

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

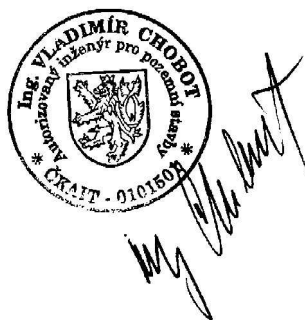
# Nádrž 6 m<sup>3</sup>

**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 Part 1 - Basis of design
ENV 1991-2-1	Basis of design and actions on structures Part 2-1-actions on structures-Densities, self-weight and imposed loads
ENV 1991-2-6	Basis of design and actions on structures 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.

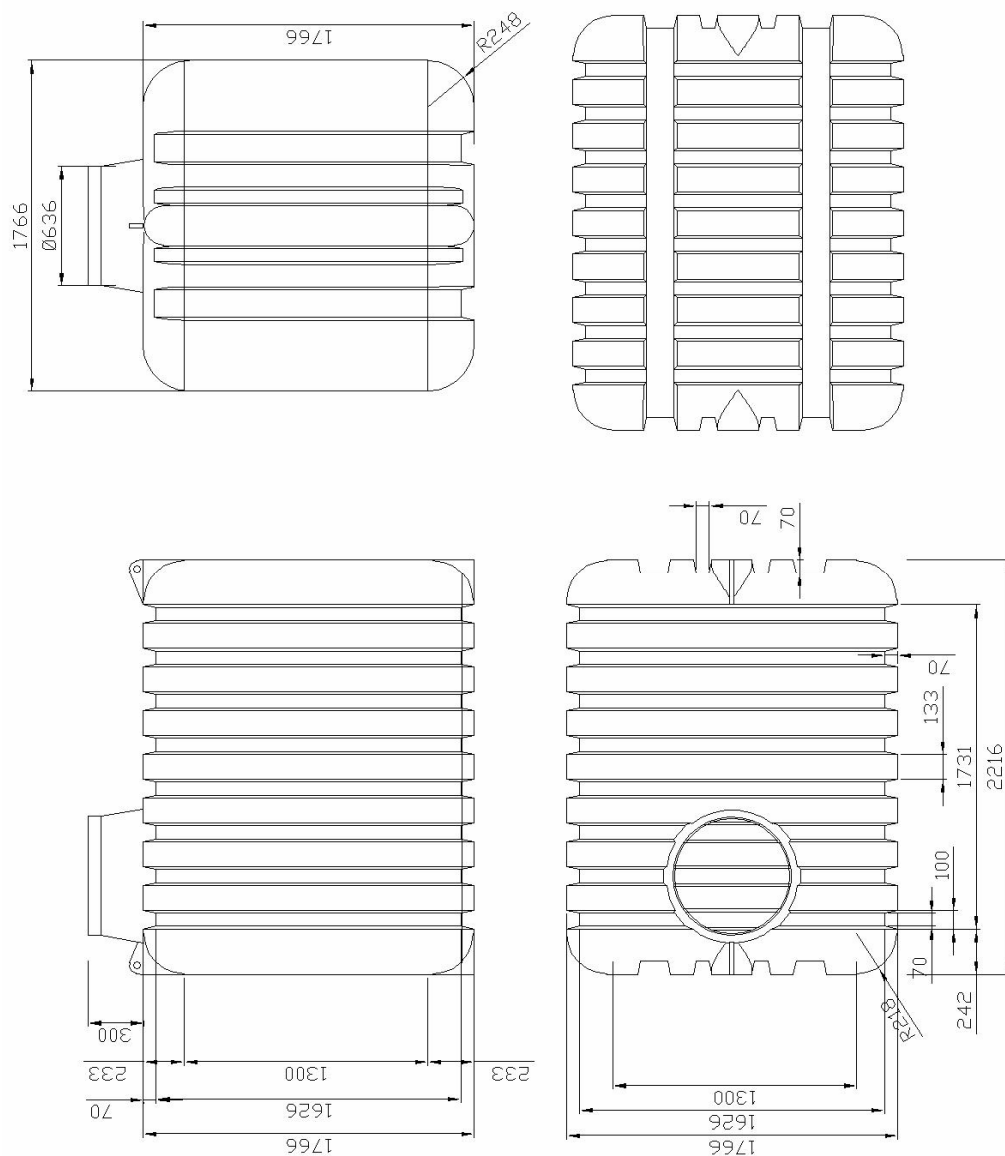
$A_1 = 1,0$  vliv podmínek prostředí

$A_{2k} = 1,0$  vliv media v nádobě

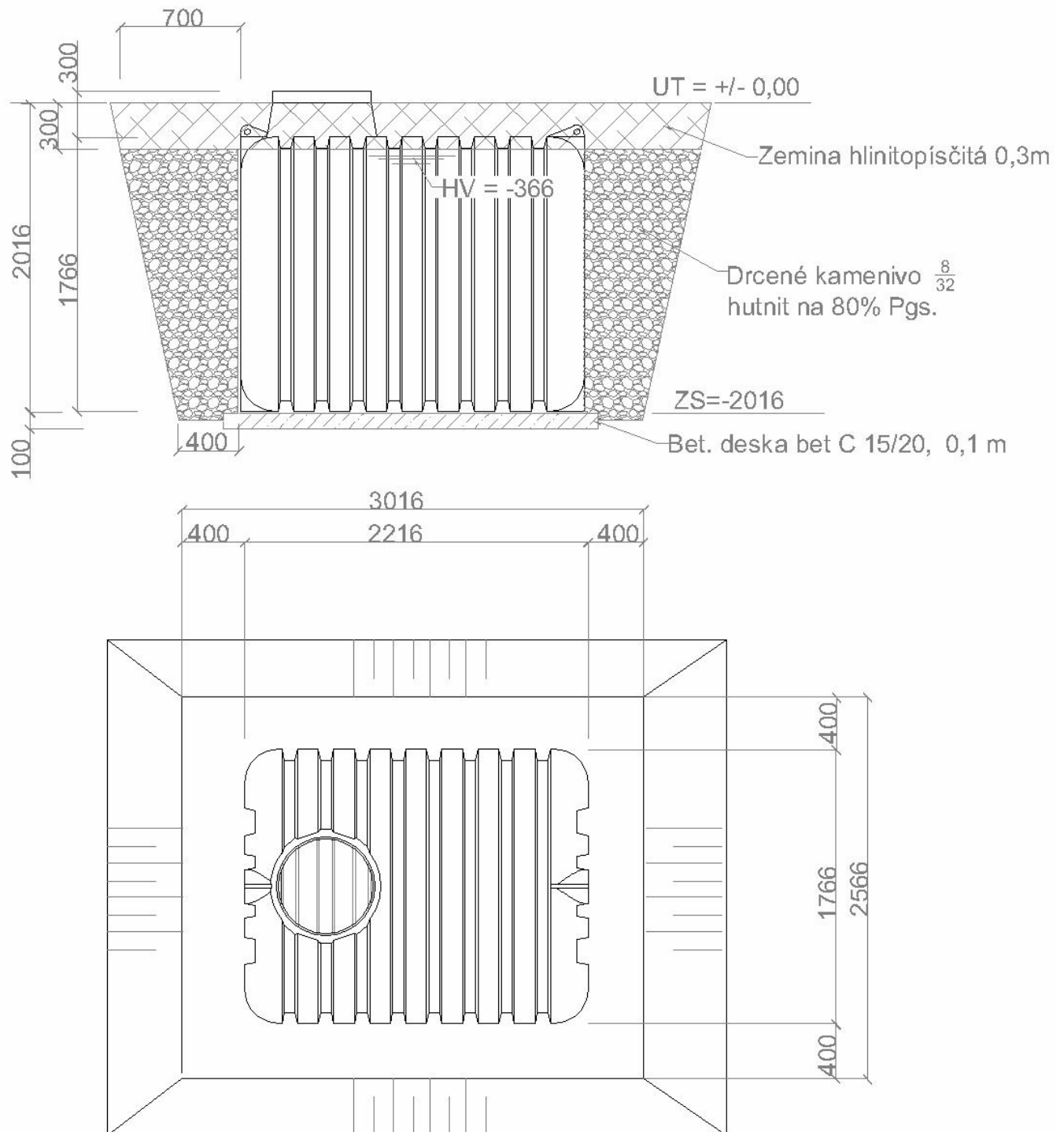
$S = 1,3$  koeficient bezpečnosti

$$R_n = 10,7 \times (1,3 \times 1,0 \times 1,0)^{-1} = \mathbf{8,23 \text{ MPa}}$$
 (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  $\sigma_{ef} = 8,23 \text{ MPa}$  .

