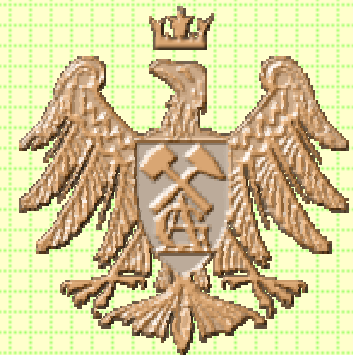


Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

Marek Cała, Jerzy Flisiak



Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

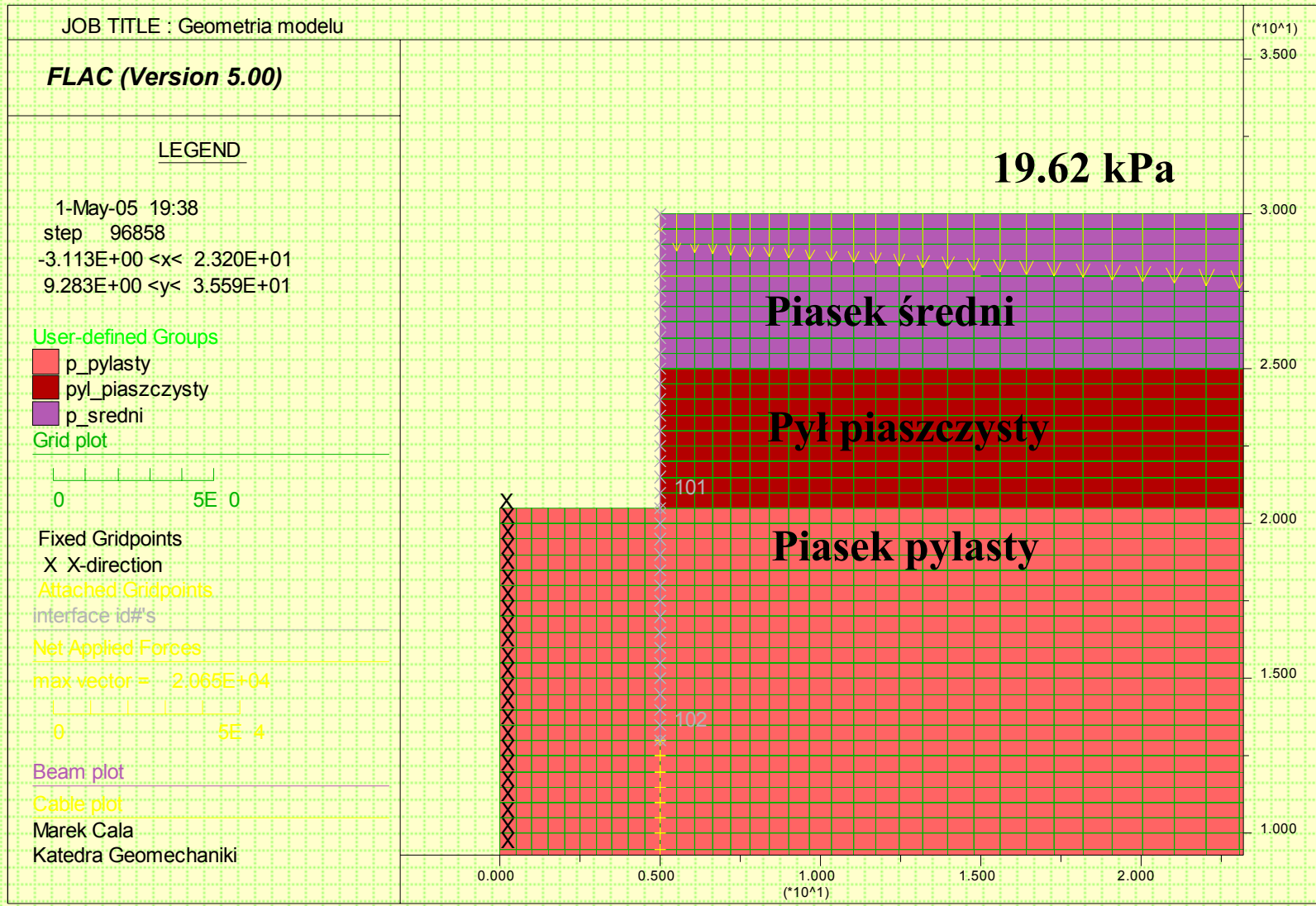
Do projektowania ścianek szczelnych wykorzystywane są najczęściej metody stanów granicznych polegające na:

- wyznaczeniu metodą Coulomba sił parcia czynnego na część ścianki powyżej dna wykopu i sił parcia biernego na część ścianki poniżej dna wykopu oraz parcia wody,
- wyznaczeniu głębokości wbicia ścianki dla przyjętego sposobu jej umocowania w gruncie (podparcie przegubowe lub utwierdzenie),
- obliczeniu momentów zginających i sił w elementach stabilizujących metodami graficznymi lub analitycznymi (np. Bluma),
- wymiarowaniu elementów ścianki oraz elementów stabilizujących
- **Stosowanie uproszczonych schematów może jednak prowadzić do wyciągnięcia błędnych wniosków.**
- **W stanach odbiegających od granicznych uzyskuje się zawyżone, w stosunku do rzeczywistych, wartości sił oporu, prowadzące do zaniżenia wartości momentów zginających i niewłaściwego zaprojektowania konstrukcji.**

Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

- Znaczne zwiększenie dokładności obliczeń oraz rezygnację z wielu założeń upraszczających uzyskać można stosując do projektowania konstrukcji oporowych numeryczne metody rozwiązywania zadań teorii sprężystości i plastyczności.
- Stosowanie metod numerycznych do projektowania jest zgodne z Eurokodem 7-1, gdzie zaliczane są one do jednej z czterech podstawowych metod projektowania.
- Do analizy stateczności można zastosować metodę elementów skończonych, czy też metodę różnic skończonych.
- W porównaniu do klasycznych metod obliczeniowych metody numeryczne **posiadają jedno, bardzo istotne ograniczenie**. Mogą one bowiem służyć tylko do analizy stateczności konstrukcji o z góry określonych parametrach.
- Stosowanie ich jako jedyne narzędzie projektowe może nastęrczać istotne trudności. Nadają się one jednak świetnie do weryfikacji i korekty wyników uzyskanych z klasycznych metod projektowych.

Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



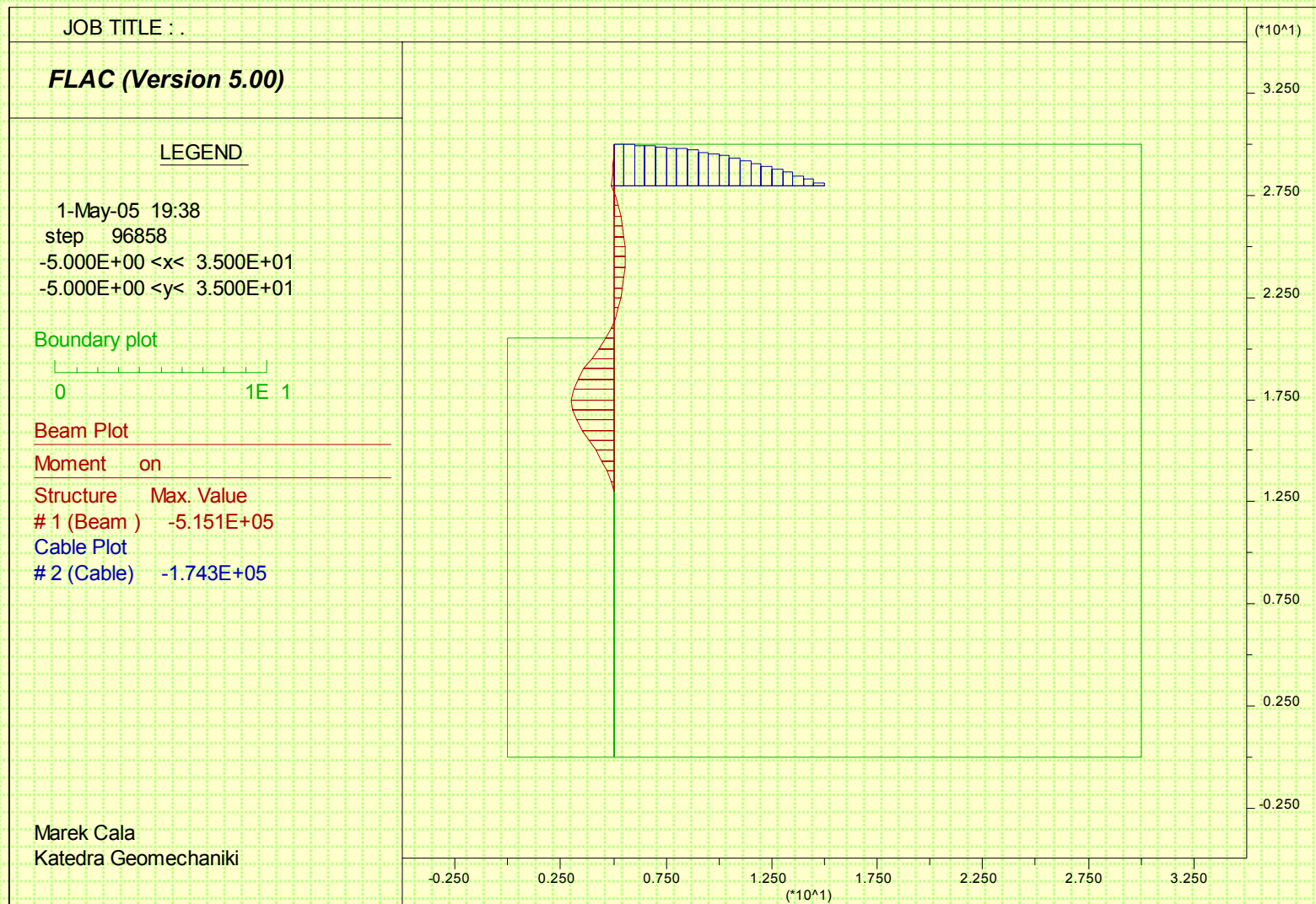
Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

Tabela 1. Parametry warstw gruntu przyjęte do obliczeń.

| L.p. | Nazwa | Miaższosc, m | Ciezar objetosciowy, kN/m^3 | Kohezja, kPa | Kat tarcia wewn., deg | Modul Younga, Mpa | Liczba Poissona |
|------|-----------------|--------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Piasek sredni | 5 | 18.5 | 0 | 30 | 70 | 0.25 |
| 2 | Pyl piaszczysty | 4.5 | 19.62 | 23.54 | 24 | 43 | 0.25 |
| 3 | Piasek pylasty | 7.5 | 17.17 | 0 | 30 | 35 | 0.30 |

- Na podstawie obliczeń z zastosowaniem metod klasycznych, w pracy [11] stwierdza się, że dla zachowania stateczności wykopu należy zastosować profile Larssena o wskaźniku wytrzymałości na zginanie W_x równym 2200 cm^3 o długości całkowitej równej 16.9 m (dla celów obliczeń numerycznych przyjęto długość 17 m).
- Założono także, że ścianka musi być jednokrotnie kotwiona za pomocą poziomych kotwi o nośności 183 kN, długości 10 m, budowanych z krokiem 1.6 m w odległości 2.0 m od naziomu.

