



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Posouzení stávající konstrukce uhelny

Příloha A

STATICKÝ POSUDEK

STAVBA:	Podzemní objekt – bývalá uhelna
MÍSTO:	Malinová 15, 17, 19, Praha 10 k.ú.: Záběhlice [732117], parc. č. 1855/3
VYPRACOVAL:	Bc. Jaroslav Koblunický
DATUM:	listopad 2016

Obsah:

Statický posudek	1
A. VSTUPNÍ DATA	3
A.1. Předmět hodnocení	3
A.2. Podklady.....	3
A.3. Technické normy a jiné předpisy.....	3
A.4. Technická literatura a jiné podklady	4
A.5. Konstrukční schémata.....	4
B. ZATÍŽENÍ.....	5
B.1. Stálá zatížení - G	5
B.2. Proměnná zatížení - Q.....	5
C. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE	8
C.1. Nosná konstrukce zastřešení (Stropní deska).....	8
C.2. Svislé nosné konstrukce.....	8
C.3. Vodorovné nosné konstrukce	8
C.4. Základové konstrukce	9
D. AUTOMATIZOVANÝ STATICKÝ VÝPOČET NOSNÝCH KONSTRUKCÍ.....	10
D.1. Průřezy	10
D.2. Materiály	10
D.3. Zatěžovací stavy a kombinace zatížení.....	10
D.4. Modely konstrukce	12
D.5. Zatížení	12
D.6. Vnitřní síly (obálka - síly max)	16
D.7. Deformace (obálka - posuny max)	25
D.8. Reakce (obálka - síly max).....	27
D.9. Posouzení jednotlivých prvků	30
D.9.1. Posouzení uvolnění tuhého spojení deska-stěna	30
D.9.2. Posouzení uvolnění tuhého spojení trám-stěna	32
D.9.3. Posouzení stropní desky – sonda D1	34
D.9.4. Posouzení stropní desky – sonda D4	38
D.9.5. Posouzení betonové stěny – nevyztužený průřez.....	42
D.9.6. Posouzení trámu – sonda T1	44
D.9.7. Posouzení trámu desky – sonda D3.....	50
D.9.8. Posouzení trámu – sonda T4	56
D.9.9. Posouzení sloupu – sonda S1	61
D.9.10. Posouzení sloupu – sonda S4	66
E. ZÁVĚR.....	71

A. VSTUPNÍ DATA

A.1. PŘEDMĚT HODNOCENÍ

Projekt řeší statické posouzení stávající betonové konstrukce podzemního objektu bývalé uhelny na parc. č. 1855/3 přiléhajícího k bytovému domu Malinová č. o. 15, 17, 19 v Praze 10. Bytový dům byl postavený v 50-tých letech minulého století, má jedno podzemní podlaží a 4 nadzemní podlaží; celkem jej tvoří 4 sekce. Střechu tvoří valbová střecha se skládanou krytinou. Konstrukční systém objektu je montovaný skeletový systém s vyzdívkami. Maximální půdorysné rozměry objektu jsou cca 73 x 13 m. Nejvyšší výška objektu nad přilehlým terénem je cca 17 m. Objekt je zasazen do rovinatého terénu.

Suterén bytového domu původně sloužil jako centrální kotelná, v současnosti se v tomto prostoru nachází výměňková stanice teplovodu. Směrem na sever k ulici Jahodová na suterén bytového domu navazuje řešený podzemní objekt bývalé uhelny, který v minulosti sloužil jako sklad uhlí. V současnosti jsou tyto prostory nevyužívané. Objekt o maximálních půdorysných rozměrech cca (22 x 18) m má 1 podzemní podlaží, strop na severní straně vystupuje cca 750 mm nad terén (místní komunikaci) a je využíván jako parkoviště. Konstrukční systém je monolitický železobetonový skelet s obousměrnými průvlaky založený plošně na základových patkách. Obvodové stěny jsou monolitické betonové, založené na základových pasech. Střechu objektu tvoří monolitická železobetonová stropní deska a skladba pojízdné plochy. Povrchová vrstva je provedena z asfaltu. V stropní desce jsou otvory, které sloužili jako shozy uhlí, v současné době jsou zaslepené. V objektu uhelny se nachází výtahová šachta, která sloužila pro odvoz popele z prostoru suterénu pod bytovým domem.

Tento statický posudek vychází ze stavebně-technického průzkumu, který předcházel vyhodnocení stavu konstrukce. V něm byly získané informace o mechanických a chemických vlastnostech betonových konstrukcí (kvalita betonu, pevnost, karbonatace, orientační vlhkost atd.) a jejich vyztužení. Tyto data byly následně využité v statickém výpočtu.

A.2. PODKLADY

- 1 Archivní projektová dokumentace, 1956
- 2 Údaje sdělené objednatelem
- 3 Stavebně technický průzkum: (zhotovitel Bc. Jaroslav Kobulnický)
 - rekognoskace a vlastní orientační zaměření stávajícího stavu,
 - provedení sond a testů in-situ,
 - vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku a kvality betonových konstrukcí,
 - vyhodnocení rozsahu a hloubky karbonatace betonových konstrukcí,
 - lokalizace a identifikace výztuže betonových konstrukcí,
 - laboratorní vyhodnocení vybraných zkoušek, Kloknerův ústav ČVUT,
 - fotografická dokumentace,
 - výkresová dokumentace stávajícího stavu,

A.3. TECHNICKÉ NORMY A JINÉ PŘEDPISY

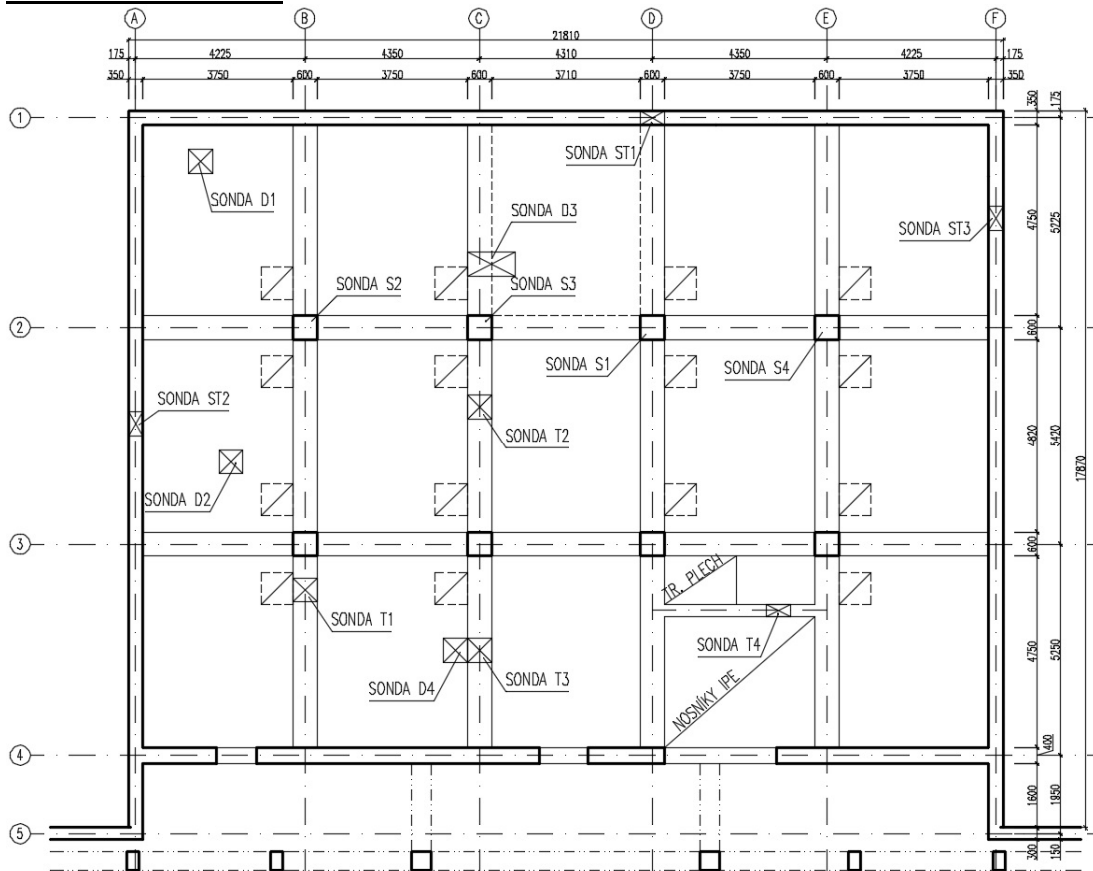
ČSN EN 1990-1	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1	Zatížení konstrukcí (vl. tíha, užité, klimatické zatížení)
ČSN 73 1001	Základová půda pod plošnými základy
ČSN EN 206-1	Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 13670-1	Provádění betonových konstrukcí - Část 1: Společná ustanovení
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN EN 1997-1-1	Navrhování geotechnických konstrukcí

A.4. TECHNICKÁ LITERATURA A JINÉ PODKLADY

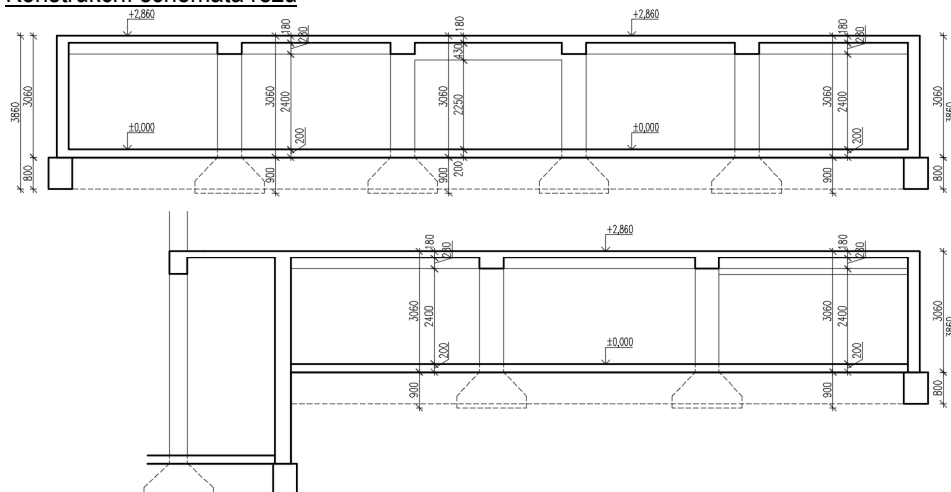
Hořejší, J., Šafka, J.: Statické tabulky, SNTL 1987, Praha
Vraný, T., Wald, F.: Ocelové tabulky, ČVUT, Praha 2008
Procházka, J. a kol.: Navrhování podle EC 2, Praha 2009
Procházka, J. a kol.: Navrhování betonových konstrukcí 1, Praha 2007
Procházka, J. a kol.: Příklady navrhování betonových konstrukcí 1, Praha 2009
Vaněk, T.: Rekonstrukce staveb, Praha 1985
Priganc, S., Bahleda, F.: Zosilňovanie betónových prvkov, Košice 2006
Technické listy a katalogy výrobků

A.5. KONSTRUKČNÍ SCHÉMATA

Konstrukční schéma 1.PP



Konstrukční schémata řezů



B. ZATÍŽENÍ

V této kapitole jsou uvedena všechna zatížení, která jsou uvažována do výpočtu. Zatížení je ve smyslu ČSN EN podle proměnnosti v čase klasifikováno takto:

- G – stálá zatížení
- Q – proměnná zatížení
- A – mimořádná zatížení

B.1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ - G

Vlastní tíha konstrukce

Generovaná automaticky statickým programem.

Ostatní stálé zatížení – skladba na stropní desce

Přehled a podrobný rozbor zatížení je uveden v textu níže.

Zemní tlak

Přítížení na terénu:	$f =$	5 kN/m^2		
Parametry zeminy:	$\gamma =$	19 kN/m^3		
	$\varphi_{ef} =$	28°		
	$h =$	$2,7 \text{ m}$		
Součinitel zemního tlaku v klidu:	$K_0 = 1 - \sin(\varphi) =$	$0,53$	-	
Zatížení na stěnu v úrovni terénu:	$f_1 = K_0 \cdot f =$	$2,0$	kN/m^2	
Zatížení na stěnu v úrovni podlahy:	$f_2 = K_0 (f + \gamma \cdot h) =$	$22,4$	kN/m^2	

Inženýrskogeologický průzkum IGP nebyl proveden, ani v archivní dokumentaci nebyla zmíněna data o základové půdě. Statický výpočet vychází z konzervativních předpokladů - informací získaných na místě z makroskopického popisu pokryvných zemín a opírá se o parametry stanovené na podkladě dnes již neplatné normy ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy.