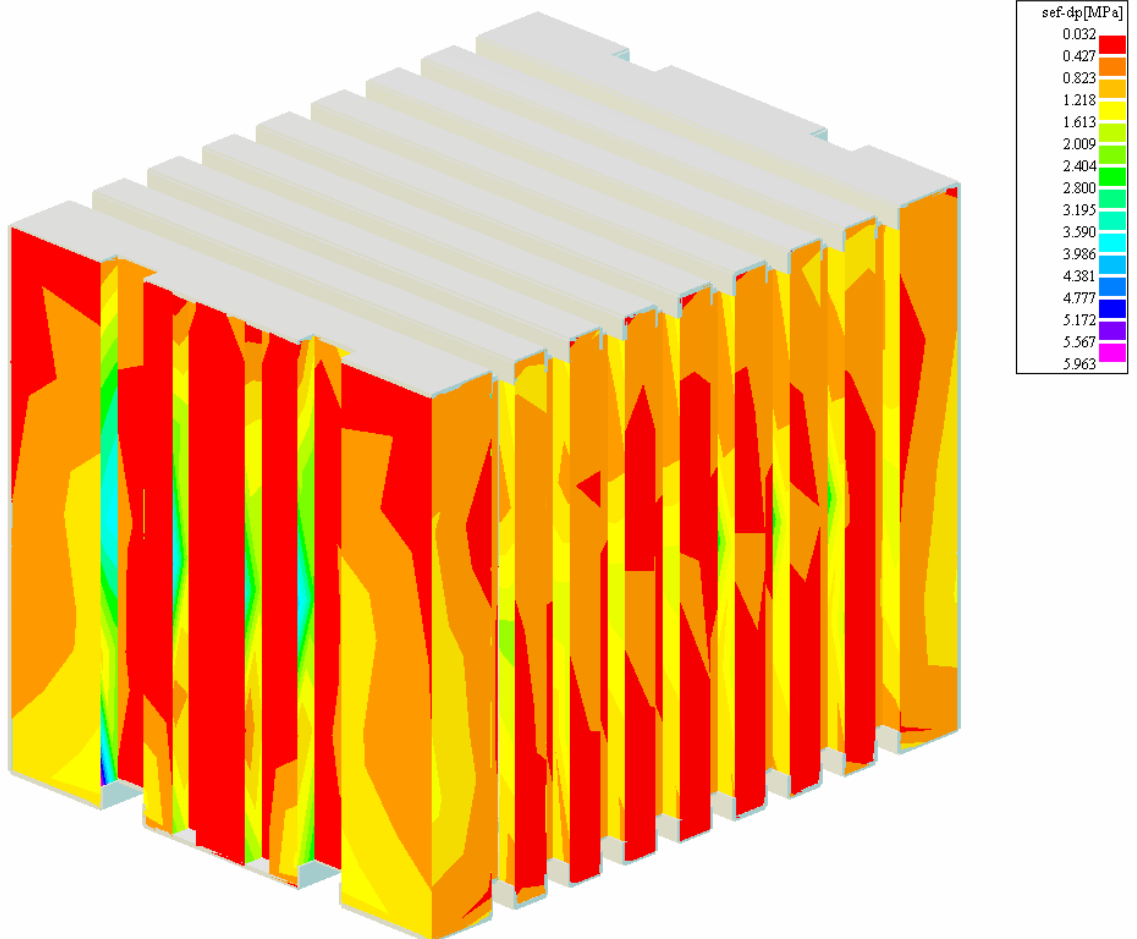
**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na plášti nádrže.**

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

Plocha	Uzel	Poloha [m]	sef	sef	sef
			horní [MPa]	střednice [MPa]	dolní [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.

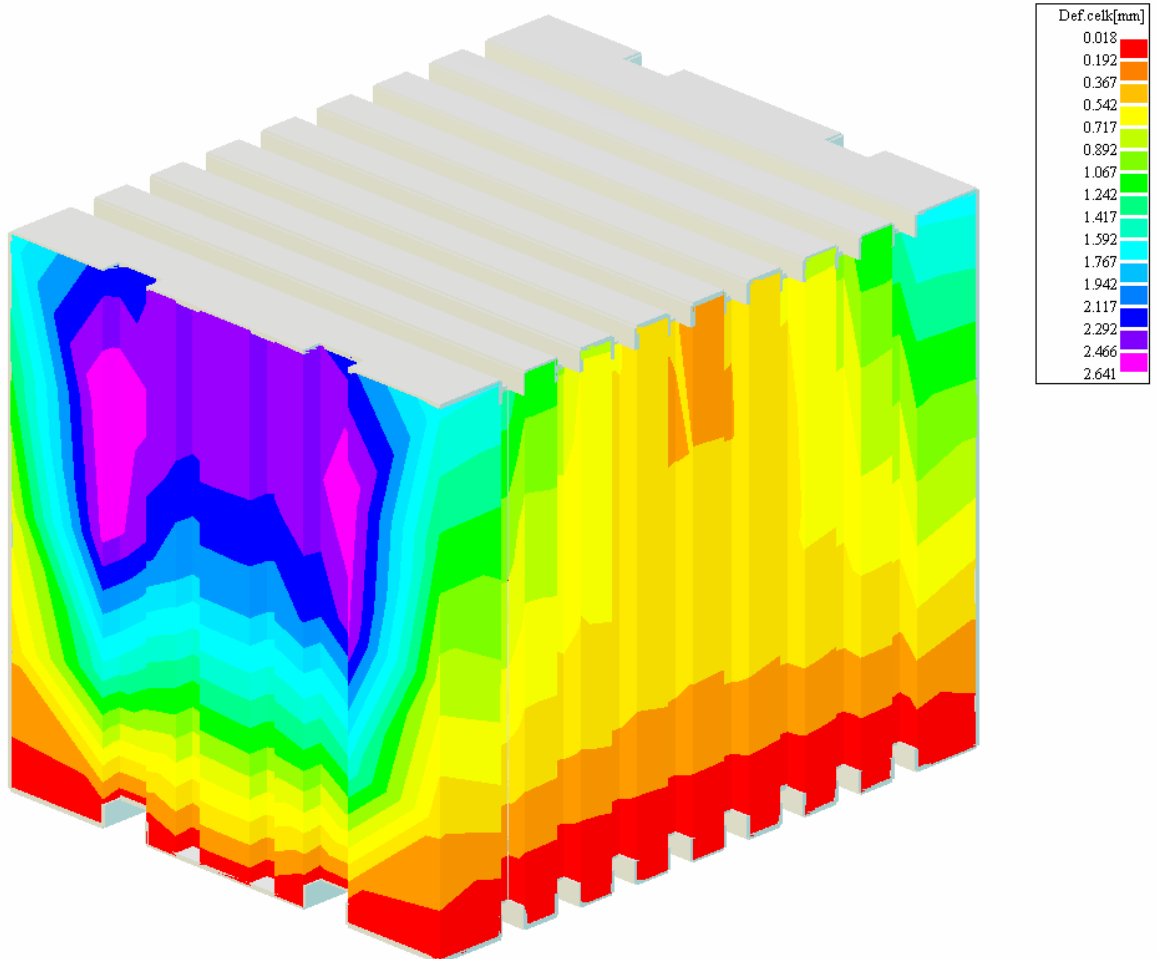
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách

