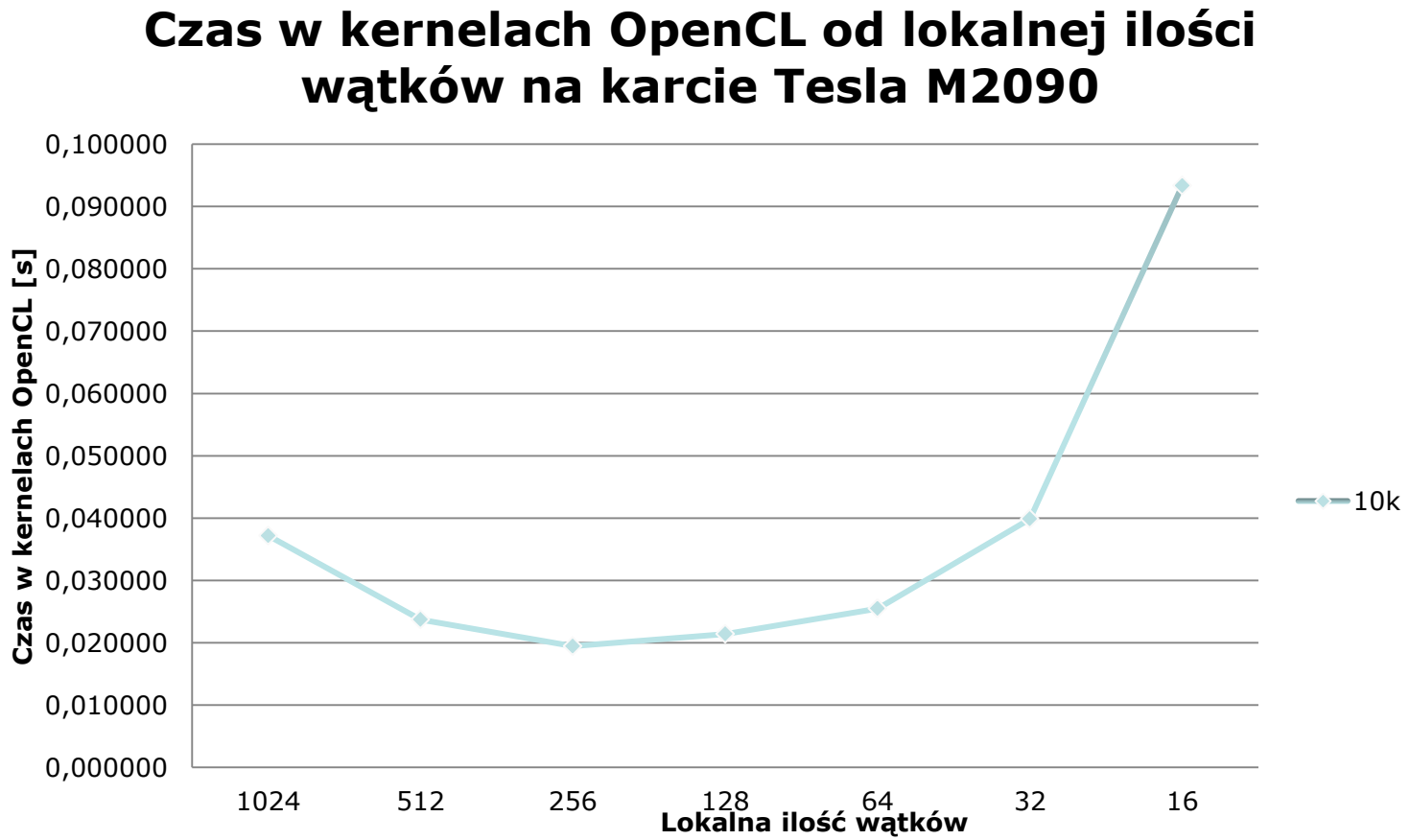
- **Drugi kernel trawersuje mapy wierszami (traktuje je jak macierz)**
- **Konflikty w obrębie frontu zostały rozwiązane**
- **Poczyniono zmiany, więc należy się upewnić czy nie powstały nowe konflikty w obrębie grup roboczych**