Přes určité zjednodušení pro stanovení vstupních parametrů základové půdy se jedná o relevantní informace pro vstup do výpočtu. Přesnější řešení je možné provést na základě výsledků IGP.

B.2. PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ - Q

Zatížení sněhem - s

Sníh $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$; I. oblast dle mapy sněhových oblastí ČR ČSN EN 1991-1-3.

Sněhová oblast: I. $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

- Typ střechy plochá – v úrovni terénu
- sklon : $\alpha = 0^\circ$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$C_e = 1,0, C_t = 1, \mu_i = 1,00$$

$$s = 1,00 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení užité - q

Užité zatížení $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ kategorie G – dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla ($30 \text{ kN} < \text{celková tíha vozidla} \leq 160 \text{ kN}$) dle ČSN EN 1991-1-1

Zatížení větrem - v

Vítr $v_{b,0} = 25,0$ m/s; II. oblast dle mapy větrových oblastí ČR dle ČSN EN 1991-1-4.

Posuzovaný objekt je podzemní, zatížení větrem se ve výpočtu neuplatňuje.

Rozbor zatížení objektu dle ČSN EN 1991-1-1

1. Plošná zatížení						
1.1 Zatížení stropu - ploché střechy (na plochu)						
Typ zatížení	Popis zatížení	Objemová tíha γ_v [kN/m ³]	Tloušťka vrstvy t [m]	Charakteristická hodnota f_k [kN/m ²]	Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	Návrhová hodnota f_d [kN/m ²]
Stálé	1) Vlastní tíha konstrukce:					
	- železobetonová stropní deska tl. 180 mm	25,0	0,180	4,50	1,35	6,08
	2) Ostatní stálé:					
	- asfaltová plocha	23,0	0,050	1,15	1,35	1,55
	- betonové vrstvy	25,0	0,200	5,00	1,35	6,75
	- tepelná izolace	1,0	0,100	0,10	1,35	0,14
- rezerva			0,50	1,35	0,68	
	Stálé zatížení celkem:			11,25		15,19
Proměnné	3) Užitné:					
	- kategorie G, dopravní a parkovací plochy			5,00	1,50	7,50
	4) Sníh:					
	- sněhová oblast I	μ [-]	1,00			
	- na průmět	s_k [kN/m ²]	0,70			
- na plochu			0,70	1,50	1,05	
	Proměnné zatížení celkem			5,70		8,55
	Zatížení celkem			16,95		23,74
1.2 Zatížení 1.PP (na plochu)						
Typ zatížení	Popis zatížení	Objemová tíha γ_v [kN/m ³]	Tloušťka vrstvy t [m]	Charakteristická hodnota f_k [kN/m ²]	Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	Návrhová hodnota f_d [kN/m ²]
Stálé	1) Vlastní tíha konstrukce:					
	- betonová deska tl. 150 mm	25,0	0,150	3,75	1,35	5,06
	2) Ostatní stálé:					
- rezerva			0,50	1,35	0,68	
	Stálé zatížení celkem:			4,25		5,74
Proměnné	3) Užitné:					
	- uskladněné uhlí (do výšky 2m)			15,00	1,50	22,50
	Proměnné zatížení celkem			15,00		22,50
	Zatížení celkem			19,25		28,24

2. Liniová zatížení						
2.1 Zatížení průvlastku (na délku)						
Typ zatížení	Popis zatížení	Plošné zatížení f_k [kN/m ²]	Zatěžovací šířka b [m]	Charakteristická hodnota f_k [kN/m]	Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	Návrhová hodnota f_d [kN/m]
Stálé	1) Vlastní tíha konstrukce: - železobetonový průvlastek 600x280 mm			4,20	1,35	5,67
	2) Ostatní stálé: - železobetonová stropní deska tl. 180 mm	4,50	3,000	13,50	1,35	18,23
	- asfaltová plocha	1,15	3,000	3,45	1,35	4,66
	- betonové vrstvy	5,00	3,000	15,00	1,35	20,25
	- tepelná izolace	0,10	3,000	0,30	1,35	0,41
	- rezerva	0,50	3,000	1,50	1,35	2,03
	Stálé zatížení celkem:			37,95		51,23
Proměnné	3) Užitné: - kategorie G, dopravní a parkovací plochy	5,00	3,000	15,00	1,50	22,50
	4) Sníh: - sněhová oblast I	0,70	3,000	2,10	1,50	3,15
	Proměnné zatížení celkem			17,10		25,65
Zatížení celkem				55,05		76,88
3. Bodová zatížení						
3.1 Zatížení pilíře (bodově)						
Typ zatížení	Popis zatížení	Plošné zatížení f_k [kN/m ²]	Zatěžovací plocha [m ²]	Charakteristická hodnota f_k [kN]	Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	Návrhová hodnota f_d [kN]
Stálé	1) Vlastní tíha konstrukce: - železobetonový pilíř 600x600 mm	65,00	0,360	23,40	1,35	31,59
	2) Ostatní stálé: - železobetonový průvlastek 600x280 mm			41,16	1,35	55,57
	- železobetonová stropní deska tl. 180 mm	4,50	23,650	106,43	1,35	143,67
	- asfaltová plocha	1,15	23,650	27,20	1,35	36,72
	- betonové vrstvy	5,00	23,650	118,25	1,35	159,64
	- tepelná izolace	0,10	23,650	2,37	1,35	3,19
	- rezerva	0,50	23,650	11,83	1,35	15,96
Stálé zatížení celkem:				330,62		446,34
Proměnné	3) Užitné: - kategorie G, dopravní a parkovací plochy	5,0	23,650	118,25	1,50	177,38
	4) Sníh: - sněhová oblast I	0,70	23,650	16,56	1,50	24,83
	Proměnné zatížení celkem			134,81		202,21
Zatížení celkem				465,43		648,55

C. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE

C.1. NOSNÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ (STROPNÍ DESKA)

Nosnou konstrukci zastřešení objektu bývalé uhelny tvoří železobetonová stropní deska, viz kapitola C.3. Vodorovné nosné konstrukce. Stropní deska celoplošně podpírá skladbu pojižděné asfaltové plochy, která dnes slouží jako parkoviště pro rezidenty.

C.2. SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Svislou nosnou konstrukci objektu bývalé uhelny tvoří obvodové stěny z prostého betonu tl. 300 až 350 mm a železobetonové sloupy průřezu 600 x 600 mm. Stěna přiléhající k bytovému domu odděluje prostory suterénu bytového domu od prostorů bývalé uhelny. Ve stěně se nacházejí stavební otvory, které navzájem propojují tyto prostory. Obvodové stěny na ostatních třech stranách objektu (V, S, Z) jsou pod terénem a jsou navíc od vlastní konstrukce zatížené i zemním tlakem. U sond ve stěnách nebyla nalezena žádná výztuž. Byly provedeny vrty hloubky 420 mm (včetně přizdívky z cihel plných pálených). Z toho lze odvodit tloušťku obvodových stěn 350mm. Zde nastává rozpor oproti archivní dokumentaci, která uvádí tl. 300mm. Karbonatace betonu stěn zasahuje do hloubky 80 až 140 mm! Pevnostní třída betonu stěn byla vyhodnocena na C8/10.

Uvnitř dispozice objektu se nachází 8 sloupů průřezu 600 x 600 mm. U sond ve sloupech bylo zjištěno 8 kusů výztužných prutů hlavní výztuže průměru 19 až 20 mm a tříminky průměru 7 mm po vzdálenostech cca 300 mm. U různých sloupů je použita různá výztuž, a to 10 370 (hlazenka) nebo 10 512 (roxor). Karbonatace betonu sloupů zasahuje do hloubky 30 až 45 mm. Pevnostní třída betonu sloupů byla vyhodnocena na C12/15.

C.3. VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Vodorovnou nosnou konstrukci stropu tvoří železobetonová stropní deska tl. 180 mm. Stropní deska spolu se skladbou pojižděné plochy plní funkci střechy objektu, která je využívána jako stání pro vozidla. V stropní desce jsou otvory rozměru 800 x 800 mm, které sloužili jako shozy uhlí, v současné době jsou uzavřené a zabetonované. V místě výtahové šachty se nachází otvor v stropní desce, který je zastropen trapézovým plechem. Vedle výtahové šachty mezi dvěma trámy se nachází otvor, který je zastropen ocelovými IPE nosníky ukládanými vedle sebe na sraz. Monolitická stropní deska je obousměrně vyztužená, u dolního povrchu v obou směrech bylo zjištěno uprostřed pole desky 6 prutů, na krajích desky 3 pruty na běžný metr s průměrem profilů 6 až 8 nebo 11 až 12 mm. U stropní desky byly použity ohýbané pruty (ohyby). Výztuž u horního povrchu nebyla zjištěna, neboť nebyla přístupná. Tato sonda by představovala rozkrytí pojižděné plochy a zamezení užívání parkoviště. U desky byla použita výztuž 10 512 (roxor). Karbonatace betonu stropní desky zasahuje do hloubky 22 až >50 mm. Pevnostní třída betonu stropní desky byla vyhodnocena na C12/15.

Stropní desku podepírají monolitické železobetonové trámy obousměrného rámového skeletového systému průřezu 600 x 460 mm (včetně tl. desky). U dolního povrchu trámů bylo zjištěno 6 výztužných vložek průměru 14 až 16 mm a 4-střížné tříminky průměru 7 až 8 mm po vzdálenostech cca 250 - 300mm. Tříminky jsou rozmístěny po délce průvlaku nepravidelně (technologická nekázeň). Na některých místech byly tříminky po stranách trámů v důsledku koroze zcela přerušené (nelze započítat). U trámů byly použity šikmé ohyby hlavních nosných prutů. Výztuž u horního povrchu nebyla zjištěna, nebyla přístupná. U většiny trámů byla použita výztuž 10 512 (roxor), u trámů v místě snížené stropní desky byla použita výztuž 10 370 (hlazenka). Karbonatace betonu trámů zasahuje do hloubky 35 až >50 mm. Pevnostní třída betonu trámů byla vyhodnocena na C10/12.

C.4. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Základovou konstrukci objektu bývalé uhelny tvoří plošné základy. Dle archivní dokumentace jsou sloupy založené na základových patkách rozměrů 1750 x 1750 mm, výšky 900 mm se šikmými náběhy ke sloupům. Suterénní obvodové stěny jsou založeny na základových pasech šířky 600 mm. Pochozí podlahovou konstrukci v 1.PP uhelny tvoří betonová podkladní deska tloušťky cca 150mm spočívající na upravené pracovní rovině a základové půdě. Deska zároveň tvoří pochozí podlahu. Základové konstrukce pro svou nepřístupnost nebyly blíže prozkoumány a do výpočtu byly uvažovány parametry získané z archivní PD. Ověřena byla pouze tloušťka pochozí a roznášecí betonové desky.

Inženýrsko-geologický průzkum (IGP) nebyl proveden. Bývalá uhelna je podzemní objekt, tzn., že základová spára se nachází v nezámrzné hloubce. Vzhledem k tomu, že na konstrukcích objektu nejsou patrné žádné viditelné poruchy vyplývající z nevhodného či chybně provedeného založení (např. nerovnoměrné sedání, trhliny), dá se říci, že stavba je založena v dostatečné hloubce na odpovídajících základových konstrukcích s konsolidovaným podložím.

Hladina podzemní vody bude pravděpodobně souviset s hladinou vody, která byla nalezena v dojezdové jámě výtahové šachty. Hladina vody ve výtahové jámě je cca 3,05m pod úrovní podlahy uhelny a cca 0,90m pod podlahou kotelny (suterén bytového domu).