Ucelk. [m] celkové posuny

**Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS**

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [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

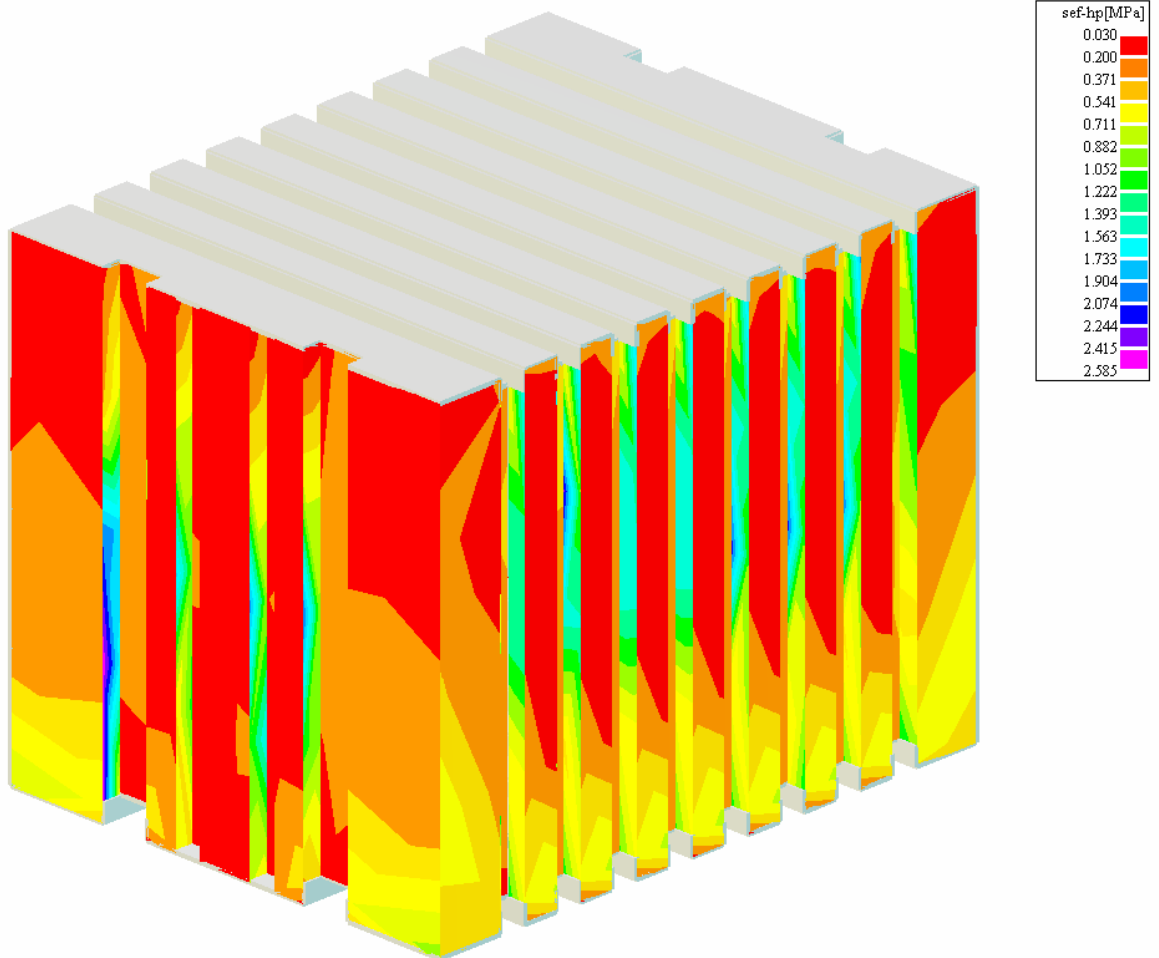
KZS 2 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+1.1x ZS 3+1.1x ZS 4+ 1,0xZS 5