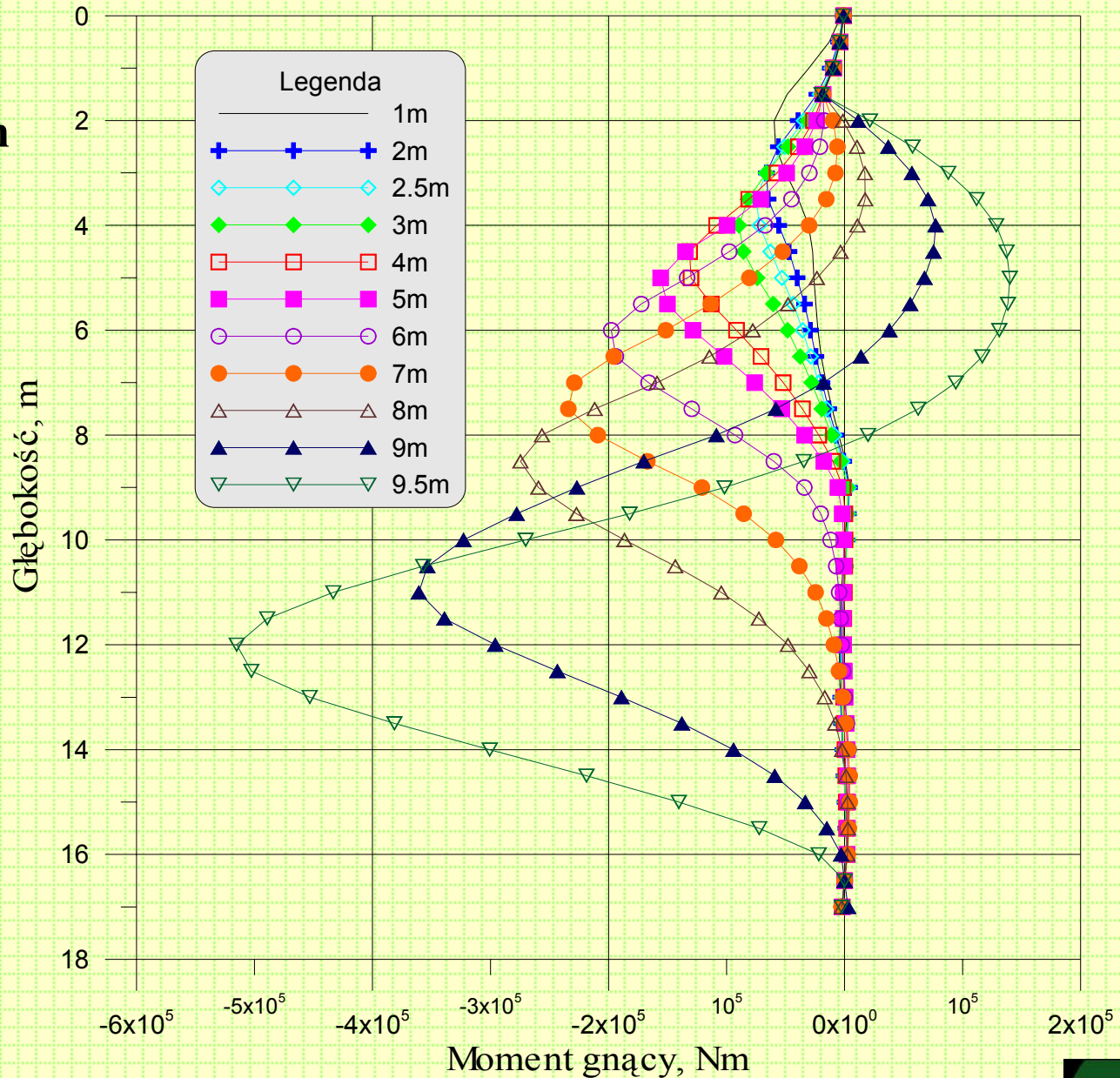
Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