D. AUTOMATIZOVANÝ STATICKÝ VÝPOČET NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

D.1. PRŮŘEZY

- Betonová deska tl. 180 mm
 - Betonová stěna tl. 350 mm
 - Betonový sloup 600x600mm
 - Betonový trám 600x460 mm, 300x480 mm
 - Podkladní beton tl. 150mm
- (viz posouzení jednotlivých prvků)

D.2. MATERIÁLY

- Beton: C8/10, C10/12, C12/15
- Výztuž: 10 370 (hlazenka), 10 512 (Roxor)

(viz posouzení jednotlivých prvků)

Pevnostní třídy betonu:

Sloupy: C12/15

Trámy: C10/12

Desky: C12/15

Stěny: C8/10

Jméno	Typ	$f_{c,k,28}$ [MPa]	E_{mod} [MPa]	G [MPa]	μ	ρ [kg/m ³]
C8/10	Beton	8,00	2,5300e+04	1,0542e+04	0.2	2500,0
C10/12	Beton	10,00	2,6200e+04	1,0917e+04	0.2	2500,0
C12/15	Beton	12,00	2,7100e+04	1,1292e+04	0.2	2500,0

D.3. ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE ZATÍŽENÍ

- V posudcích uvažována nejnepríznivější kombinace zatížení dle ČSN EN 1992-1-1
- (viz posouzení jednotlivých prvků)

Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
		Typ zatížení				
Vlastní tíha		Stálé	Stále	-Z		
		Vlastní tíha				
Skladba na stropě		Stálé	Stále			
		Standard				
Zemní tlak		Stálé	Stále			
		Standard				
Úžitní plné		Proměnné	Úžitní		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
Úžitní šachovnice		Proměnné	Úžitní		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
Úžitní pruhy x		Proměnné	Úžitní		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
Úžitní pruhy y		Proměnné	Úžitní		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
Sníh		Proměnné	Sníh		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				

Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
Stále	Stálé		
Úžitní	Proměnné	Výběrová	Kat G : vozidlo >30kN
Sníh	Proměnné	Výběrová	Sníh

Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
K1 MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní plné	1,00
			Sníh	1,00
K2 MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní šachovnice	1,00
			Sníh	1,00
K3 MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní pruhy x	1,00
			Sníh	1,00
K4 MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní pruhy y	1,00
			Sníh	1,00
K5 MSP		EN-MSP charakteristická	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní plné	1,00
			Sníh	1,00
K6 MSP		EN-MSP charakteristická	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní šachovnice	1,00
			Sníh	1,00
K7 MSP		EN-MSP charakteristická	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní pruhy x	1,00
			Sníh	1,00
K8 MSP		EN-MSP charakteristická	Vlastní tíha	1,00
			Skladba na stropě	1,00
			Zemní tlak	1,00
			Úžitní pruhy y	1,00
			Sníh	1,00

Návrhová (základní) kombinace

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Charakteristická kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Častá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

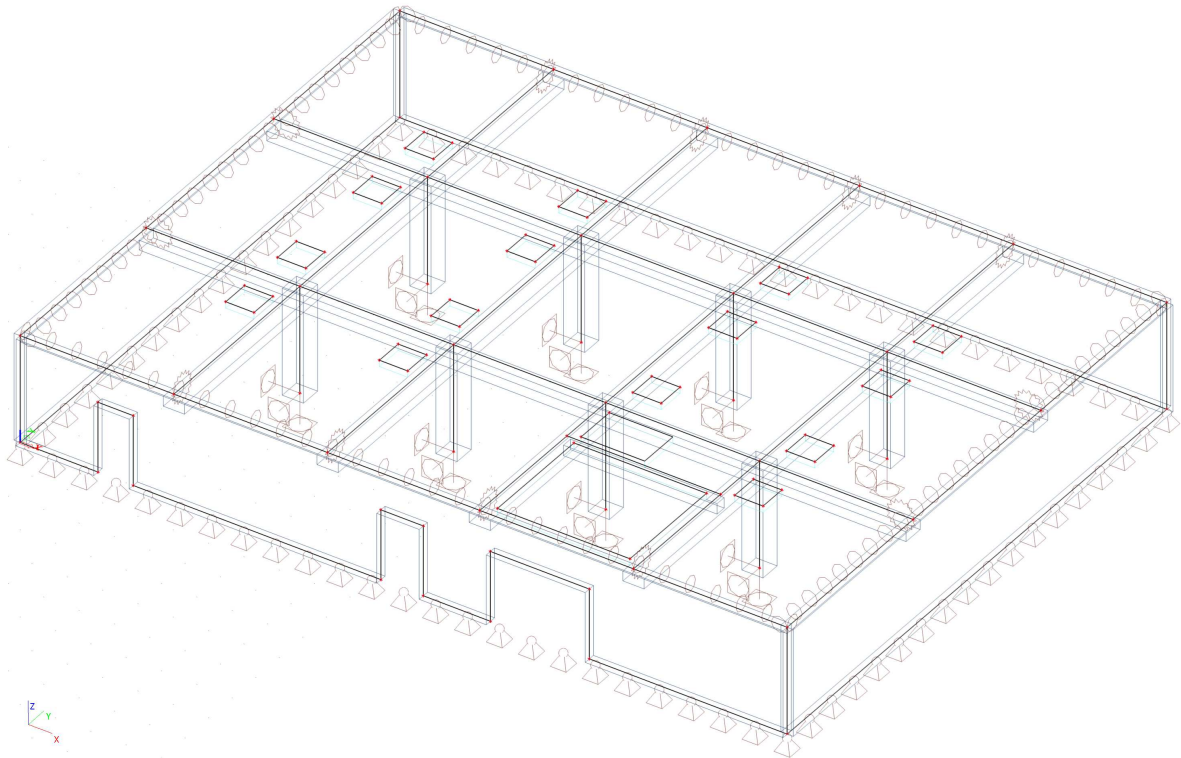
Součinitele Psi

Zatížení	Psi0	Psi1	Psi2
KategorieA	0.7	0.5	0.3
KategorieB	0.7	0.5	0.3
KategorieC	0.7	0.7	0.6
KategorieD	0.7	0.7	0.6
KategorieE	1	0.9	0.8
KategorieF	0.7	0.7	0.6
KategorieG	0.7	0.5	0.3
KategorieH	0.7	0.2	0
Sníh	0.5	0.2	0
Vítr	0.6	0.2	0
Teplota	0.6	0.5	0
Zatížení ledem	0.5	0.2	0
Voda o proměnné hloubce	0.5	0.2	0

Součinitele zatížení do kombinací

Stálé zatížení - nepříznivé	1,35
Stálé zatížení - příznivé	1,00
Hlavní proměnné zatížení	1,50
Doprovodné proměnné zatížení	1,50

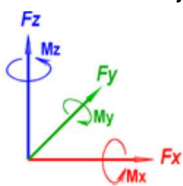
D.4. MODELÝ KONSTRUKCE



Model betonové konstrukce byl namodelován v softwaru jako 3D prostorová konstrukce. Sloupy jsou v podepření uvažované jako vetknuté, podepření obvodových stěn je uvažované na kloubových liniových podporách. Trámy jsou namodelovány jako žebra se spolupůsobením stropní desky. Napojení trámů na obvodové stěny je modelované jako polotuhé. Napojení stropní desky na obvodové stěny je modelované jako kloubové (v důsledku zjištění, že stěny jsou bez výztuže, tedy z prostého betonu, viz posouzení uvolnění tuhého spojení deska-stěna).

D.5. ZATÍŽENÍ

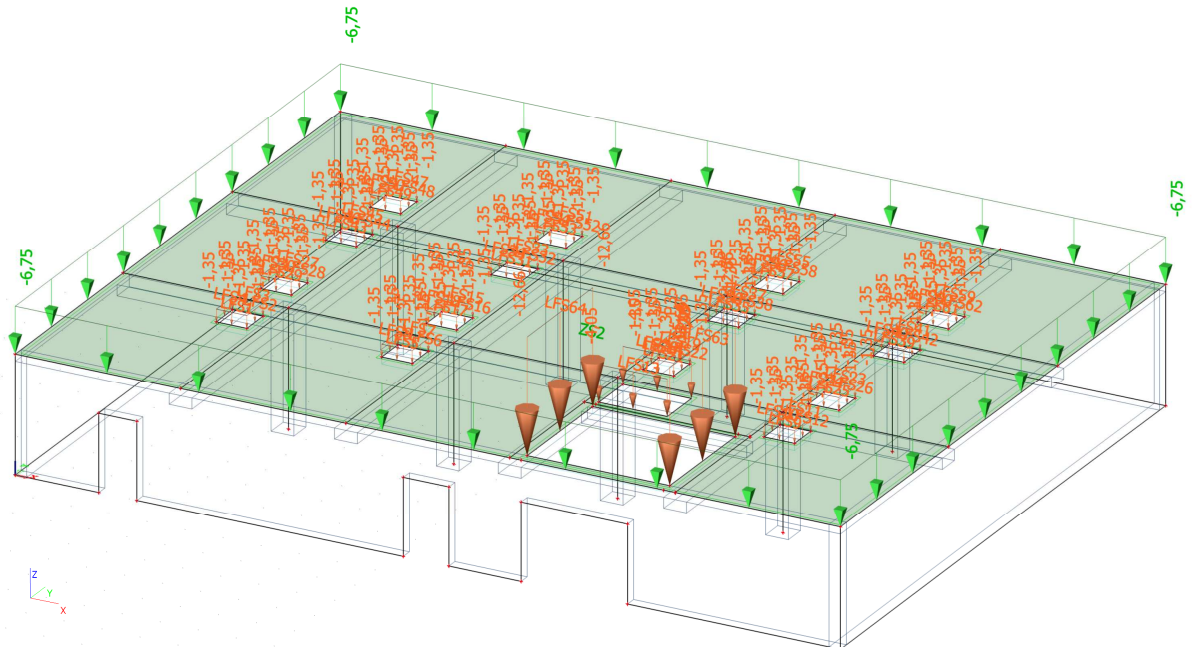
- zatížení jsou popsána hodnotami v globálním souřadnicovém systému



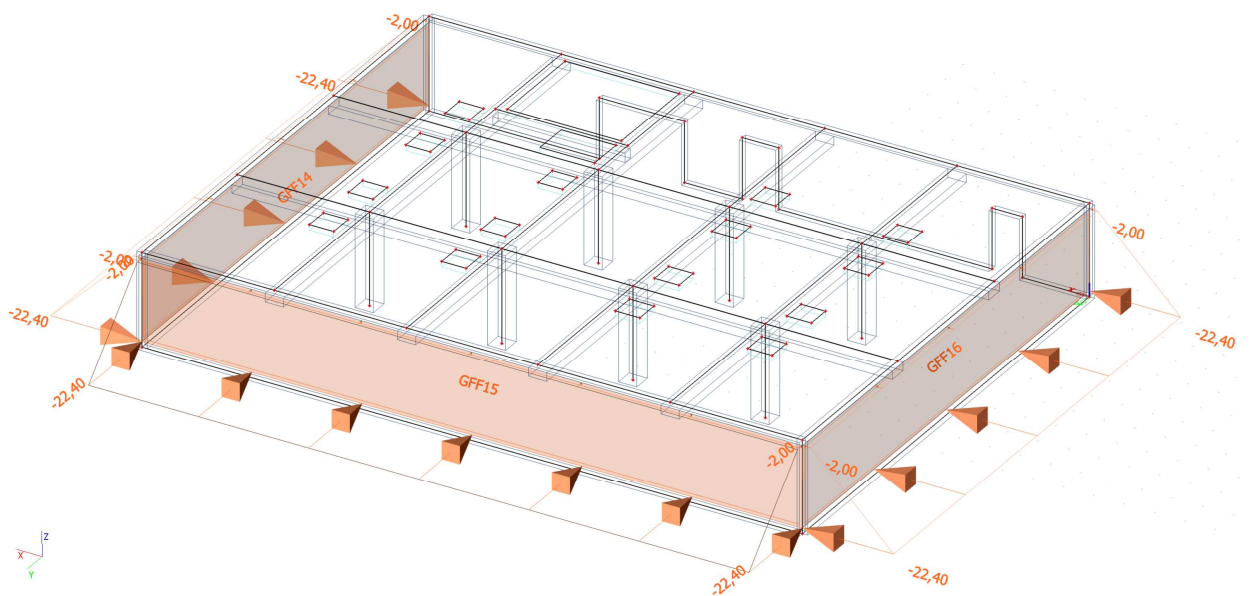
- F_x : síla podél x
- F_y : síla podél y
- F_z : síla podél z
- M_x : Kroučící moment kolem osy x
- M_y : Ohybový moment kolem osy y
- M_z : Ohybový moment kolem osy z

- **ZS1 – Vlastní tíha - modelováno softwarem**

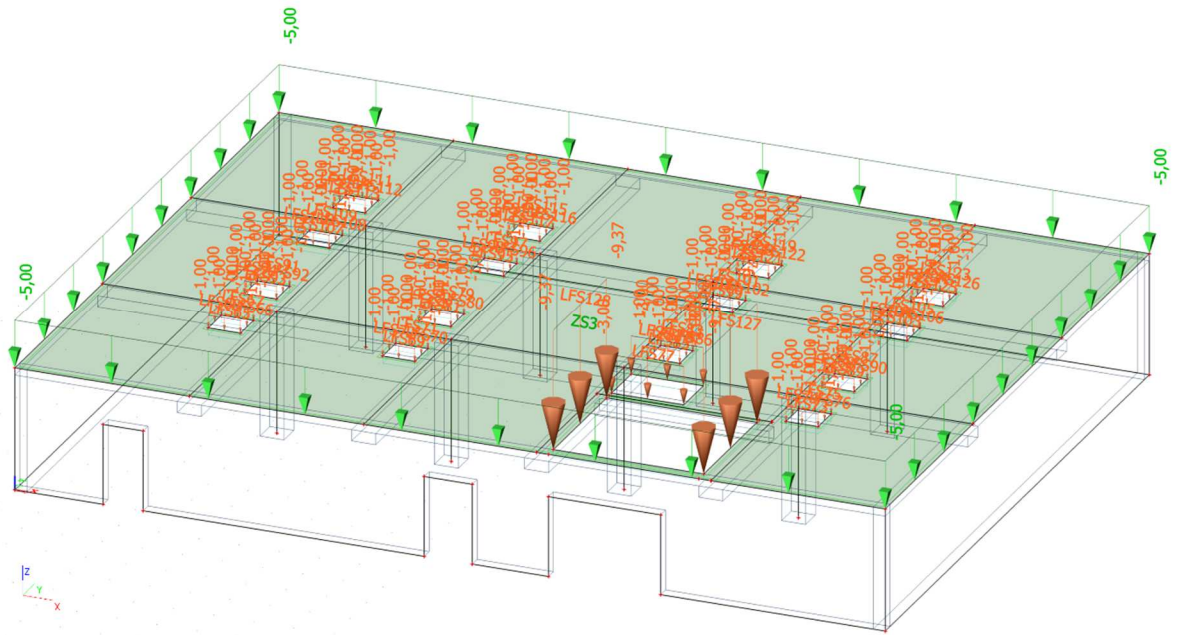
- ZS2 – Ostatní stálé (plošné – vrstvy skladby na stropní desce)



