

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

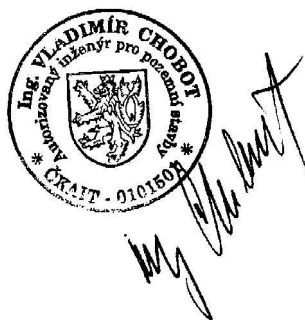
Nádrž 6 m³

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

Číslo zakázky **09/stat.08**

Vypracováno pro: IMG BOHEMIA s.r.o. 2009-02-20

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 m³, (2216x1766x1766 mm) z polyetylénu, vyrobenou technologií odstředivého lití. Posouzení má zohlednit použití nádoby pro umístění pod úroveň terénu, při zahrnutí zeminou o měrné hmotnosti 18 t m⁻³, 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⁻², daným EN 12566-1.
2. Zatížením zeminou o výšce násypu zeminy 0,25 m, měrné hmotnosti 18 t m⁻³.

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
gamma	[t/m ³]	objemová hmotnost
K1, K2	[kN/m ³]	koeficienty tepelné roztažnosti

Materiál	Typ	E 1 [MPa]	ni	gamma [t/mm ³]	K 1 [kN/m ³]	E 2 [MPa]	K 2 [kN/m ³]	útlum
PEH krátko	OSTATNÍ	750.000	0.420	9.100e-10	0.128			
PEH dlouh	OSTATNÍ	150.000	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 [MPa/m]	C 1 Y	C 1 Z	C 2 Y	C 2 Z [MPa m]	
Podloží 1	pod plochou		500.000	500.000	500.000		50.000

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

Pevnost R_n a výpočtové deformace ϵ_{lim} určeny jednak dle EN 1778.

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

$K = 11,6 \text{ MPa}$ normové dlouhodobé napětí dle EN 1778.

