

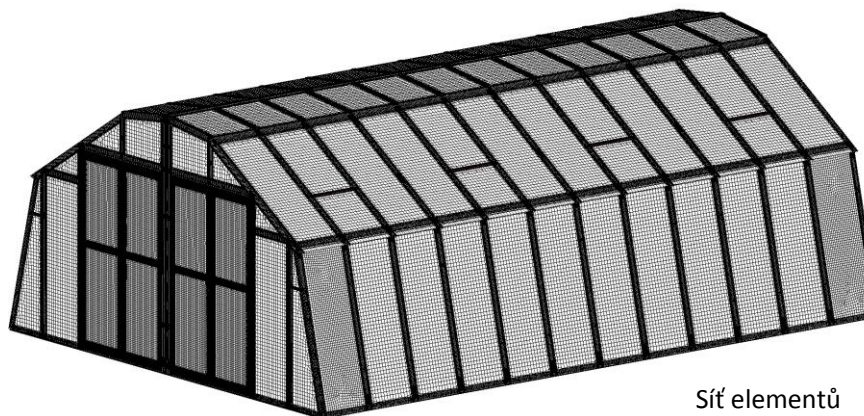
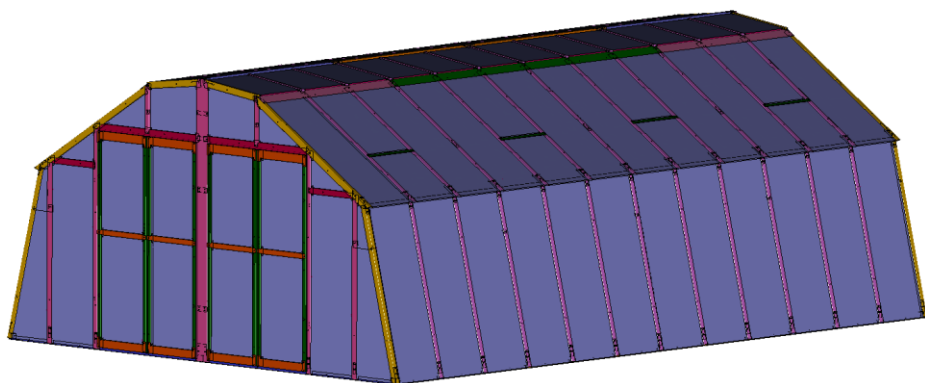
# APPENDIX A

## Simulace nosné konstrukce skleníku typu M 6

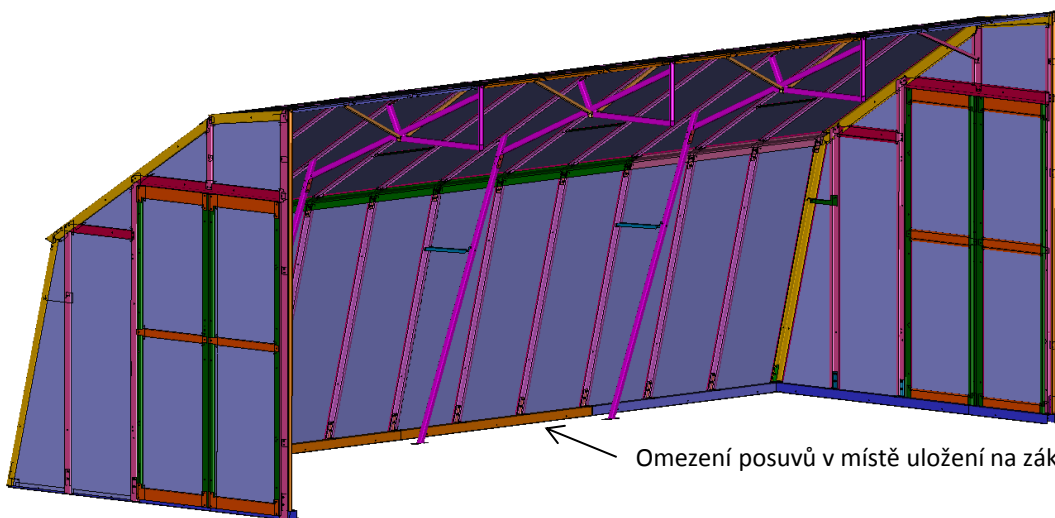
### OBSAH

	Page :
Výpočetní model	2 - 3
Zatížení vlastní tíhou a sněhem	4 - 6
Zatížení vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo	7 – 9
Zatížení vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok	10 - 12

# Výpočetní model

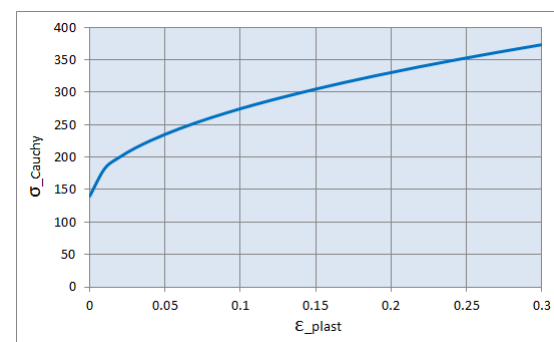


Sít elementů



Omezení posuvů v místě uložení na základ

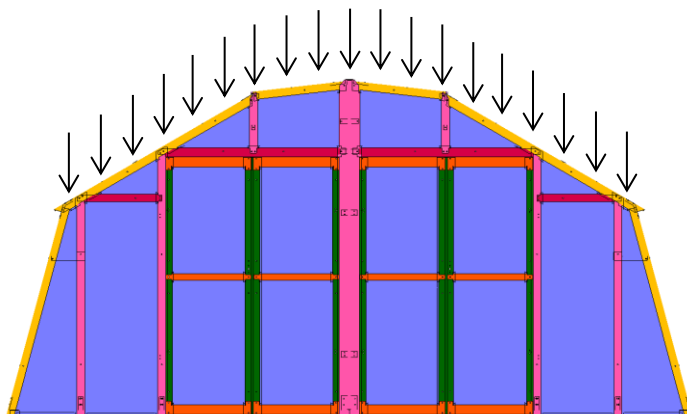
DX51D - Elasto-plastický materiál. model



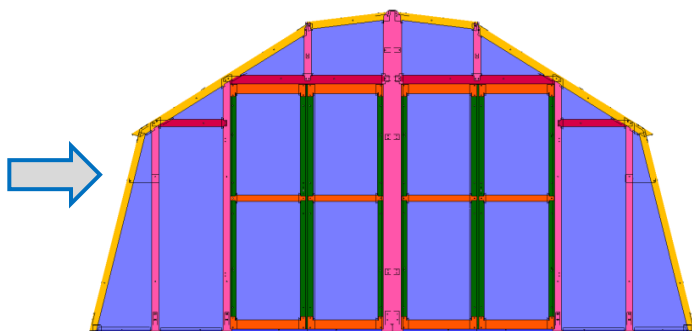
## Výpočetní model

### Zatěžné podmínky

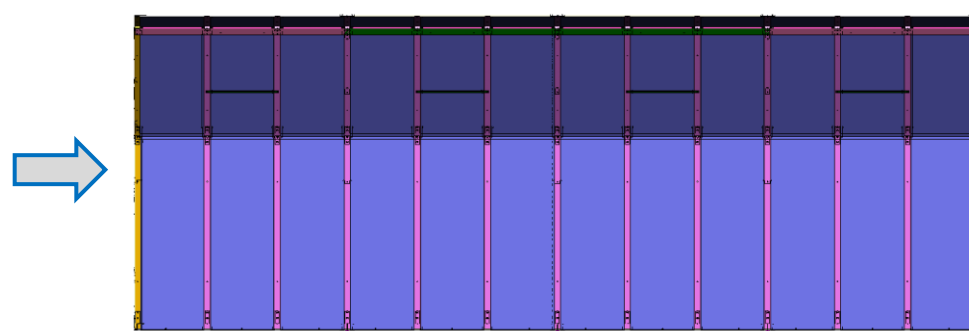
Zatížení sněhem -  $1,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$  ve svislém směru