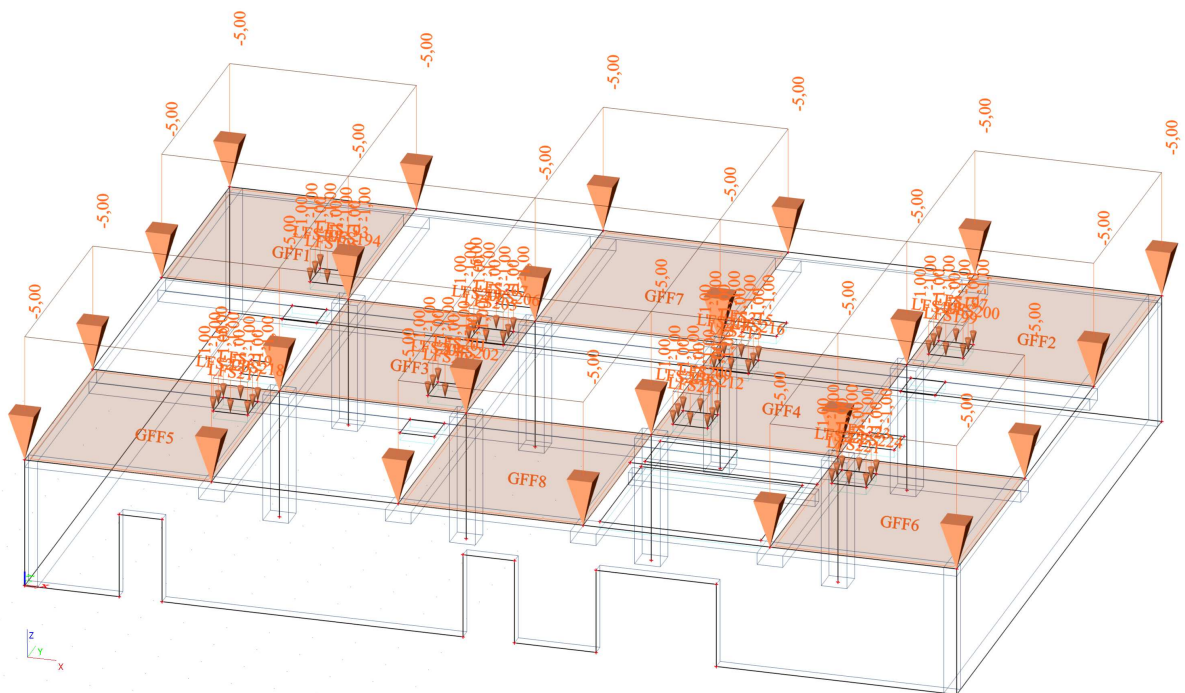
- ZS3 – Zemní tlak



- **ZS4 – Užité plné (plošné – kategorie G)**

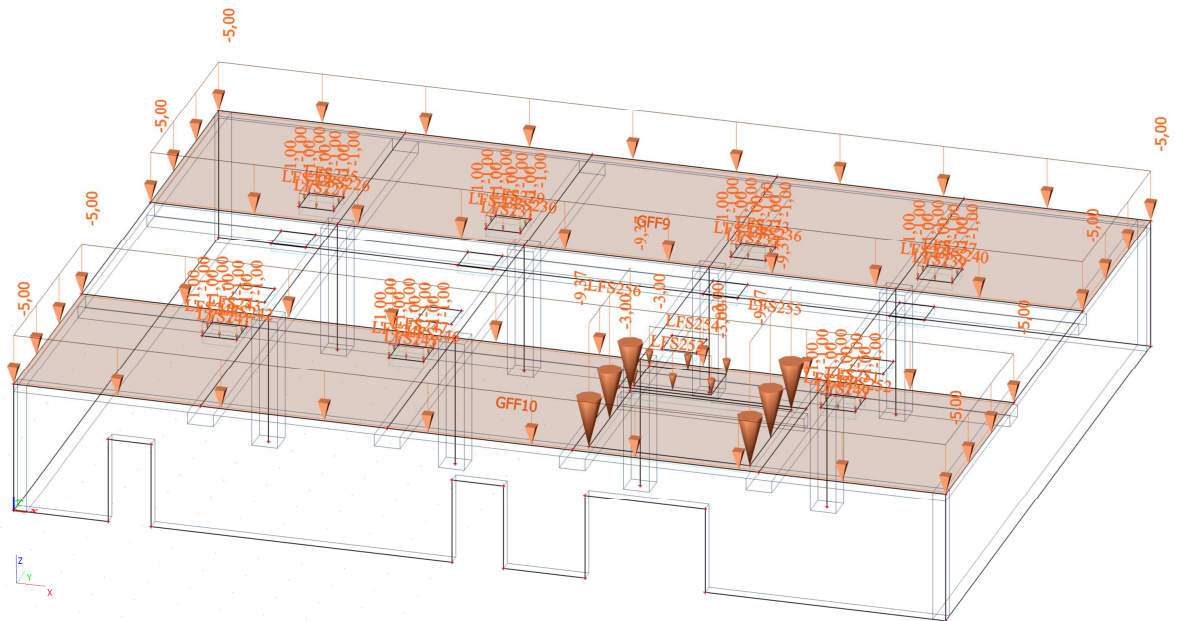


- **ZS5 – Užité šachovnice (plošné – kategorie G)**

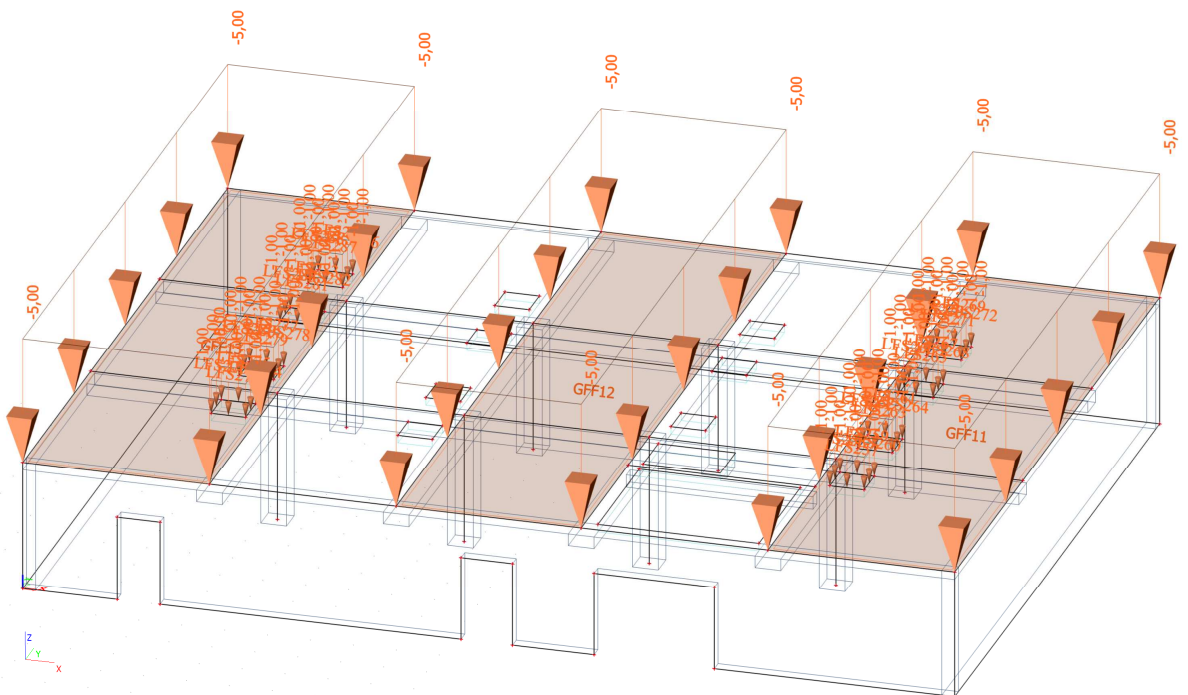


Šachovnice s plnou resp. nulovou hodnotou zatížení reprezentuje zatěžovací stav – parkování vozidel.

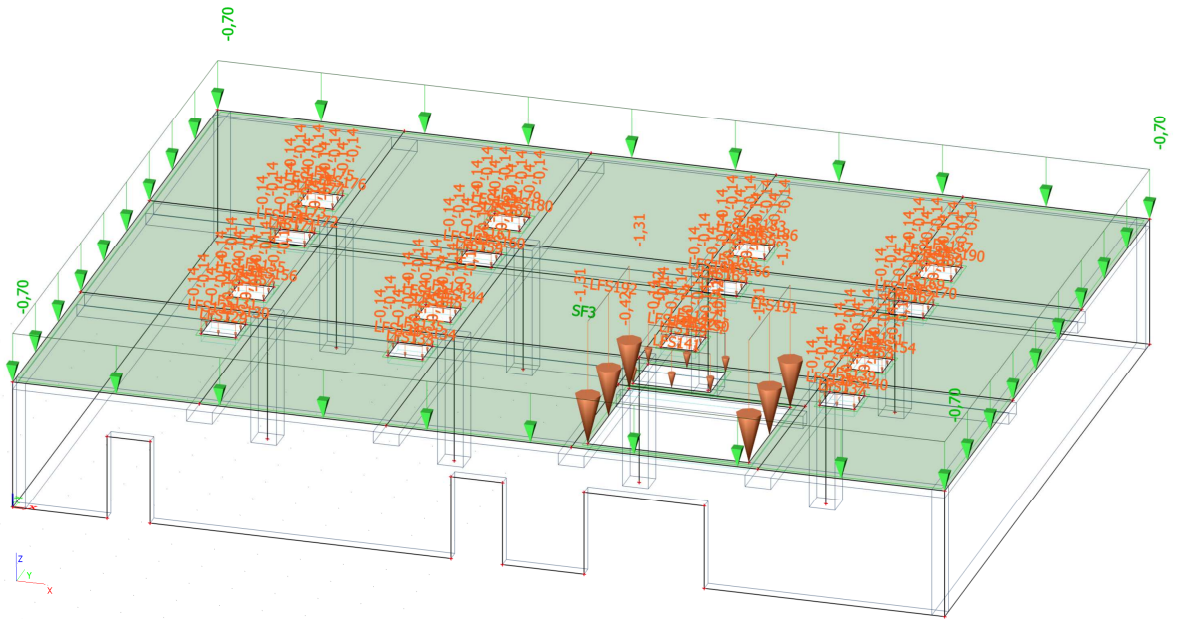
- ZS6 – Užiténé pruhy x (plošné – kategorie G)



- ZS7 – Užiténé pruhy y (plošné – kategorie G)