Srovnávací napětí pro polypropylénový materiál  $\sigma_{ef} = 8,23 \text{ MPa}$  .**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na plášti nádrže** $s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách**Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS**

Plocha	Uzel	Poloha [m]	sef	sef	sef
			horní [MPa]	střednice [MPa]	dolní [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**

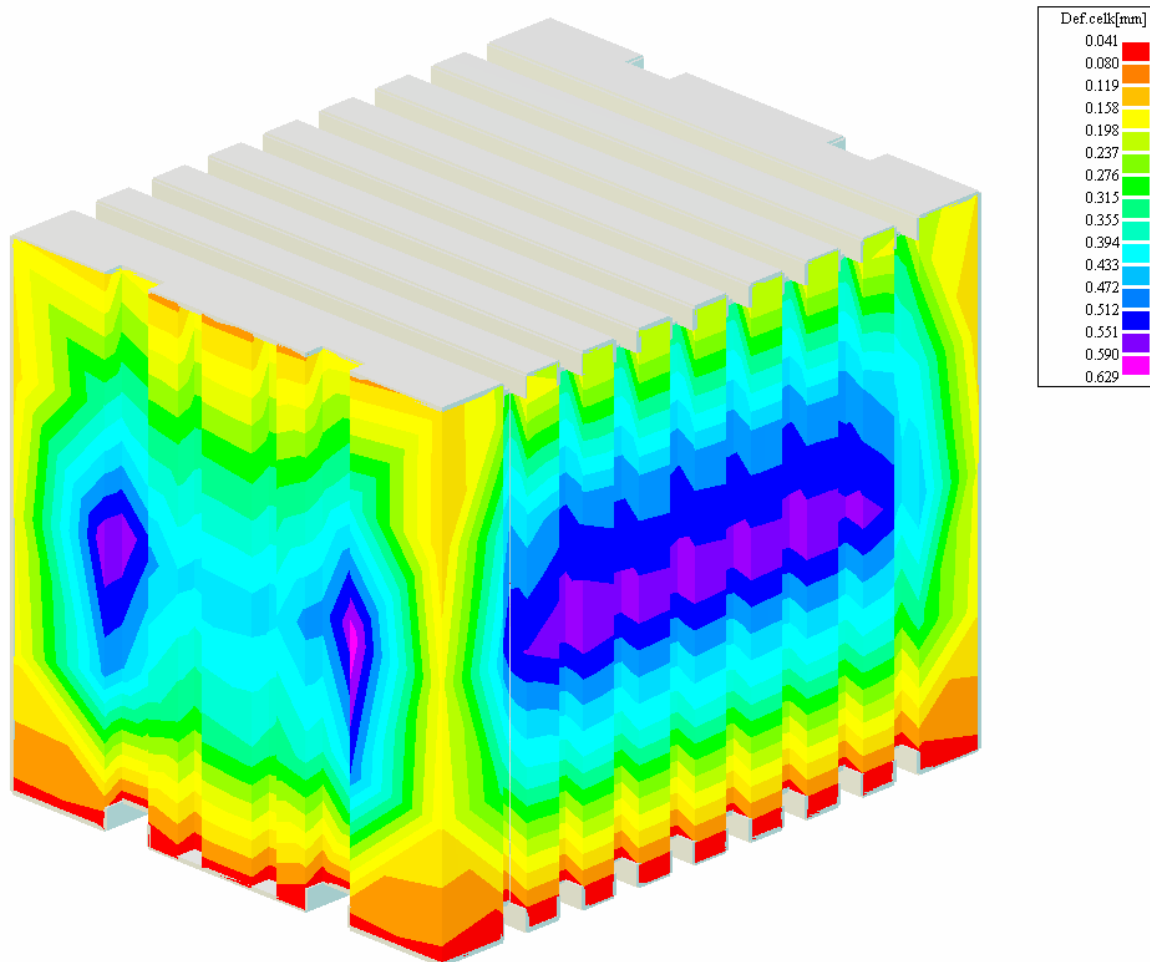
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách

Ucelk. [m] celkové posuny

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

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [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