# Masowo równoległy wariant metody Gaussa: przykład jednego frontu

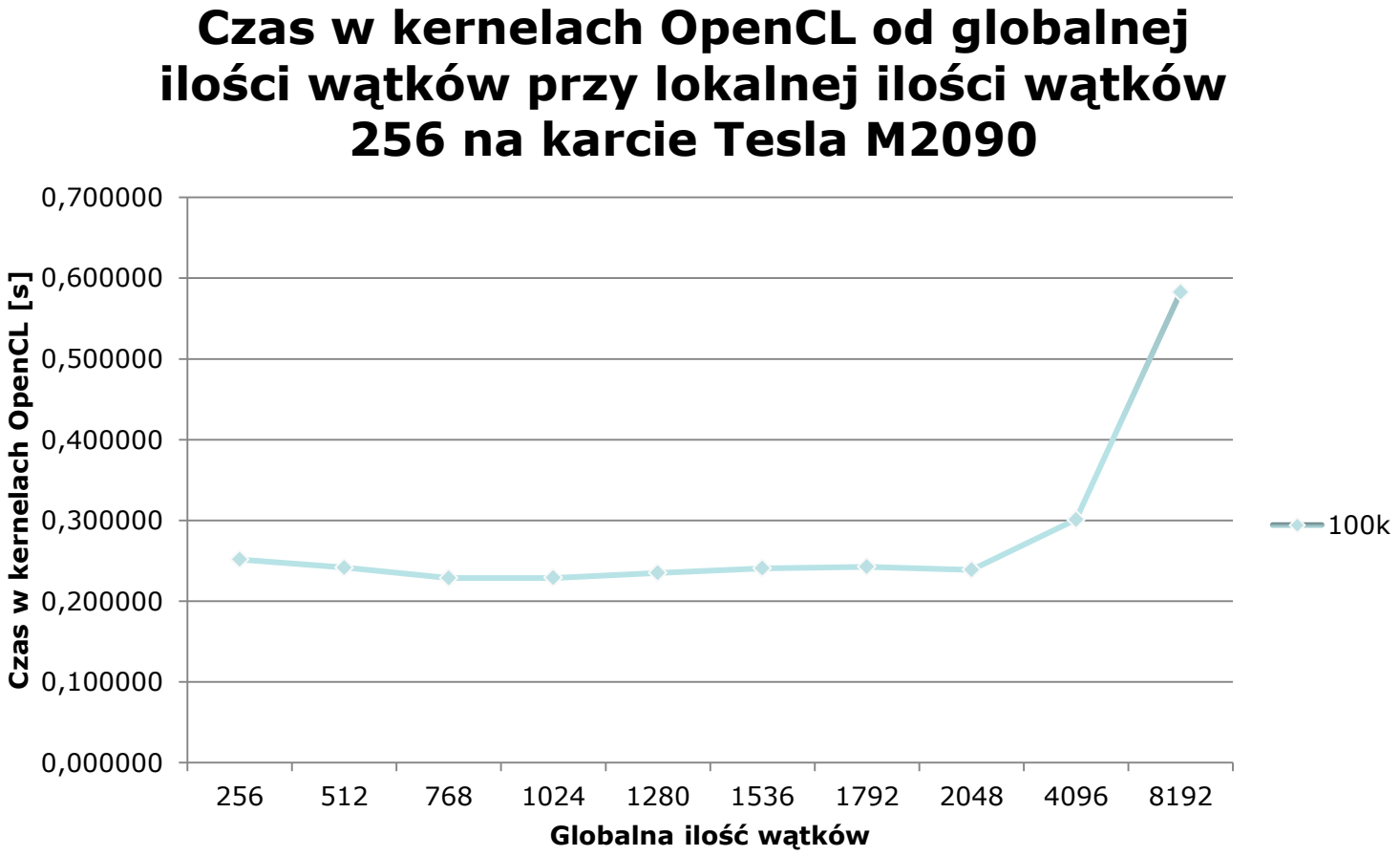



- **Kernele wykonywane naprzemiennie, dopóki drugi z kerneli nie zgłosi zerowej ilości wykonanych operacji**
- **Kiedy wszystkie części skończą przetwarzanie, analogiczna operacja jest powtarzana po stronie hosta**