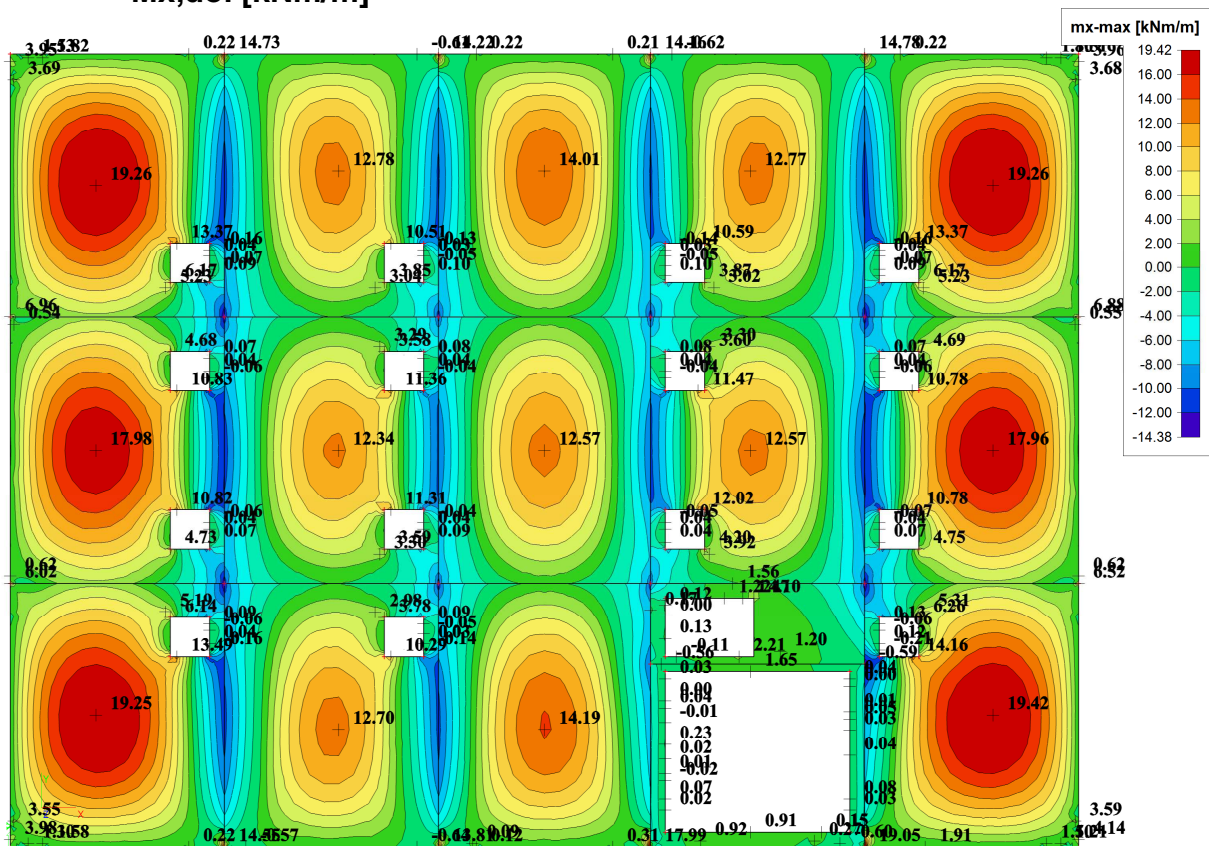
- ZS8 – Zatížení sněhem



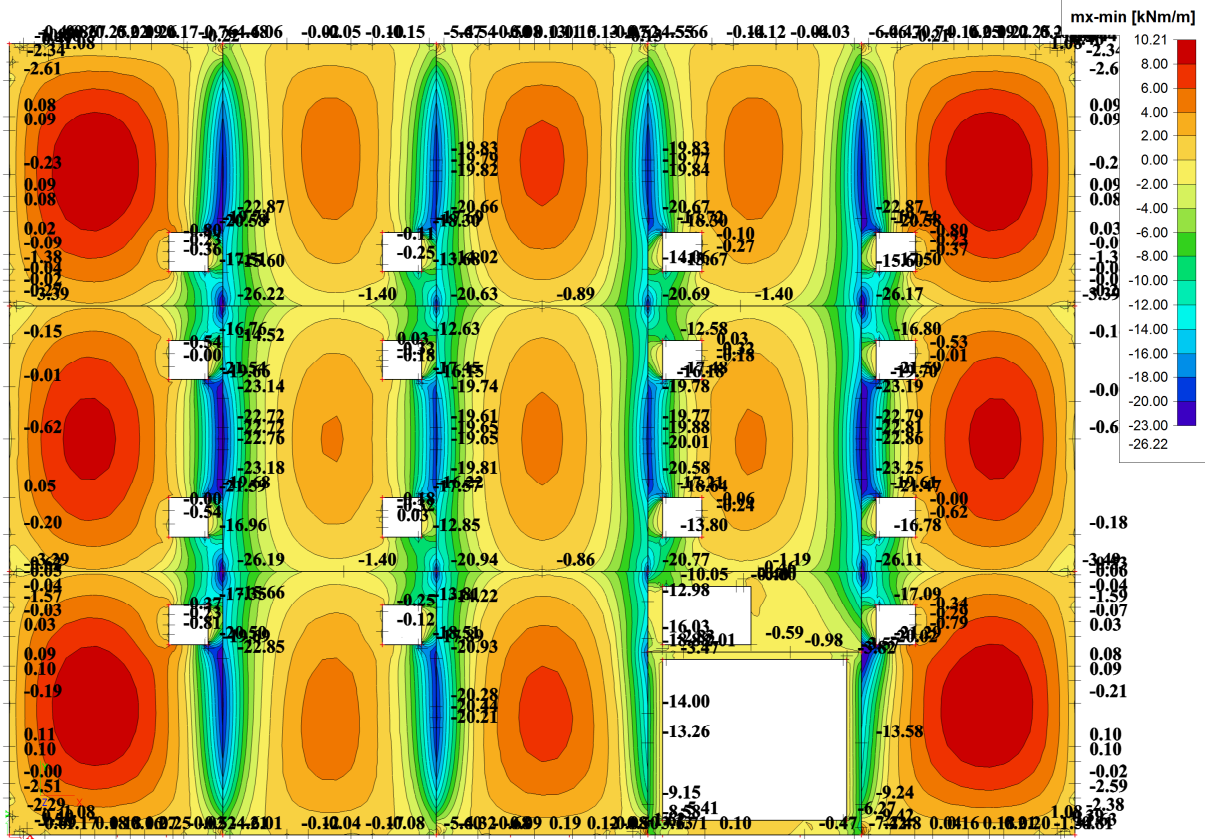
D.6. VNITŘNÍ SÍLY (OBÁLKA - SÍLY MAX)

a) Stropní deska

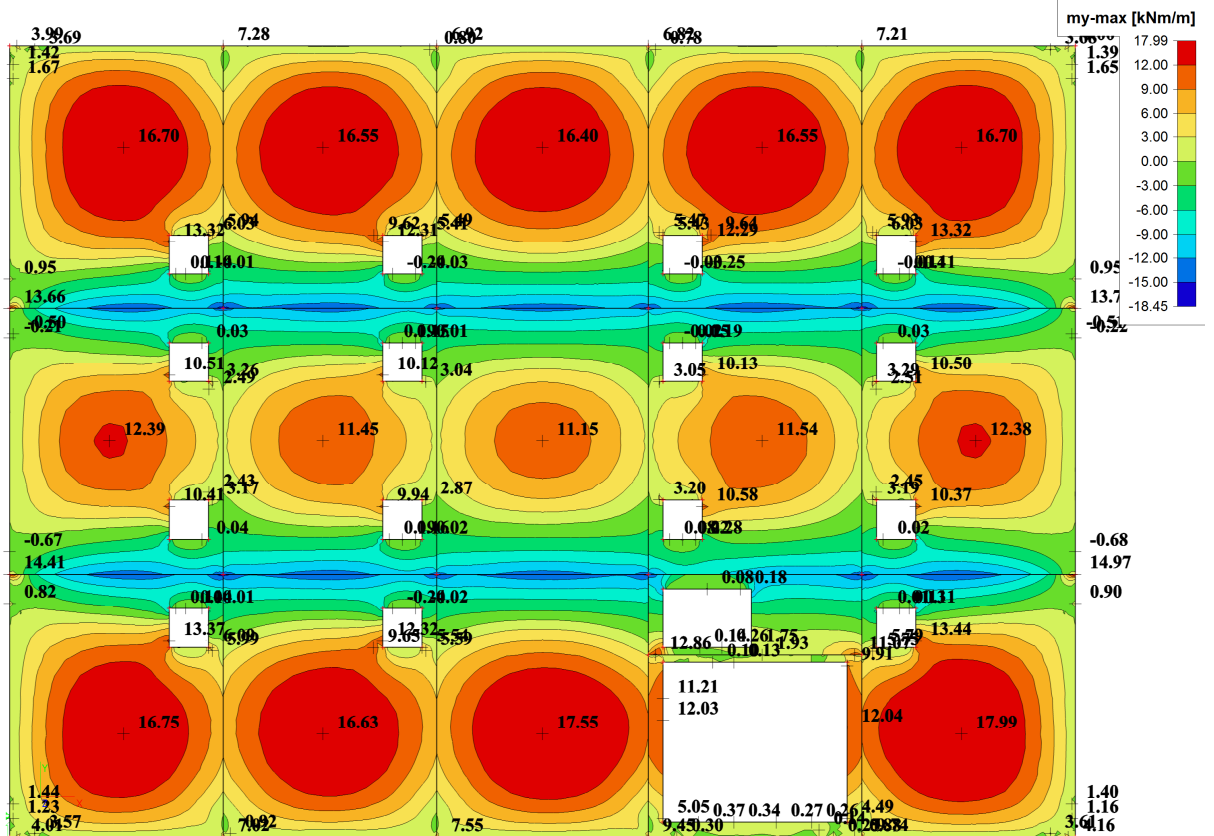
- $M_{x,dol}$ [kNm/m]



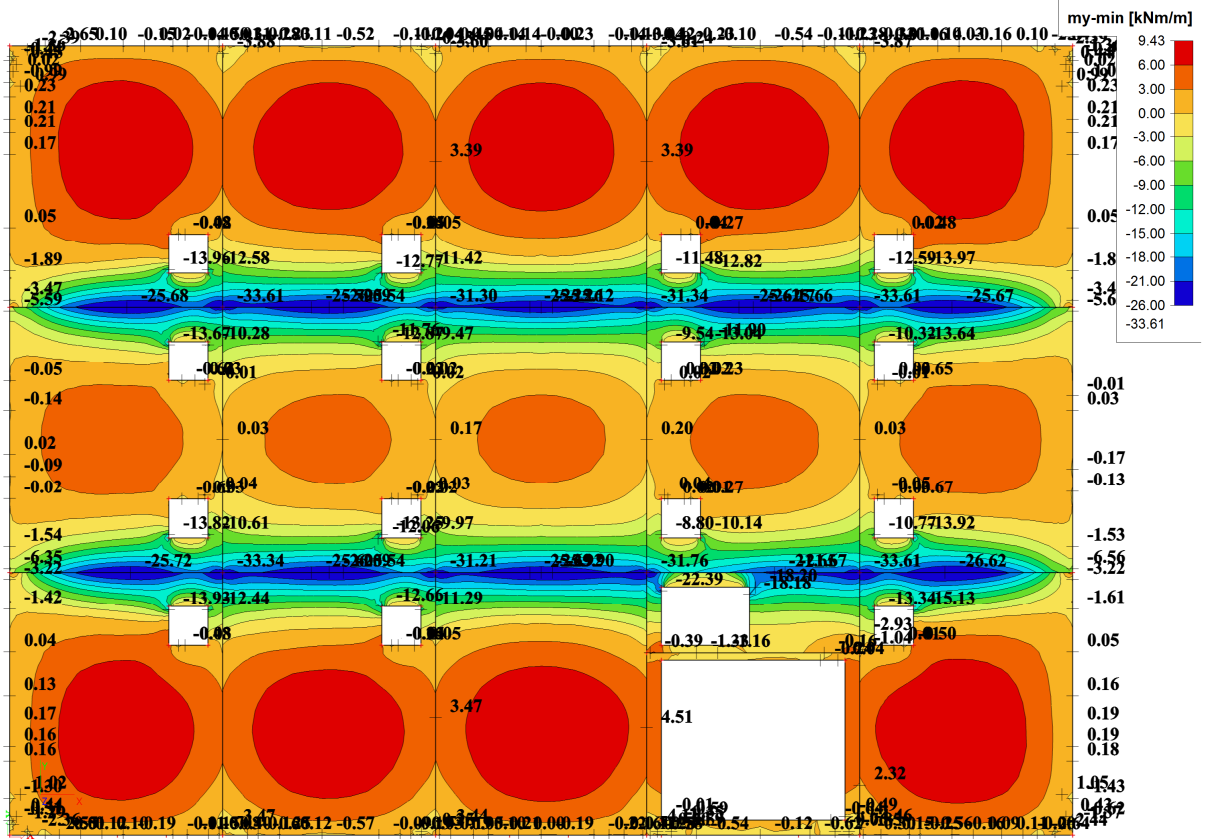
• Mx,hor [kNm/m]