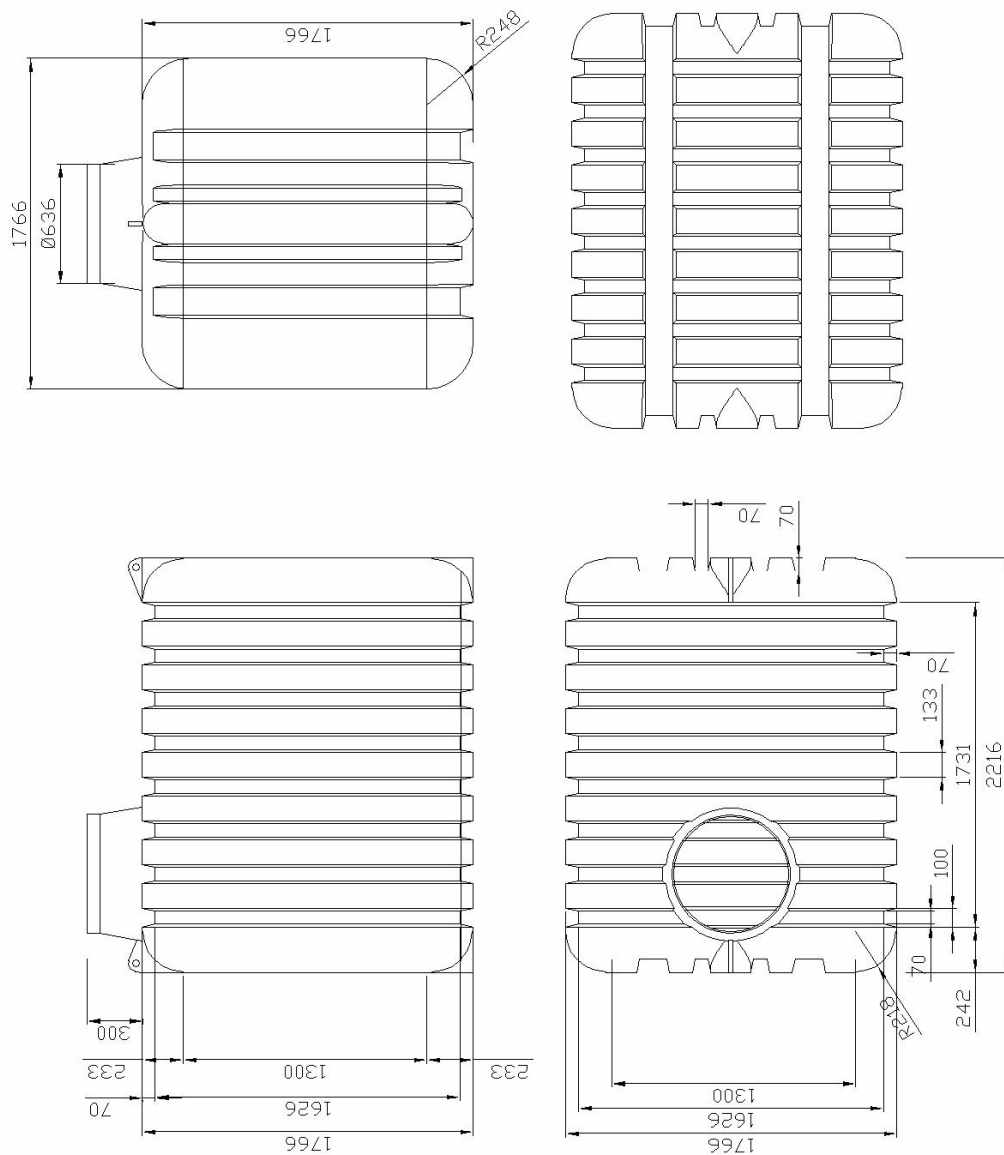
$A_1 = 1,0$ vliv podmínek prostředí

$A_{2k} = 1,0$ vliv media v nádobě

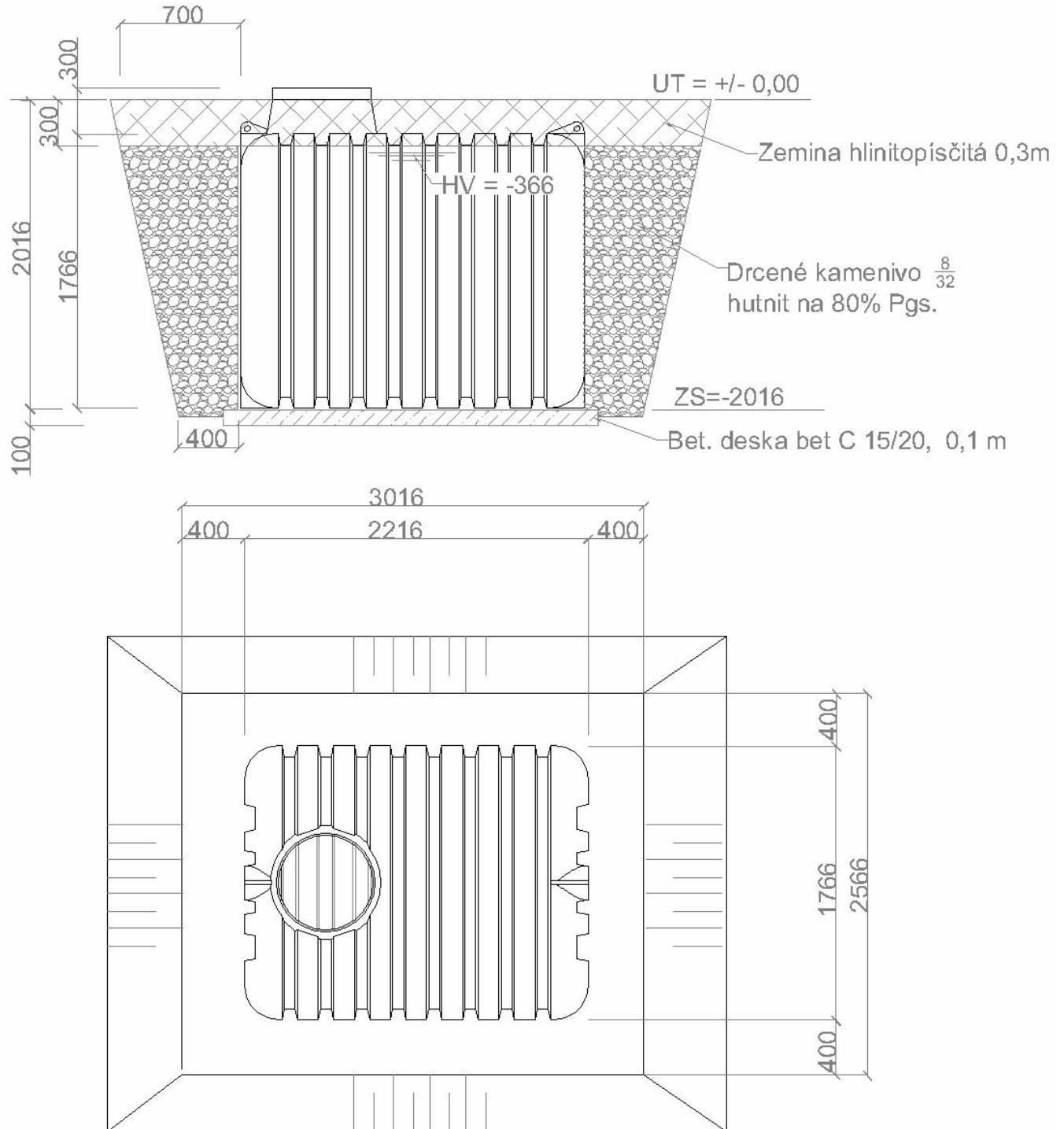
$S = 1,3$ koeficient bezpečnosti

$$R_n = 11,6 \times (1,3 \times 1,0 \times 1,0)^{-1} = \mathbf{8,92 \text{ MPa}} \text{ (mez pevnosti 20-25 MPa)}$$

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 polyetylenový materiál $\sigma_{ef} = 8,92 \text{ MPa}$.

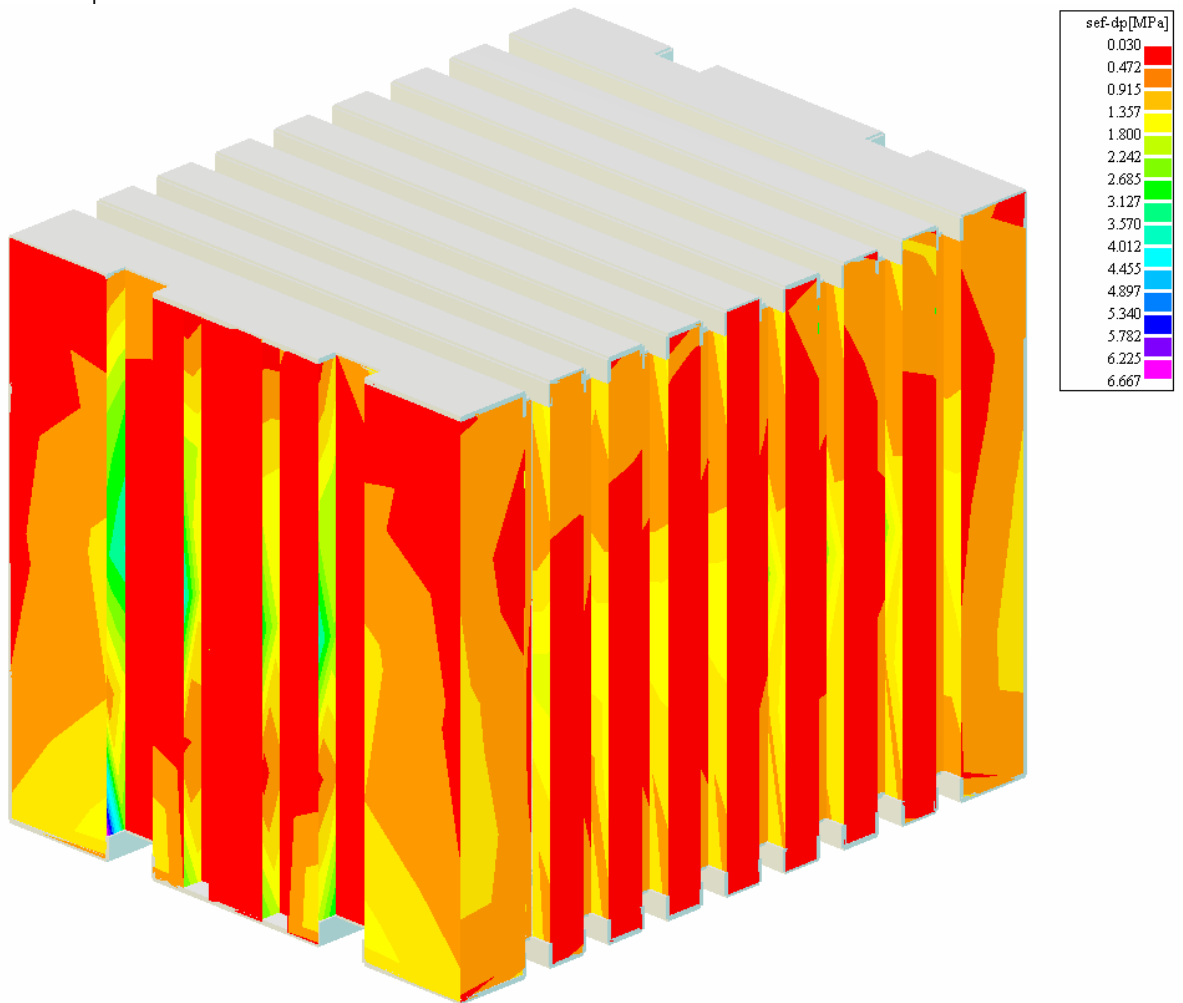
Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na plášti nádrže.