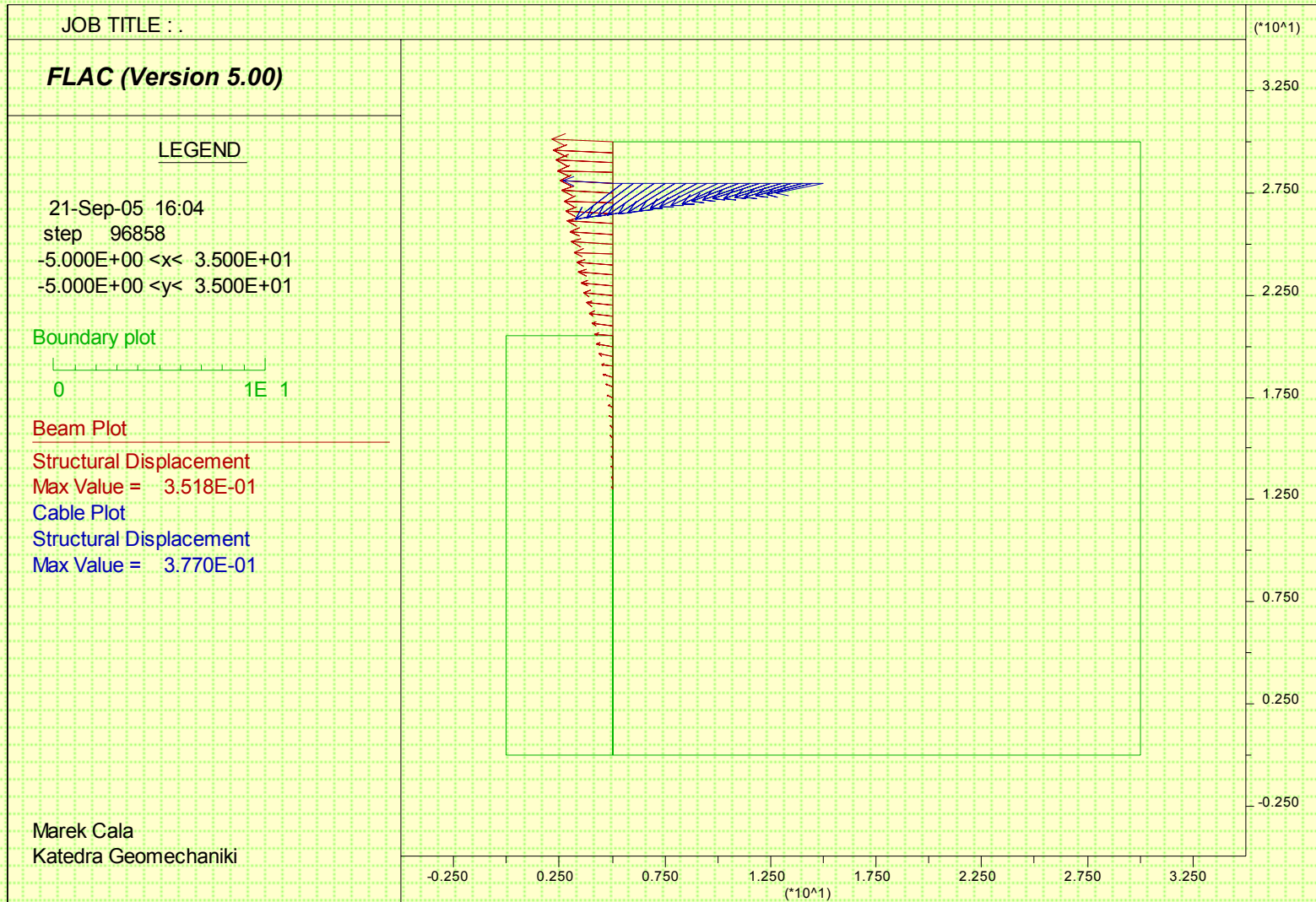
$$M_{g\max} = 515.1 \text{ kN} \rightarrow \sigma = 234 \text{ MPa (!)} \quad F_{ax} = 174.3 \text{ kN} \rightarrow \omega = 95 \%$$

Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

Rozkład momentów gnących dla kolejnych etapów pogłębiania wykopu



Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

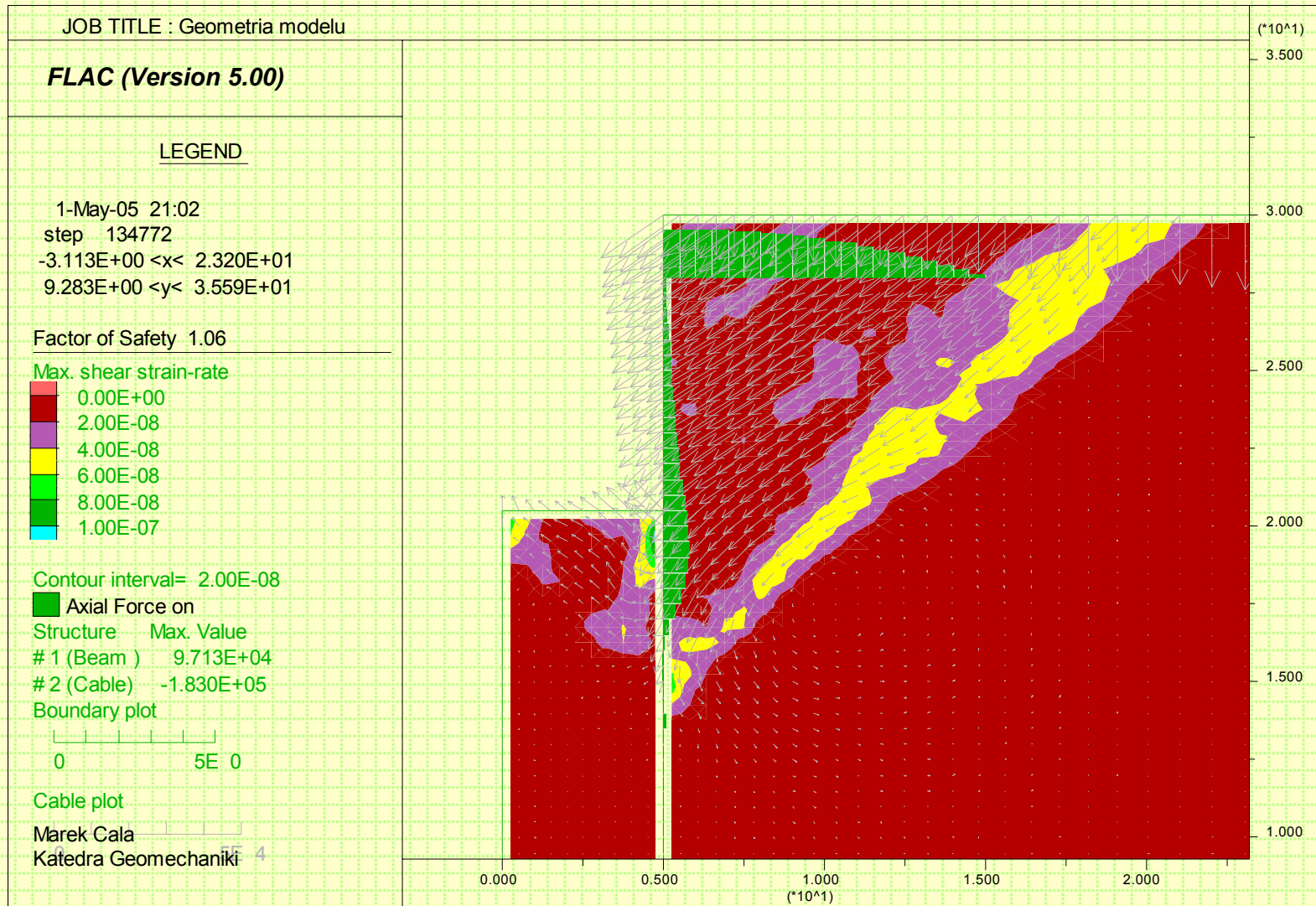


Przemieszczenia ścianki – 37.7 cm

Przemieszczenia kotwi – 35.2 cm



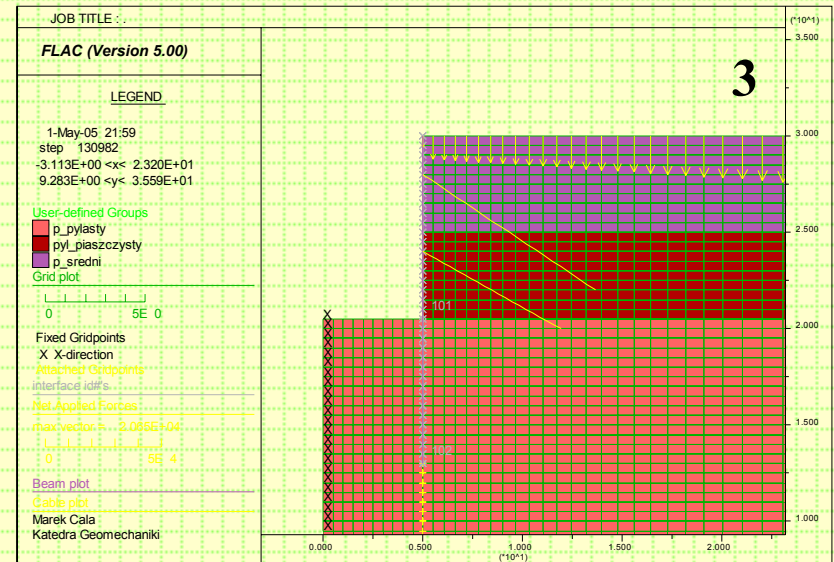
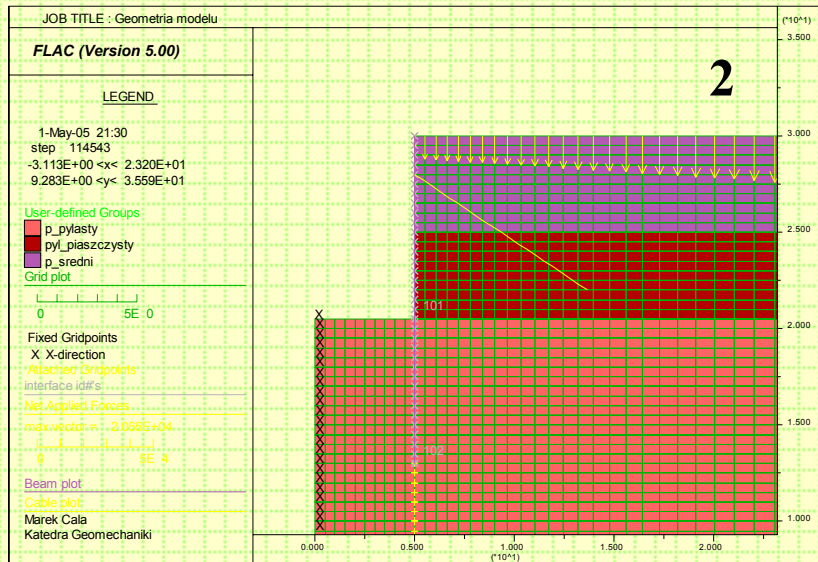
Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