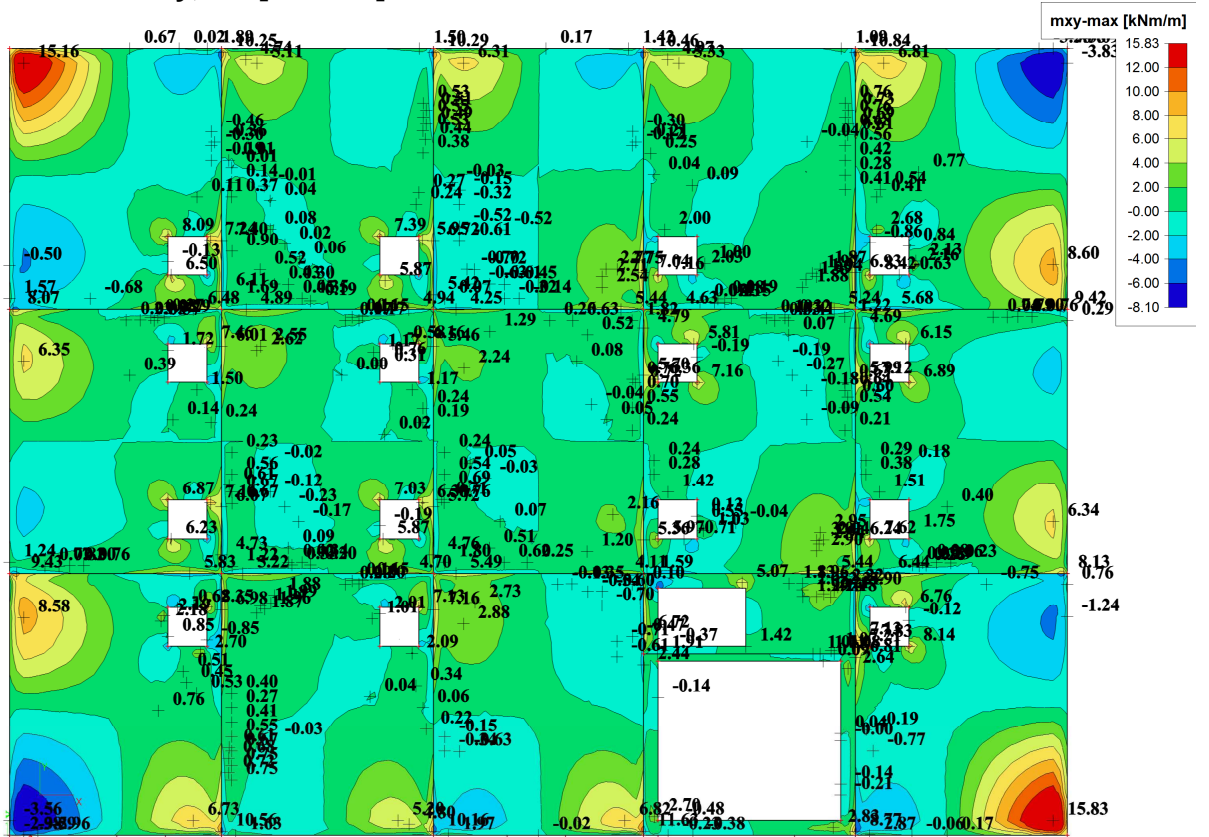
• My,dol [kNm/m]



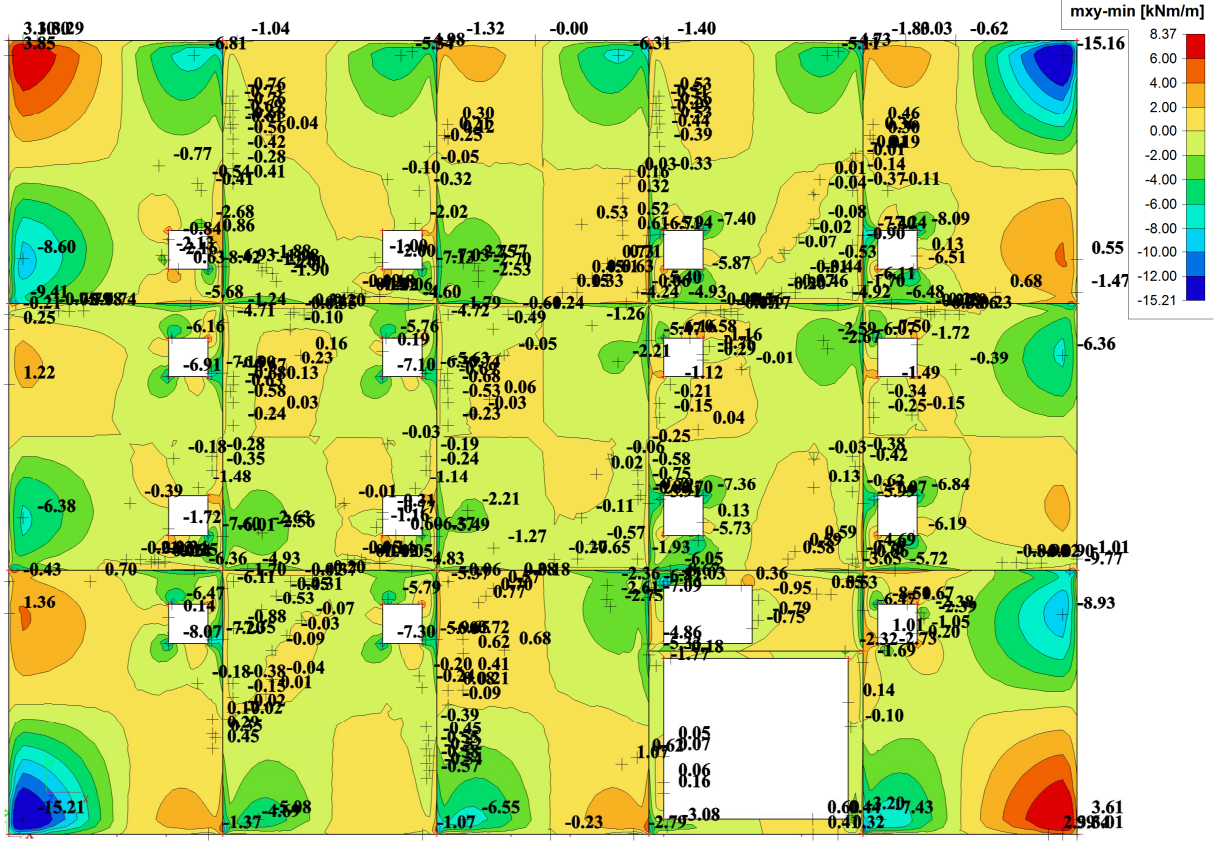
• My,hor [kNm/m]



• Mxy,dol [kNm/m]

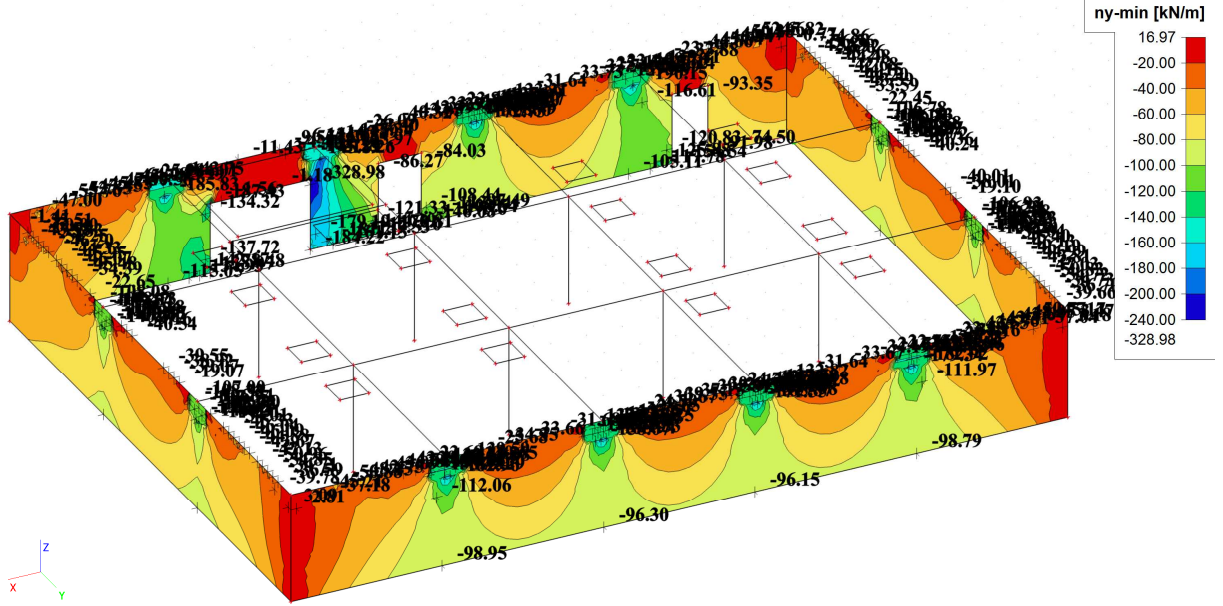


• Mxy,hor [kNm/m]

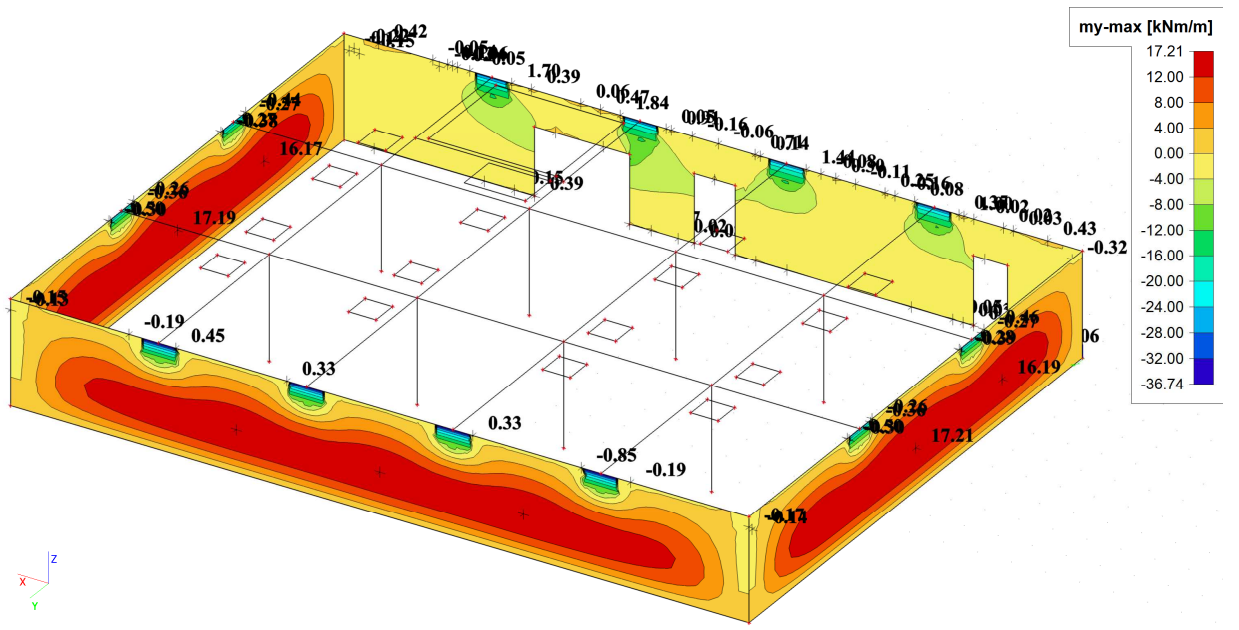


b) Obvodové stěny

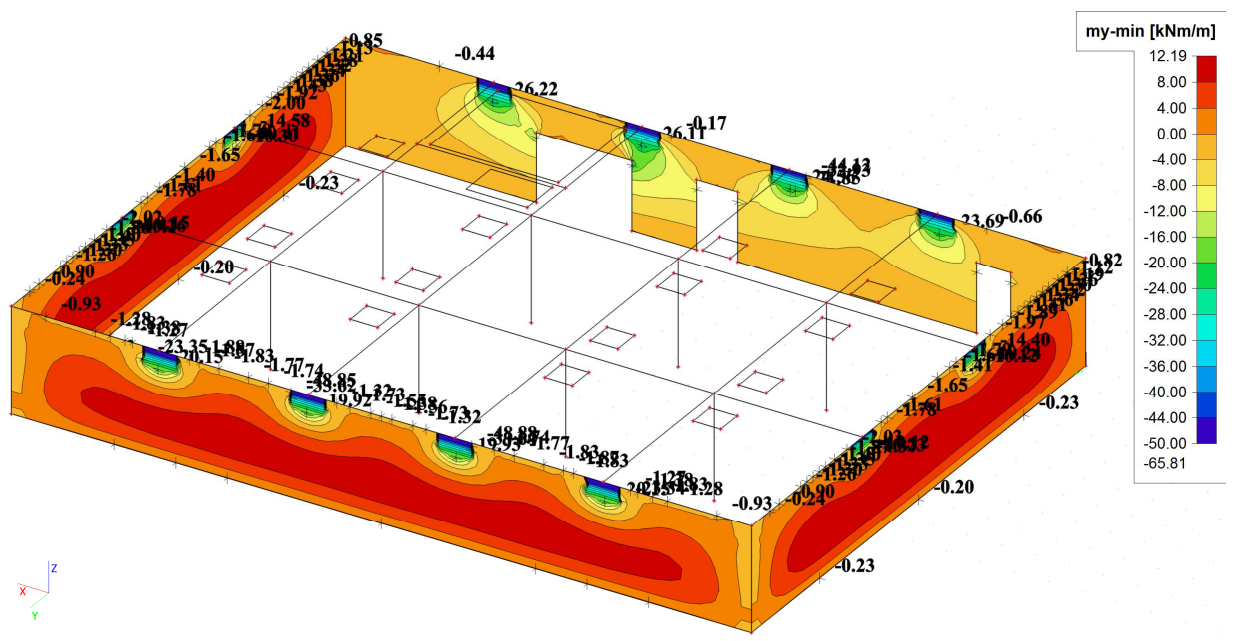
• Ny,min [kN/m]



