

Výškový systém : Bpv  
Souřadnicový systém: S-JTSK

|  |           |   |  |   |
|--|-----------|---|--|---|
| Název akce:  |           |   |  |   |
| <b>MOST KT08 U HLAVNÍ POŠTY V KLATOVECH</b><br>Dokumentace pro výběr zhotovitele (DVZ) |           |   |  |   |
| Stavebník:   |           |  |  |   |
|  |           | <b>Město Klatovy</b><br>náměstí Míru 62<br>339 01 Klatovy                           |  |   |
| Projektant:  |           |  |  |   |
|  |           | <b>Bridge Structures s.r.o.</b><br>Havlovská 1276/19<br>160 00 Praha 6 - Dejvice    |  |   |
| Stupeň   | DVZ       | Hlavní inženýr projektu   | Ing.arch. MgA. Petr Tej,<br>Ph.D. et Ph.D. | Podpis:  |
| Datum  | 01/2024   | Odpovědný projektant  | Ing. Mourek, Ph.D.                         | Podpis:  |
| Měřítko  | -         | Vypracoval  | Ing. Mourek, Ph.D.                         | Podpis:  |
| Formát   | A4        | Technická kontrola  | Ing. arch. Tej, Ph.D et Ph.D.              | Podpis:  |
| Verze  | 0         |   |  |   |
| Paré:  | SO 201    | Most KT08 - Architektonické prvky mostu - UHPFRC římsy                              |  |   |
|  | Příloha:  | Název přílohy:  |  |   |
|  | D.1.2.    |   |  |   |
|  | <b>08</b> | <b>STATICKÝ VÝPOČET</b>   |  |   |

## 1 MATERIÁLY

Římsové prefabrikáty mostu jsou navrženy z UHPFRC betonu C130-FR8-B. Vyztužení je tvořeno betonářskou prutovou výztuží třídy B500. Pro kotvení prefabrikátu je využito ocelových prvků z oceli S355.

Pro nelineární analýzu byly využívány střední materiálové vlastnosti betonu (Tab. 1), plasticita ocelových prvků (Tab. 2) a pro ostatní materiály lineární vlastnosti (Tab. 3).

**Tab. 1:** Materiálové charakteristiky pro beton

| Materiál   | E [GPa] | $\nu$ [-] | $f_c$ [MPa] | $f_t$ [MPa] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|
| C130-FR8-B | 40      | 0,2       | 132         | 6           | 2600                        |

**Tab. 2:** Materiálové charakteristiky pro výztuž

| Materiál  | E [GPa] | $f_y$ [MPa] | $f_u$ [MPa] | $\epsilon_{lim}$ [-] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|-----------|---------|-------------|-------------|----------------------|-----------------------------|
| B500 Mean | 200     | 550         | -           | -                    | 7850                        |
| S355      | 200     | 355         | -           | -                    | 7850                        |

**Tab. 3:** Materiálové charakteristiky pro ostatní materiály

| Materiál    | E [GPa] | $\nu$ [-] | $f_c$ [MPa] | $f_t$ [MPa] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|-------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|
| Beton mostu | 35      | 0,2       | -           | -           | 2300                        |

## 2 NUMERICKÁ ANALÝZA

Numerická analýza probíhala v programu Atena 3D, který umožňuje provádět nelineární numerické simulace. Pro prováděné analýzy byly využity následující typy nelinearity: geometrické, materiálové a kontaktní.

### 2.1 POPIS VÝPOČENÍHO MODELU

Výpočetní model představoval kompletní prefabrikát římsy, včetně kotevních a spřahovacích prvků. Model se tedy skládal z betonové části, dvojice nosníků HEB 160, spřahovacích trnů, patních plechů, závitových tyčí a částí představující kontaktní plochy konstrukce mostu.

Aby bylo zabráněno přenosu tahových namáhání v místě uložení posuzované konstrukce na nosnou konstrukci mostu, je v těchto místech použito třetího spoje, který nepřenáší tahová napětí a ve smyku pouze zatížení odpovídající normálovému napětí v kontaktu vynásobeno

součinitelem tření. Pomocí třecích spojů je řešen též kontakt mezi ocelovými prvky kotvení (HEB a trnů) a UHPFRC prefabrikátem.

Prefabrikát je v oblasti nosných žeber vyztužen betonářkou výztuží Ø12 mm.

Výpočetní model tvoří 155 makroprvků, 834 kontaktů, 44 prutových výztuží a 406 872 konečných prvků.

## 2.2 PODPORY A ZATÍŽENÍ

Výpočetní model byl podepřen v oblasti plánovaného uložení. Je zde tedy hlavní pevné podepření v oblasti vetknutí závitových tyčí do nosné konstrukce mostu. Dále jsou aplikovány podpory v místě kde se může prefabrikát ve spodní části žeber opírat o bok nosné konstrukce mostu. Podepřen je vždy prvek reprezentující dotčenou částí nosné konstrukce mostu. Analyzovaný prefabrikát je k tomuto prvku napojen pomocí třecích spojů a přenáší tak pouze tlaková namáhání a část namáhání smykových (vyjma dříku závitové tyče, která je do prvku vetknuta).

Stálá zatížení (G) tvoří vlastní tíha modelovaných prvků. Vlastní hmotnost konstrukce je stanovena na základě její geometrie, vyztužení a objemové hmotnosti materiálů.

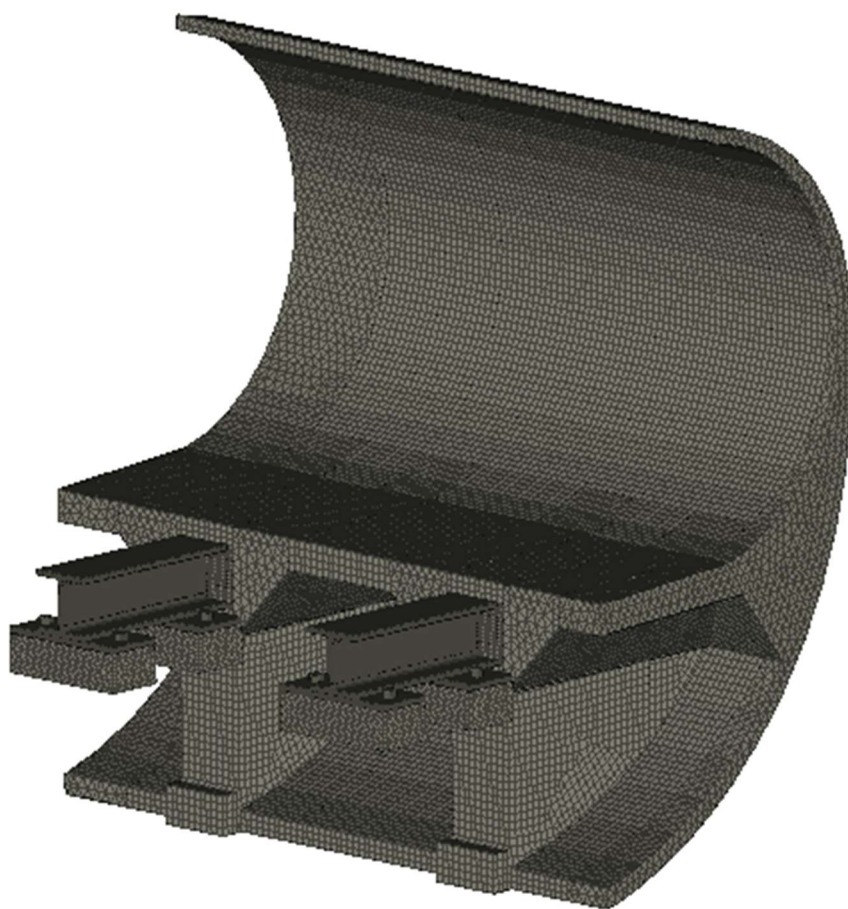
Proměnná zatížení reprezentuje zatížení smrštěním betonu, přetížení davem chodců (CH), zatížení horní hrany zábradlí (Z) a zatížení větrem (V).

Poměrné přetvoření od smrštění bylo uvažováno s hodnotou 1,0‰. Zatížení chodci bylo uvažováno o velikosti 5 kN/m<sup>2</sup>. Zatížení horní hrany zábradlí bylo uvažováno o velikosti 1 kN/m ve svislém i vodorovném směru. Zatížení větrem bylo uvažováno o velikosti 1 kN/m<sup>2</sup> pro tlak i sání, zatížení působilo kolmo na nechráněné povrchy prefabrikátu.

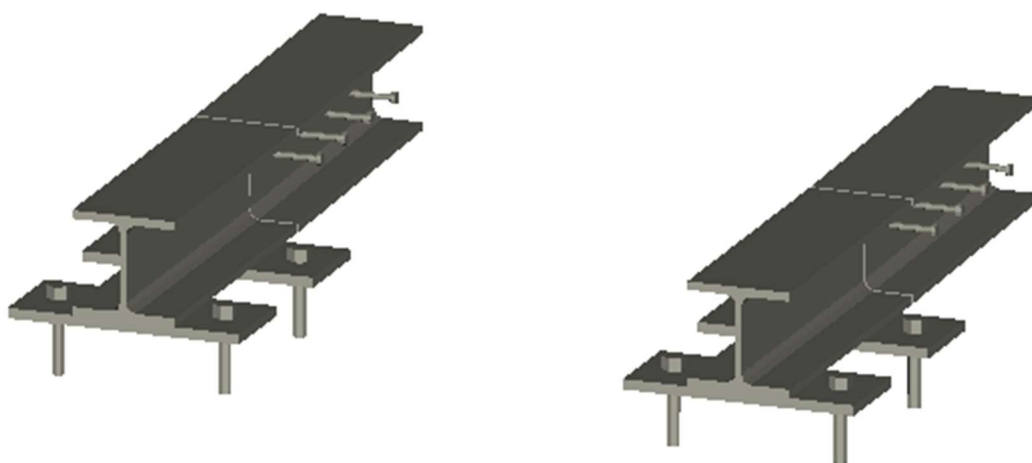
Zatížení od smrštění bylo uvažováno samostatně mimo kombinaci silových zatížení.

Silová zatížení byla aplikována ve dvou kombinacích, bez užití redukčních součinitelů:

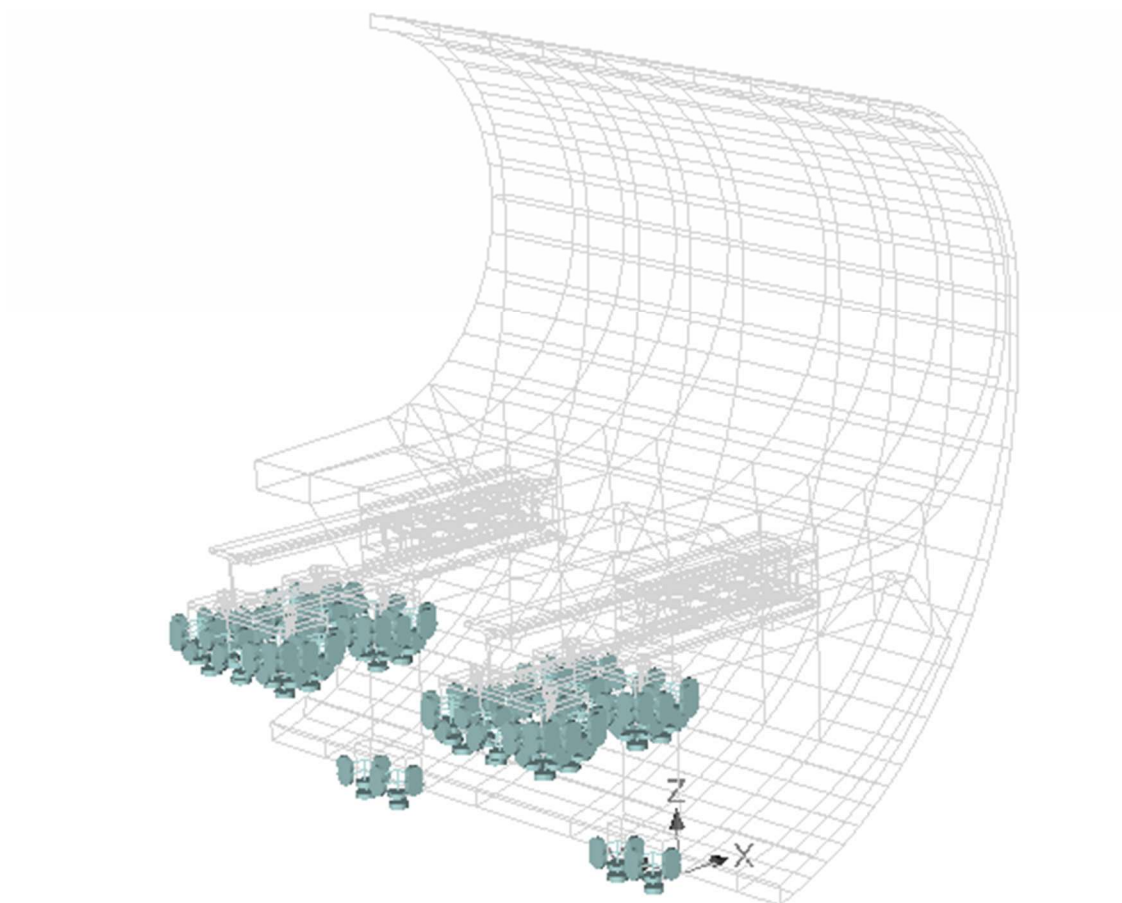
- I.  $1,0 \times G + 1,0 \times CH + 1,0 \times Z + 1,0 \times V$
- II.  $1,35 \times G + 1,35 \times CH + 1,5 \times Z + 1,5 \times V$



