



# ANALIZA NUMERYCZNA STANU NAPRĘŻENIA W KOMPOZYTOWYM ZBIORNIKU DO MAGAZYNOWANIA WODORU

## CEL PRACY

Analiza wpływu materiału wewnętrznej ścianki zbiornika wodorowego oraz sposobu ułożenia warstw kompozytowych na rozkład naprężeń w zbiorniku kompozytowym pracującym pod ciśnieniem 35 MPa.

Zrealizowanie celu wymagało przeprowadzenia wielowariantowej analizy numerycznej, w której elementem zmiennym był materiał wewnętrznej ścianki zbiornika (lainera) oraz kąt oplotu. Jako materiał lainera wybrano polimer PCV (generacja IV) oraz stop aluminium (generacja III), ze względu na odmienne właściwości tych materiałów. Dodatkowo zbadanie wpływu zmiany kąta oplotu wymagało zamodelowania odrębnego wariantu i zastąpienia szczęściu ostatnich warstw podstawowego oplotu  $[+45^\circ/-45^\circ] \times 15$ , na oplot  $[90^\circ] \times 6$ .

## Wykaz przeprowadzonych analiz

|                             | model I                           | model II   |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| rodzaj lainera (osnowy)     | metaliczny                        | polimerowy |
| rodzaj materiału            | aluminium 6061-T6                 | PCV        |
| rodzaj wariantu             | wariant I                         |            |
| sposób oplotu kompozytowego | $[+45^\circ/-45^\circ] \times 15$ |            |
| materiał kompozytowy        | włókno węglowe – CFRP             |            |
| rodzaj wariantu             | wariant II                        |            |
| sposób oplotu kompozytowego | $[+45^\circ/-45^\circ] \times 12$ |            |
| materiał kompozytowy        | włókno węglowe – CFRP             |            |
| sposób oplotu kompozytowego | $[90^\circ] \times 6$             |            |
| materiał kompozytowy        | włókno szklane typu E – GFE       |            |

## WNIOSKI

Zmiana materiału lainera z aluminiowego na PCV wpływa bezpośrednio na rozkład naprężeń w zbiorniku kompozytowym, zmniejszając tym samym naprężenia w ściance wewnętrznej, które są przenoszone na materiał kompozytowy, co z kolei zwiększa naprężenia w warstwach kompozytowych. Reasumując materiał wewnętrzny zbiornika wodorowego wpływa bezpośrednio na rozkład naprężeń w całym kompozycie.