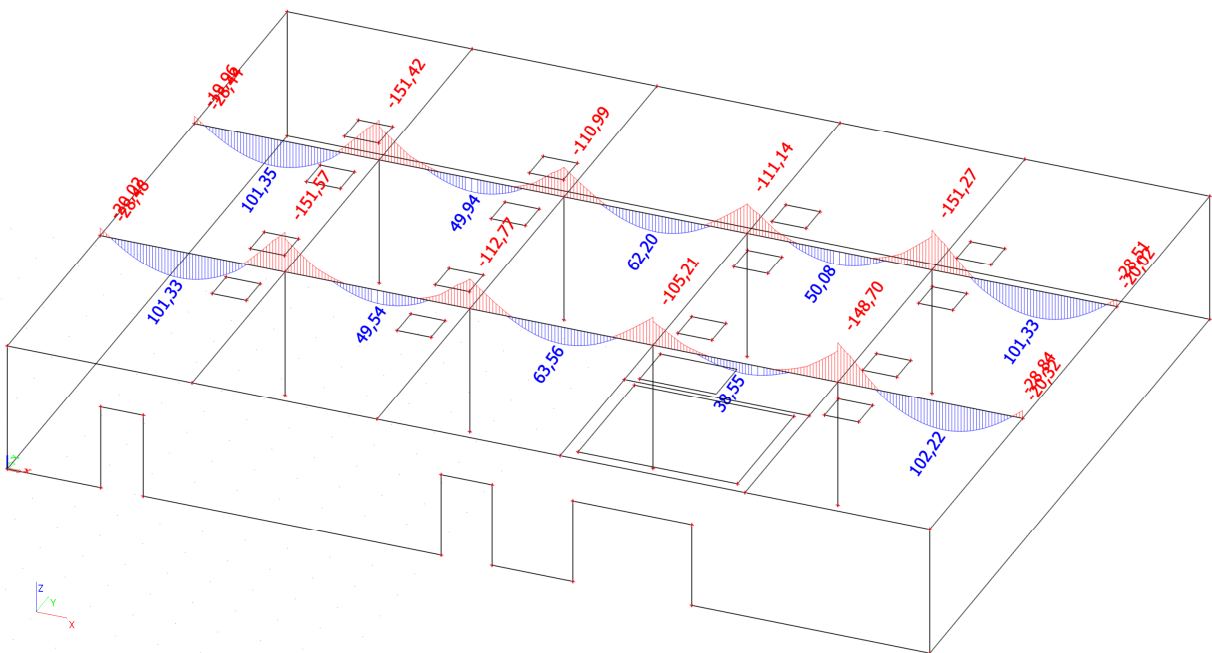
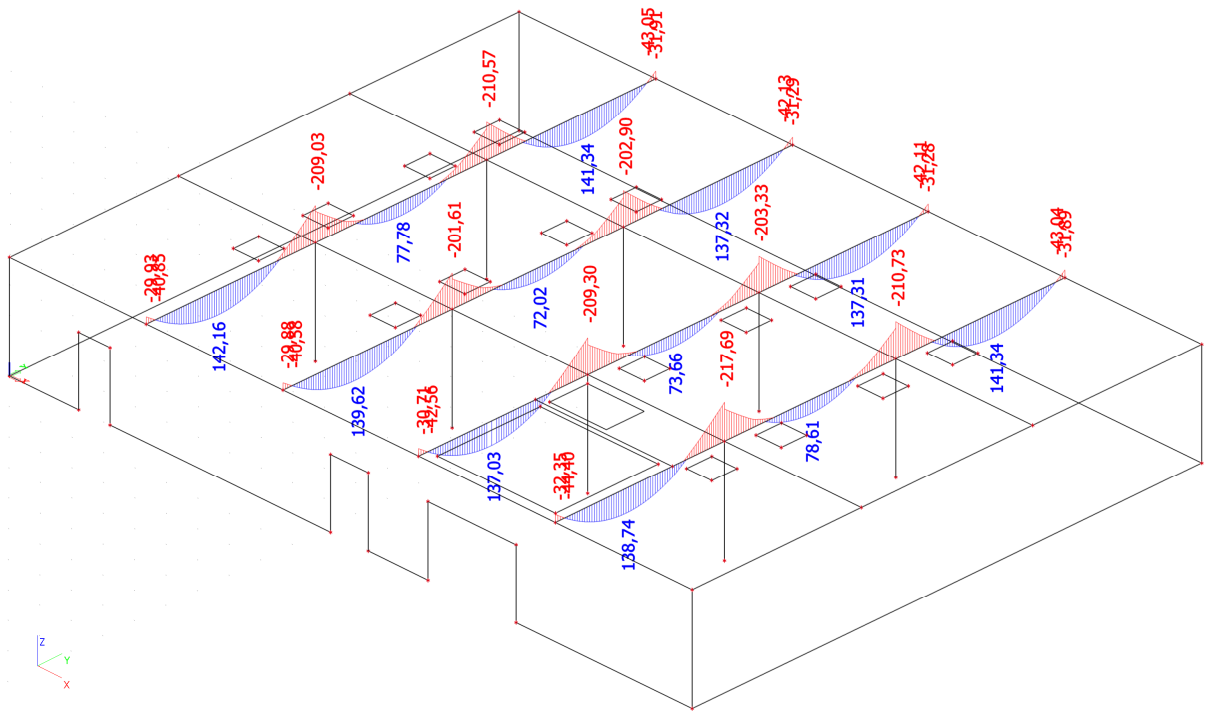
- $M_{y,max}$ [kNm/m]



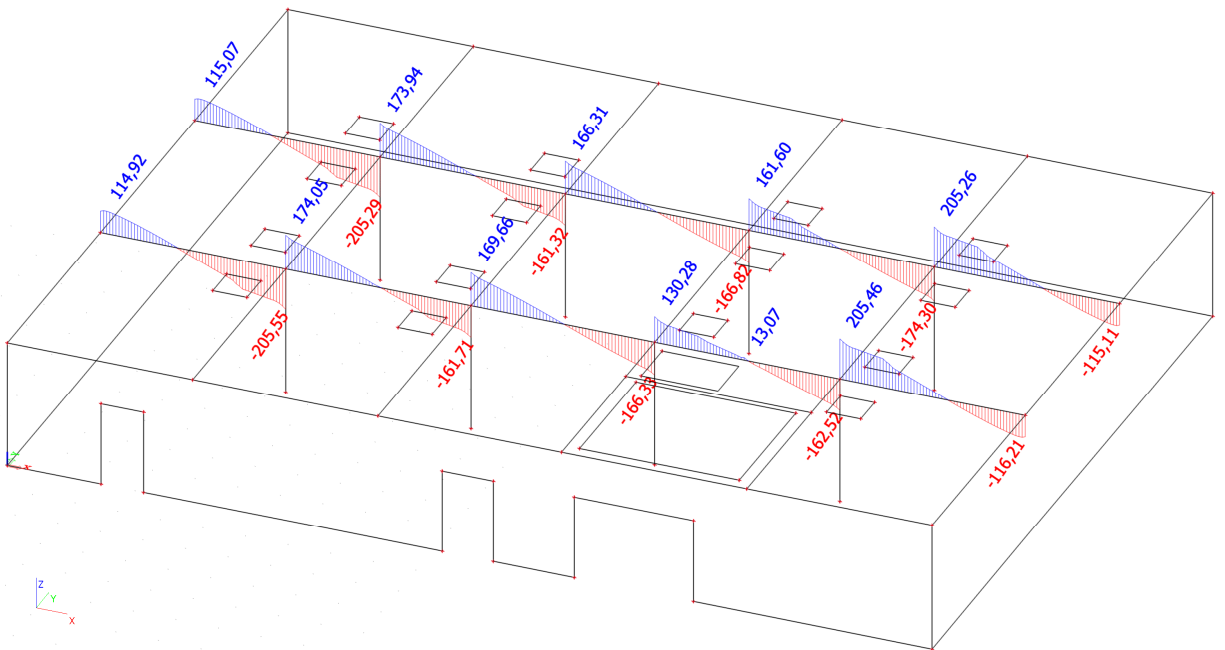
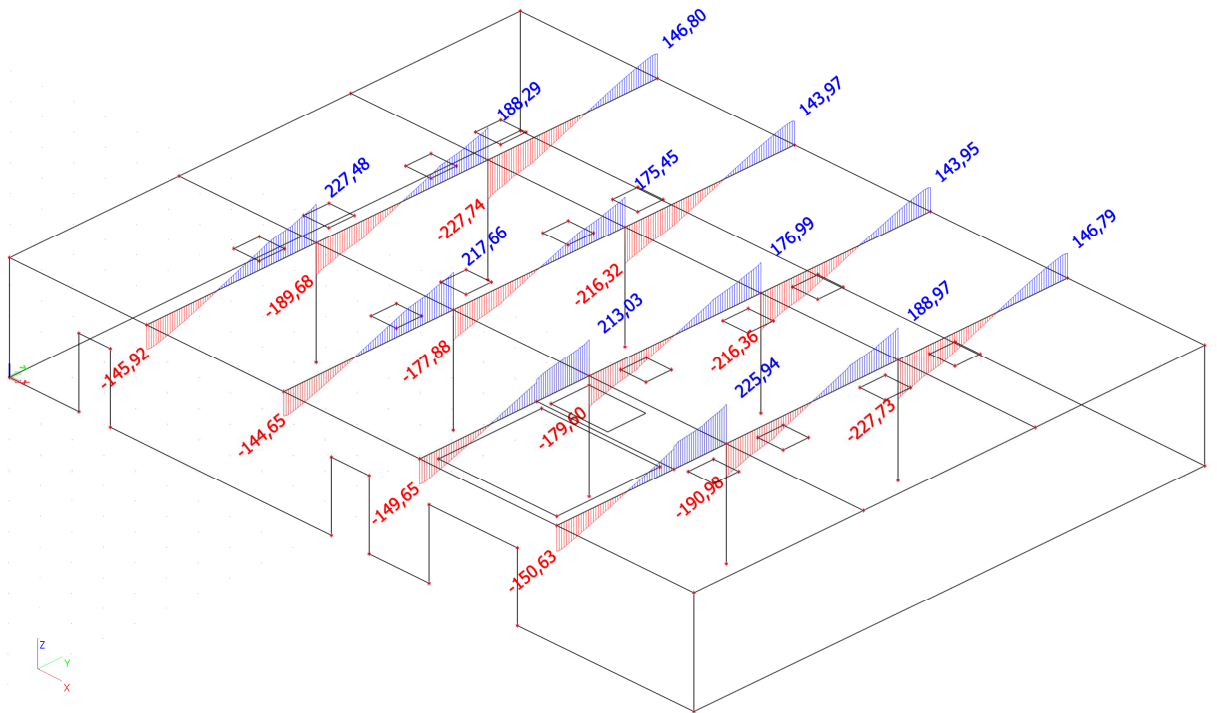
- $M_{y,min}$ [kNm/m]