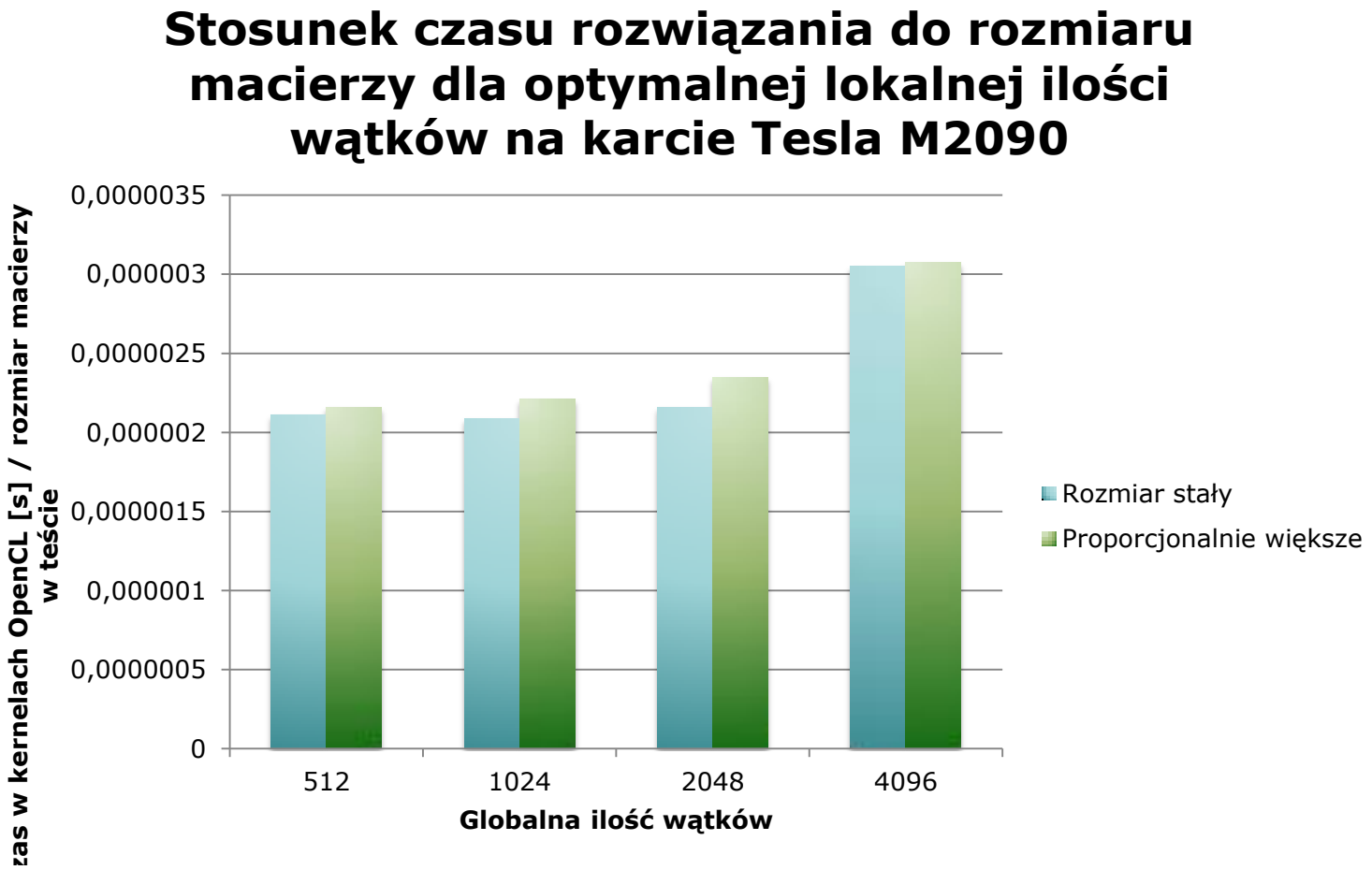
# Badania wydajności: optymalna liczba wątków dla badanych urządzeń



# Badania wydajności: przyspieszenie w zależności od globalnej ilości wątków



# Badania wydajności: skalowalność



# Podsumowanie

- **Solwer dość dobrze skaluje się wraz ze wzrostem rozmiaru problemu**
  - **Zachowuje podobny czas działania na element macierzy**
- **Solwer nie osiąga zakładanego przyspieszenia**
  - **Dla idealnych rozmiarów grup roboczych wyznaczonych w eksperymentach, dla rozmiarów frontów zależnych od ilości procesorów na urządzeniu, nie występuje spodziewane przyspieszenie**
- **Solwer nie dorównuje popularnym solwerom GPGPU (np. z pakietu ViennaCL)**
- **Możliwa jest dalsza optymalizacja**
  - **Zmniejszenie rozmiaru danych**
  - **Wykorzystanie większej ilości urządzeń**
  - **Uniknięcie niektórych „pustych” przebiegów**
  - **Zmniejszenie udziału części wykonywanej na CPU**