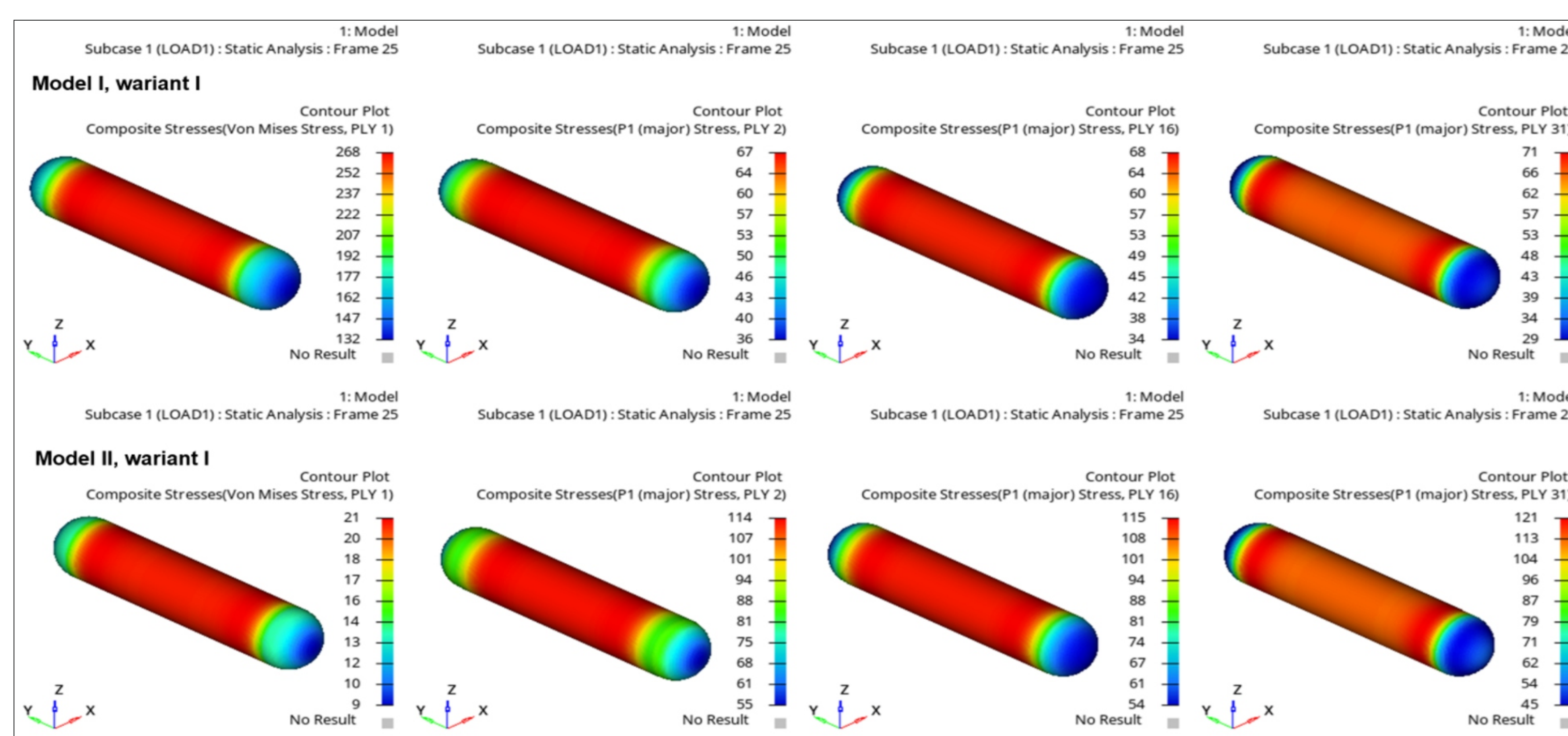
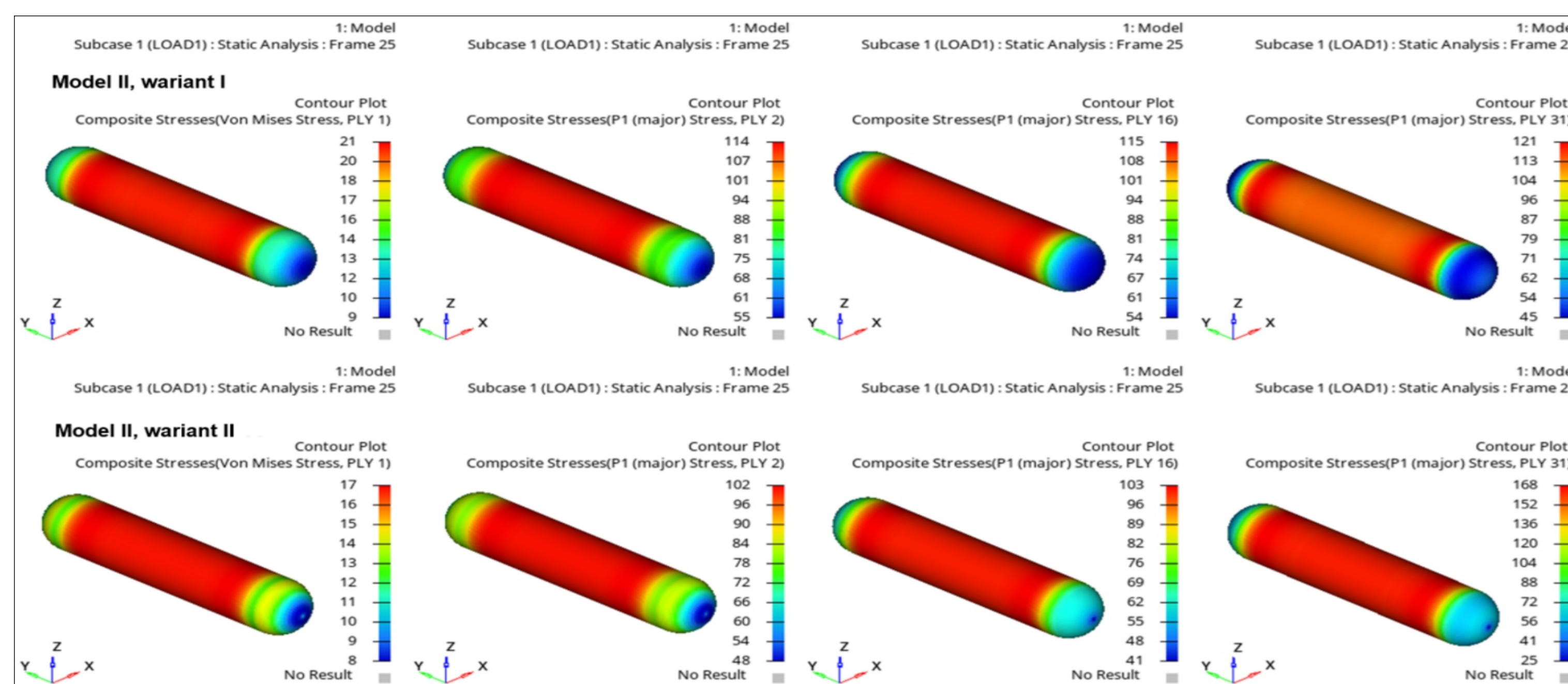
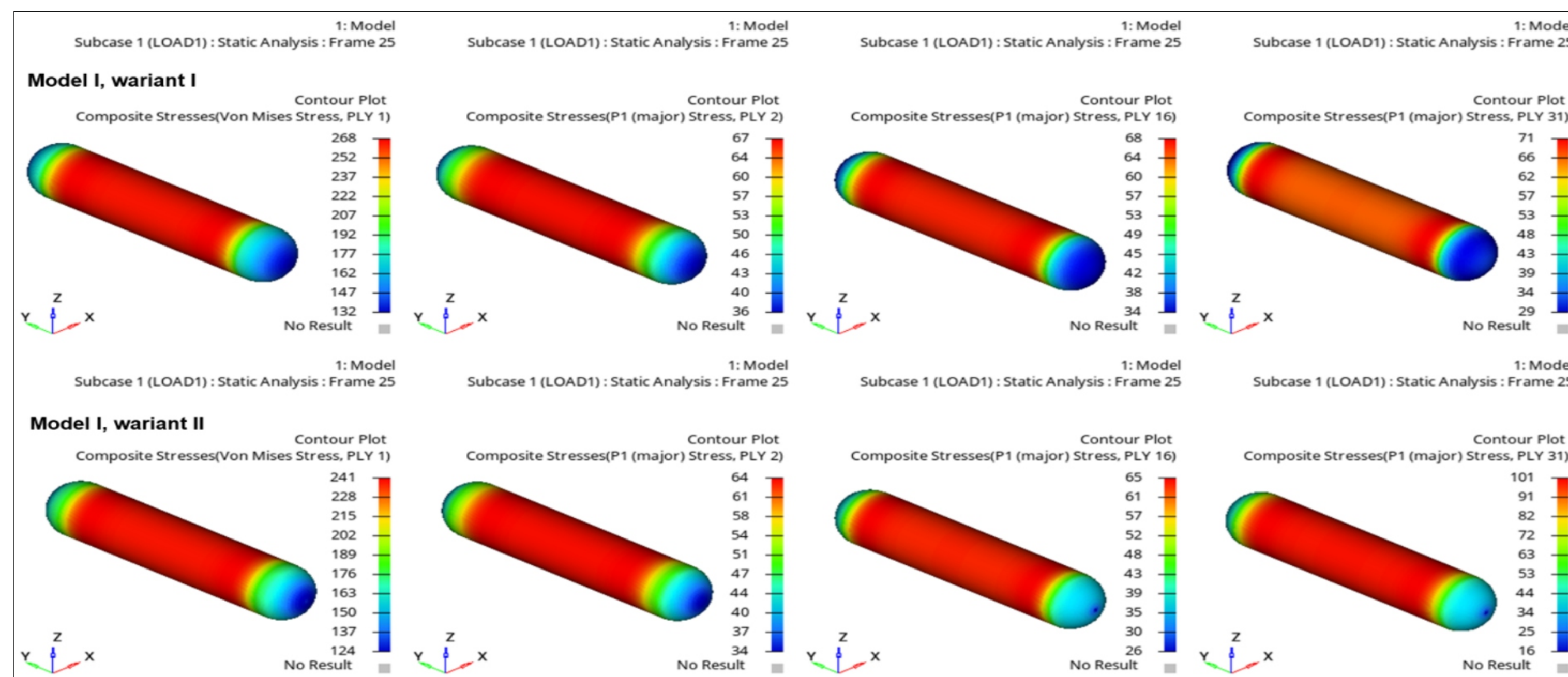
Zmiana oplotu kompozytowego z  $+45^\circ/-45^\circ$  na  $90^\circ$  wpływa pozytywnie na zmniejszenie naprężenia w lainerze zbiornika.