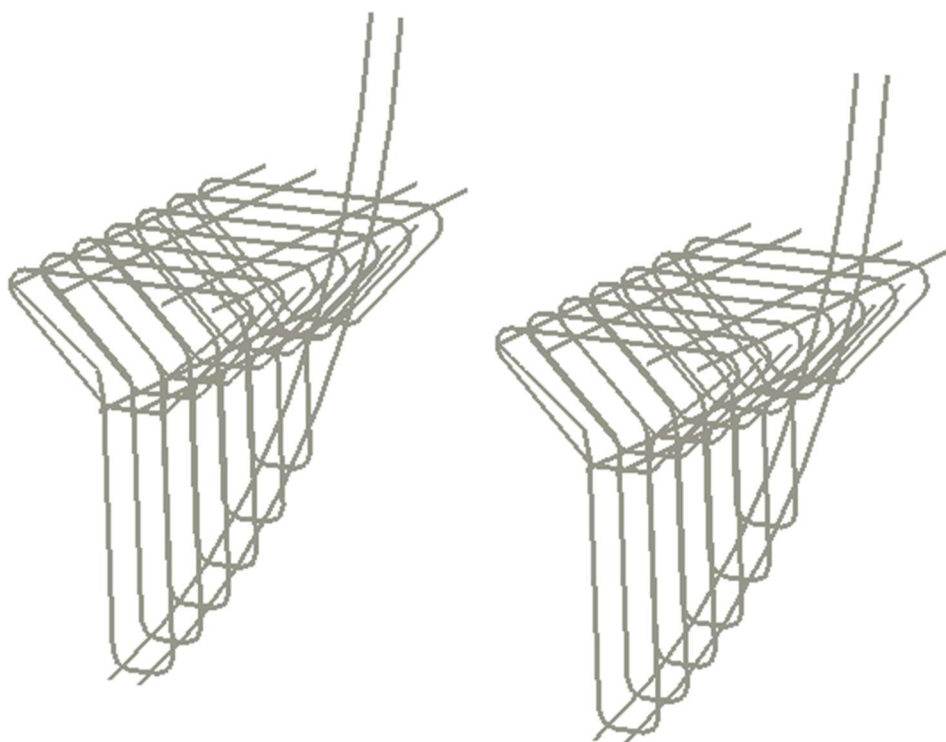
**Obr. 1:** Výpočetní model se sítí konečných prvků



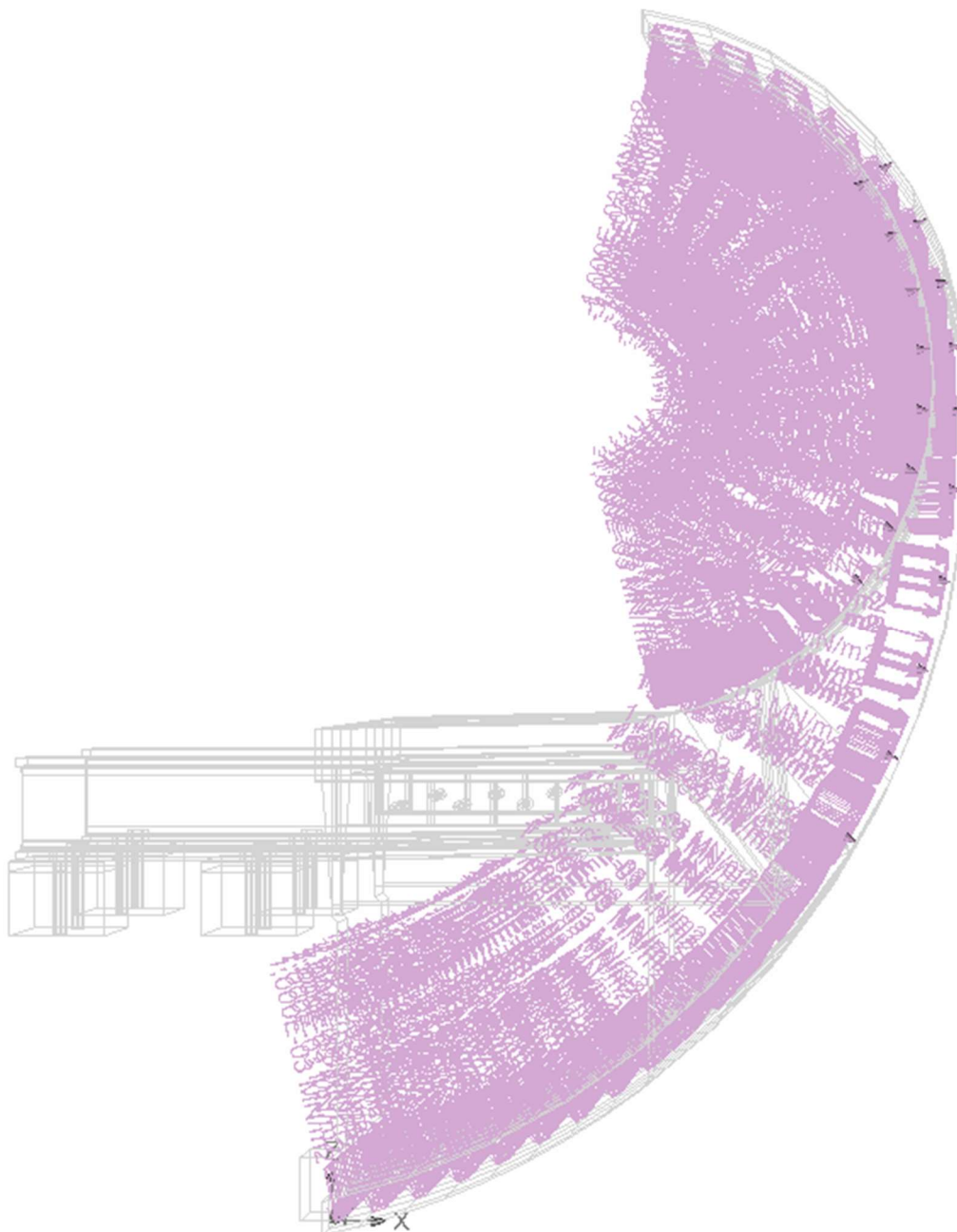
**Obr. 2:** Model kotvení prefabrikátu



**Obr. 3:** Podepření modelu



**Obr. 4:** Vyztužení modelu



**Obr. 5:** Zatížení modelu větrem

## 2.3 MATERIÁLOVÉ CHARATERISTIKY

Pro analýzu byly využity nelineární materiálové modely pro beton a výztuž.

Beton byl modelován pomocí „CC3DNonLinCementitious 2 - User“ materiálového modelu, jehož základní parametry jsou uvedeny v tabulce 1.

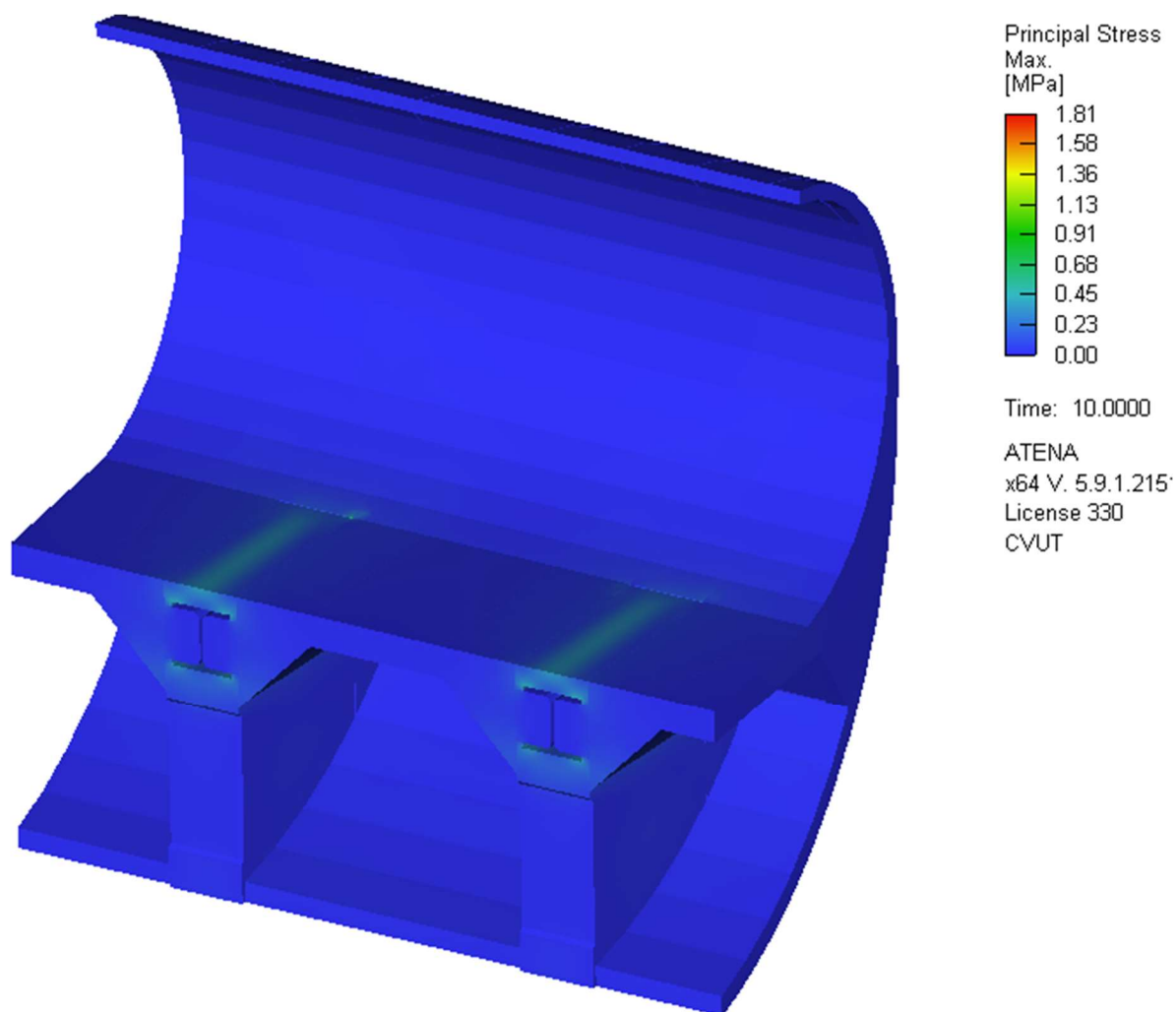
Pro výztuž byl použit materiálový model „CCReinforcement“, který využíval bilineární plasticitu bez zpevnění. Ostatní ocelové prvky využívali materiálový model „CC3DBilinearSteelVonMises“. Vlastnosti ocelových prvků jsou v tabulce 2.

## 2.4 VÝSLEDKY

Tato kapitola se zabývá prezentací dosažených výsledků prováděných analýz. Výsledky jsou zaměřeny na případný vznik trhlin v UHPFRC prefabrikátu či nadměrných napětí v ocelové či betonové části průřezu.