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]
Stěna124	1899	2.210, 0.560, 0.494	0.046	0.119	0.217
Polygon461	2069	1.860, 1.766, 1.696	4.613	3.044	1.677
Stěna89	957	0.810, 1.766, 0.000	0.093	0.046	0.116
Stěna110	2088	1.963, 1.696, 0.476	4.225	4.237	4.250
Stěna126	2007	2.210, 1.206, 1.766	0.385	0.191	0.030
Stěna112	1821	2.210, 0.380, 0.070	2.859	3.310	6.667

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.

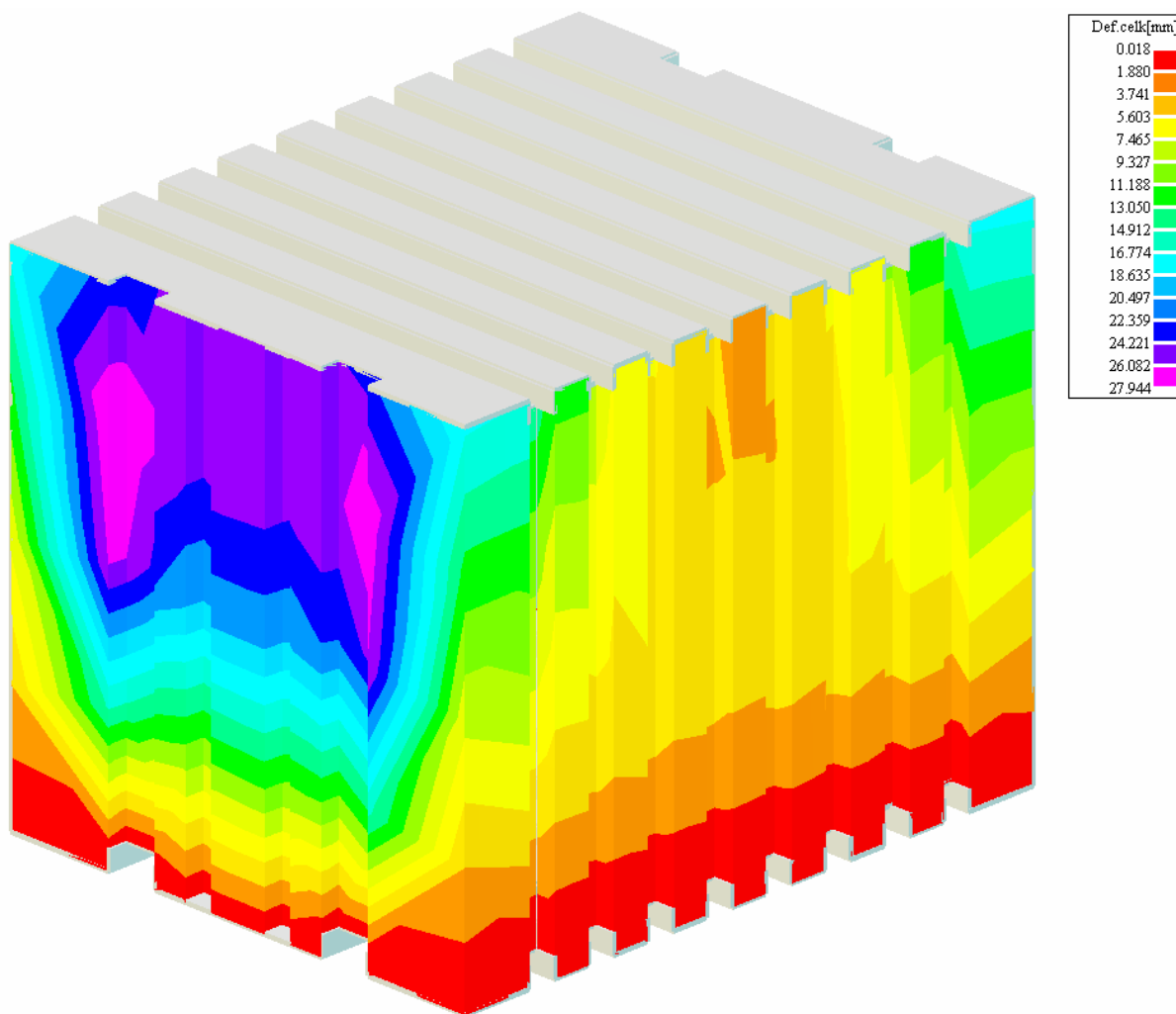
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách