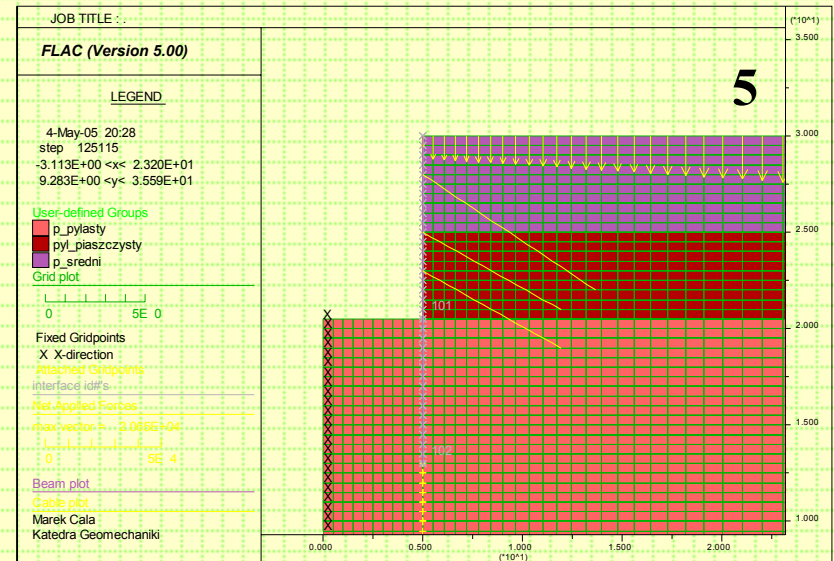
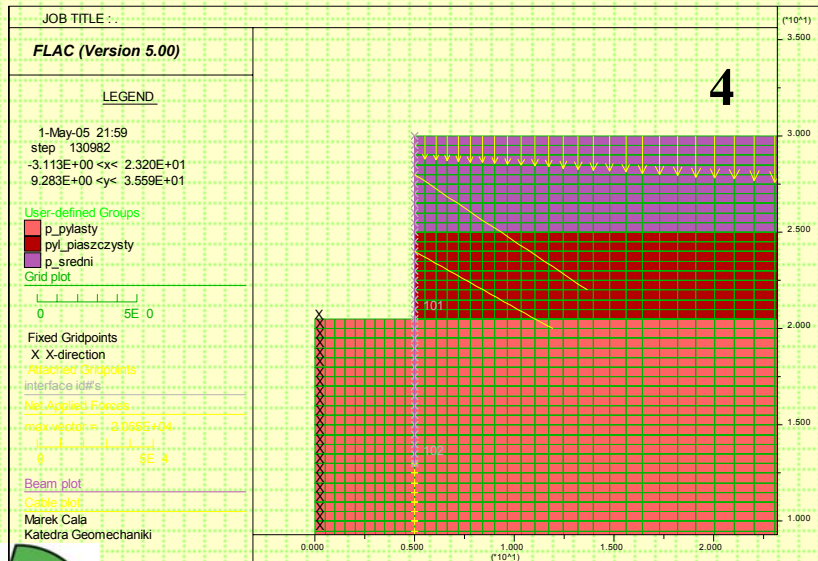
FS=1.06 (!)



Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



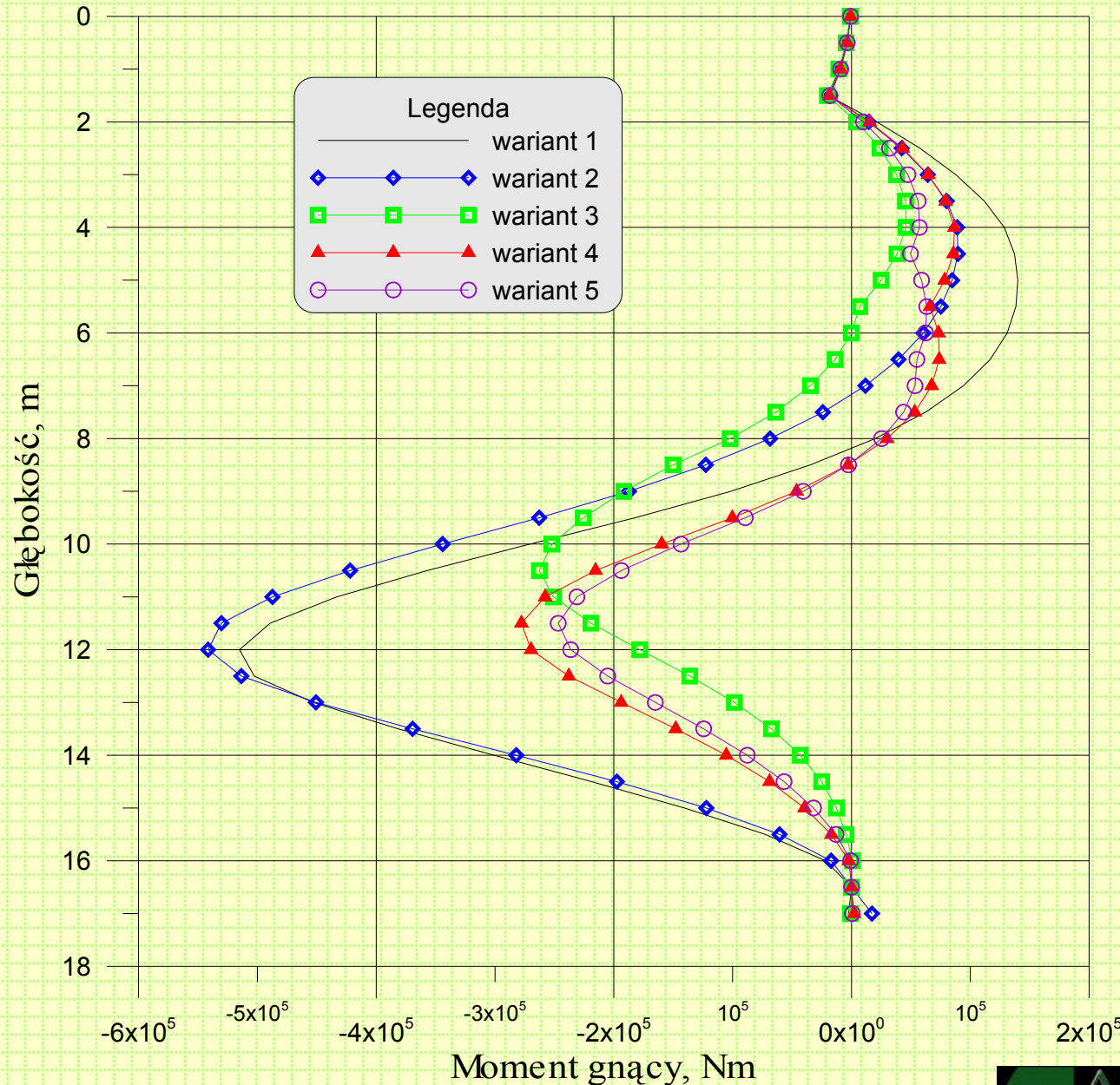
Nośność kotwi = 250 kN



Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

Rozkład momentów gnących dla poszczególnych wariantów

| Nr | M _g , kNm | σ, MPa | |
|----|----------------------|--------|--|
| 1 | 515.1 | 234.1 | |
| 2 | 541.4 | 246.1 | |
| 3 | 262.6 | 119.4 | |
| 4 | 277.7 | 126.2 | |
| 5 | 246.8 | 112.2 | |



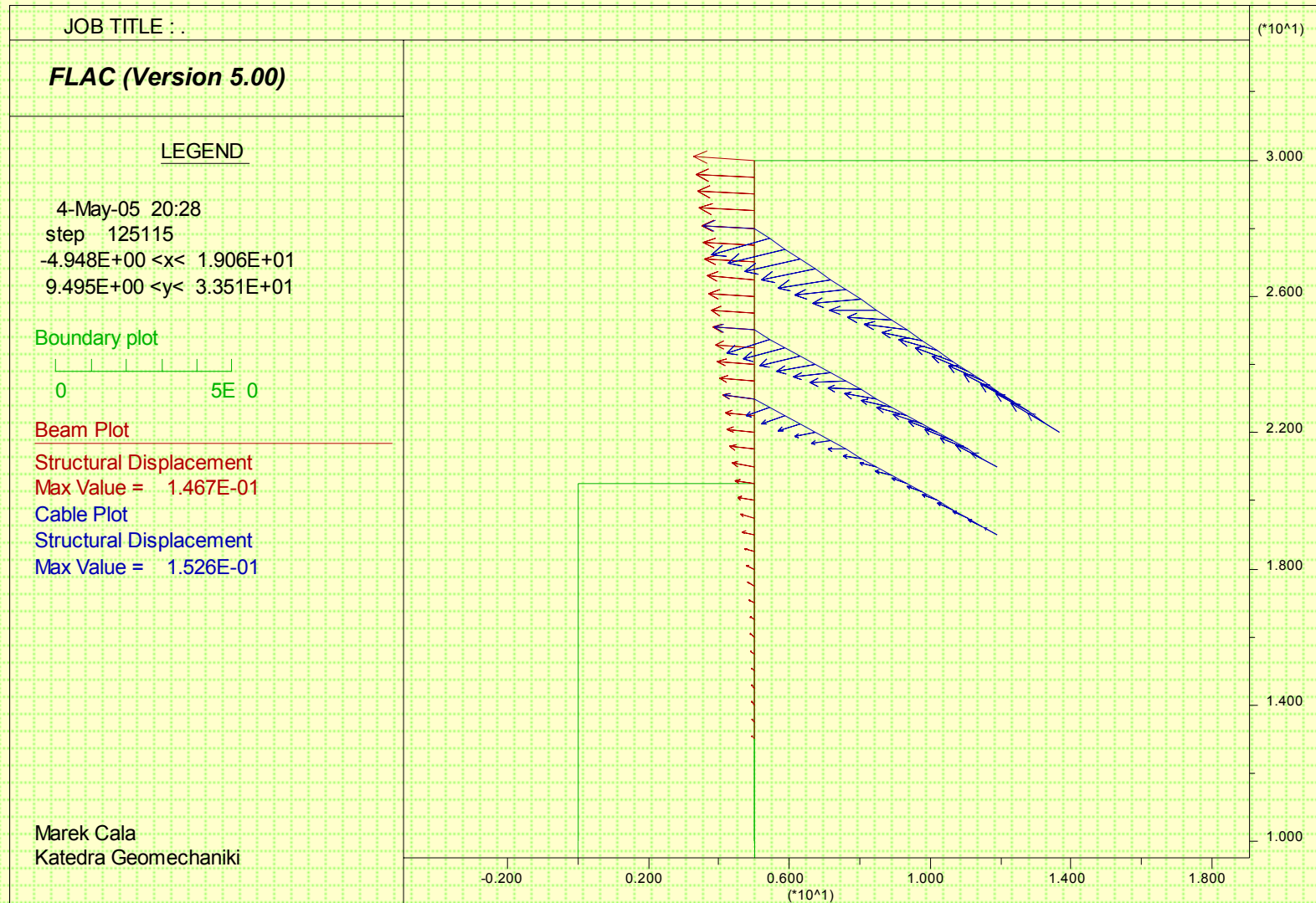
Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych

Tabela 3. Wartości FS dla kolejnych rozpatrywanych wariantów

| Głębokość wykopu, m | Wariant 1 | Wariant 2 | Wariant 3 | Wariant 4 | Wariant 5 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | 4.55 | 5.01 | - | 5.19 | - |
| 4 | 3.61 | 3.88 | - | 4.03 | - |
| 5 | 3 | 3.17 | - | 3.29 | - |
| 6 | 2.44 | 2.55 | - | 2.65 | 2.9 |
| 7 | 1.98 | 2.07 | 2.24 | 2.37 | 2.37 |
| 8 | 1.59 | 1.65 | 1.81 | 1.92 | 1.91 |
| 9 | 1.2 | 1.26 | 1.43 | 1.54 | 1.67 |
| 9.5 | 1.06 | 1.08 | 1.26 | 1.35 | 1.47 |

- Dla głębokości wykopu równej 9.5 m wskaźnik FS dla wariantu 3 osiąga wartość 1.26.
- Zwiększenie nośności kotwi zaproponowane w wariacie 4 przyniosło wzrost wartości FS o około 0.1 (docelowy FS=1.35).
- Zabudowa trzeciego rzędu kotwi (wariant 5) wywołuje dalszy wzrost wartości FS, który, dla wykopu o głębokości 9.5 jest równy 1.47.

