

**IMG BOHEMIA s. r. o.**  
Průmyslová 798  
Planá nad Lužnicí

# Nádrž 6 m<sup>3</sup>

**Statické posouzení návrhu nádrže z polypropylénu,  
umístěné pod úroveň terénu.**

**Číslo zakázky** ..... **09/stat.05**

**Vypracováno pro:** IMG BOHEMIA s.r.o. 2009-02-12

**Vypracoval:** Ing. Vladimír Chobot, Tábor, Buzulucká 2332  
autorizovaný inženýr pro pozemní stavby ČKAIT č. 0101501



## **Obsah svazku:**

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Technická zpráva .....      | str.2-3  |
| Výkres nádrže .....         | str.3    |
| Stavební uspořádání .....   | str. 4   |
| Posouzení nádrže 10 mm..... | str.5-12 |
| Závěr .....                 | str. 12  |

**Technická zpráva:**

Zadání požaduje posoudit víceúčelovou nádrž 6 m<sup>3</sup>, (2216x1766x1766 mm) z polypropylénu, vyrobenou technologií odstředivého lití. Posouzení má zohlednit použití nádoby pro umístění pod úroveň terénu, při zahrnutí zeminou o měrné hmotnosti 18 t m<sup>-3</sup>, bez vlivu podzemní vody a to jak prázdné tak naplněné kapalinou do úrovně + 1650 mm nade dnem. Pro umístění nádrže bude uvažováno se zatížením víka :

1. Normovým zatížením 2,5 kNm<sup>-2</sup>, daným EN 12566-1.
2. Zatížením zeminou o výšce násypu zeminy 0,25 m, měrné hmotnosti 18 t m<sup>-3</sup>.

Vliv uvedených zatěžovacích podmínek bude zkoumán pro sílu stěny nádoby 10mm.

**Předpokládaná zatížení:**

**ZS 1** - Zatížení vlastní hmotností.

**ZS 2** - Zatížení pláště z vnějšku zeminou, boční tlak, dle EN 12566-3/ 5.5;  $q = 1,1 \times 4,86 \text{ kN} \times h \text{ kNm}^{-2}$ .

**ZS 3** - Zatížení stropu zeminou cca  $q = 4,5 \text{ kNm}^{-2}$  (násyp cca 0,25m)

**ZS 4** - Zatížení pláště a dna hydrostat. tlakem, dle EN 12566-3/ 5.5,  $h = 1,65 \text{ m}$ ,  $q = 10 \times h \text{ kNm}^{-2}$ .

**ZS 5** - Zatížení stropu dle EN 12566-3/ 5.5;  $q = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$ .

**Normativní odkazy:**

|              |  |
|--------------|--|
| ENV 1991-1   | Basis of design and actions on structures<br>Part 1 - Basis of design  |
| ENV 1991-2-1 | Basis of design and actions on structures<br>Part 2-1-actions on structures-Densities, self-weight and imposed loads             |
| ENV 1991-2-6 | Basis of design and actions on structures<br>Part 2-6-actions on structures-Actions during execution                             |
| ENV 1997-1   | Geotechnical design Part 1-General rules   |
| EN 1778      | Characteristic values for welded thermoplastics constructions  |
| EN 12566-3   | Small wastewater treatment systems for up to 50 PT – Part 3: Packaget and/or site assembled domestic wastewater treatment plants |
| -            | -  |

**Použité jednotky:**

|                             |     |                            |     |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-----|
| Geometrie – délky           | m   | Zatížení, výsledky - délky | m   |
| Geometrie – úhly            | deg | Deformace - posuny         | mm  |
| Průřezy – délky             | m   | Deformace - natočení       | deg |
| Zatížení, výsledky – síly   | kN  | Čas                        | sec |
| Zatížení, výsledky – napětí | MPa | Teplota                    | °C  |
|                             |     | Hmota                      | t   |

**Výpis zadaných a použitých materiálů:**

|        |                      |   |
|--------|----------------------|---|
| E1, E2 | [kPa]                | moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál) |
| ni     |                      | Poissonův součinitel                                |
| gama   | [t/m <sup>3</sup> ]  | objemová hmotnost                                   |
| K1, K2 | [kN/m <sup>3</sup> ] | koeficienty tepelné roztažnosti                     |

| Materiál   | Typ     | E 1      | ni    | gama                 | K 1                  | E 2   | K 2                  | útlum |
|------------|---------|----------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|            |         | [MPa]    |       | [t/mm <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [MPa] | [kN/m <sup>3</sup> ] |       |
| PPH krátko | OSTATNÍ | 1100.000 | 0.420 | 9.100e-10            | 0.128                |       |                      |       |
| PPH dlouh  | OSTATNÍ | 289.000  | 0.420 | 9.100e-10            | 0.128                |       |                      |       |

**Výpis zadaných typů podloží:**

|                  |         |  |
|------------------|---------|--|
| C1 X, C1 Y, C1 Z | [MPa/m] | konstanty Winkler-Pasternakova podloží |
| C2 Y, C2 Z       | [MPa m] | konstanty Winkler-Pasternakova podloží |

| Jméno     | Typ         | C 1 X   | C 1 Y   | C 1 Z   | C 2 Y   | C 2 Z   | útlum  |
|-----------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|           |             | [MPa/m] |         |         |         | [MPa m] |        |
| Podloží 1 | pod plochou |         | 500.000 | 500.000 | 500.000 |         | 50.000 |

**Výpočtové hodnoty napětí polypropylénových výrobků dle EN 1778:****Výpočtové hodnoty materiálu:**

Pevnost  $R_n$  a výpočtové deformace  $\epsilon_{lim}$  určeny jednak dle EN 1778.

$$R_n = K \times f \times (A_1 \times A_{2k} \times S)^{-1}$$

$K = 10,7 \text{ MPa}$  normové dlouhodobé napětí dle EN 1778.