Największe naprężenia w zbiorniku wodorowym występują w części cylindrycznej, najmniejsze natomiast w strefie dennic, które zredukowane są przede wszystkim dzięki zastosowaniu oplotu pod kątem  $+45^\circ/-45^\circ$ .

Przy przyjętych założeniach konstrukcyjnych model II spełnia warunki wynikające z nieprzekroczenia wartości granicy plastyczności oraz maksymalnego naprężenia na rozciąganie. Dzięki temu zaprojektowane warstwy są w stanie zmagazynować wodór pod ciśnieniem 35 MPa, uwzględniając współczynnik bezpieczeństwa oscylujący w granicach 1,8–2,7.

Wartości naprężenia występującego w lainerze aluminiowym są blisko przekroczenia wartości granicy plastyczności oraz maksymalnego naprężenia na rozciąganie, przez co model nie nadaje się do zmagazynowania wodoru pod ciśnieniem 35 MPa. Aby zmniejszyć naprężenie w pierwszej warstwie zbiornika należałoby zwiększyć grubość ścianki lainera, zwiększyć ilość warstw kompozytowych lub manipulować kątem oplotu materiału kompozytowego

## WYNIKI ANALIZY NUMERYCZNEJ



Rozkłady naprężeń [MPa] w wybranych warstwach kompozytowych.  
Oznaczenia: PLY 1 – lainer, PLY 2 – pierwsza warstwa oplotu kompozytowego, PLY 16 – piętnasta warstwa oplotu kompozytowego, PLY 31 – ostatnia (zewnętrzna) warstwa oplotu.

Specjalność: **TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII MECHANICZNEJ**