Ucelk. [m] celkové posuny

Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [mm]
Stěna112	1862	2.210, 0.380, 1.342	-27.865	2.105	0.061	27.944
Stěna47	404	0.250, 1.766, 1.766	17.117	0.020	-0.896	17.141
Polygon439	923	0.810, 1.696, 0.883	2.197	-4.486	-1.991	5.377
Stěna123	1857	2.210, 0.000, 1.766	-16.947	3.595	1.621	17.400
Polygon442	1166	1.040, 1.696, 1.696	1.392	-0.398	-3.692	3.966
Stěna47	391	0.000, 1.766, 0.883	7.677	-0.833	1.672	7.901
Polygon439	948	0.810, 1.766, 0.070	1.649e-03	-0.012	0.013	0.018
Stěna112	1862	2.210, 0.380, 1.342	-27.865	2.105	0.061	27.944

Max. deformace na klenbě pláště 30 mm činí k rozpětí = 1766 mm cca 1,69 % - vyhovuje
 Izolinie deformací na plášti od KZS 1



Část 2: Posouzení pláště nádrže kombinací

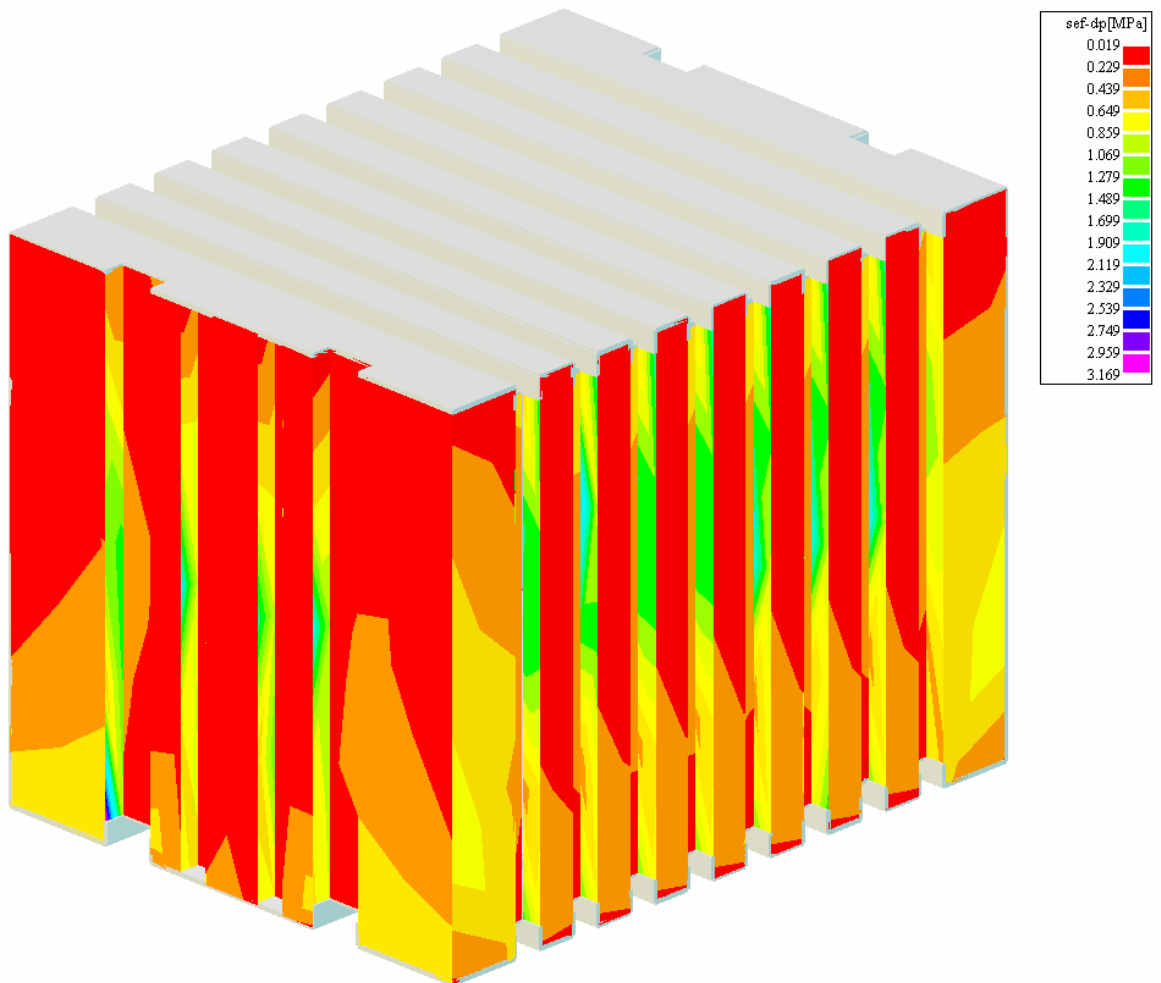
KZS 2 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+1.1x ZS 3+1.1x ZS 4+ 1,0xZS 5

Srovnávací napětí pro polyetylenový materiál $\sigma_{ef} = 8,92 \text{ MPa}$.**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]
Stěna127	2128	2.210, 1.766, 1.766	0.029	0.044	0.070
Stěna112	1833	2.210, 0.380, 0.494	2.406	1.479	0.517
Stěna125	1942	2.210, 0.986, 0.883	0.055	0.017	0.040
Polygon452	1659	1.630, 1.696, 1.290	2.252	2.255	2.257
Stěna124	1888	2.210, 0.680, 1.325	0.030	0.021	0.019
Stěna112	1821	2.210, 0.380, 0.070	2.257	0.888	3.169

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolinie napětí na plášti od KZS 2:



Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na pláště

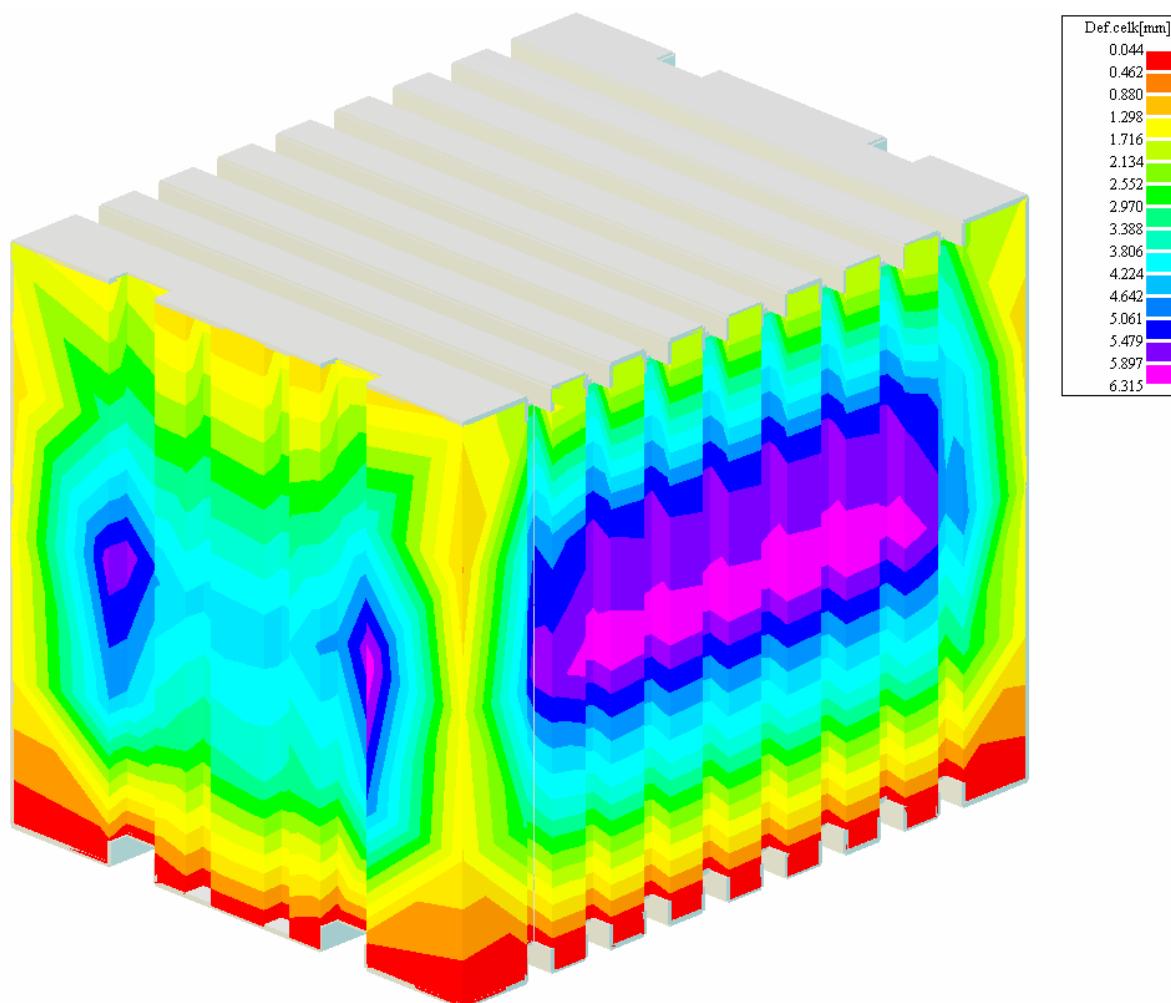
Ux, Uy, Uz [m] posuny v osách
 Ucelk. [m] celkové posuny

Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS.

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [mm]
Stěna123	1857	2.210, 0.000, 1.766	-1.664	-0.465	-0.661	1.849
Stěna117	2034	2.210, 1.386, 0.918	6.282	0.169	-0.556	6.309
Stěna105	2064	1.860, 1.766, 1.766	-0.489	-0.841	-1.532	1.815
Polygon440	886	0.710, 1.766, 0.883	0.064	6.034	-1.387	6.191
Polygon446	1254	1.170, 1.696, 1.696	-0.095	0.506	-3.260	3.300
Stěna115	2042	2.140, 1.206, 0.070	0.074	1.880e-03	-0.016	0.076
Stěna105	2138	1.730, 1.766, 0.000	-2.967e-03	-0.028	-0.034	0.044
Stěna115	2031	2.140, 1.386, 0.918	6.270	0.341	-0.671	6.315

Max. deformace na klenbě pláště 6mm činí k rozpětí = 1766 mm cca 0,34 % - vyhovuje

Deformace vyhovuje



Část 3: Posouzení stropu nádrže KZS 1 = 1,1xZS 1+ 1,1xZS 2+ 1,1xZS 3+ 1,0xZS 5
Srovnávací napětí pro polyetylenový materiál $\sigma_{ef} = 8,92 \text{ MPa}$.

Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na stropu nádrže

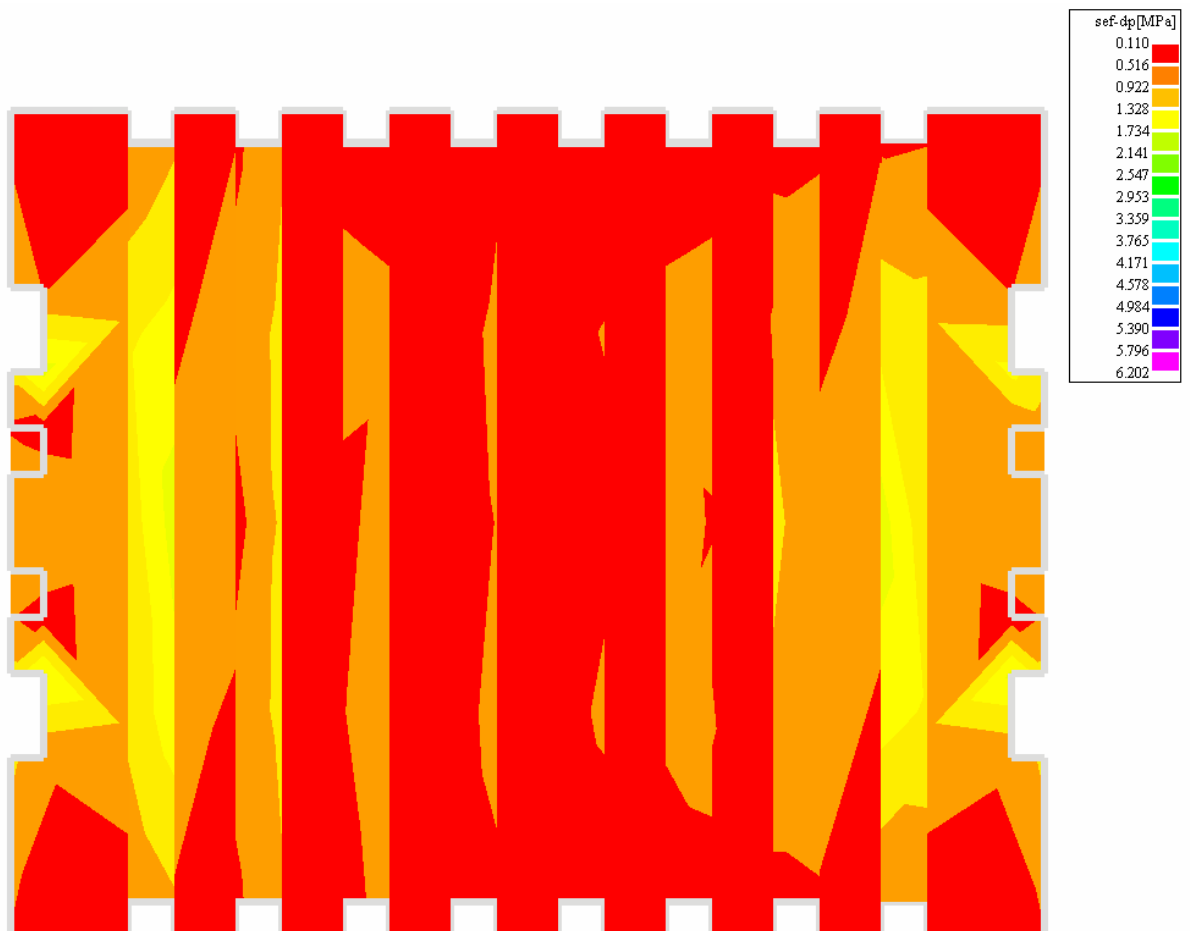
s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef} [kPa] napětí v lokálních osách

Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS

Plocha	Uzel	Poloha [m]	s_{ef} horní [MPa]	s_{ef} střednice [MPa]	s_{ef} dolní [MPa]
Polygon51	787	0.810, 0.000, 1.766	0.018	0.128	0.253
Polygon43	212	0.350, 0.883, 1.696	6.166	3.533	0.849
Polygon56	897	0.940, 1.290, 1.696	0.453	0.030	0.449
Polygon70	1755	1.860, 0.883, 1.696	0.907	3.581	6.202
Polygon71	1956	1.960, 0.883, 1.766	3.064	1.695	0.110
Polygon70	1755	1.860, 0.883, 1.696	0.907	3.581	6.202

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolinie napětí na plášti od KZS 1:



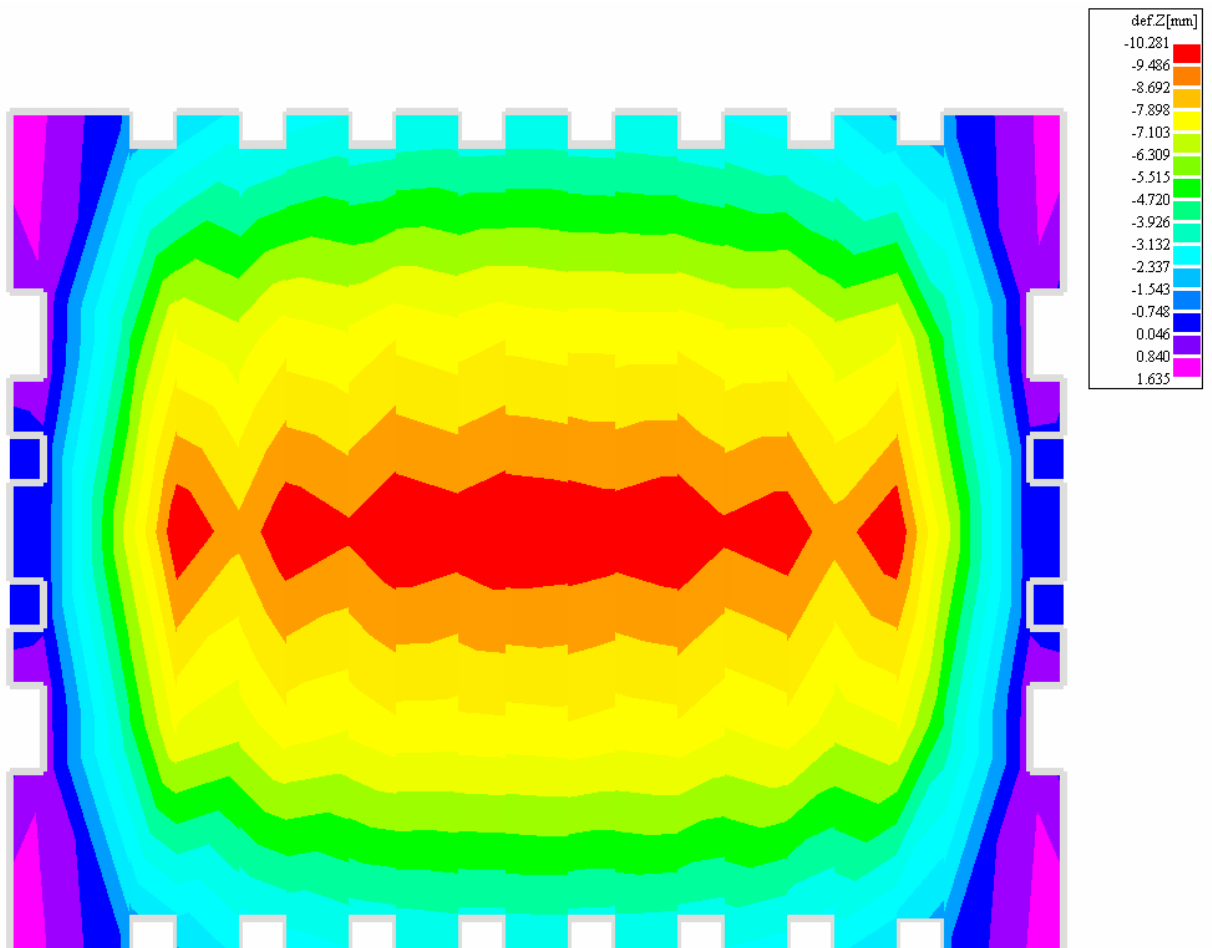
Výsledky výpočtu - celkové extrémní přetvoření na stropu