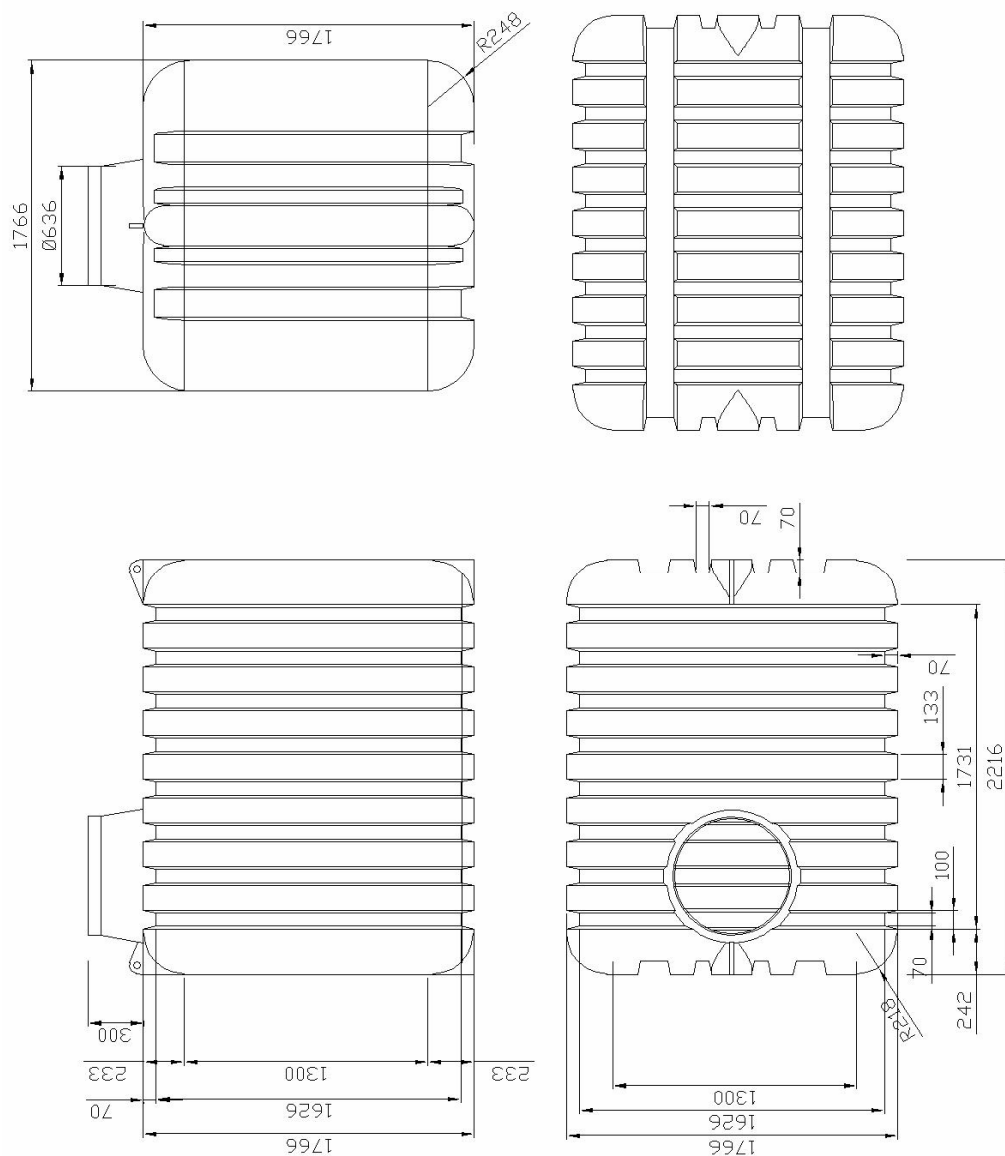
$A_1 = 1,0$  vliv podmínek prostředí

$A_{2k} = 1,0$  vliv media v nádobě

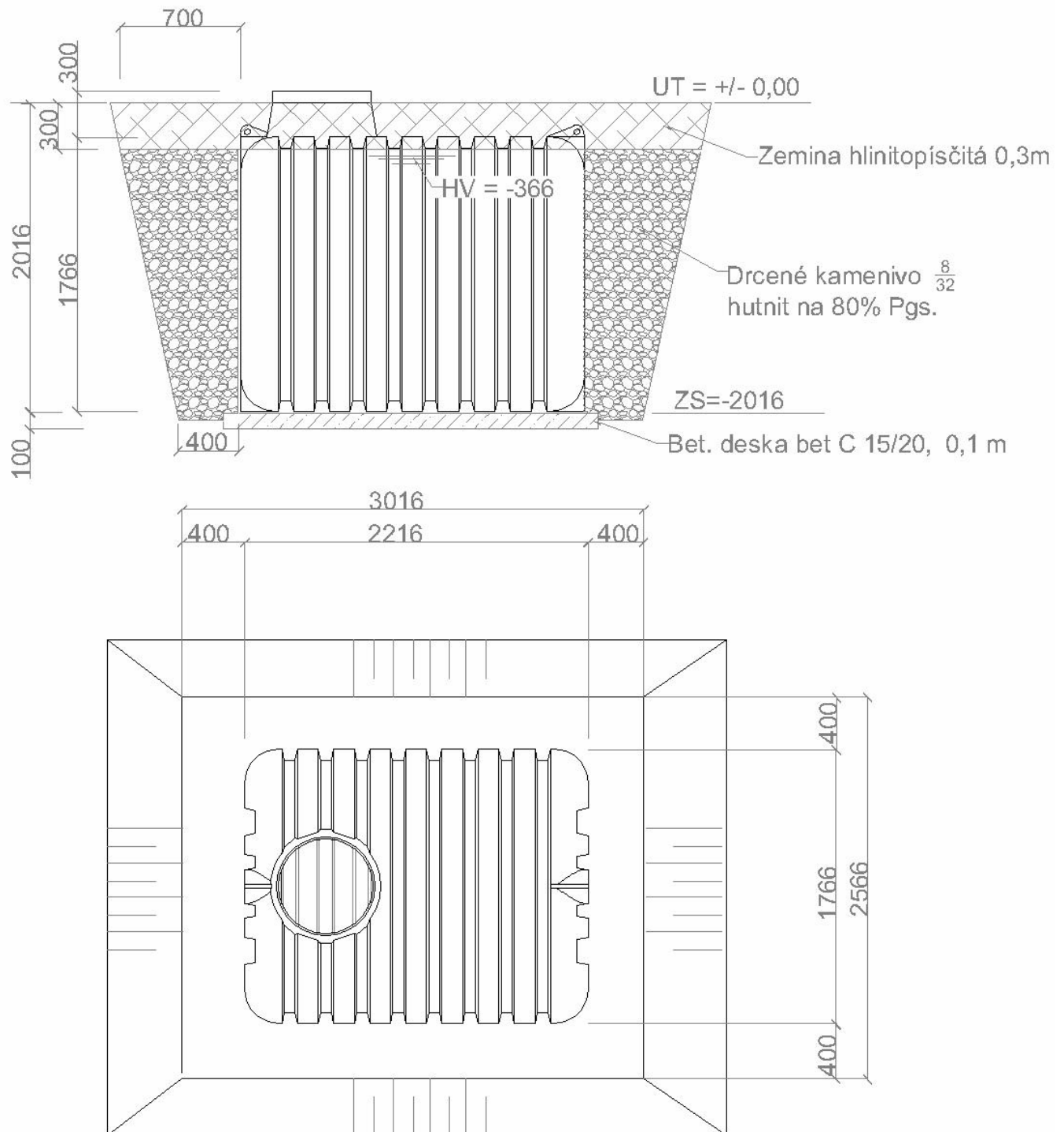
$S = 1,3$  koeficient bezpečnosti

$$R_n = 10,7 \times (1,3 \times 1,0 \times 1,0)^{-1} = \mathbf{8,23 \text{ MPa}}$$
 (mez pevnosti 20-25 MPa)

Posouzení bude provedeno výpočtem podle metody konečných prvků. Model konstrukce, prostorový, je odvozen z výkresu poskytnutého objednatelem. Výpočtový program FEAT 2000.