Zatížení větrem ve směru kolmém na bok -  $120 \text{ km/h}$



Zatížení větrem ve směru kolmém na čelo -  $120 \text{ km/h}$

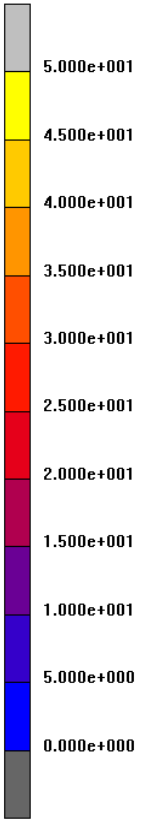


Rychlosti  $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  odpovídá dynamický tlak větru  $695 \text{ Pa}$ . Zatížení bylo realizováno tlakem na vnější povrchy. Rozložení tlaku na plochy obvodového pláště (návětrná a závětrná strana, boky, střecha) bylo provedeno dle EN 1991-1-4.

# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a sněhem

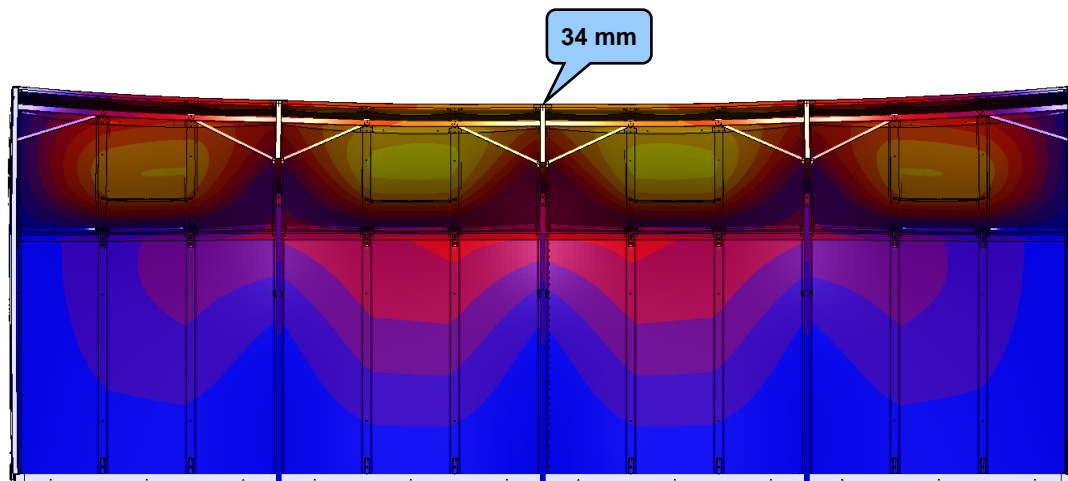
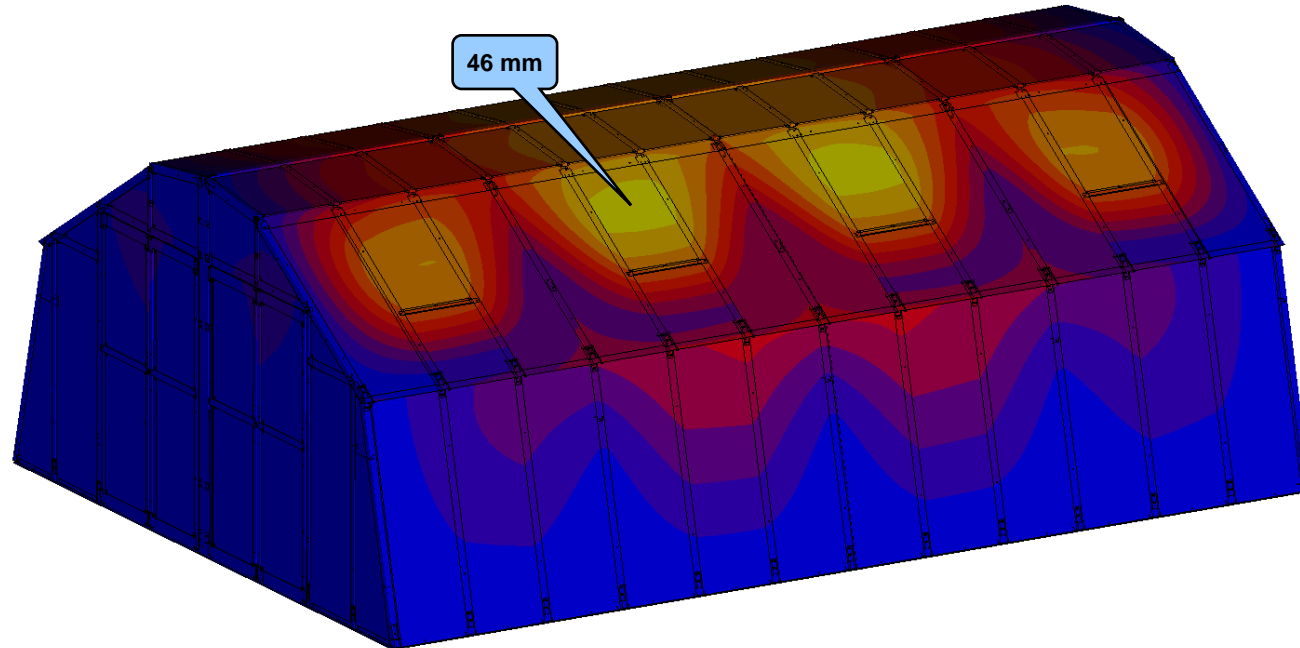
Svislé zatížení a sněhem -  $1,5 \text{ kN.m}^{-2}$