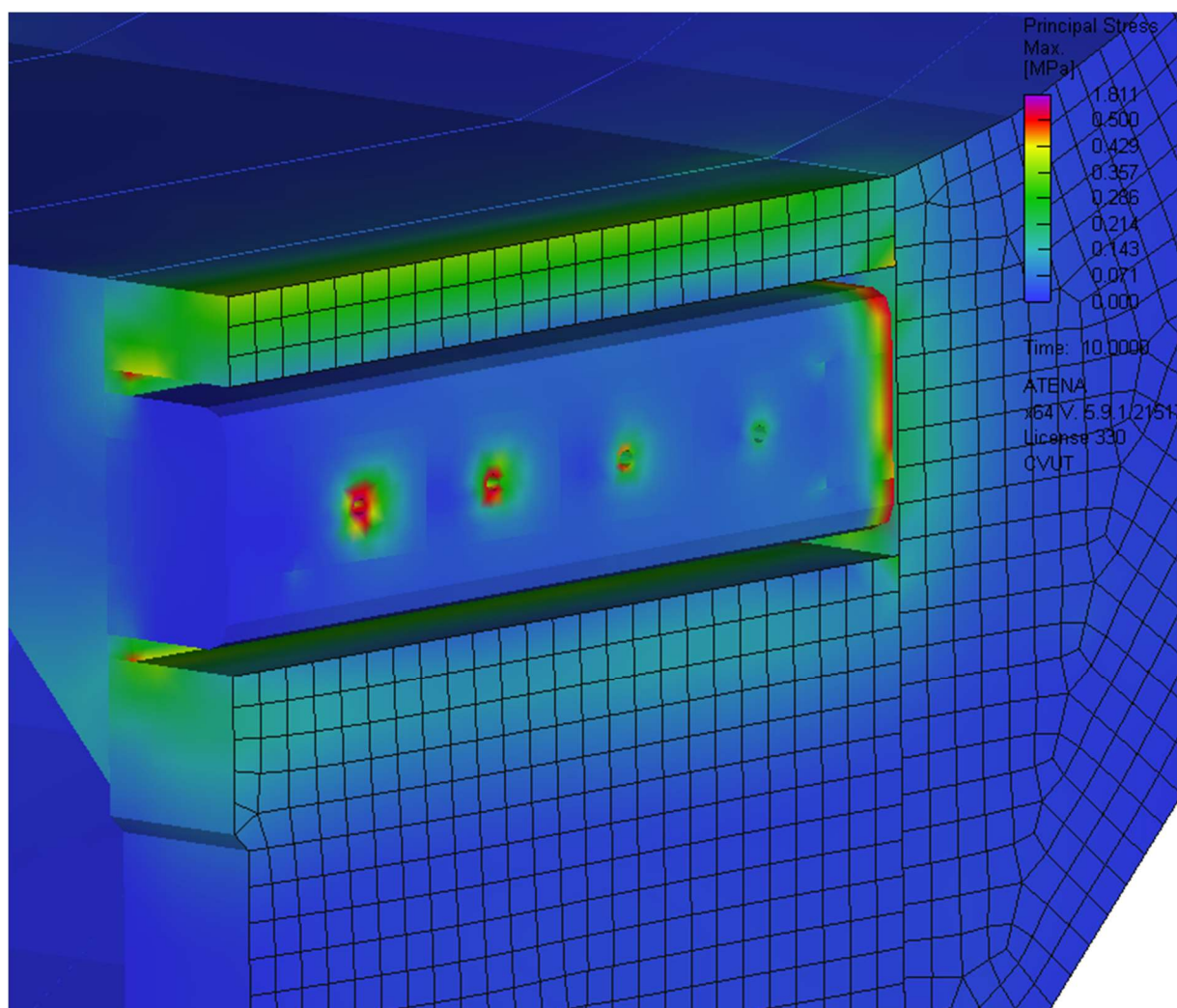
### 2.4.1 SMRŠTĚNÍ

V této kapitole jsou výsledky analýzy vlivu smrštění na napjatost konstrukce.



**Obr. 6:** Hlavní tahové napětí na prefabrikátu římsy. Lokální maximální špička tahového napětí je 1,81 MPa. Hodnoty napětí jinak nepřesahují 0,5 MPa.





**Obr. 7:** Detail průběhu hlavních tahových napětí v řezu v místě žebra.

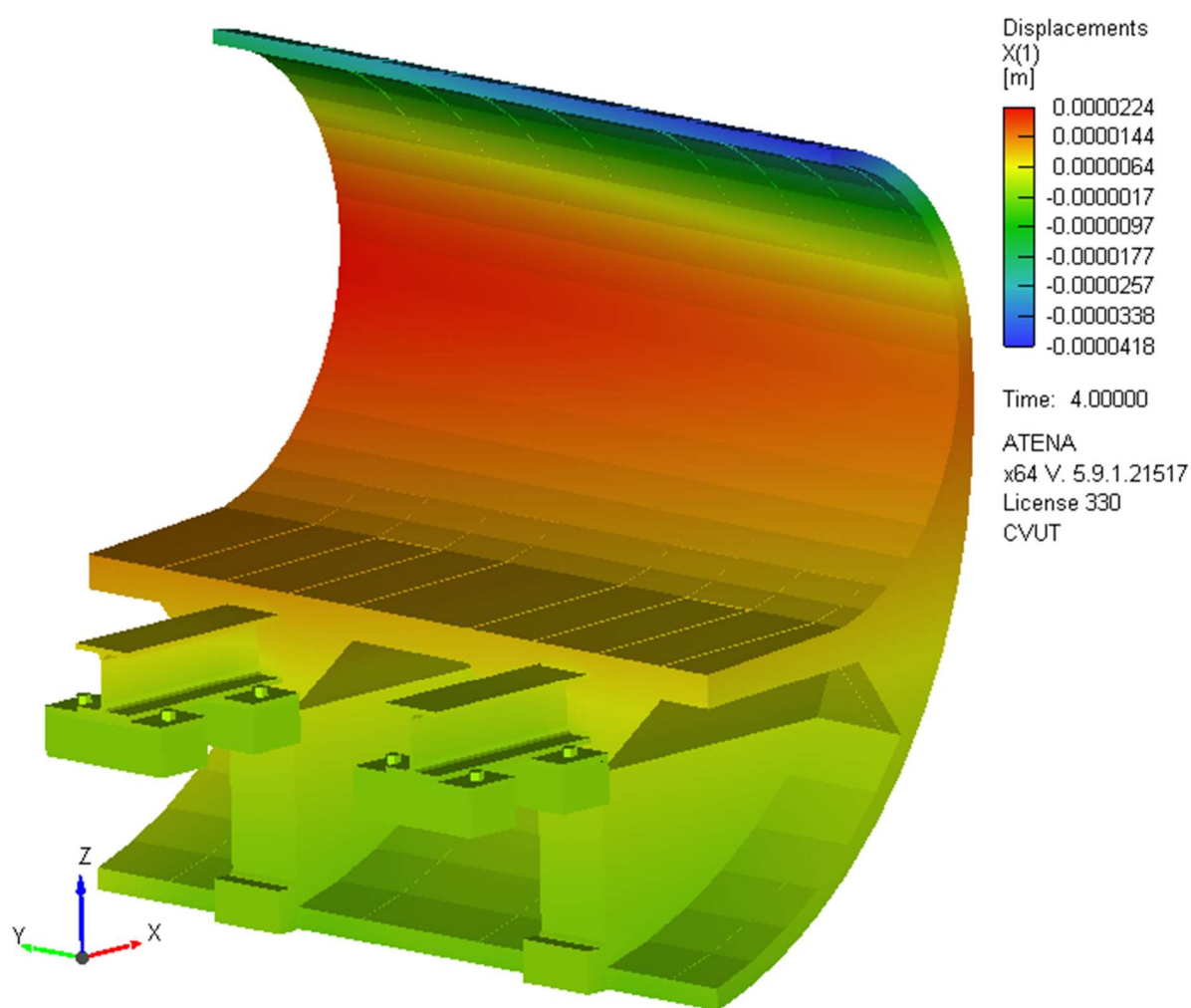
**Obr. 8:** Svislá deformace pro



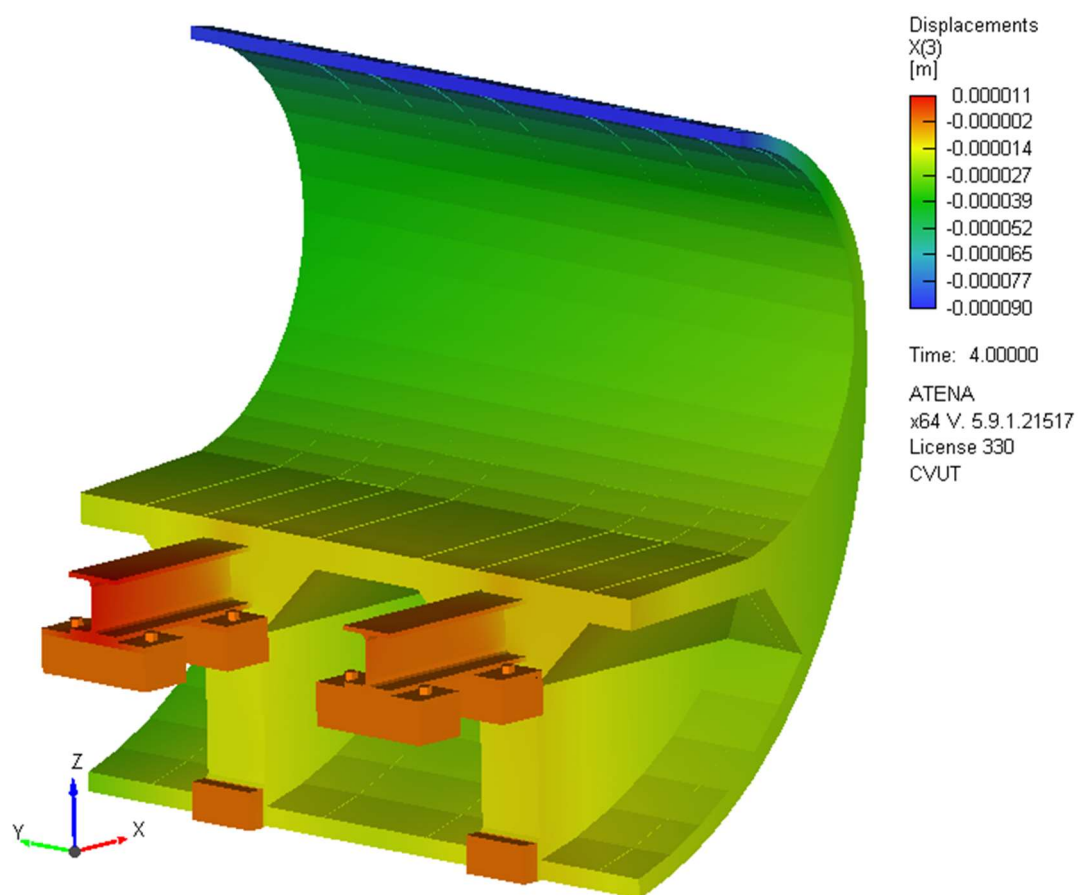
## 2.4.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ I

V této části jsou uvedeny výsledky pro první (charakteristickou) kombinaci silových zatížení. Jsou uvedeny i výsledky pro dílčí kombinace zatěžovacích stavů, tak jak byla konstrukce postupně přitěžována.