**Výkres tvaru nádrže:**

Návrh stavební aplikace nádrže pod úrovní terénu.



**Posouzení nádrže o síle stěny 10 mm**

**Část 1:** Posouzení pláště nádrže kombinací KZS 1 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+ 1,1xZS 3+ 1,0xZS 5  
Srovnávací napětí pro polypropylénový materiál  $\sigma_{ef} = 8,23 \text{ MPa}$  .

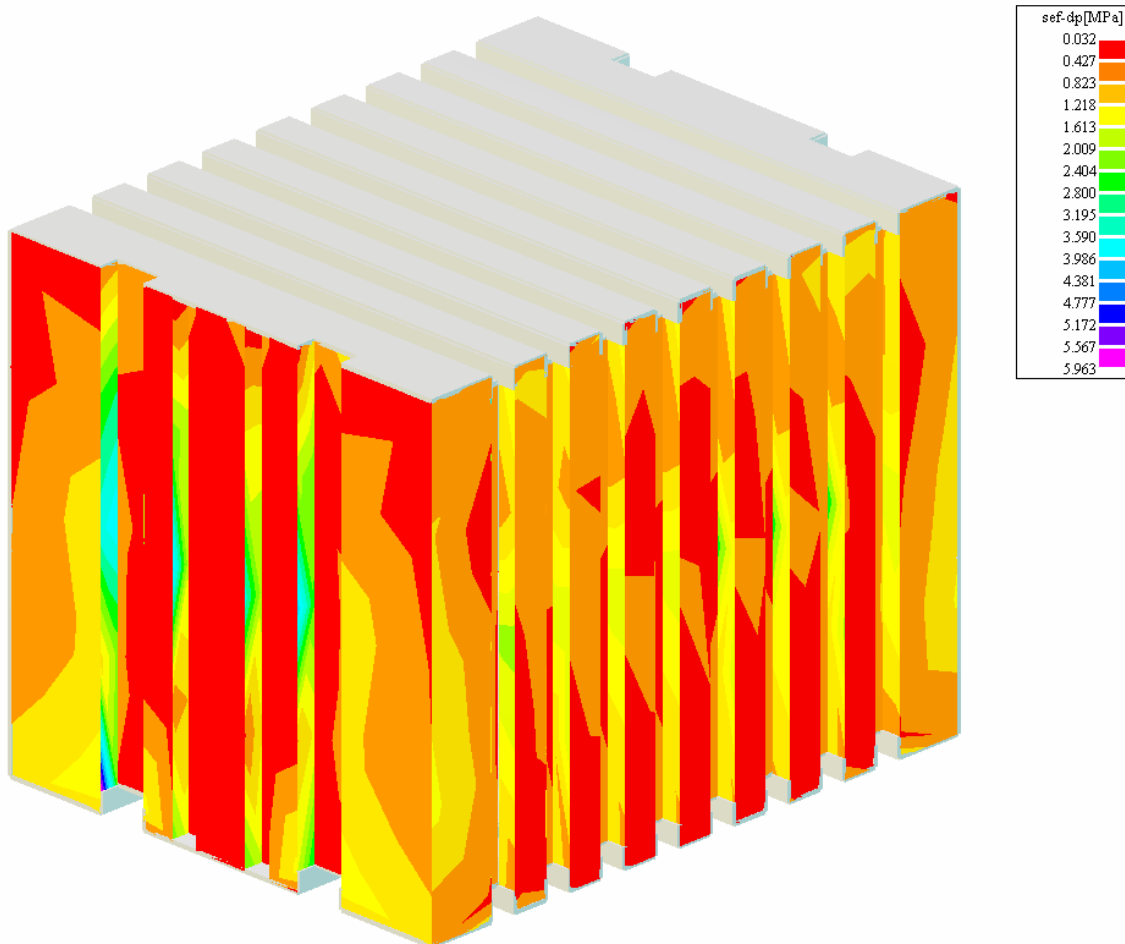
**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na plášti nádrže.**

$s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách

| Plocha     | Uzel | Poloha<br>[m]       | sef            | sef                | sef            |
|------------|------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
|            |      |                     | horní<br>[MPa] | střednice<br>[MPa] | dolní<br>[MPa] |
| Stěna126   | 1995 | 2.210, 1.206, 0.494 | <b>0.042</b>   | 0.135              | 0.231          |
| Polygon461 | 2066 | 1.860, 1.766, 1.696 | <b>4.813</b>   | 3.119              | 1.656          |
| Stěna93    | 1182 | 1.040, 1.766, 0.000 | 0.070          | <b>0.052</b>       | 0.079          |
| Stěna116   | 1994 | 2.210, 1.206, 0.918 | 4.523          | <b>4.336</b>       | 4.149          |
| Stěna126   | 2003 | 2.210, 1.206, 1.766 | 0.409          | 0.201              | <b>0.032</b>   |
| Stěna112   | 1845 | 2.210, 0.380, 0.070 | 3.113          | 2.551              | <b>5.963</b>   |

**Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.**

Izolinie napětí na plášti od KZS 1:



**Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na plášti**

Povolená deformace do 5 % z průměru.