Deformace



Měřítko deformace: 3x

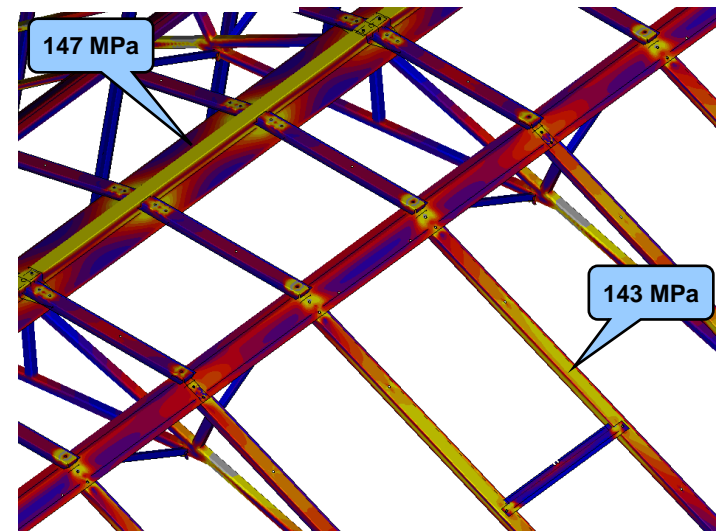
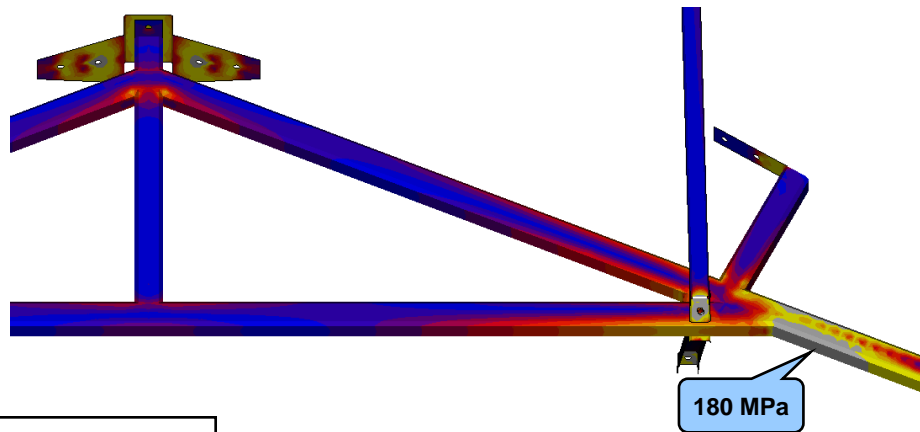
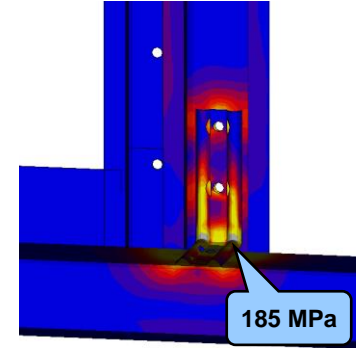
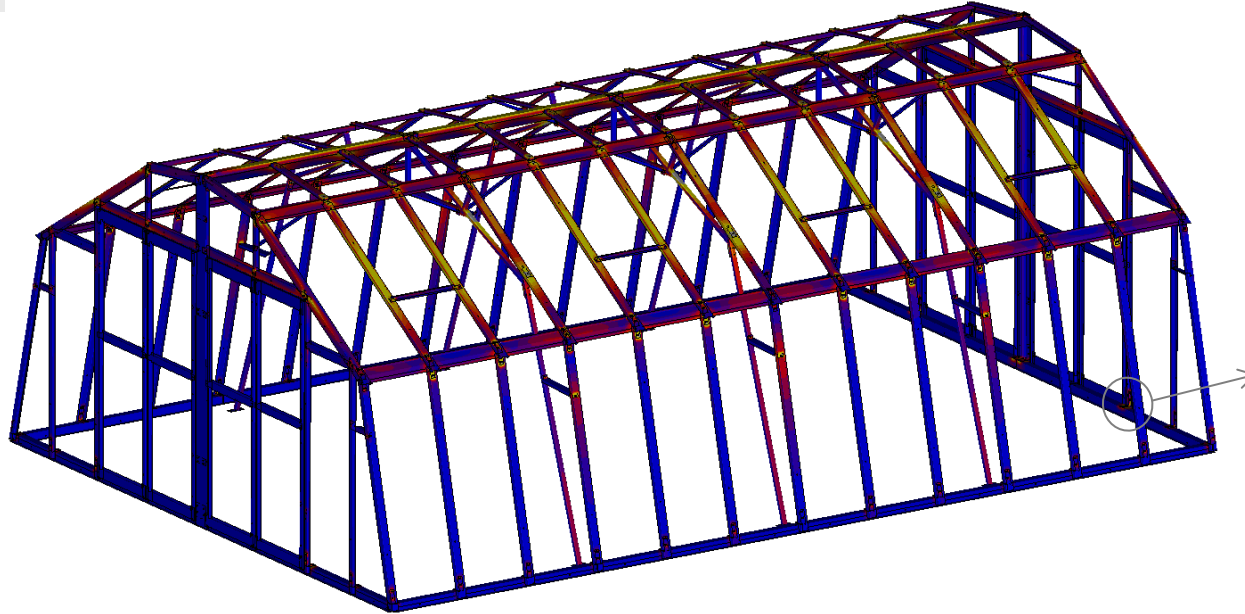
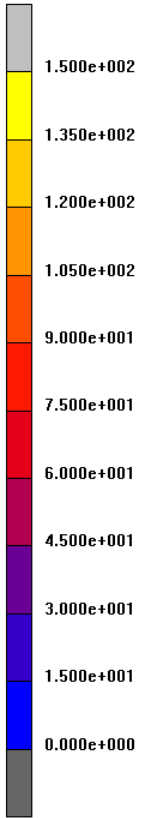
Celková deformace [mm]



# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a sněhem

Svislé zatížení a sněhem - 1,5 kN.m<sup>-2</sup>

Ekvivalentní napětí

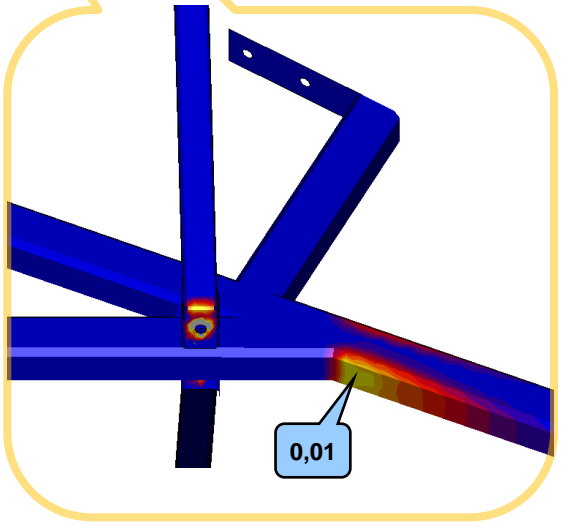
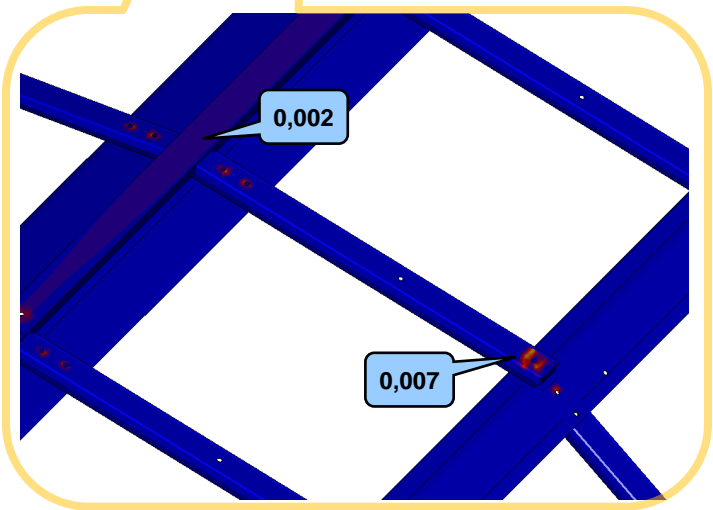
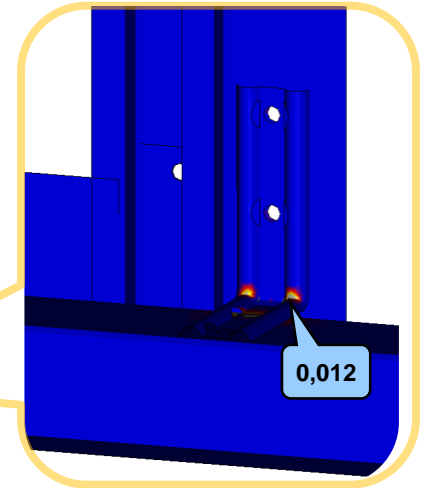
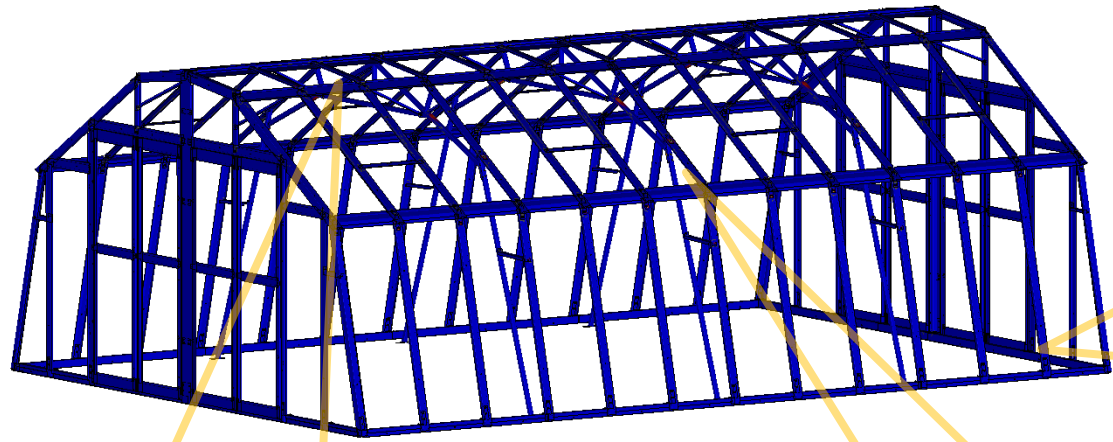
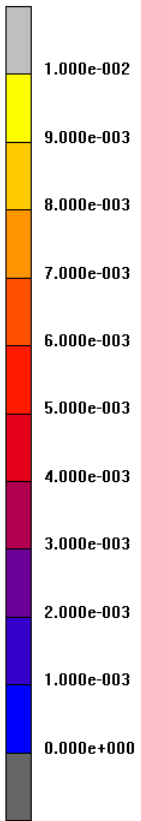