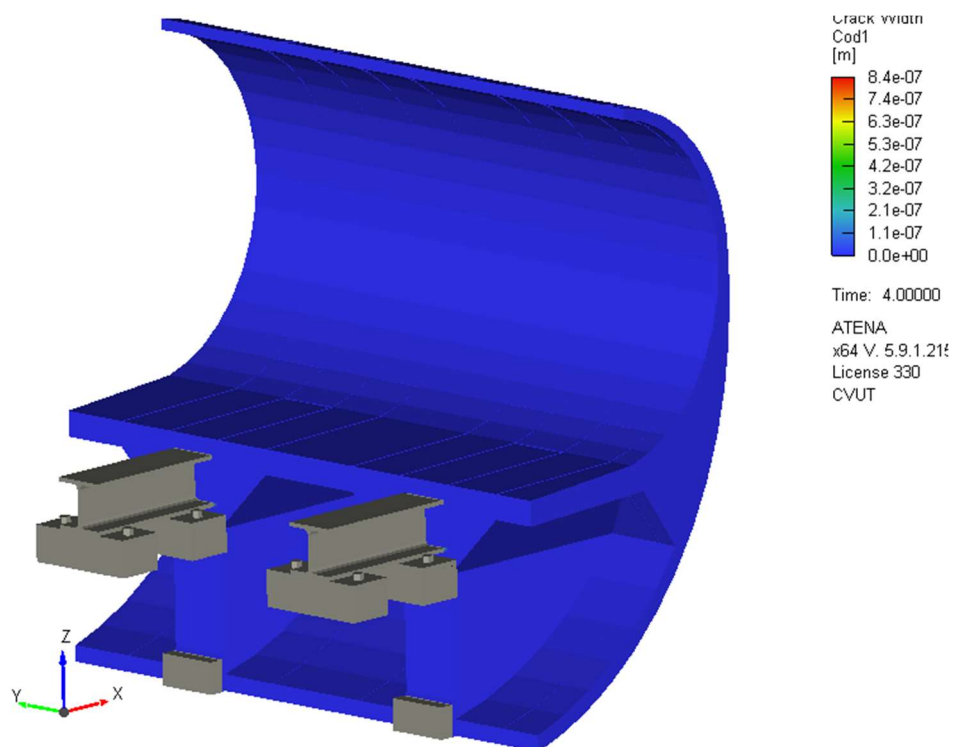
### VLASTNÍ HMOTNOST



**Obr. 9:** Deformace ve směru osy X. Deformace je v rozsahu -0,04 až 0,02 mm.

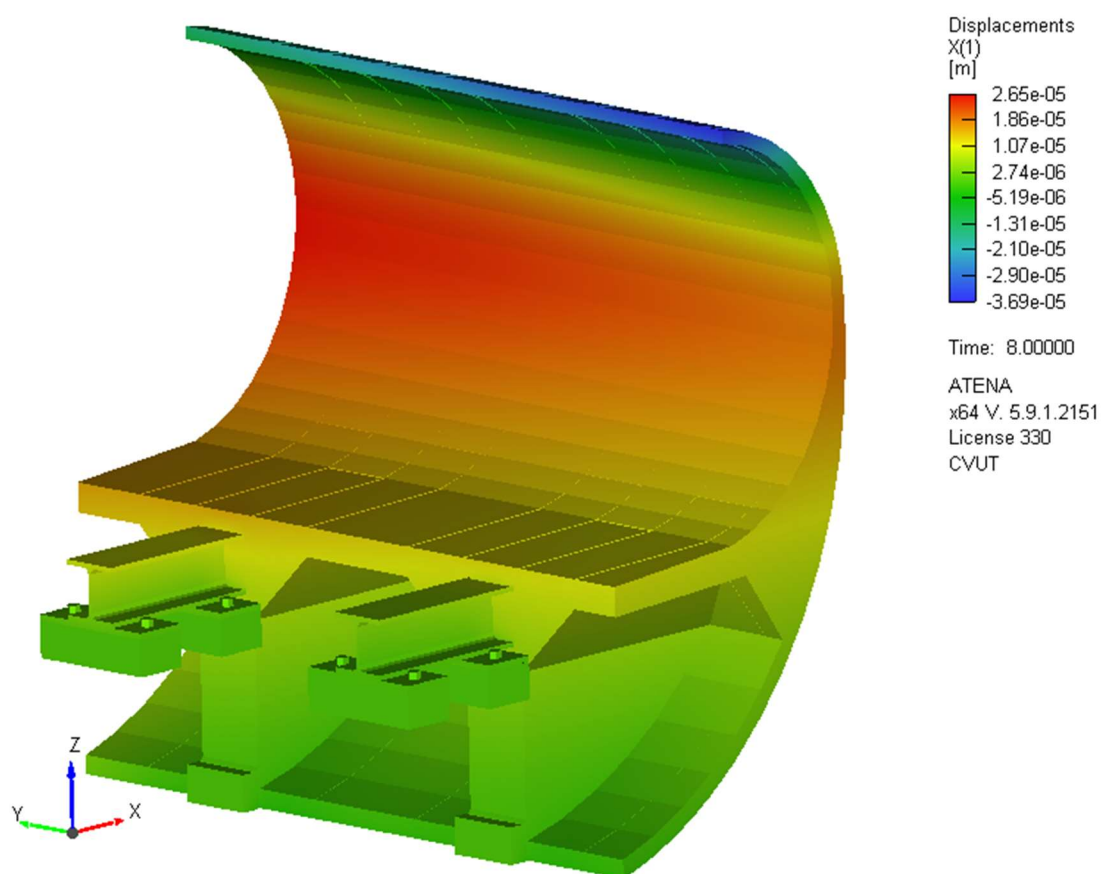


**Obr. 10:** Deformace ve směru osy Z. Deformace je v rozsahu -0,09 až 0,01 mm.

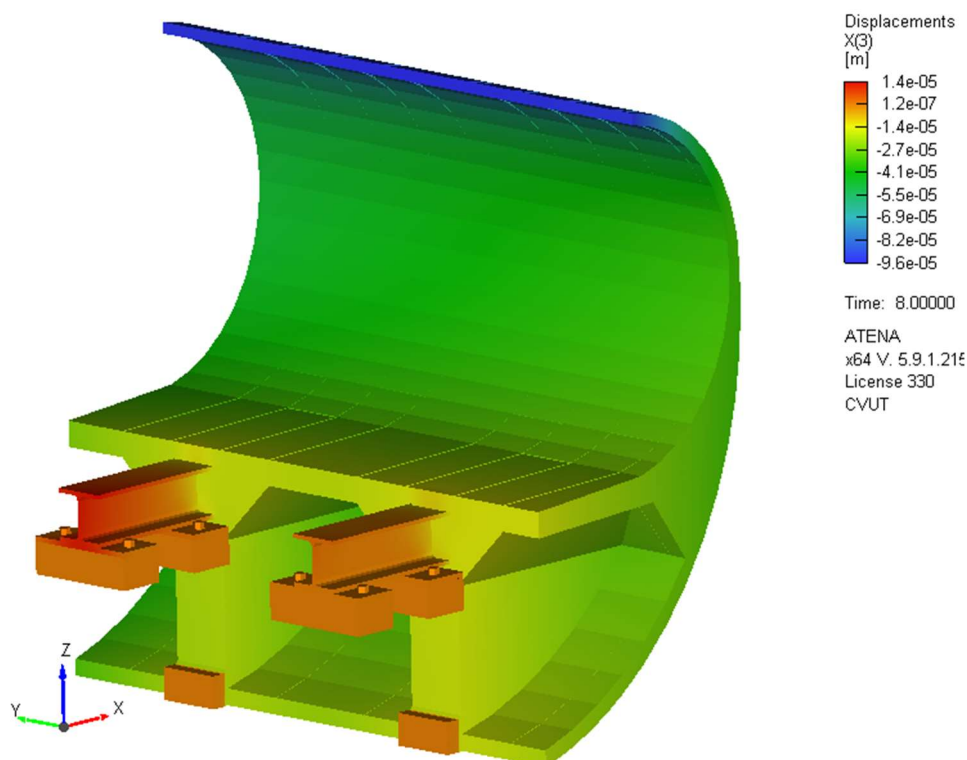


**Obr. 11:** Trhliny. Vznikají pouze drobné trhlinky v místě uložení ocelových prvků do prefabrikátu šíře 0,0008 mm.

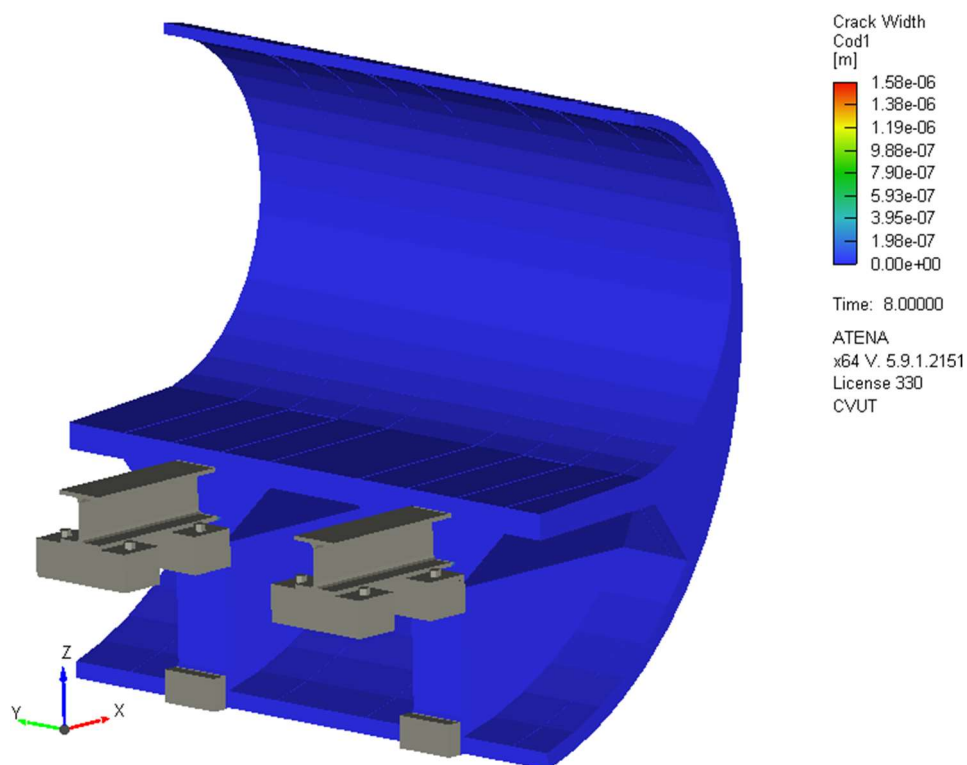
## VLASTNÍ HMOTNOST + ZATÍŽENÍ DAVEM CHODCŮ