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

Extrémy pro výsledek : KZS1 Kombinace ZS.

Plocha	Uzel	Poloha [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Ucelk. [mm]
Polygon71	1956	1.960, 0.883, 1.766	-25.413	0.077	-6.779	26.302
Polygon40	180	0.250, 0.883, 1.766	25.728	-0.011	-6.786	26.608
Polygon40	413	0.000, 1.766, 1.766	17.085	-3.569	1.635	17.530
Polygon99	1855	2.210, 0.000, 1.766	-16.947	3.595	1.621	17.400
Polygon67	1751	1.860, 0.883, 1.766	-13.125	0.074	-10.281	16.672
Polygon40	413	0.000, 1.766, 1.766	17.085	-3.569	1.635	17.530
Polygon55	1177	1.170, 1.766, 1.766	-0.019	-0.594	-3.142	3.198
Polygon40	180	0.250, 0.883, 1.766	25.728	-0.011	-6.786	26.608

Max. deformace na klenbě pláště 10 mm činí k výšce = 1766 mm cca 0,56% - 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 polyetylenový materiál $\sigma_{ef} = 8,92\text{MPa}$.

Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí na dnu nádrže

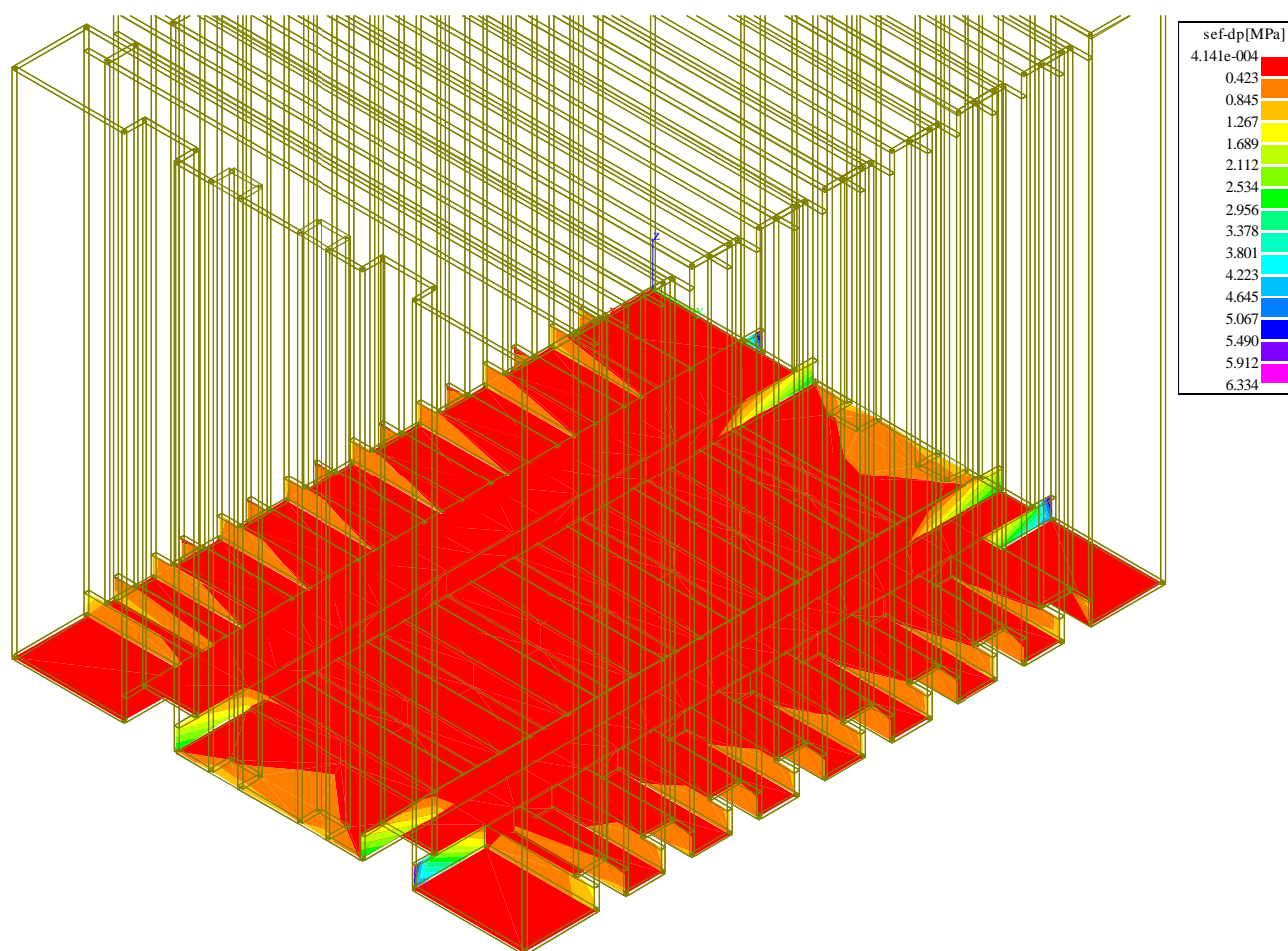
s_x, s_y, s_{xy}, s_{ef} [kPa] napětí v lokálních osách