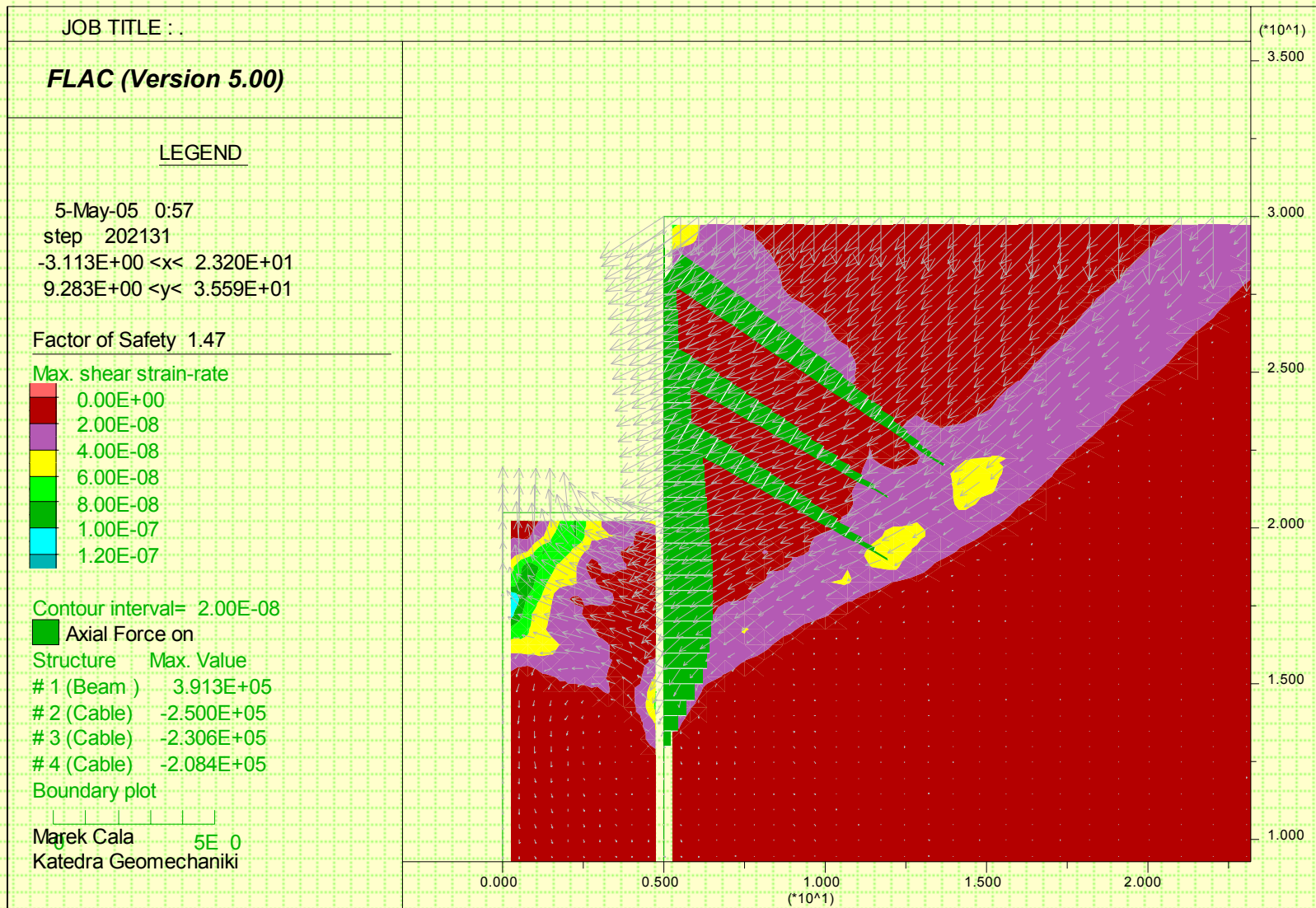
Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



Przemieszczenia ścianki – 14.67 cm

Przemieszczenia kotwi – 15.26 cm

Analiza stateczności ścianki szczelnej z zastosowaniem Metody Różnic Skończonych



FS=1.47

Podsumowanie

- Klasyczne metody obliczeniowe mogą prowadzić do popełnienia znaczących błędów przy projektowaniu kotwionych ścianek szczelnych.
- Nadają się one jednak świetnie do ustalenia **wstępnych** parametrów konstrukcji kotwionej ścianki szczelnej (głębokość zabicia, profil grodzicy, wymagana nośność kotwi). Parametry te mogą następnie być dokładnie zweryfikowane i ewentualnie skorygowane poprzez zastosowanie metod numerycznych.
- Pozwalają one na uniknięcie wielu uproszczeń, co w efekcie powoduje, że analiza współpracy konstrukcji oporowej z gruntem jest bardziej wiarygodna. Powinny być one stosowane na znacznie szerszą skalę jako narzędzie wspomagające projektowanie konstrukcji kotwionych ścianek szczelnych.