**Obr. 12:** Deformace ve směru osy X. Deformace je v rozsahu -0,04 až 0,03 mm.

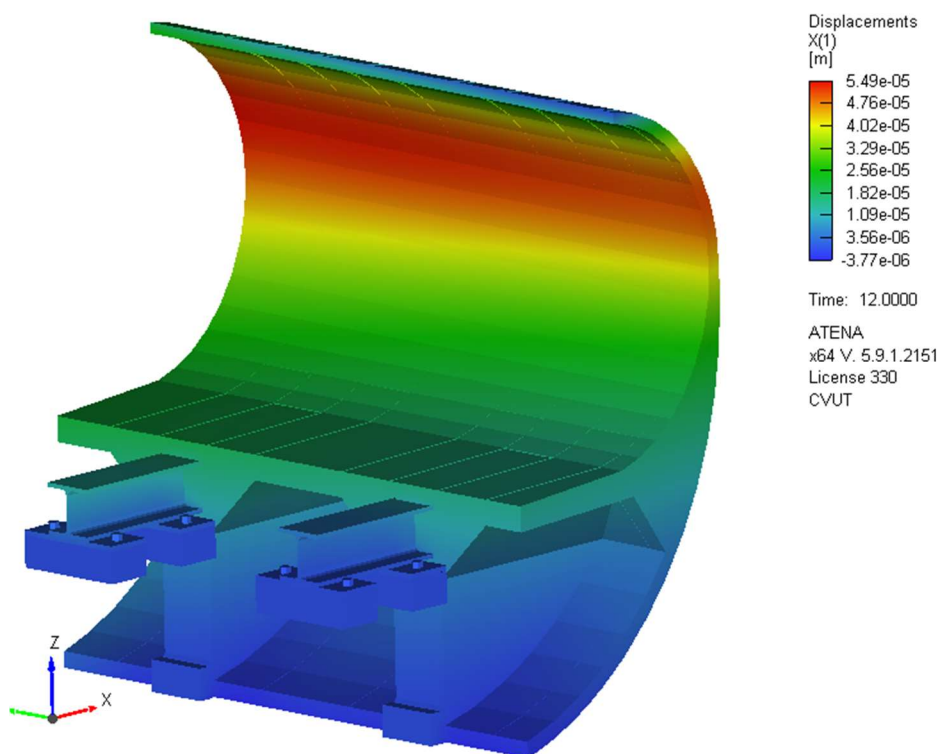


**Obr. 13:** Deformace ve směru osy Z. Deformace je v rozsahu -0,10 až 0,01 mm.

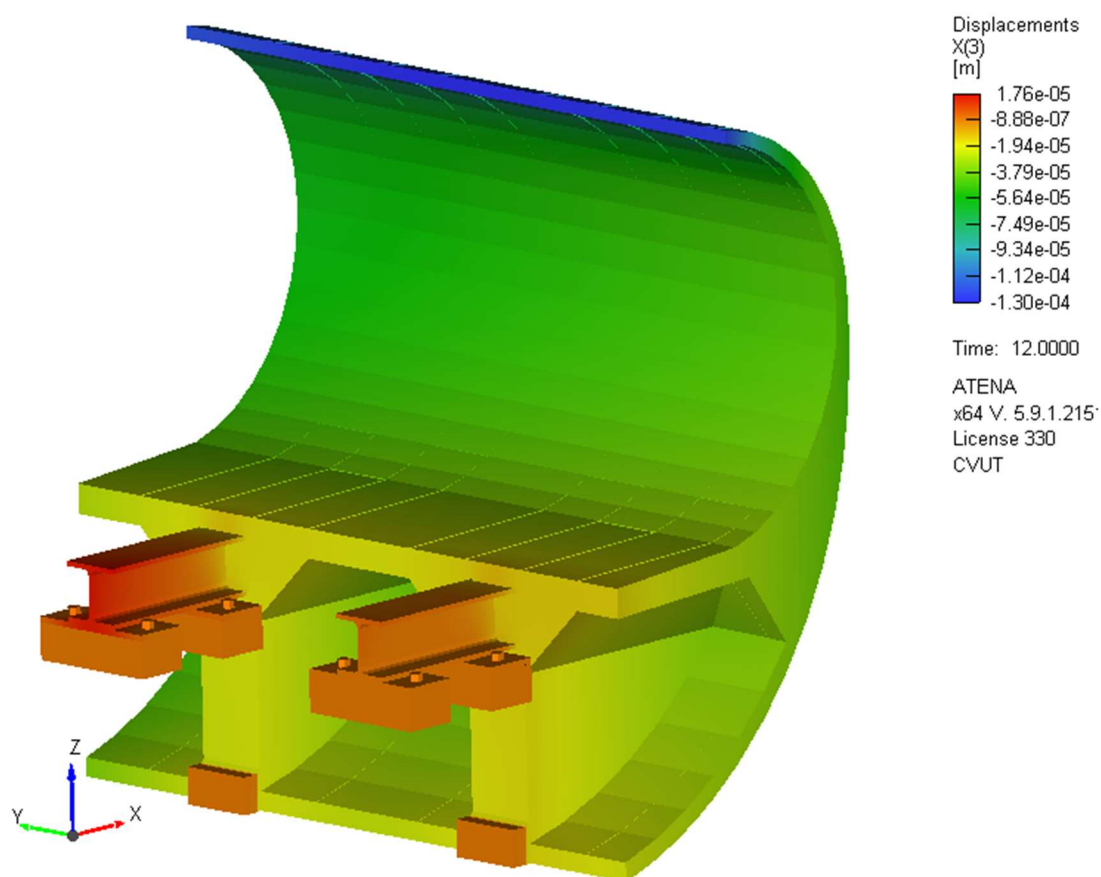


**Obr. 14:** Trhliny. Vznikají pouze drobné trhlinky v místě uložení ocelových prvků do prefabrikátu šíře 0,0016 mm.

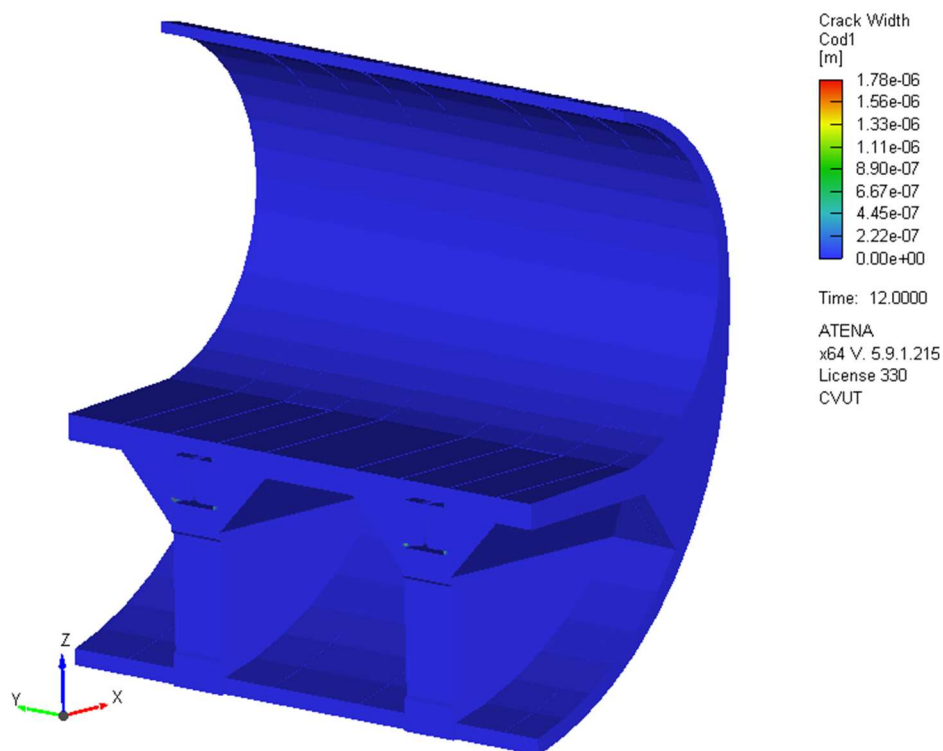
### VLASTNÍ HMOTNOST + DAV CHODCŮ + HORNÍ HRANA ZÁBRADLÍ



**Obr. 15:** Deformace ve směru osy X. Deformace je v rozsahu -0,004 až 0,055 mm.

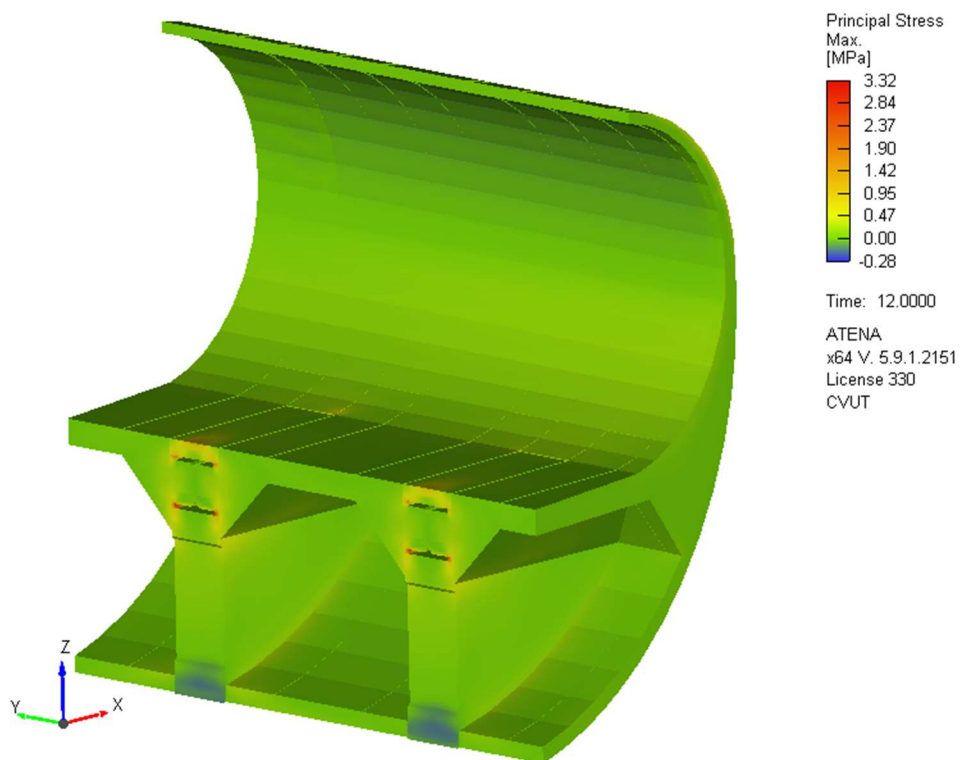


**Obr. 16:** Deformace ve směru osy Z. Maximální průhyb je -0,13 mm

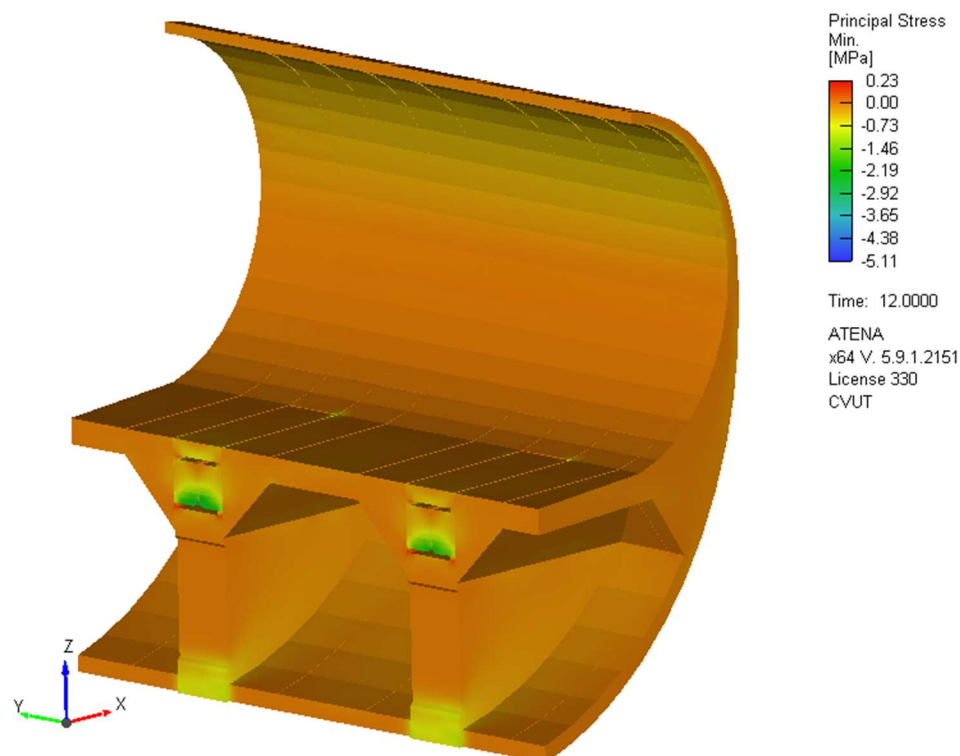


**Obr. 17:** Trhliny. Vznikají pouze drobné trhlinky v místě uložení ocelových prvků do prefabrikátu šíře 0,0018 mm.



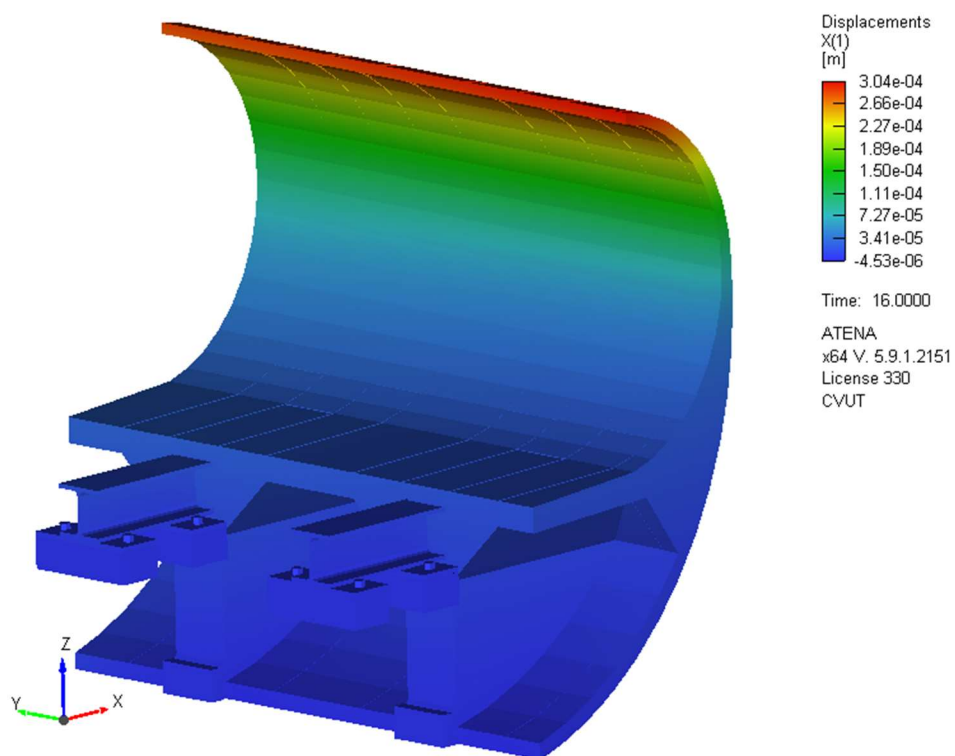


**Obr. 18:** Hlavní tahové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků. Na zbytku konstrukce jsou tahová napětí do 0,5 MPa.