Equivalent Cauchy Stress [MPa]

# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a sněhem

Svislé zatížení a sněhem - 1,5 kN.m<sup>-2</sup>

Ekvivalentní plastická deformace



Total equivalent plastic strain [-]

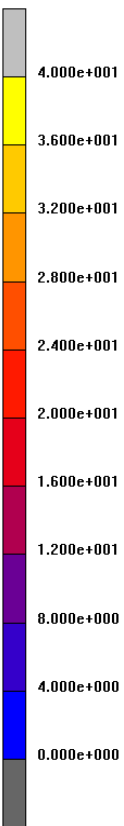
Ocel DX51D  
Re<sub>min.</sub> = 140 MPa  
Rm = 270 až 500 MPa  
A = 22%



# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

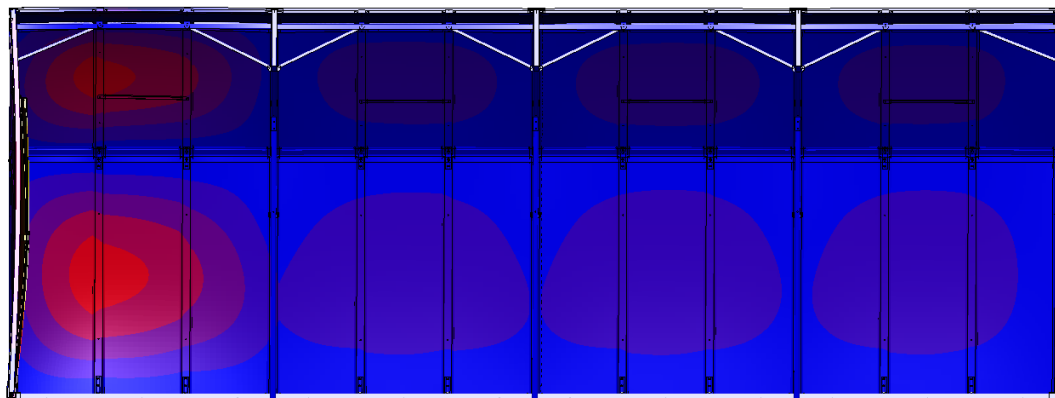
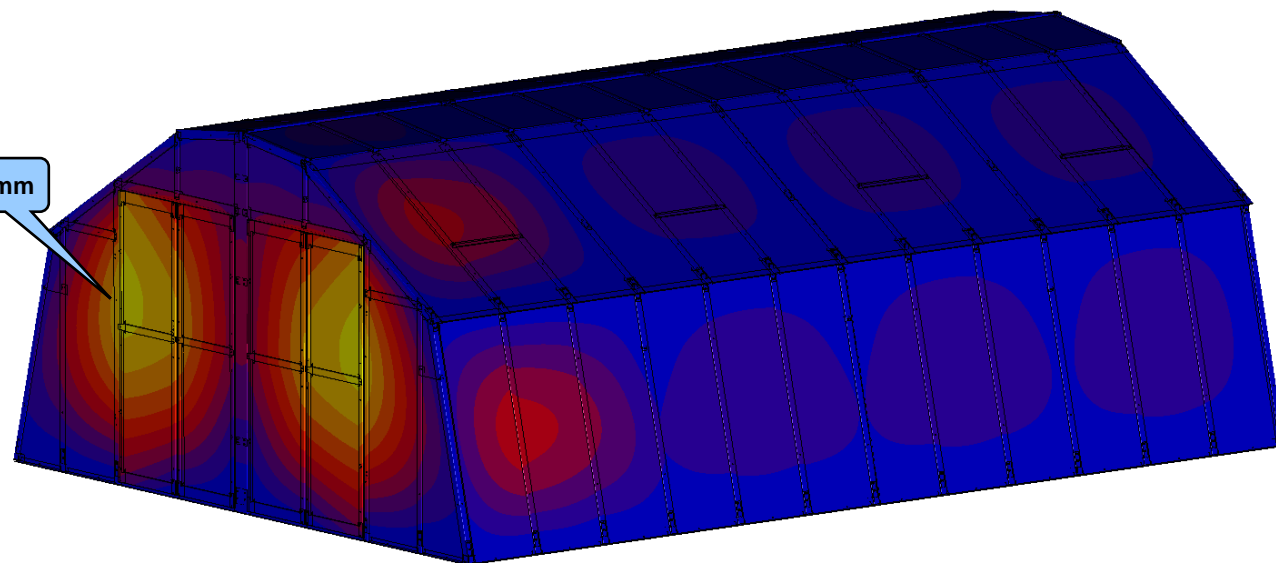
Deformace



37 mm

Měřítko deformace: 3x

Celková deformace [mm]