Extrémy pro výsledek : KZS2 Kombinace ZS

Plocha	Uzel	Poloha [m]	s_{ef} horní [MPa]	s_{ef} střednice [MPa]	s_{ef} dolní [MPa]
Polygon38	2177	1.860, 1.386, 0.070	3.154e-03	6.797e-03	0.014
Stěna3	1824	2.210, 0.380, 0.070	2.174	0.915	3.301
Polygon88	1246	1.270, 1.206, 0.000	9.478e-03	5.965e-04	9.226e-03
Stěna21	2156	2.210, 1.386, 0.000	1.398	1.579	1.831
Polygon37	291	0.350, 0.380, 0.070	5.667e-03	4.464e-03	1.410e-03
Stěna21	2147	2.210, 1.386, 0.070	2.157	1.025	3.376

Vyhovuje, srovnávací napětí není efektivním dosaženo.

Izolinie napětí na plášti od KZS 2:



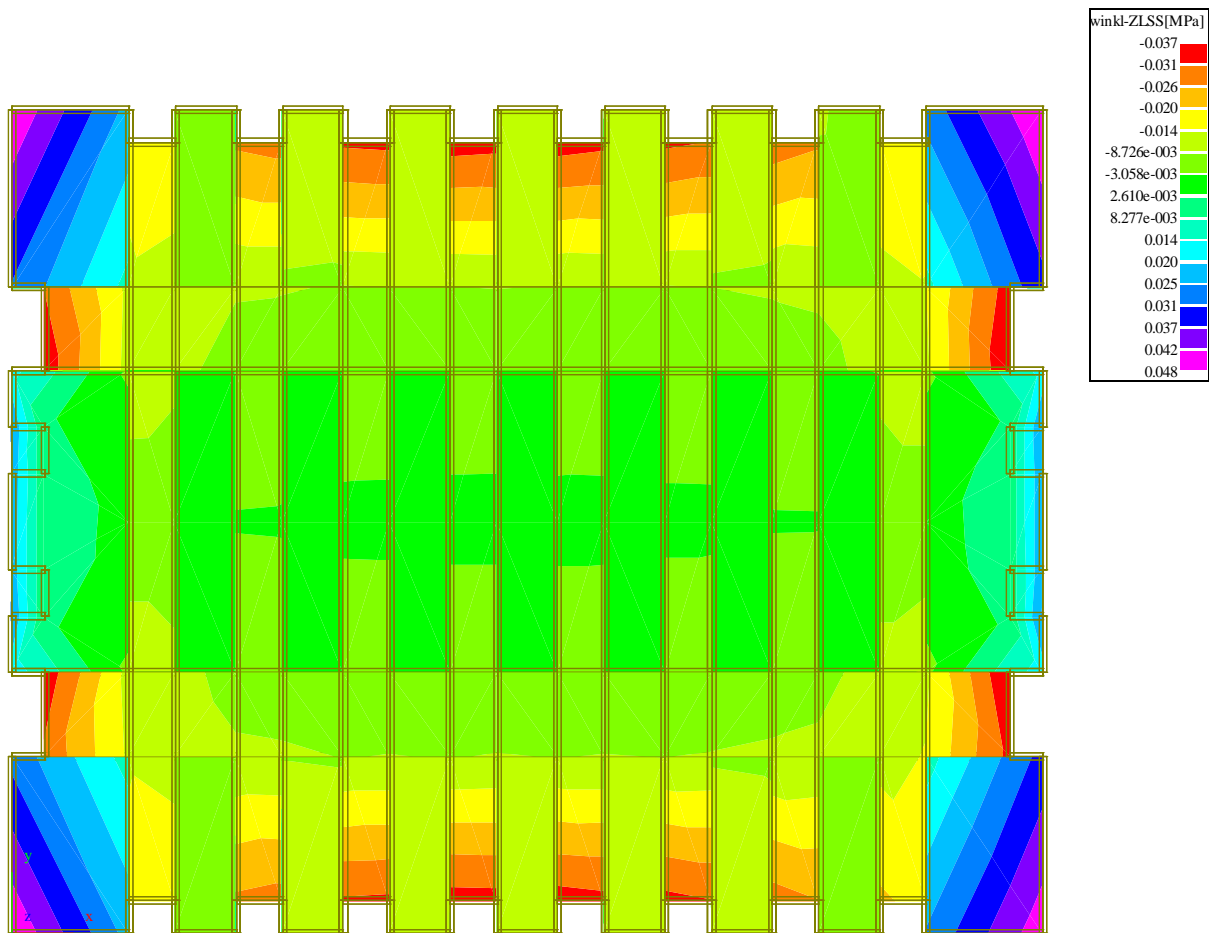
Výsledky výpočtu - celkové extrémní napětí v podloží od

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]
Stěna21	425	0.000, 1.386, 0.070	-0.124	0.198	-2.878e-04
Stěna21	2147	2.210, 1.386, 0.070	0.126	0.209	-3.652e-03
Stěna3	221	0.000, 0.380, 0.070	-0.113	-0.200	-1.532e-03
Stěna21	2147	2.210, 1.386, 0.070	0.126	0.209	-3.652e-03
Polygon3	224	0.000, 0.000, 0.000	-0.021	-0.027	-0.042
Stěna36	2167	1.960, 1.766, 0.070	-0.049	0.078	0.013

**Závěr:**

Posouzením bylo prokázáno, že nádrž 6 m³, (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 m³ (1516x1766x1766 mm) vyhoví rovněž zadávacím podmínkám posouzení.