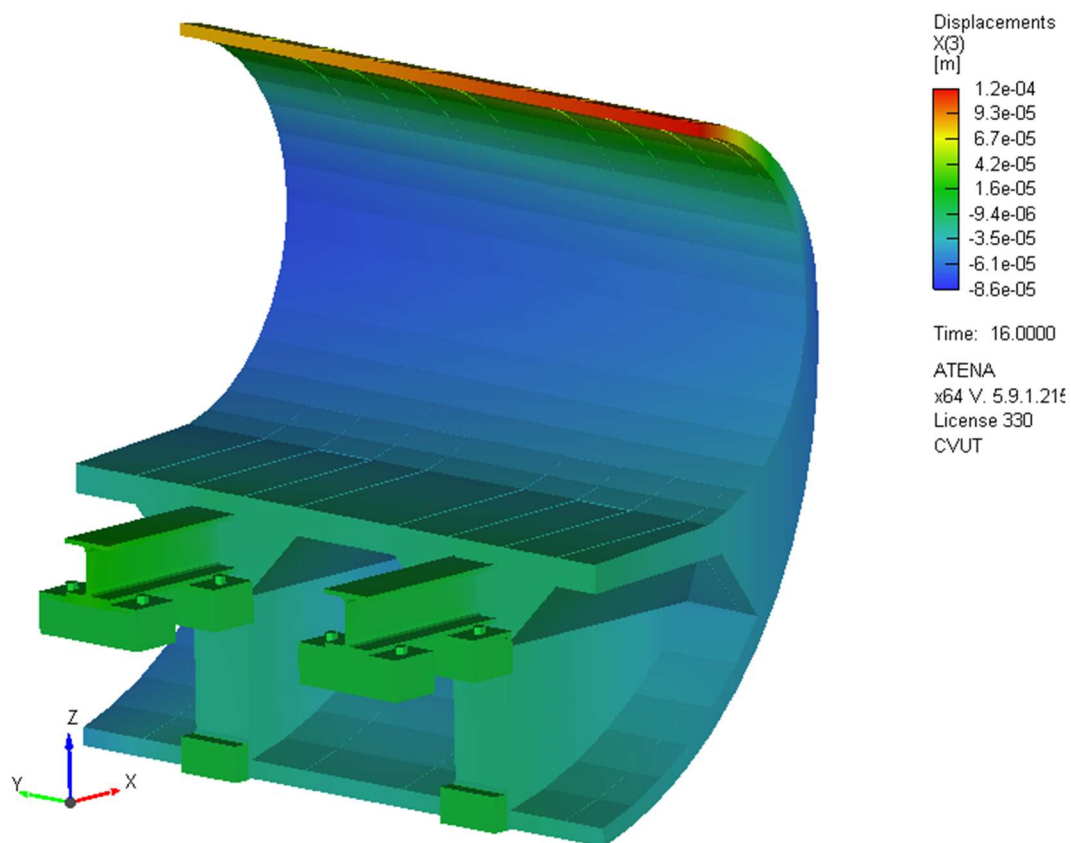


**Obr. 19:** Hlavní tlakové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků a v místě spodní podpory.

**VLASTNÍ HMOTNOST + DAV CHODCŮ + HRANA ZÁBRADLÍ + VÍTR**

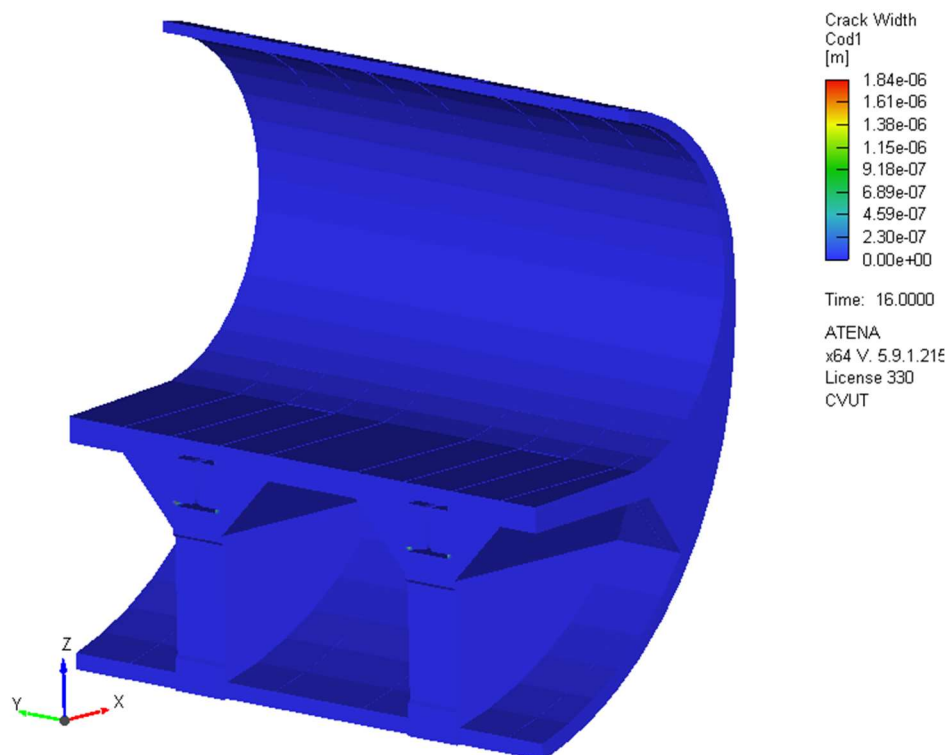


**Obr. 20:** Deformace ve směru osy X. Deformace je v rozsahu -0,004 až 0,304 mm.

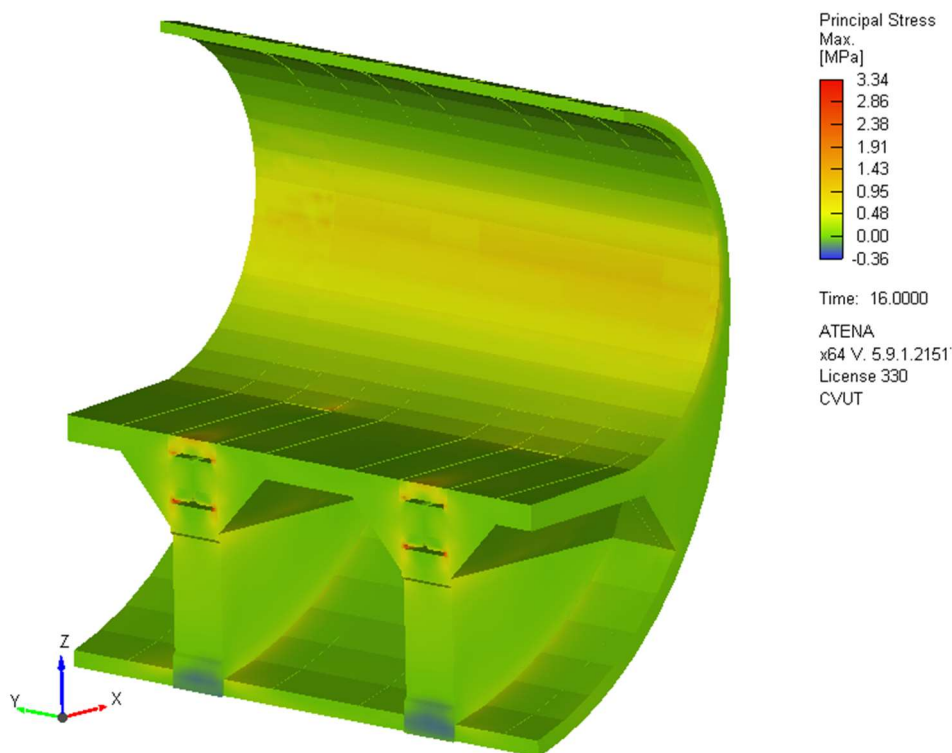


**Obr. 21:** Deformace ve směru osy Z. Deformace je v rozsahu -0,086 až 0,12 mm.

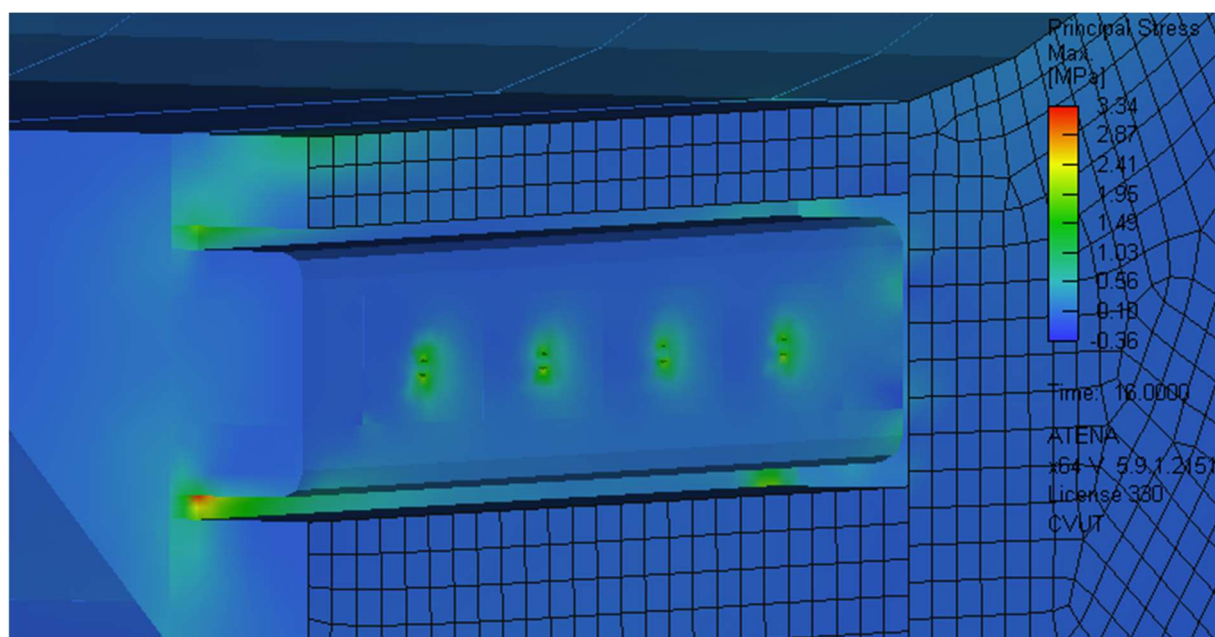




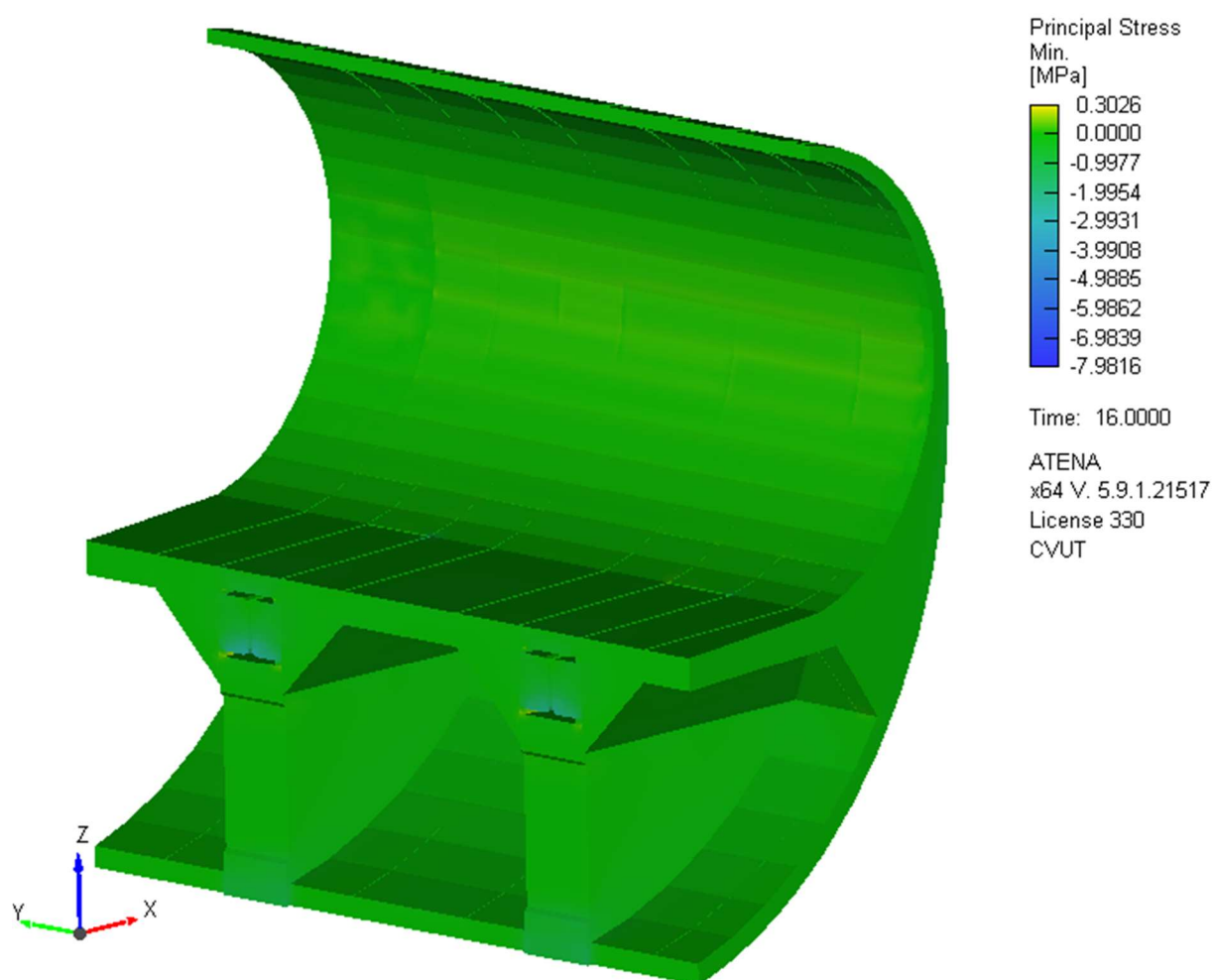