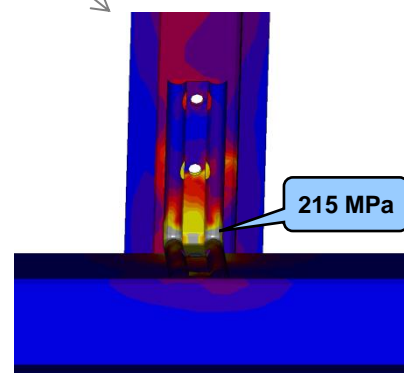
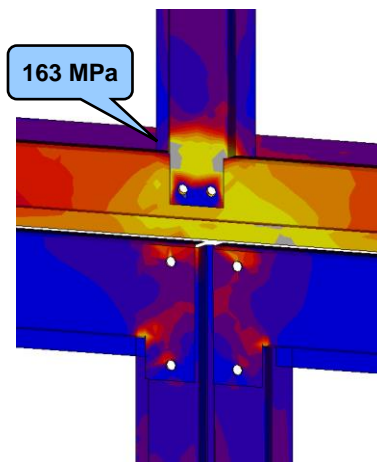
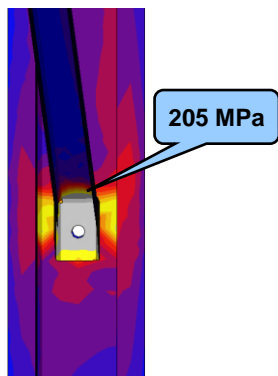
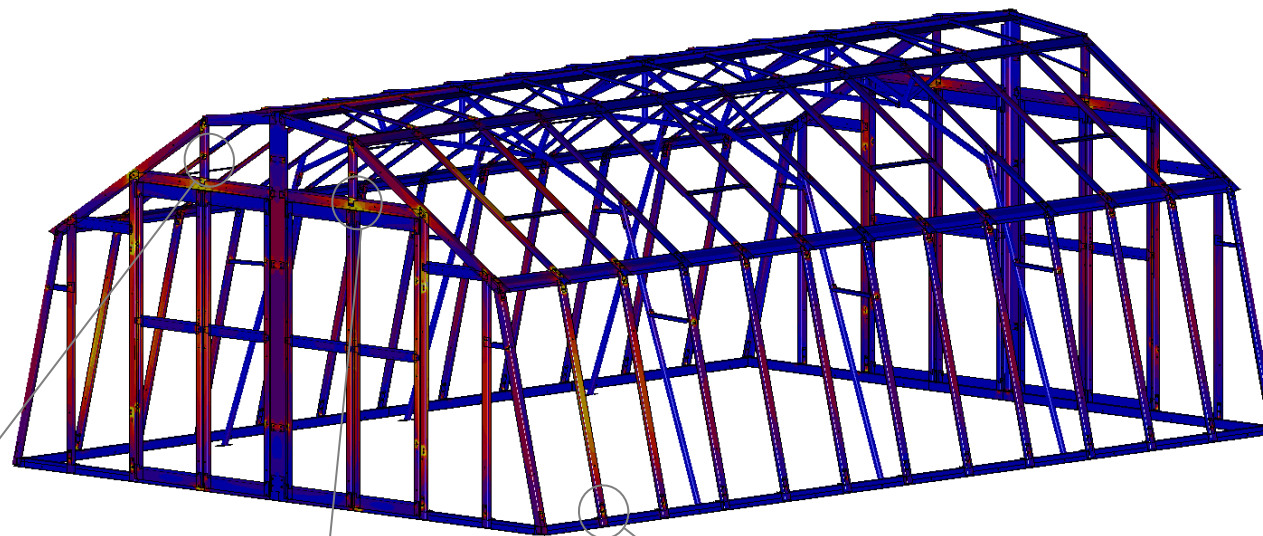
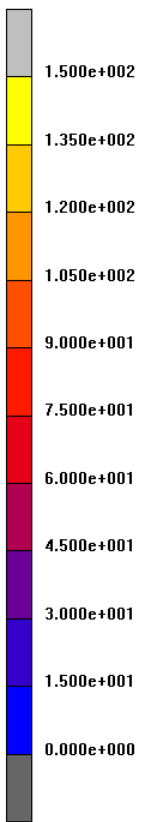




# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

Ekvivalentní napětí



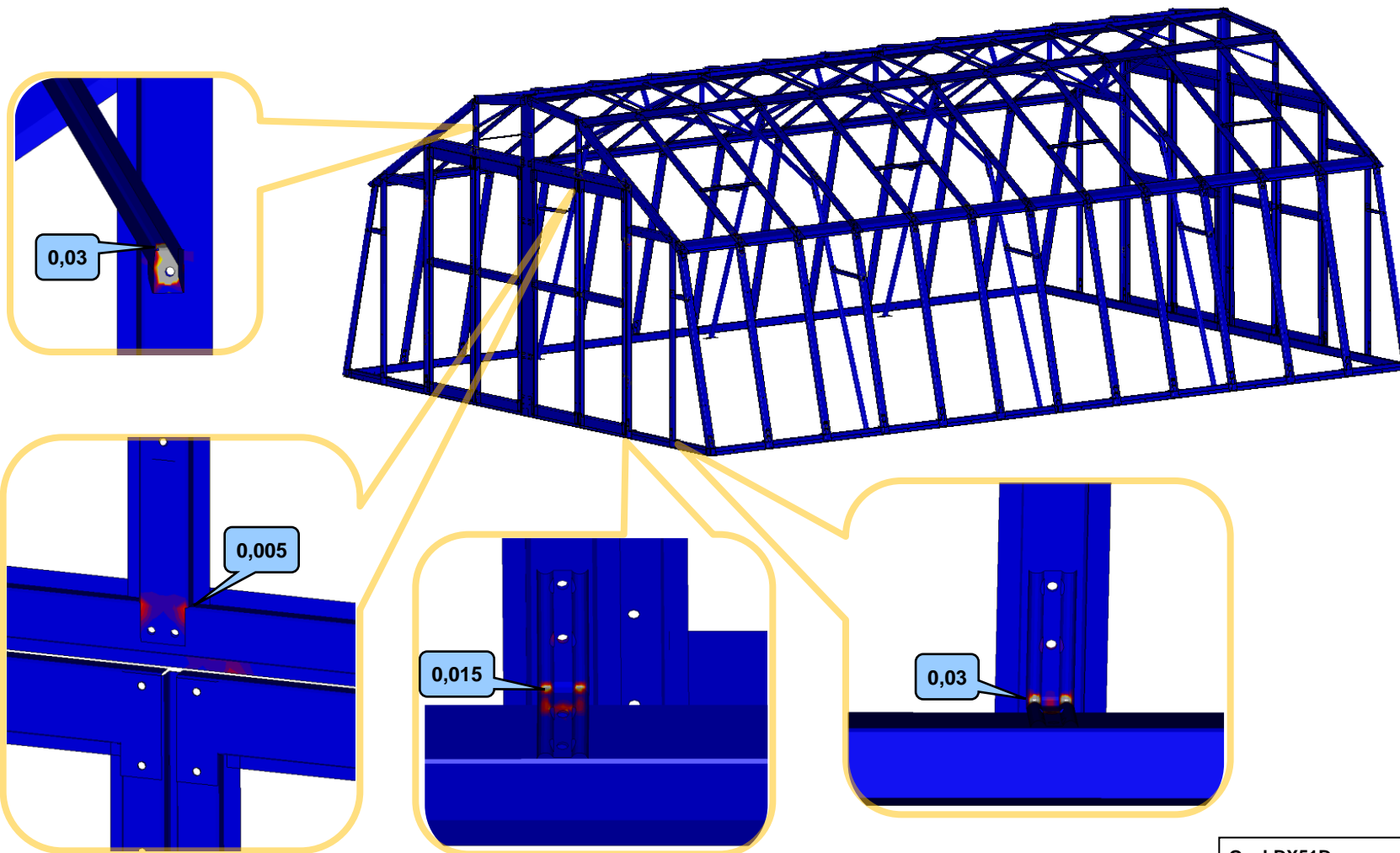
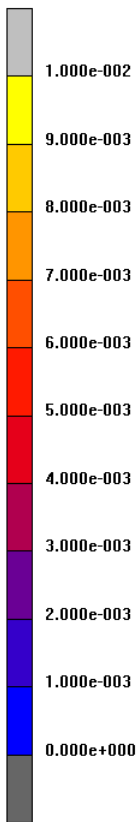
Equivalent Cauchy Stress [MPa]



# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

Ekvivalentní plastická deformace



Total equivalent plastic strain [-]