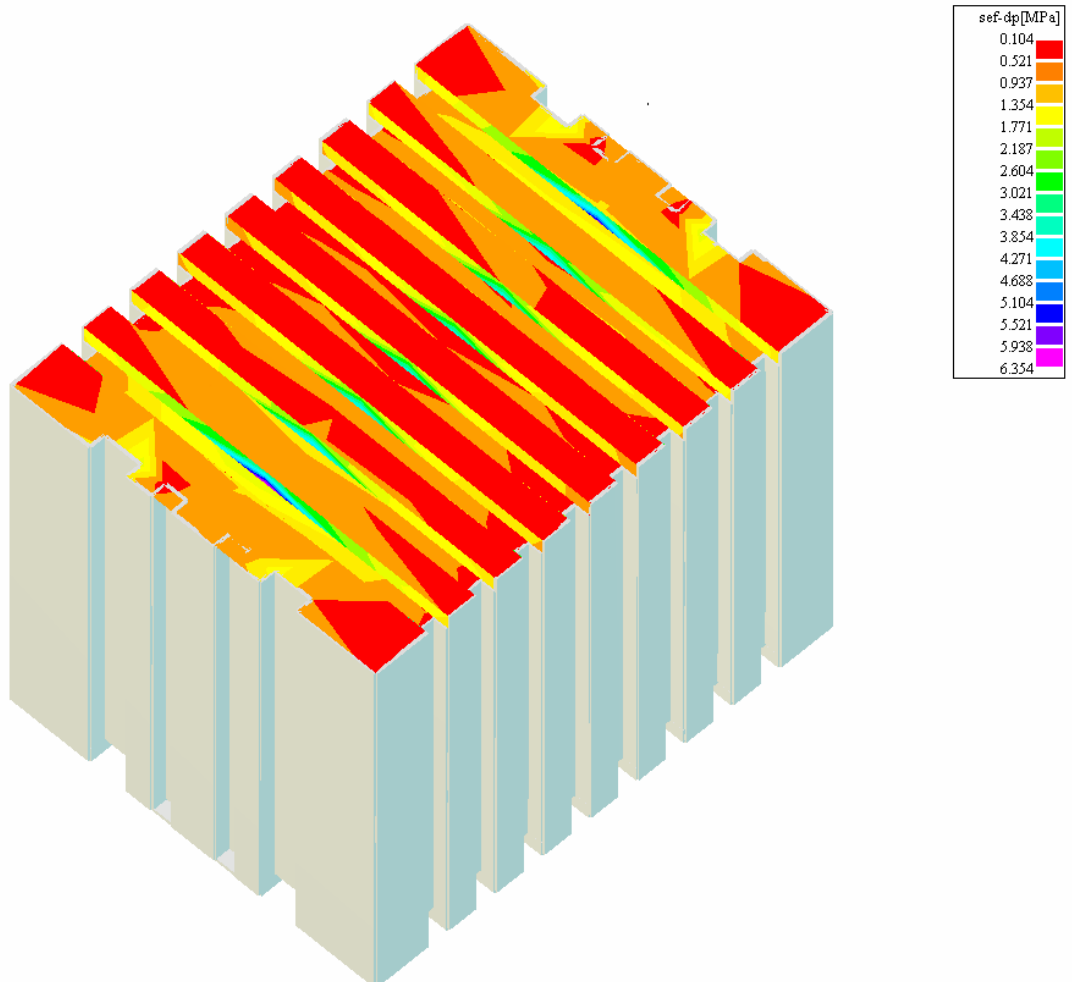
$s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách

#### Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS

Plocha	Uzel	Poloha [m]	sef	sef	sef
			horní [MPa]	střednice [MPa]	dolní [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:



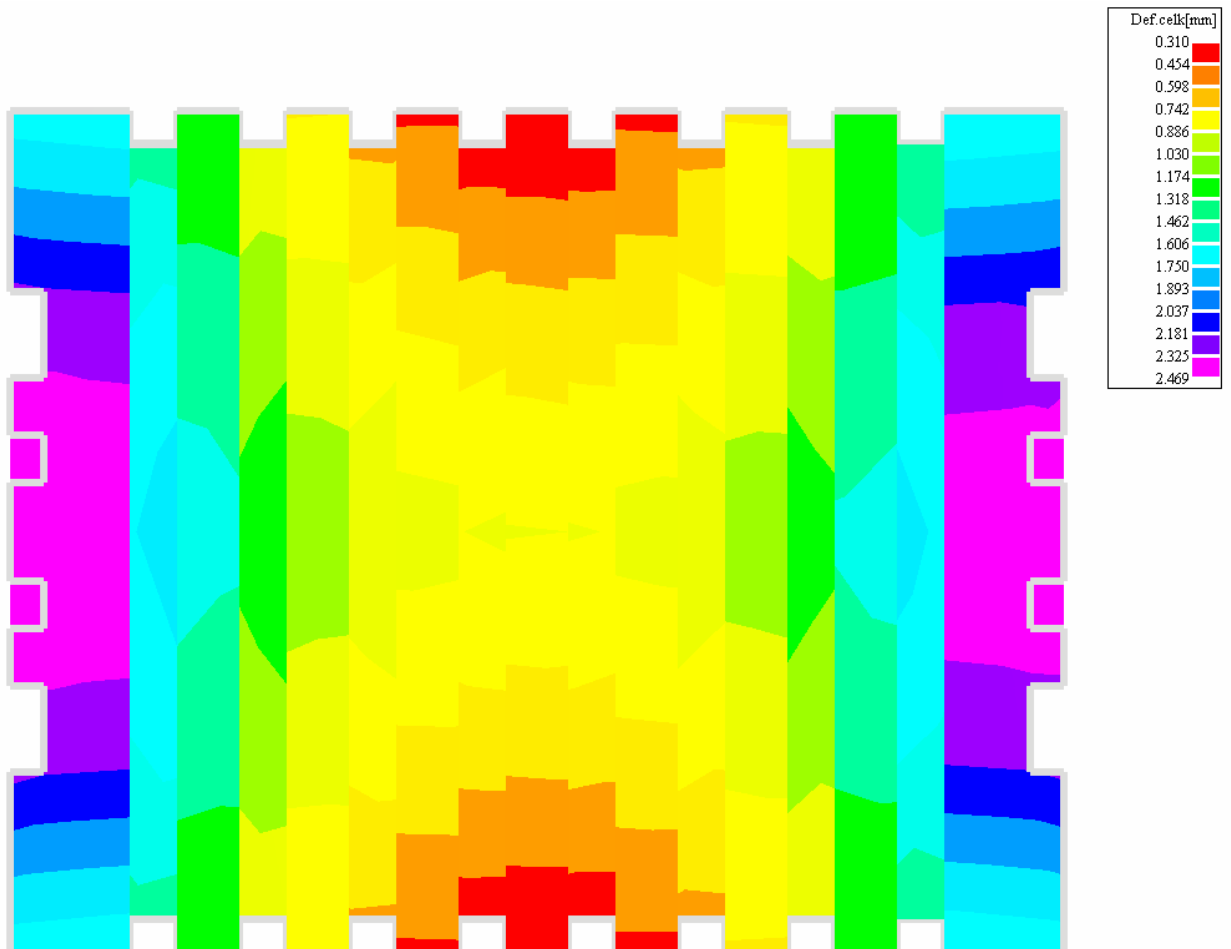
### Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na stropu

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

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

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [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

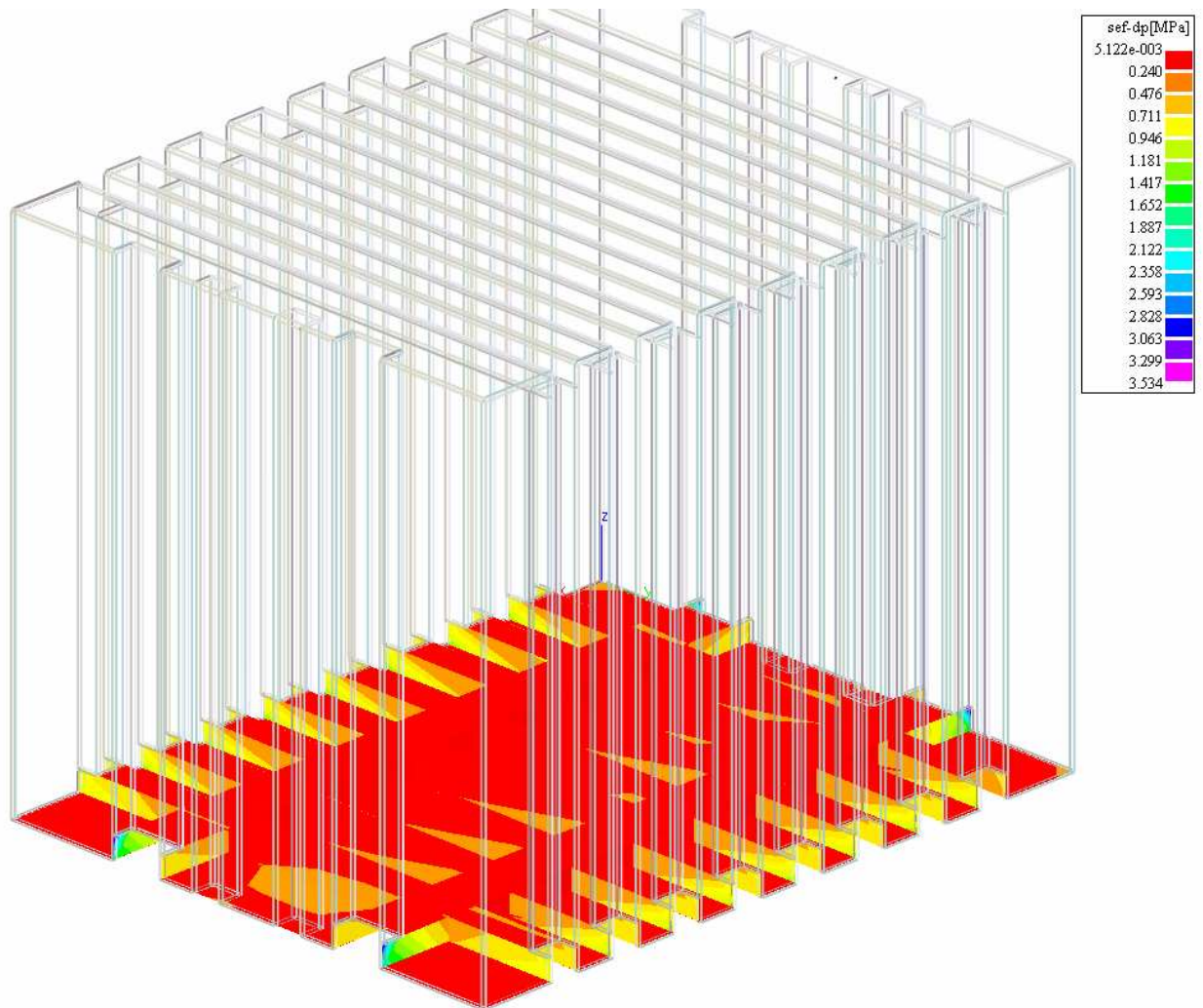
$s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef}$  [kPa] napětí v lokálních osách

#### Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS

Plocha	Uzel	Poloha [m]	$s_{ef}$ horní [MPa]	$s_{ef}$ střednice [MPa]	$s_{ef}$ dolní [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:



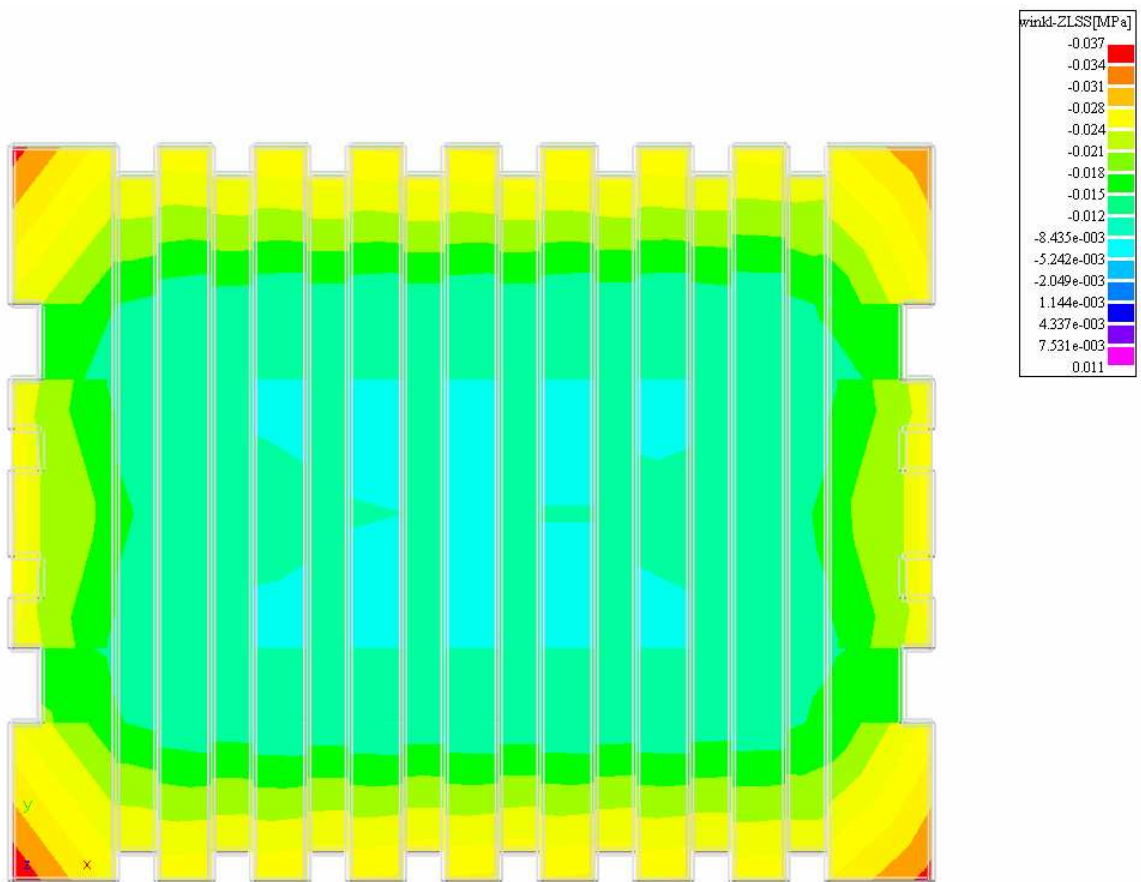
**Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí v podloží od**

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 [m]	Winkler.X [MPa]	Winkler.Y [MPa]	Winkler.Z [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.**