**Obr. 22:** Trhliny. Vznikají pouze drobné trhlinky v místě uložení ocelových prvků do prefabrikátu šíře 0,0018 mm.



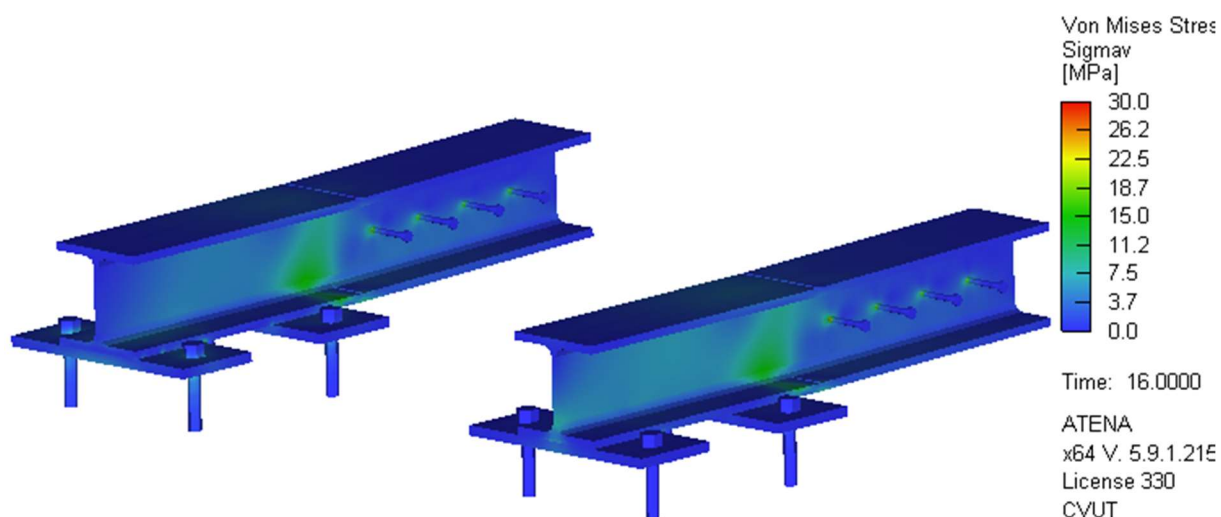
**Obr. 23:** Hlavní tahové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků. Na zbytku konstrukce jsou tahová napětí do 1,0 MPa.



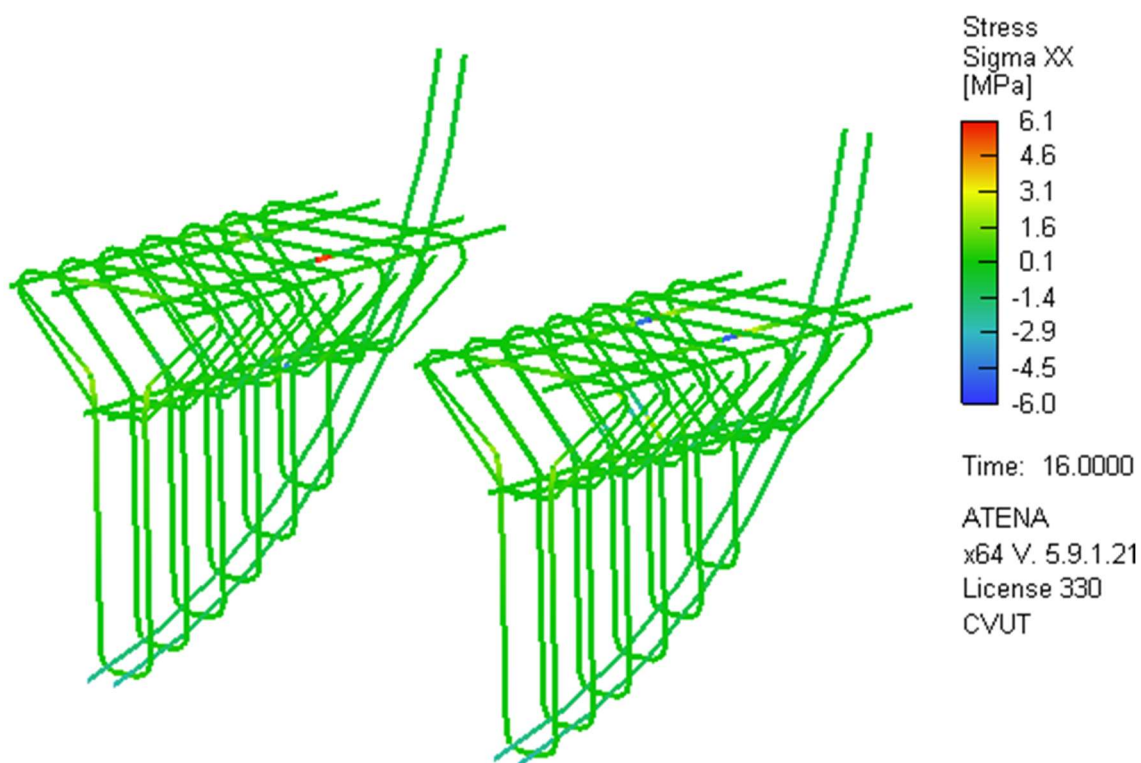
**Obr. 24:** Detail hlavního tahového napětí v řezu žebrem.



**Obr. 25:** Hlavní tlakové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků a v místě spodní podpory.



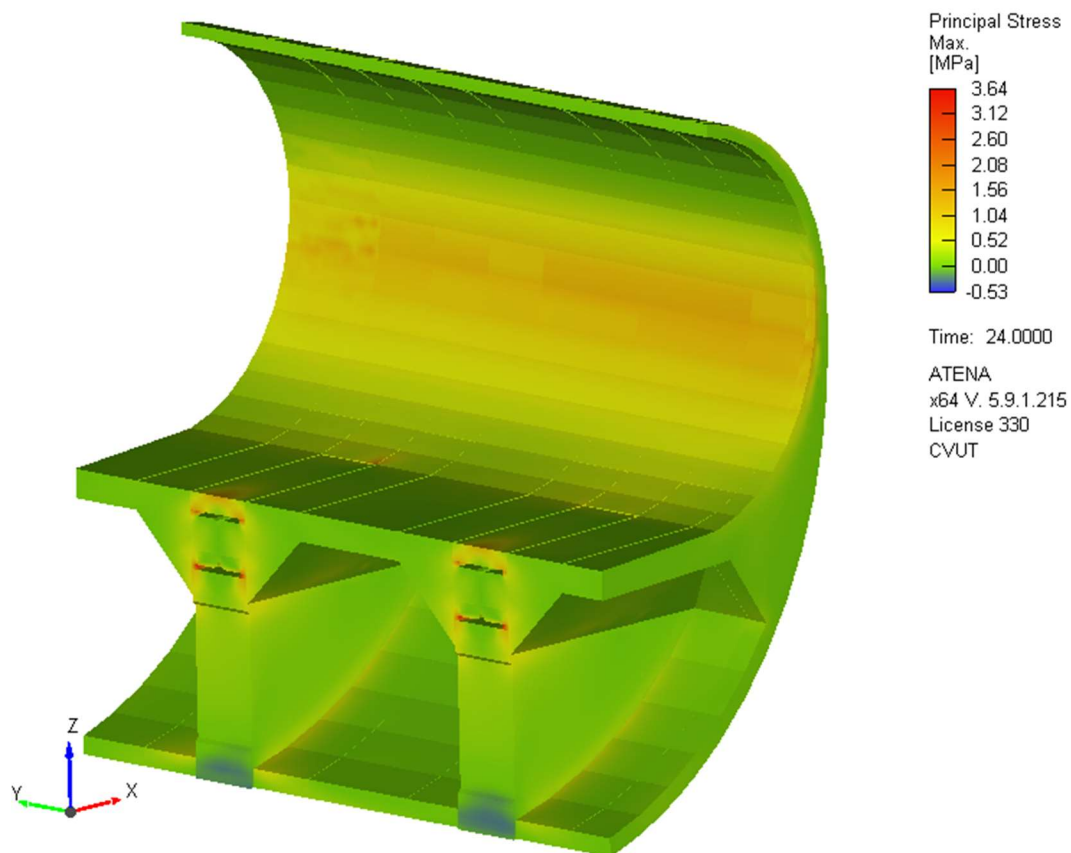
**Obr. 26:** Ekvivalentní napětí na ocelových prvcích. Maximální napětí 30 Mpa.