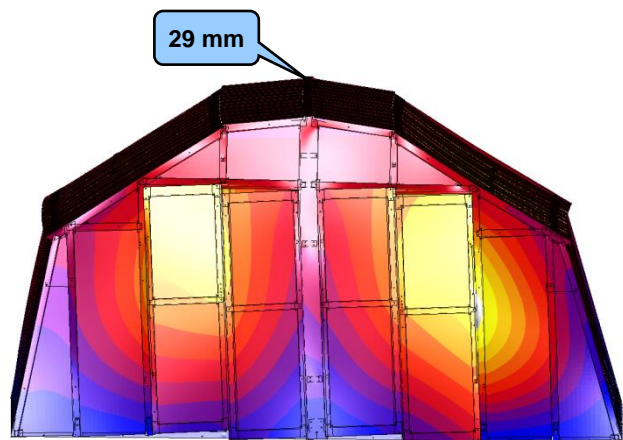
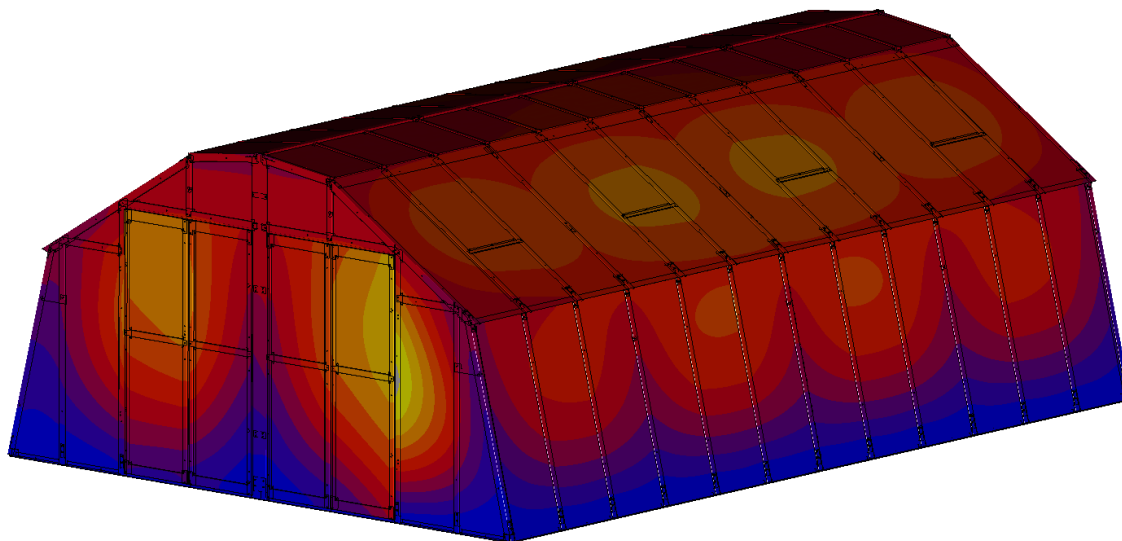
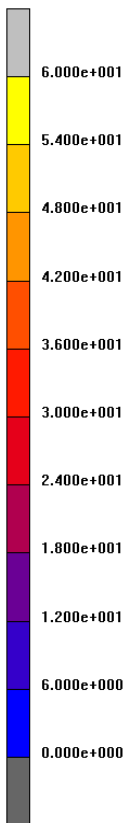
Ocel DX51D  
 $Re_{min.} = 140 \text{ MPa}$   
 $Rm = 270 \text{ až } 500 \text{ MPa}$   
 $A = 22\%$



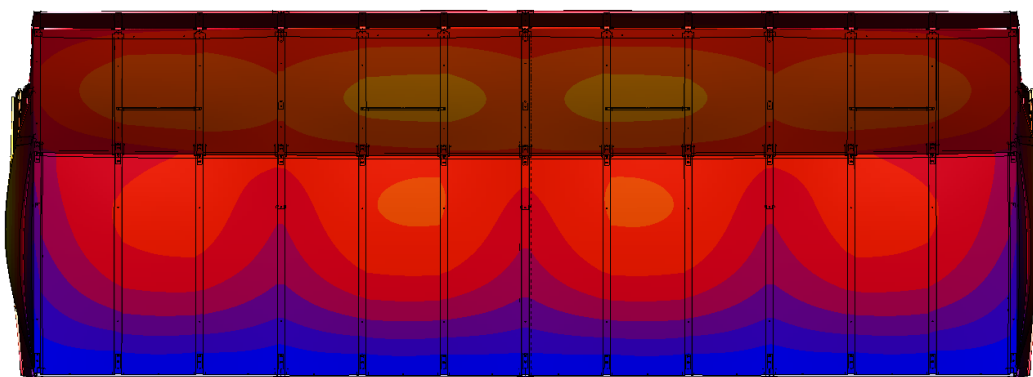
# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