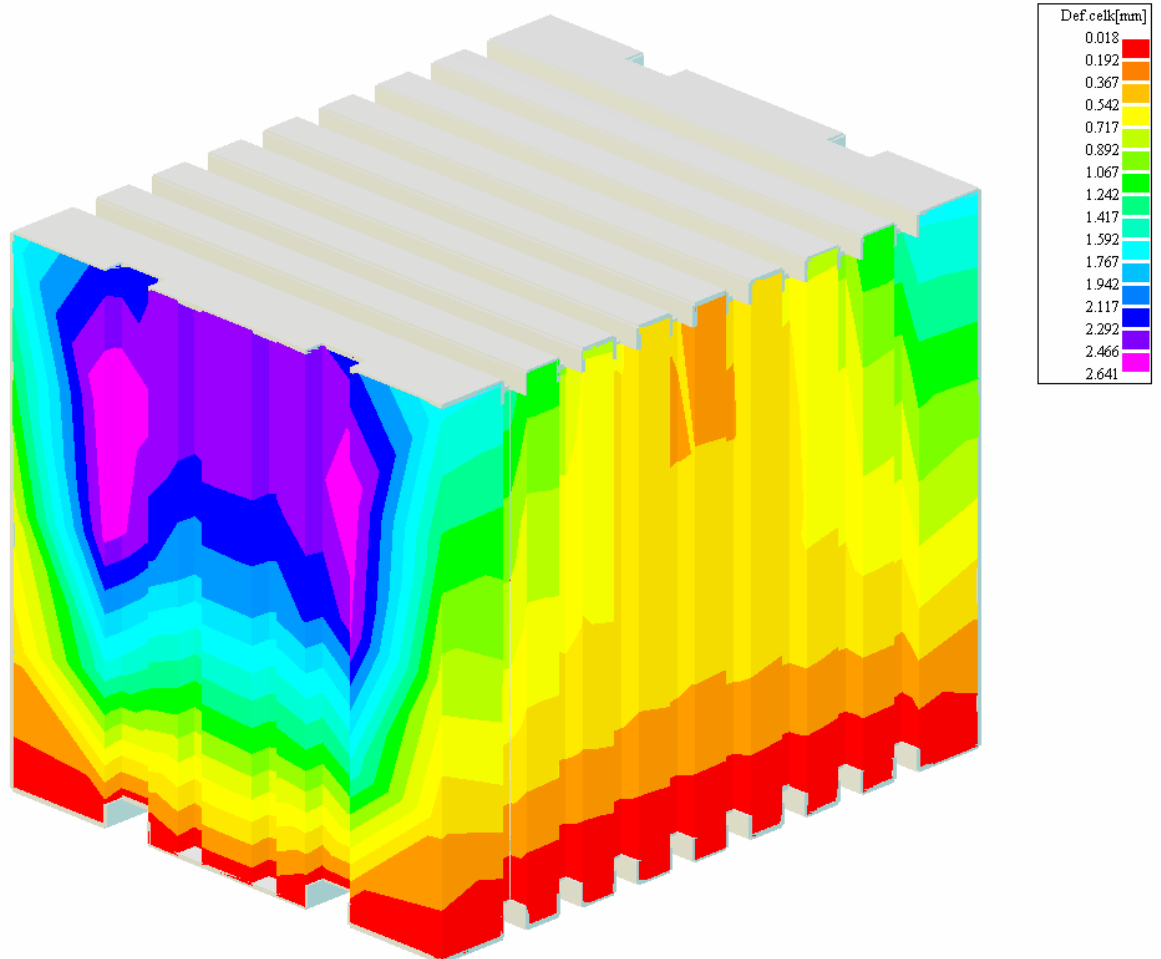
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách

Ucelk. [m] celkové posuny

**Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS**

| Plocha     | Uzel | Poloha<br>[m]       | Ux<br>[mm]    | Uy<br>[mm]    | Uz<br>[mm]    | Ucelk.<br>[mm] |
|------------|------|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Stěna112   | 1814 | 2.210, 0.380, 1.342 | <b>-2.634</b> | 0.201         | 0.025         | 2.641          |
| Stěna47    | 360  | 0.250, 1.766, 1.766 | <b>1.632</b>  | 3.290e-03     | -0.071        | 1.633          |
| Polygon434 | 430  | 0.350, 1.766, 0.883 | 0.474         | <b>-0.440</b> | -0.085        | 0.652          |
| Stěna123   | 1807 | 2.210, 0.000, 1.766 | -1.617        | <b>0.325</b>  | 0.159         | 1.657          |
| Polygon446 | 1148 | 1.170, 1.696, 1.696 | -0.134        | -0.035        | <b>-0.350</b> | 0.376          |
| Stěna47    | 346  | 0.000, 1.766, 0.883 | 0.773         | -0.092        | <b>0.170</b>  | 0.797          |
| Stěna45    | 471  | 0.480, 1.766, 0.000 | 0.010         | -7.373e-03    | -0.012        | <b>0.018</b>   |
| Stěna112   | 1814 | 2.210, 0.380, 1.342 | -2.634        | 0.201         | 0.025         | <b>2.641</b>   |

Max. deformace na klenbě pláště 3 mm činí k rozpětí = 1766 mm cca 0,17 % - vyhovuje  
Izolínie deformací na plášti od KZS 1



**Část 2:** Posouzení pláště nádrže kombinací

KZS 2 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+1.1x ZS 3+1.1x ZS 4+ 1,0xZS 5

Srovnávací napětí pro polypropylénový materiál  $\sigma_{ef} = 8,23 \text{ MPa}$  .**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na plášti nádrže**

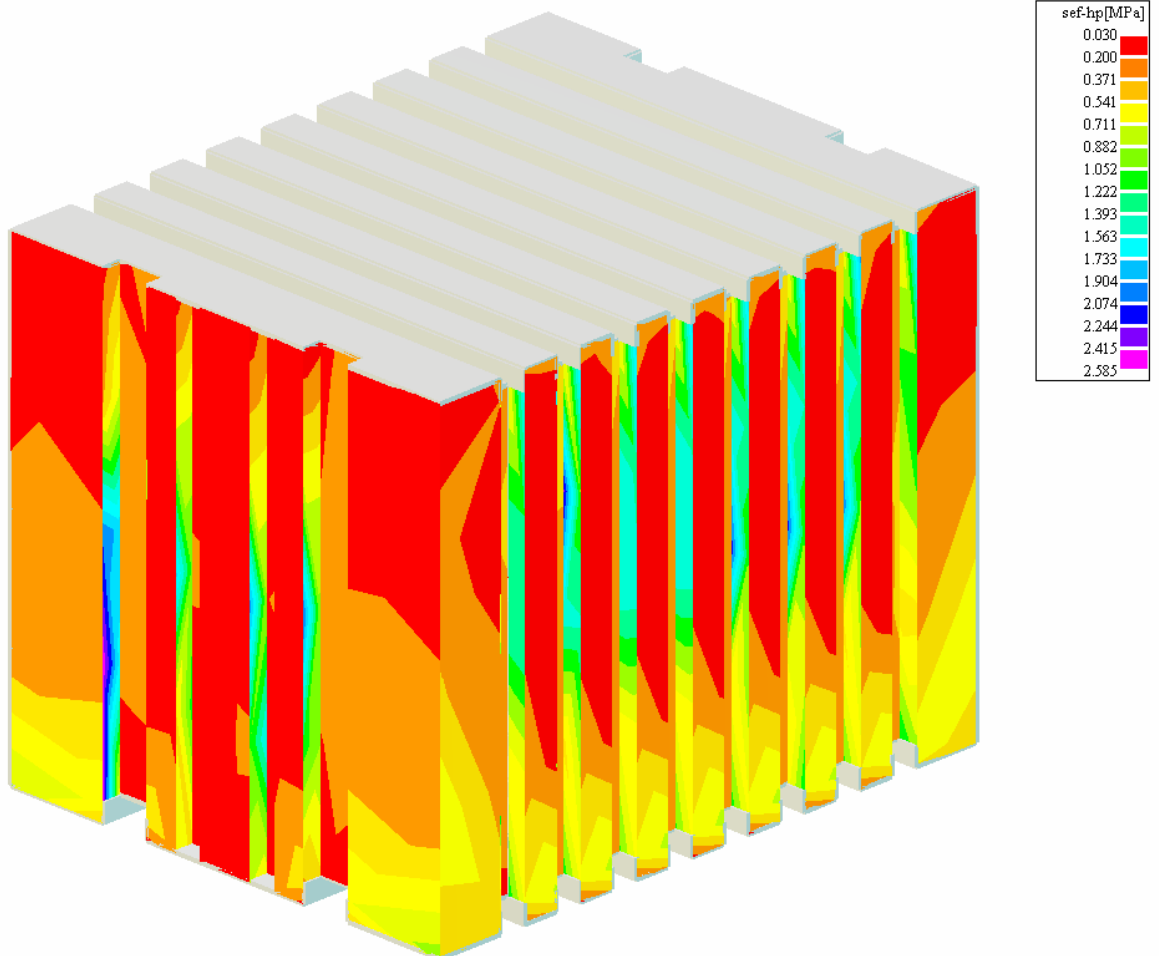
sx, sy, sxy, sef [kPa] napětí v lokálních osách

**Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS**

| Plocha   | Uzel | Poloha<br>[m]       | sef            | sef                | sef            |
|----------|------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
|          |      |                     | horní<br>[MPa] | střednice<br>[MPa] | dolní<br>[MPa] |
| Stěna124 | 1892 | 2.210, 0.680, 1.766 | <b>0.030</b>   | 0.031              | 0.035          |
| Stěna117 | 2147 | 2.210, 1.386, 0.070 | <b>2.585</b>   | 0.664              | 2.836          |
| Stěna125 | 1938 | 2.210, 0.986, 0.883 | 0.055          | <b>0.016</b>       | 0.042          |
| Stěna117 | 2038 | 2.140, 1.386, 0.494 | 2.567          | <b>2.459</b>       | 2.344          |
| Stěna126 | 1991 | 2.210, 1.086, 1.325 | 0.057          | 0.035              | <b>0.017</b>   |
| Stěna112 | 1845 | 2.210, 0.380, 0.070 | 2.540          | 0.664              | <b>2.882</b>   |

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolinie napětí na plášti od KZS 2:



**Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na plášti**

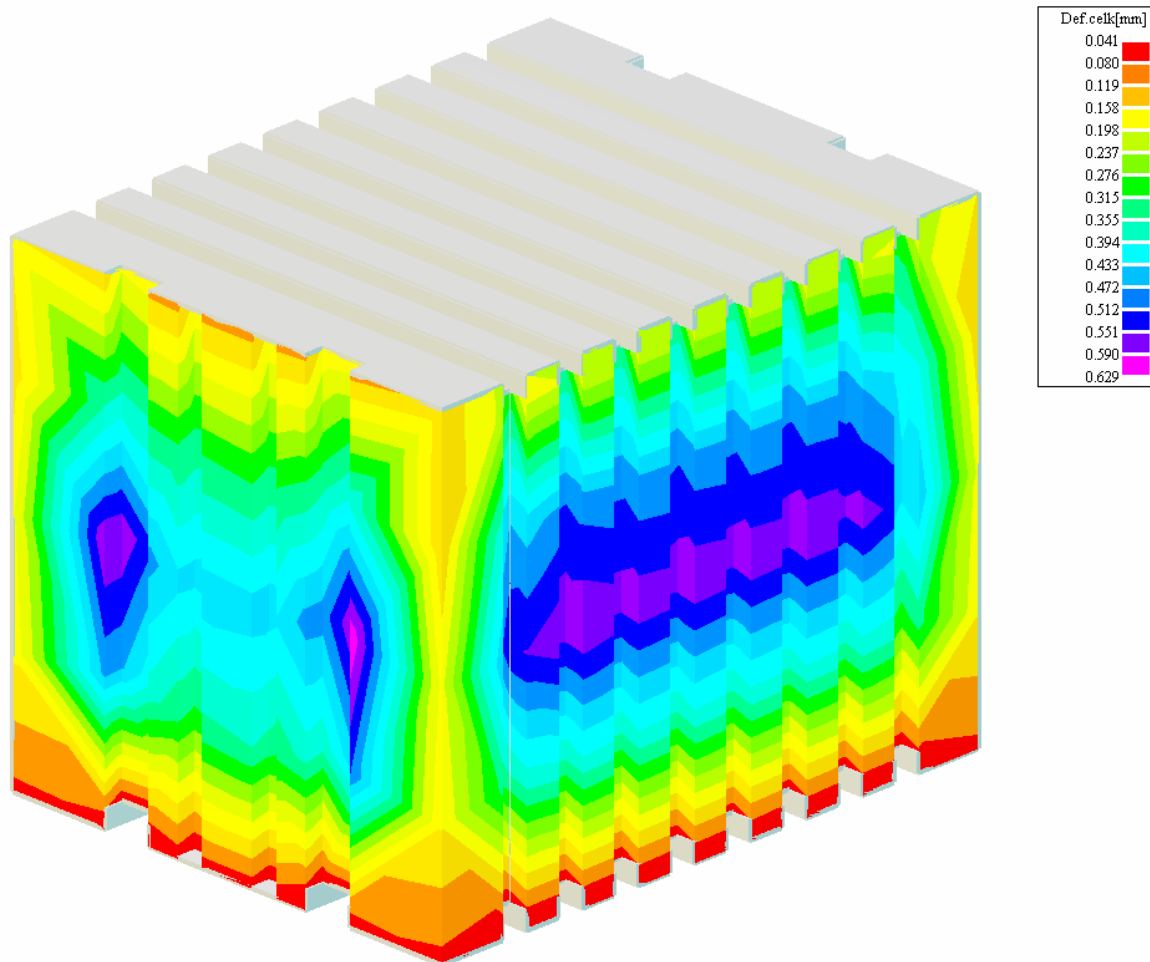
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách

Ucelk. [m] celkové posuny

**Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS.**

| Plocha     | Uzel | Poloha<br>[m]       | Ux<br>[mm]    | Uy<br>[mm]    | Uz<br>[mm]    | Ucelk.<br>[mm] |
|------------|------|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Stěna47    | 346  | 0.000, 1.766, 0.883 | <b>-0.136</b> | 0.049         | -0.111        | 0.182          |
| Stěna117   | 2045 | 2.210, 1.386, 0.918 | <b>0.621</b>  | 0.024         | -0.091        | 0.628          |
| Stěna45    | 322  | 0.480, 1.766, 1.766 | 0.026         | <b>-0.091</b> | -0.193        | 0.215          |
| Polygon452 | 1427 | 1.630, 1.766, 0.883 | 2.735e-03     | <b>0.565</b>  | -0.159        | 0.587          |
| Polygon443 | 951  | 0.940, 1.696, 1.696 | -6.487e-03    | 0.023         | <b>-0.328</b> | 0.329          |
| Stěna115   | 2036 | 2.140, 1.206, 0.070 | 0.029         | 4.222e-03     | <b>-0.028</b> | 0.041          |
| Stěna121   | 1981 | 2.140, 1.086, 0.000 | 0.017         | -1.324e-03    | -0.037        | <b>0.041</b>   |
| Stěna115   | 2040 | 2.140, 1.386, 0.918 | 0.620         | 0.032         | -0.101        | <b>0.629</b>   |

Deformace jsou minimální - vyhovuje





**Část 3:** Posouzení stropu nádrže KZS 1 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+ 1,1xZS 3+ 1,0xZS 5  
Srovnávací napětí pro polypropylénový materiál  $\sigma_{ef} = 8,23 \text{ MPa}$  .

### Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na stropu nádrže

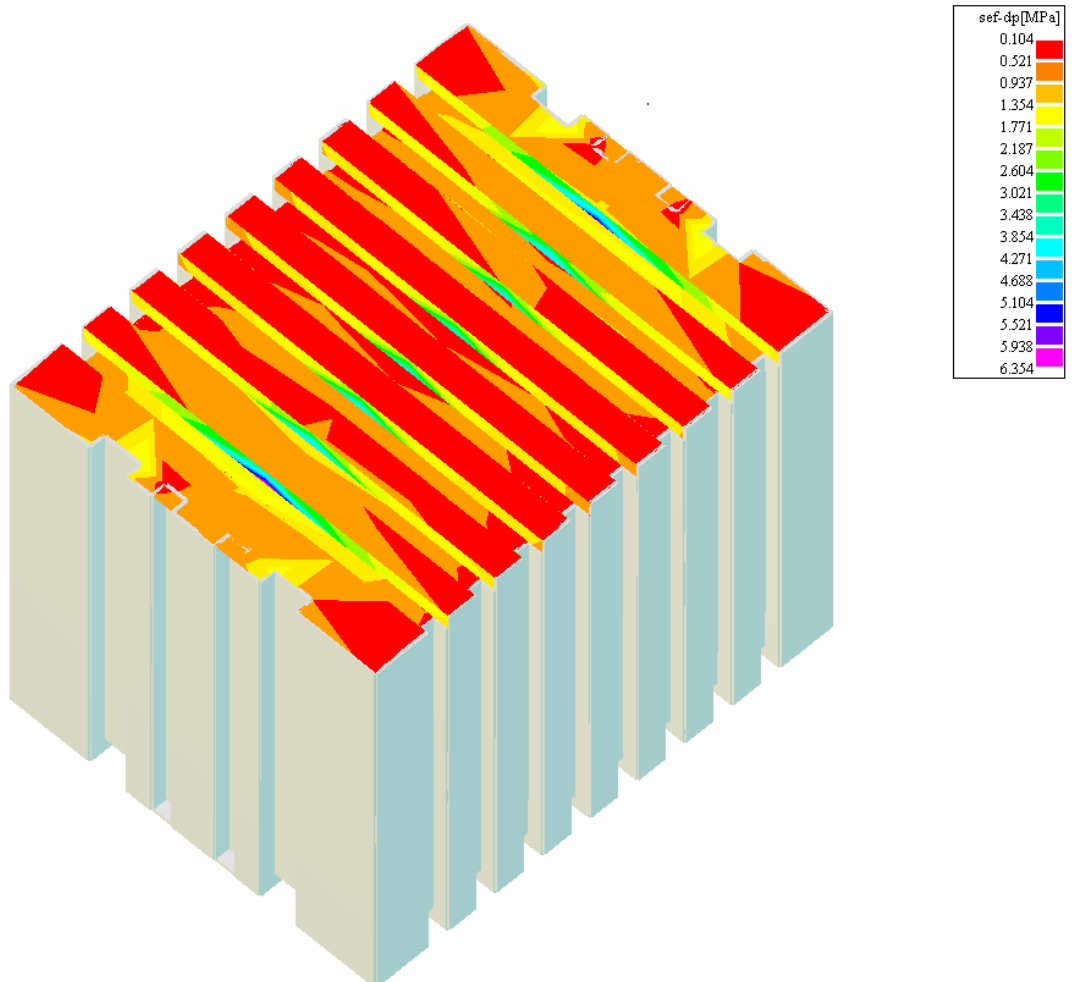
$s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách

#### Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS

| Plocha    | Uzel | Poloha<br>[m]       | sef            | sef                | sef            |
|-----------|------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
|           |      |                     | horní<br>[MPa] | střednice<br>[MPa] | dolní<br>[MPa] |
| Polygon59 | 1330 | 1.400, 1.766, 1.766 | <b>0.023</b>   | 0.119              | 0.253          |
| Polygon43 | 214  | 0.350, 0.883, 1.696 | <b>6.315</b>   | 3.513              | 0.662          |
| Polygon56 | 932  | 0.940, 1.290, 1.696 | 0.529          | <b>0.033</b>       | 0.529          |
| Polygon70 | 1759 | 1.860, 0.883, 1.696 | 0.717          | <b>3.562</b>       | 6.354          |
| Polygon71 | 1965 | 1.960, 0.883, 1.766 | 3.149          | 1.702              | <b>0.104</b>   |
| Polygon70 | 1759 | 1.860, 0.883, 1.696 | 0.717          | 3.562              | <b>6.354</b>   |

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolinie napětí na plášti od KZS 1:



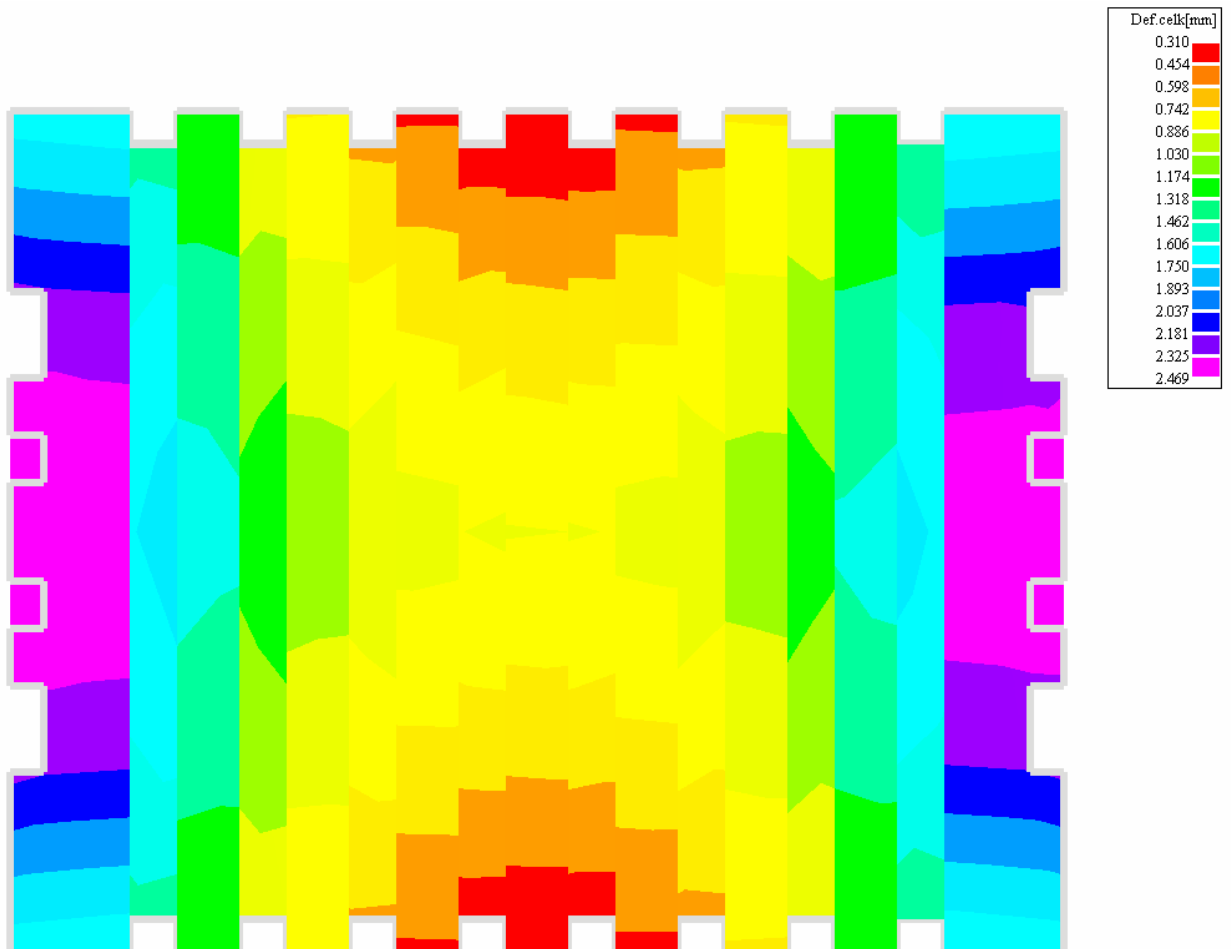
### Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na stropu

Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách  
 Ucelk. [m] celkové posuny

#### Extrémy pro výsledek : KZS3 Kombinace ZS.

| Plocha    | Uzel | Poloha<br>[m]       | Ux<br>[mm]    | Uy<br>[mm]    | Uz<br>[mm]    | Ucelk.<br>[mm] |
|-----------|------|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Polygon71 | 1965 | 1.960, 0.883, 1.766 | <b>-2.382</b> | 7.233e-03     | -0.556        | 2.446          |
| Polygon40 | 182  | 0.250, 0.883, 1.766 | <b>2.405</b>  | -8.097e-04    | -0.558        | 2.469          |
| Polygon40 | 367  | 0.000, 1.766, 1.766 | 1.628         | <b>-0.321</b> | 0.160         | 1.667          |
| Polygon99 | 1808 | 2.210, 0.000, 1.766 | -1.617        | <b>0.325</b>  | 0.159         | 1.657          |
| Polygon54 | 966  | 1.040, 0.883, 1.766 | 2.310e-03     | 4.997e-03     | <b>-0.894</b> | 0.894          |
| Polygon40 | 367  | 0.000, 1.766, 1.766 | 1.628         | -0.321        | <b>0.160</b>  | 1.667          |
| Polygon55 | 1128 | 1.170, 1.766, 1.766 | -2.234e-03    | -0.050        | -0.306        | <b>0.310</b>   |
| Polygon40 | 182  | 0.250, 0.883, 1.766 | 2.405         | -8.097e-04    | -0.558        | <b>2.469</b>   |

Max. deformace na klenbě pláště 2 mm činí k výšce = 1766 mm cca 0,11% - vyhovuje



**Část 4:** Posouzení dna KZS 2 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+1.1x ZS 3+1.1x ZS 4+ 1,0xZS 5  
Srovnávací napětí pro polypropylénový materiál  $\sigma_{ef} = 8,23$  MPa .

### Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na dnu nádrže

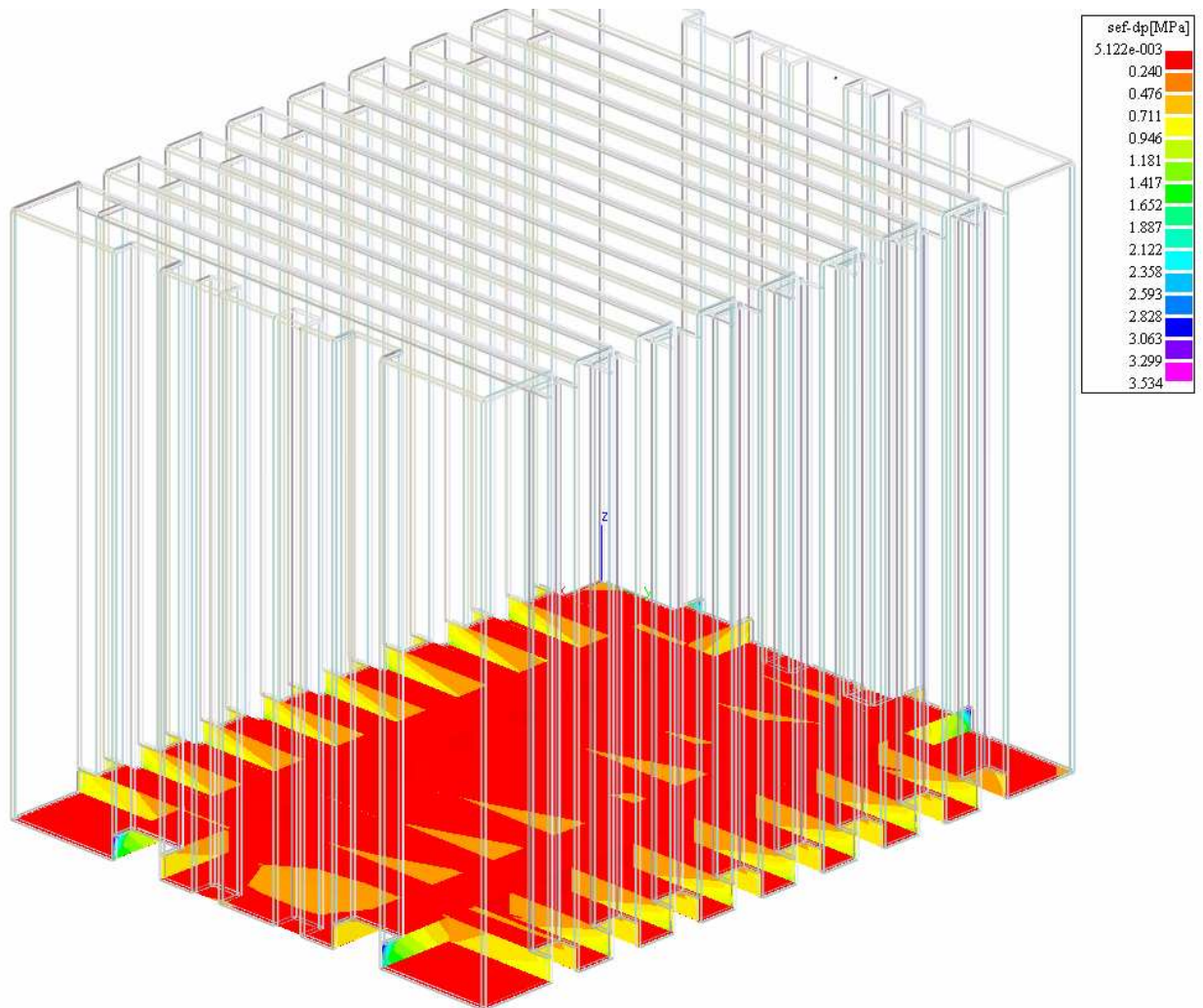
$s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách

#### Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS

| Plocha    | Uzel | Poloha<br>[m]       | $s_{ef}$<br>horní<br>[MPa] | $s_{ef}$<br>střednice<br>[MPa] | $s_{ef}$<br>dolní<br>[MPa] |
|-----------|------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Polygon94 | 1648 | 1.630, 1.206, 0.000 | <b>5.219e-03</b>           | 0.121                          | 0.239                      |
| Stěna3    | 223  | 0.000, 0.380, 0.070 | <b>2.499</b>               | 1.554                          | 3.523                      |
| Polygon83 | 1072 | 1.040, 0.560, 0.070 | 0.029                      | <b>5.374e-03</b>               | 0.021                      |
| Stěna21   | 2150 | 2.210, 1.386, 0.000 | 1.354                      | <b>1.570</b>                   | 1.874                      |
| Polygon75 | 532  | 0.480, 0.883, 0.070 | 0.032                      | 0.027                          | <b>5.122e-03</b>           |
| Stěna21   | 381  | 0.000, 1.386, 0.070 | 2.430                      | 1.479                          | <b>3.534</b>               |

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolínie napětí na plášti od KZS 2:



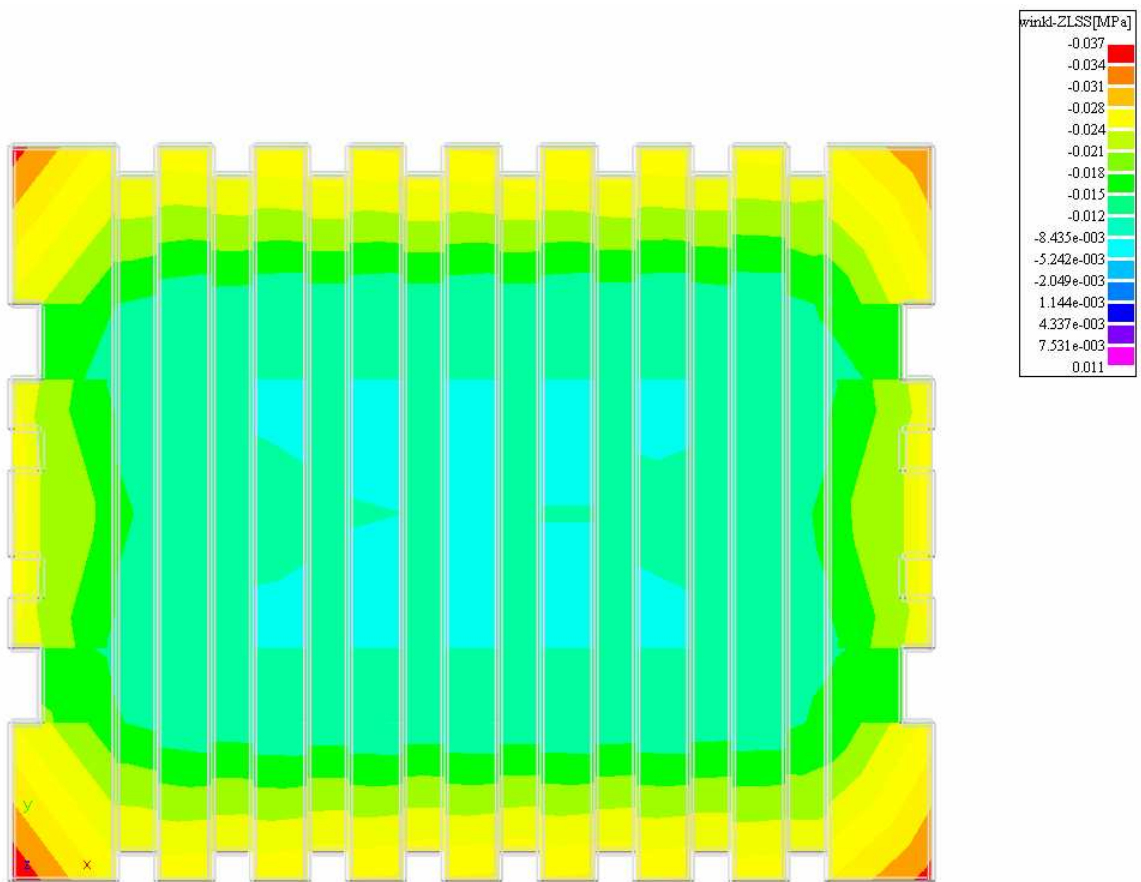
**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí v podloží od**

KZS 2 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+1.1x ZS 3+1.1x ZS 4+ 1,0xZS 5

Winkler.X, Winkler.Y, Winkler.Z [MPa] kontaktní Winklerovo napětí v osách

Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS (post)

| Plocha   | Uzel | Poloha<br>[m]       | Winkler.X<br>[MPa] | Winkler.Y<br>[MPa] | Winkler.Z<br>[MPa] |
|----------|------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Stěna3   | 223  | 0.000, 0.380, 0.070 | <b>-0.027</b>      | -0.045             | 2.169e-03          |
| Stěna21  | 2148 | 2.210, 1.386, 0.070 | <b>0.026</b>       | 0.044              | -6.835e-04         |
| Stěna3   | 223  | 0.000, 0.380, 0.070 | -0.027             | <b>-0.045</b>      | 2.169e-03          |
| Stěna21  | 2148 | 2.210, 1.386, 0.070 | 0.026              | <b>0.044</b>       | -6.835e-04         |
| Polygon3 | 226  | 0.000, 0.000, 0.000 | -0.013             | -8.814e-03         | <b>-0.037</b>      |
| Stěna36  | 2161 | 1.960, 1.766, 0.070 | -0.016             | 0.033              | <b>0.011</b>       |

**Závěr:**

Posouzením bylo prokázáno, že nádrž 6 m<sup>3</sup>, (2216x1766x1766 mm) vyhovuje podmínkám EN 12566-1 čl. 5.2 a v něm uvedeným podmínkám zatížení a z hlediska dovoleného napětí a deformací ( mezní stav pevnosti a mezní stav použitelnosti) ENV 1991-1, pro materiál PP H. Srovnávací hodnoty dle ENV 1778 a EN 1991.

**Poznámka: Menší varianta nádrže na 4 m<sup>3</sup> ( 1516x1766x1766 mm) vyhoví rovněž zadávacím podmínkám posouzení.**