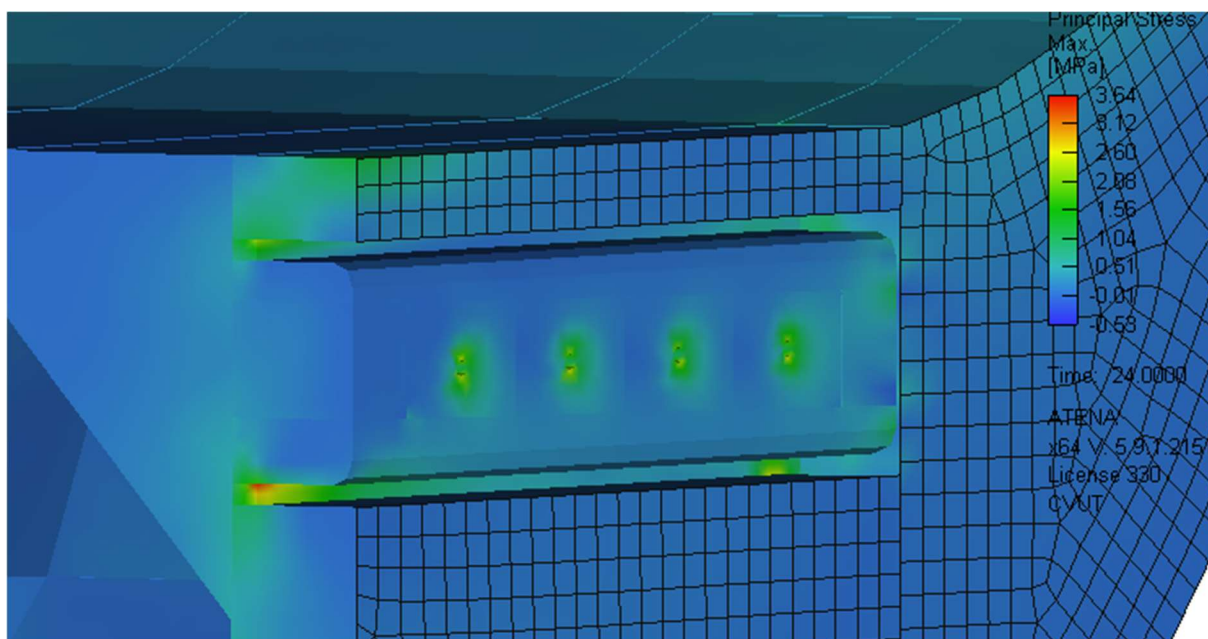
**Obr. 27:** Napětí ve výztuži. Na konstrukci nevznikají téměř žádné trhliny, k aktivaci výztuže tak nedochází.

### 2.4.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ II

V této části jsou uvedeny výsledky pro druhou (návrhovou) kombinaci silových zatížení.

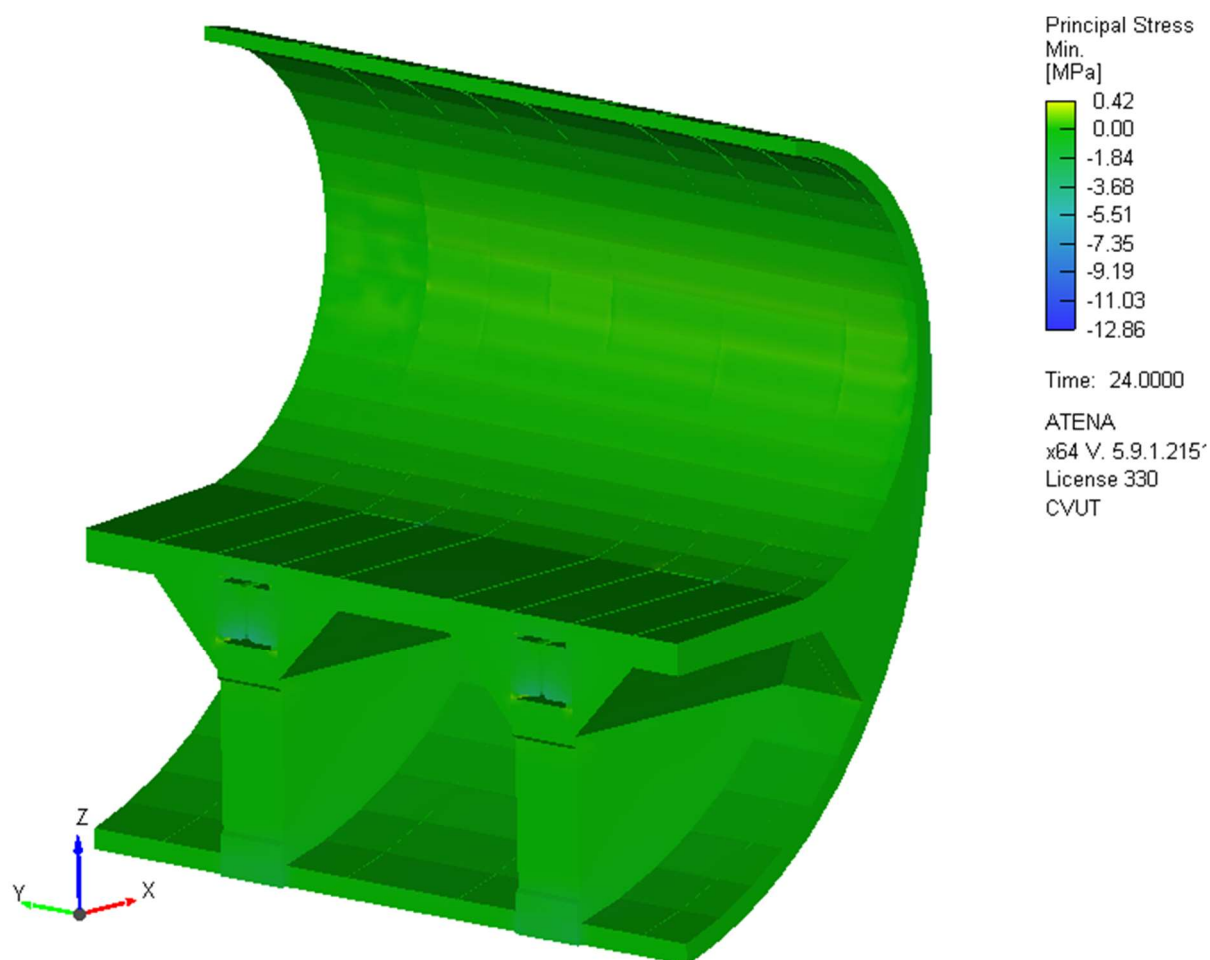


**Obr. 28:** Hlavní tahové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků. Na zbytku konstrukce jsou tahová napětí do 2,0 MPa.

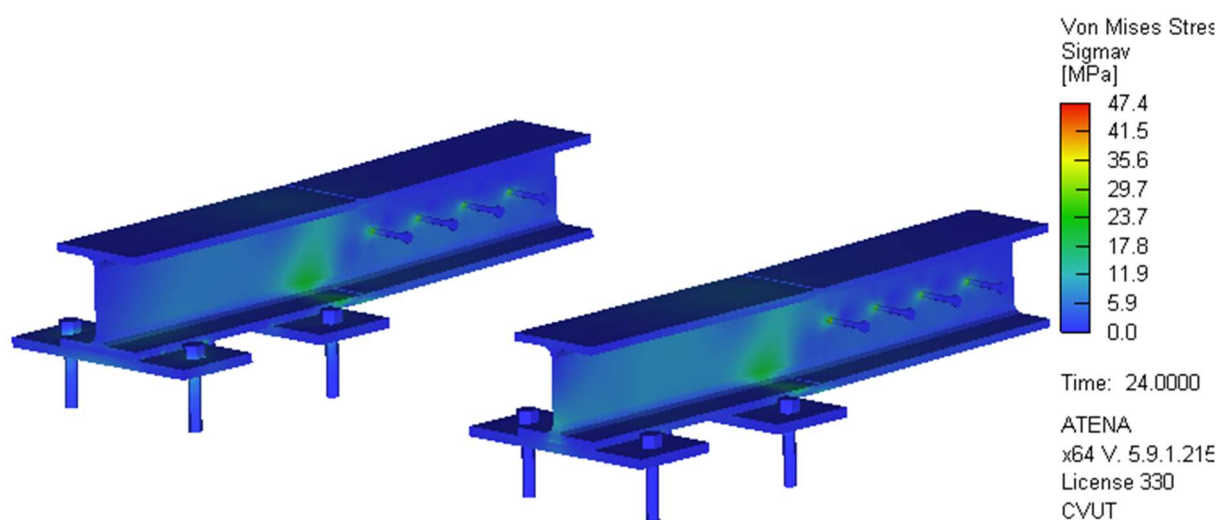


**Obr. 29:** Detail hlavního tahového napětí v řezu žebrem.

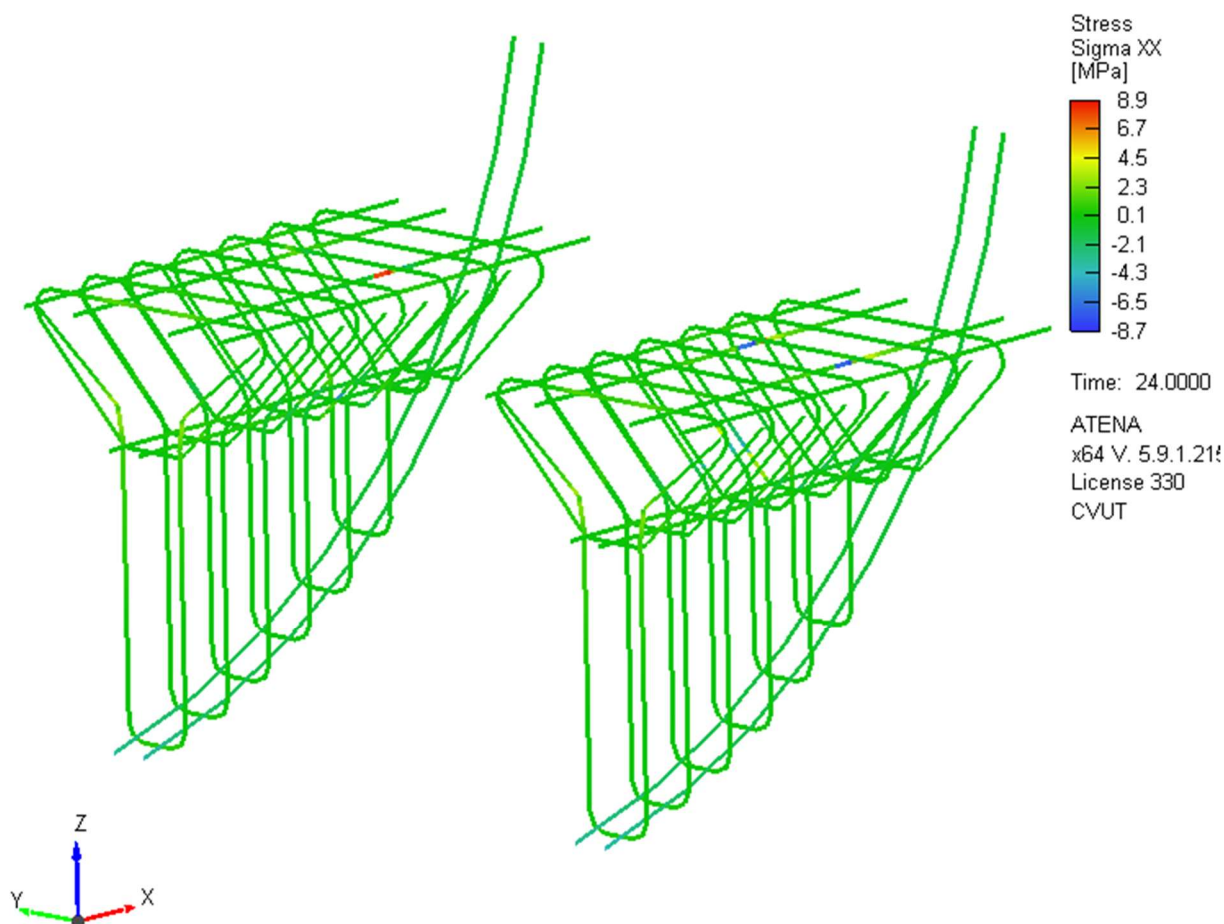




**Obr. 30:** Hlavní tlakové napětí. Maximální hodnoty vznikají v místě zabetonovaných ocelových prvků a v místě spodní podpory.



**Obr. 31:** Ekvivalentní napětí na ocelových prvcích. Maximální napětí 47,4 MPa.



**Obr. 32:** Napětí ve výztuži. K aktivaci výztuže tak nedochází ani po zvýšení zatížení.

### 3 ZÁVĚR

Byla provedena nelineární numerická analýza konstrukce římsového prefabrikátu, včetně způsobu kotvení k nosné konstrukci mostu. Analýzou byl ověřen vliv uvažovaných zatížení na fungování konstrukce.

Analýzou bylo ověřeno, že na konstrukci nedochází ke vzniku nadměrných deformací, tvorbě rizikových trhlin ani koncentrace napětí nadměrných hodnot.

**Na základě provedených analýz je možné konstatovat, že je návrh konstrukce VYHOVUJÍCÍ.**