Deformace



Měřítko deformace: 3x

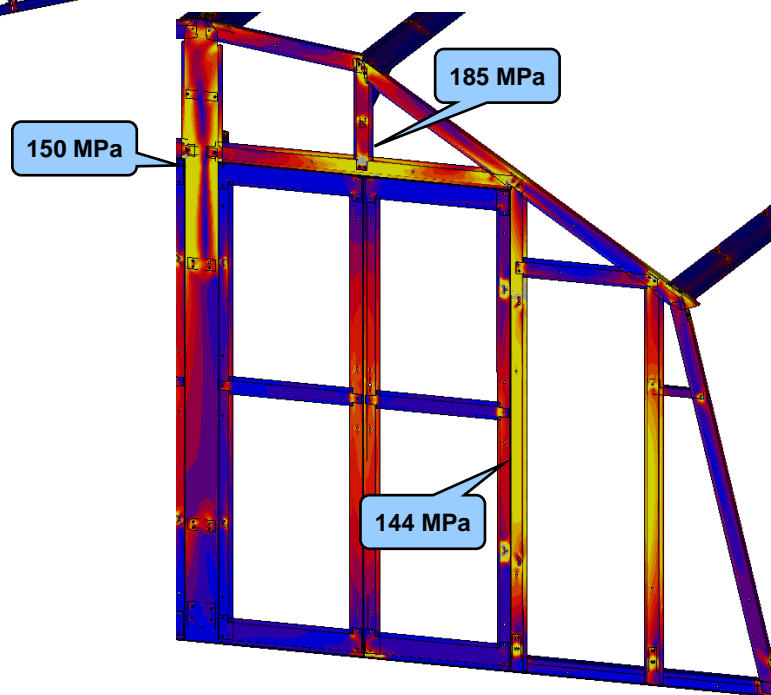
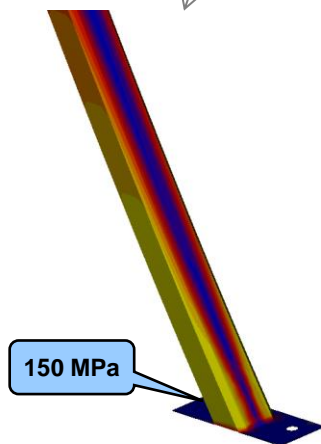
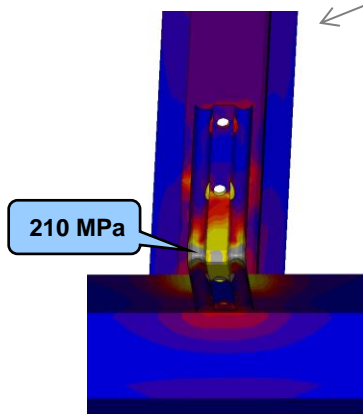
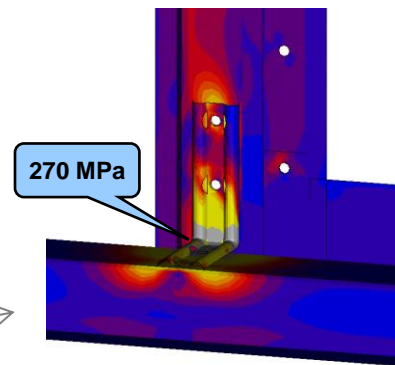
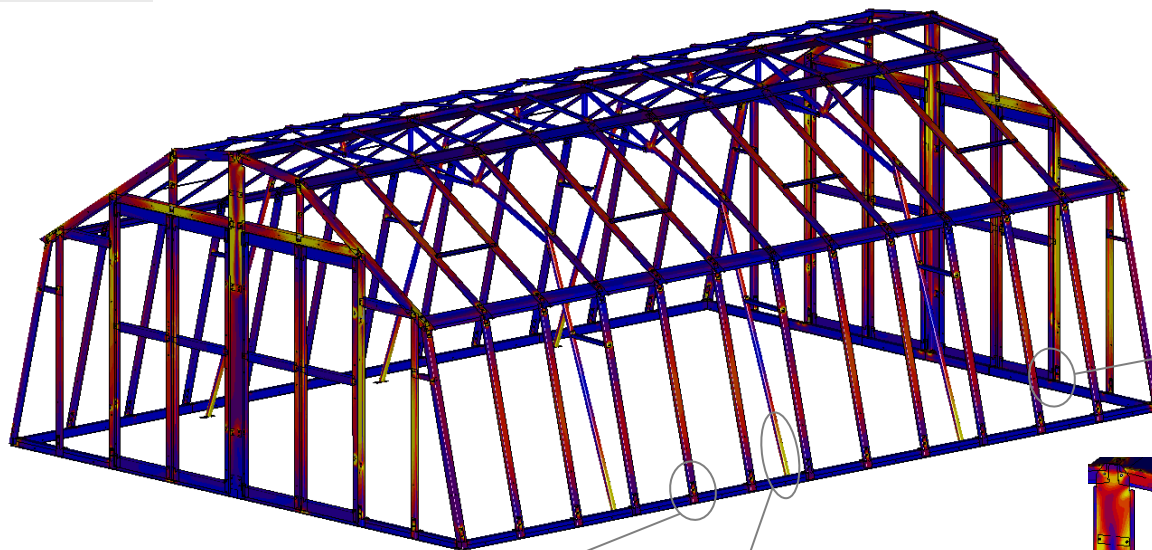
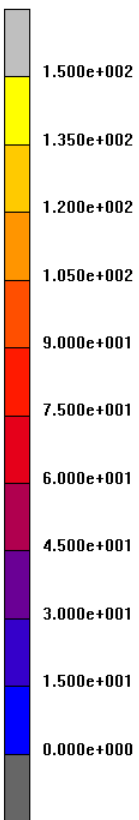


Celková deformace [mm]

# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

Ekvivalentní napětí



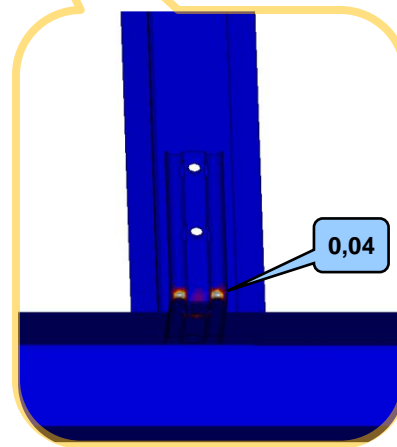
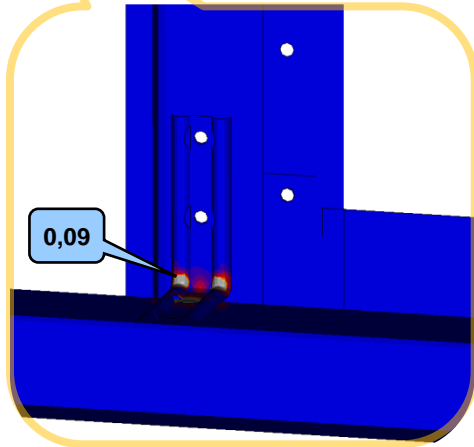
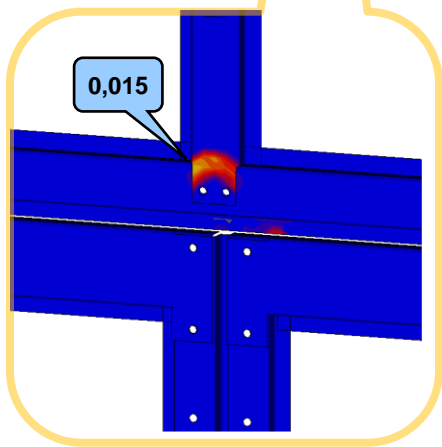
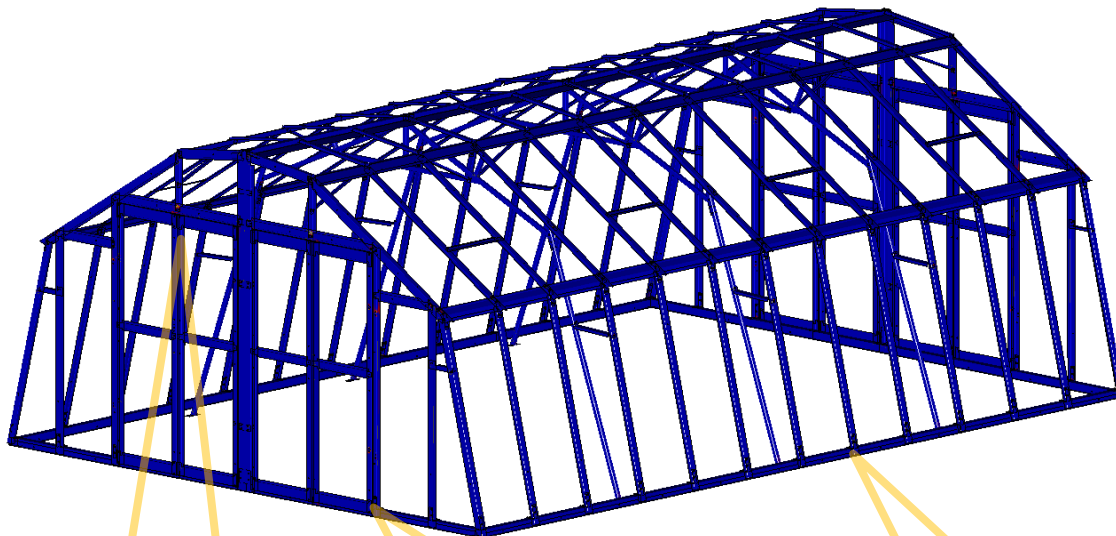
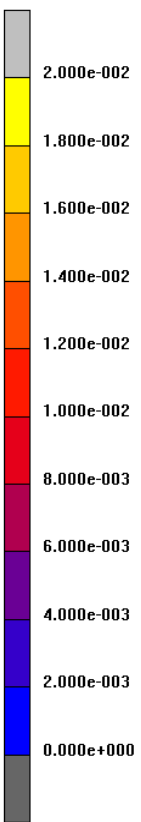
Equivalent Cauchy Stress [MPa]



# Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok

Ekvivalentní plastická deformace

Tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru 120 km/h

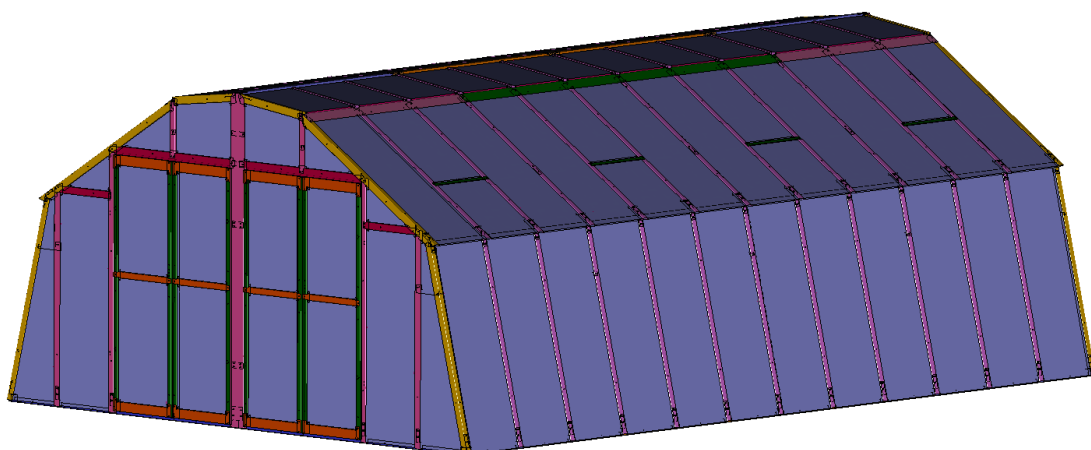


Total equivalent plastic strain [-]

**Ocel DX51D**  
 $Re_{min.} = 140 \text{ MPa}$   
 $Rm = 270 \text{ až } 500 \text{ MPa}$   
 $A = 22\%$

AV ENGINEERING, a.s.  
 Obce Ležáků 243/III  
 537 01 Chrudim  
 CZECH REPUBLIC  
 tel. / fax. ++420 469 615 130 / 615 112





## Simulace nosné konstrukce skleníku typu M 6

No: **LIMES-sklenik\_VARIANT\_M-1511**

Date: 16. 12. 2015

Author: Ing. Pavel TOMÁŠEK TomasekP@aveng.cz

Simulation Dep. Manager: Dr. Ing. Václav HALAMKA HalamkaV@aveng.cz

R&D Director: Ing. Jaroslav MALÝ MalyJ@aveng.cz

Address: AV ENGINEERING, a.s.  
Obce Ležáků 243/III  
537 01 Chrudim

Tel. : 576 000 161  
Fax. : 576 000 148  
www.aveng.cz



## OBSAH

1. FORMULACE PROBLÉMU .....	3
2. ANALÝZA .....	3
2.1 GEOMETRICKÝ MODEL .....	3
2.2 STRUKTURÁLNÍ MODEL .....	3
2.3 MATERIÁLOVÁ DATA.....	3
2.4 TYP ANALÝZY .....	4
3. VÝSLEDKY .....	4
4. ZÁVĚR.....	4

## APPENDIX A

## 1. FORMULACE PROBLÉMU

Byla provedena statická analýza skleníku typu VARIANT M 6. Cílem simulace bylo vyhodnotit namáhání v dílech nosné konstrukce skleníku při zatížení vlastní tíhou, sněhem a větrem.

## 2. ANALÝZA

### 2.1 Geometrický model

Geometrie skleníku byla převzata ve formě STEP souboru. Nosná konstrukce skleníku se skládá z ocelových otevřených profilů tloušťky 1 a 1,5mm a uzavřených profilů tloušťky 2 mm. Profily jsou pomocí propojovacích dílů spojeny šrouby M6. Geometrie modelu obsahuje střednicovou reprezentaci nosných prvků, která je doplněna okny ze skla tloušťky 4 mm. Propojení skleněných výplní s nosnou konstrukcí je provedeno pomocí vrstvy pryže.

### 2.2 Strukturální model

Síť konečných prvků byla vytvořena skořepinových elementy typu quad-4. Šroubové spoje byly modelovány pomocí prvků RBE2.

#### Předepsané zátěžné podmínky:

- Vlastní tíha - svislé zrychlení  $9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Zatížení sněhem - svislé zatížení  $1,5 \text{ kN.m}^{-2}$
- Zatížení větrem - tlakové zatížení odpovídající rychlosti větru  $120 \text{ km.h}^{-1}$  Rozložení tlaku na plochy obvodového pláště (návětrná a závětrná strana, boky, střecha) bylo provedeno dle EN 1991-1-4.

#### Analyzované kombinace zátěžných stavů:

- Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a sněhem
- Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo
- Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok

Uložení konstrukce skleníku bylo realizováno ukotvením na ploše dosednutí konstrukce skleníku na základ. Strukturální model je zobrazen v Appendixu A na straně 2.

### 2.3 Materiálová data

#### Ocelové profily: ocel DX51D

Elastický modul	$E = 200 \text{ GPa}$
Poissonova konstanta	$\mu = 0,3$
Mez kluzu	$R_e = 140 \text{ MPa}$ (předpokládaná hodnota)
Mez pevnosti	$R_m = 270 \text{ až } 500 \text{ MPa}$
Tažnost	$A = 22\%$ na mezi pevnosti
Hustota	$\rho = 7,85 \text{ kg.m}^{-3}$

Materiál byl uvažován jako elasto-plastický



### Tabulové sklo

Elastický modul  $E = 65 \text{ GPa}$

Poissonova konstanta  $\mu = 0,23$

Hustota  $\rho = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$

## 2.4 Typ analýzy

Výpočty byly provedeny v programu MARC. Simulace byla realizována jako materiálově i geometricky nelineární úloha. Výsledkem bylo rozložení napětí, deformace a poměrné plastické deformace v dílech nosné konstrukce skleníku.

## 3. VÝSLEDKY

- **Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a sněhem** – mez kluzu materiálu ocelových profilů byla mírně překročena v několika oblastech na střeše konstrukce a na příčné výztuze. Maximální zjištěná hodnota ekvivalentní plastické deformace 0,012 byla zjištěna v propojovacím dílu dveřního sloupku. Dosažené hodnoty plastizace jsou přípustné. Výsledky simulace jsou uvedeny v Appendixu A na straně 4 – 6.
- **Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na čelo** - lokalizované špičkové hodnoty plastické deformace jsou v povoleném rozsahu. Výsledky simulace jsou vyobrazeny v Appendixu A na straně 7 – 9.
- **Zatížení konstrukce skleníku vlastní tíhou a větrem ve směru kolmém na bok** - deformace rámu skleníku na čelní stěně je důsledkem podtlaku, který byl předepsán na boční stěny. Velikost plastického přetvoření nabývá hodnot 0,04 pro boční propojovací prvky, v případě propojovacího dílu dveřního sloupku až 0,09. Tato přetvoření jsou pod dovolenou mezní hodnotou danou tažností materiálu. Výsledky simulace jsou vyobrazeny v Appendixu A na straně 10 – 12.

## 4. ZÁVĚR

Předmětem výpočtové zprávy je pevnostní analýza nosné konstrukce skleníku LIMES typu VARIANT M 6 při zatížení vlastní tíhou, sněhem a větrem.

Analyzovány byly tři kombinace zátěžných stavů. Ve všech případech došlo k překročení meze kluzu použitého materiálu, ovšem pouze v lokalizovaných koncentrátořech. Oblast plastizace je omezená, čímž nenastanou významné trvalé deformace konstrukce.

Lokální plastické deformace nezpůsobují vznik plastických kloubů, které by vedly ke zborcení konstrukce. Nosná konstrukce skleníku splňuje požadavky na odolnost vůči poškození.