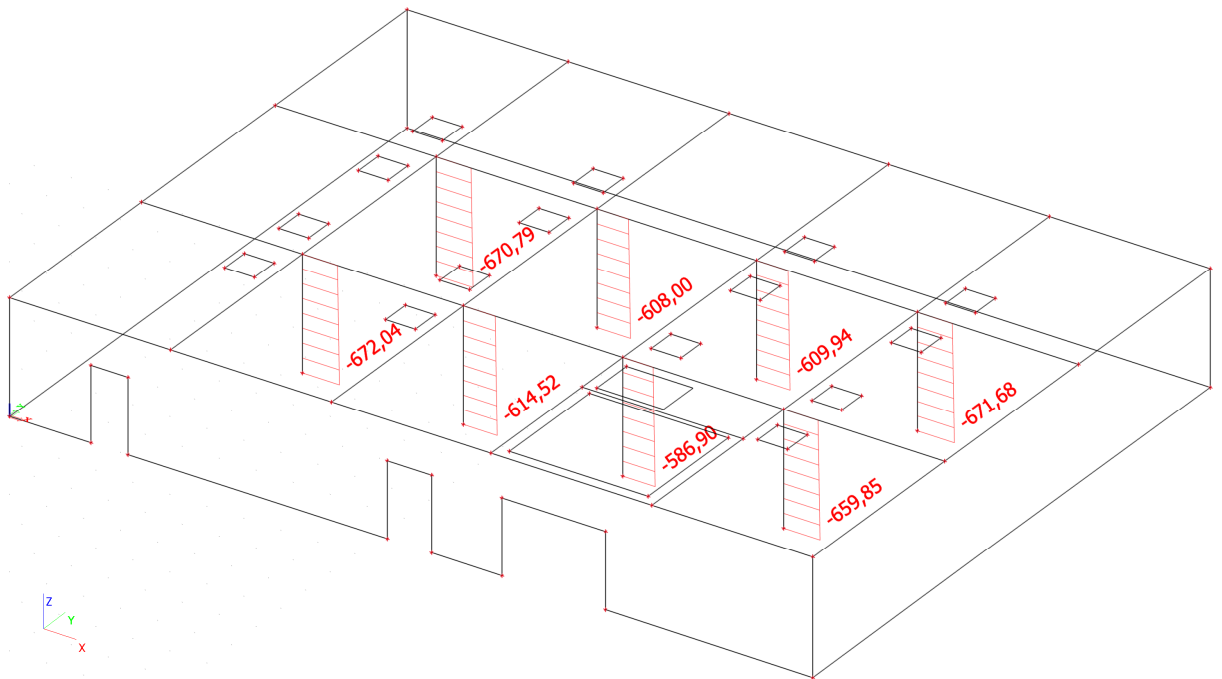
c) Trámy
 • My - obálka [kNm]



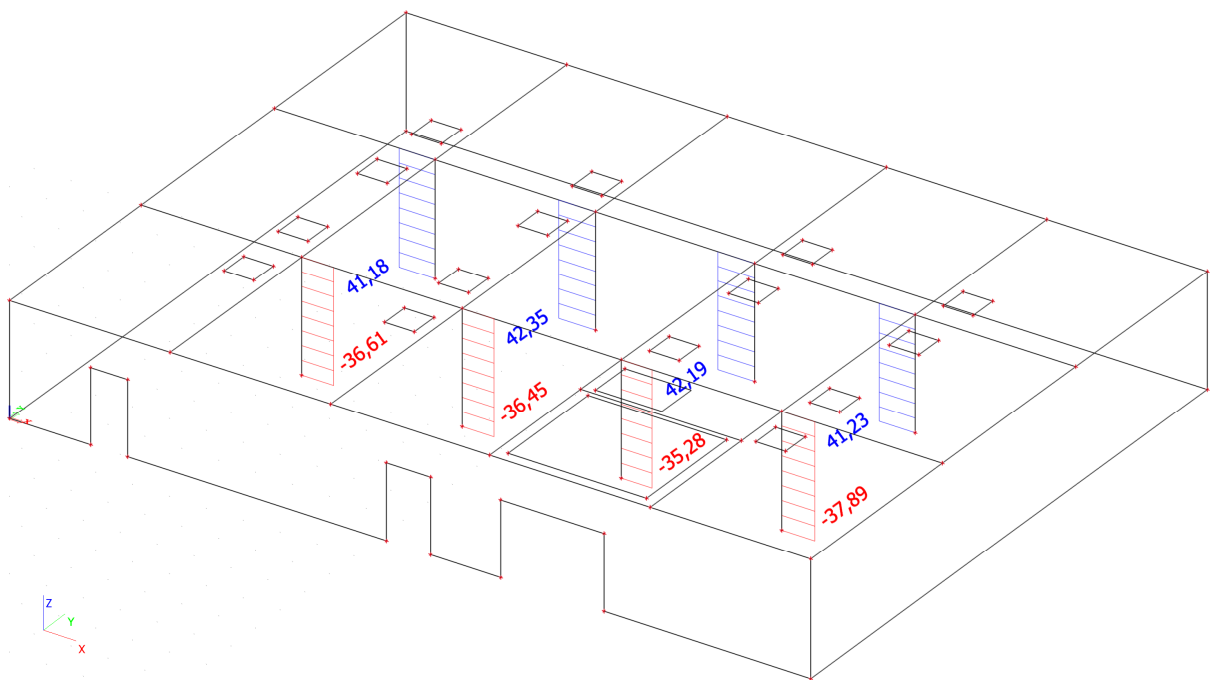
- Vz - obálka [kN]



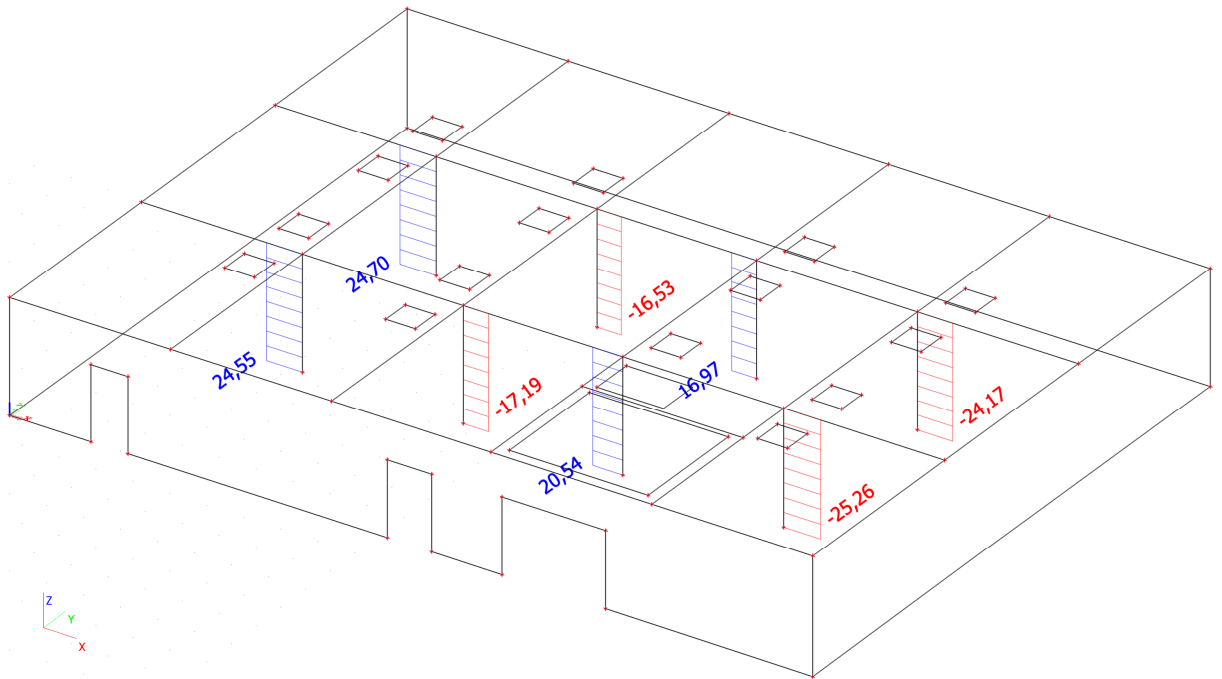
d) Sloupy
 • N [kN]



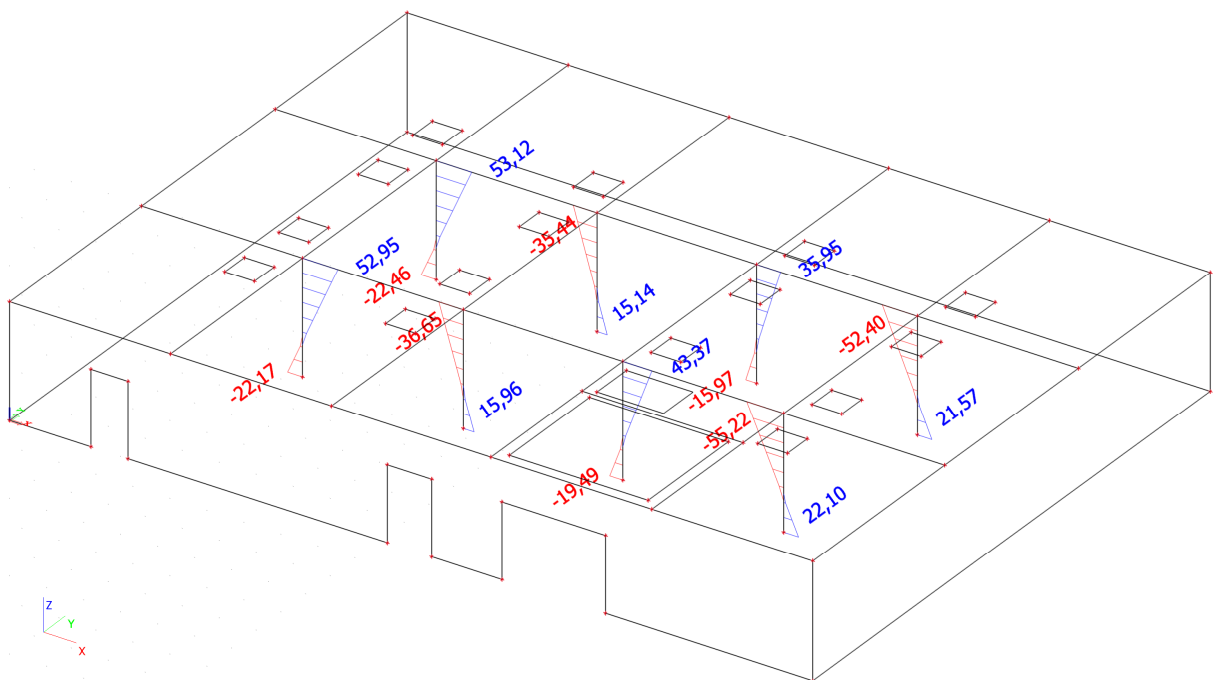
• Vy [kN]



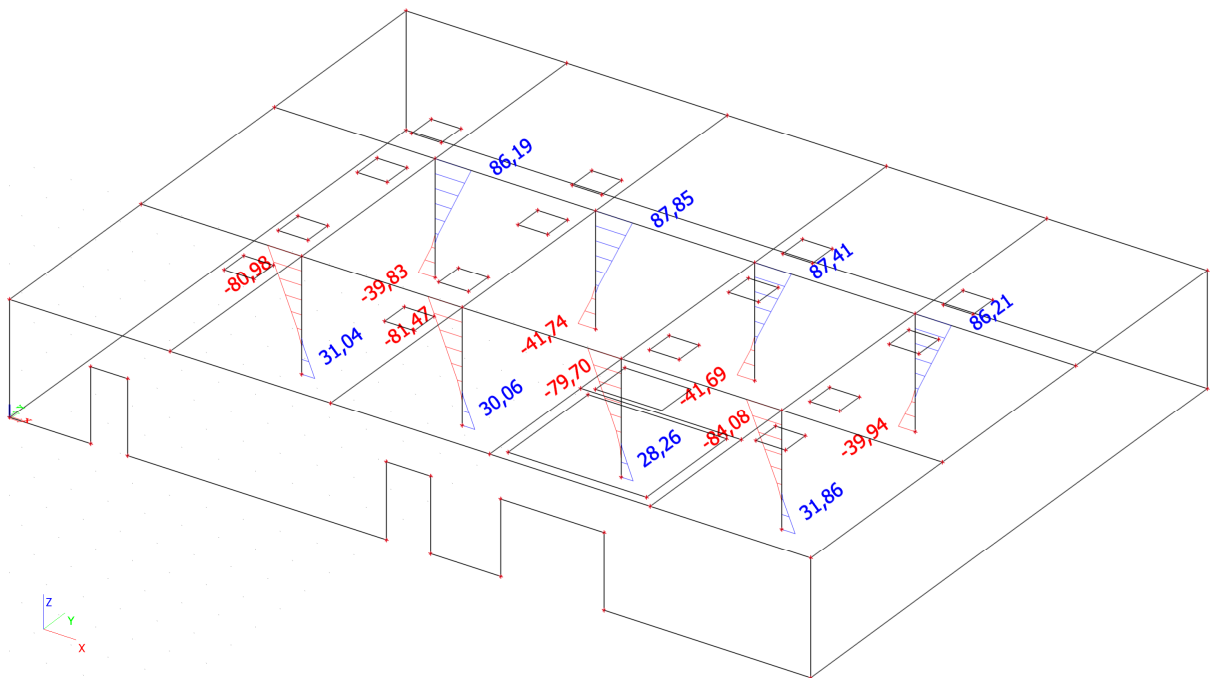
- V_z [kN]



- M_y [kNm]



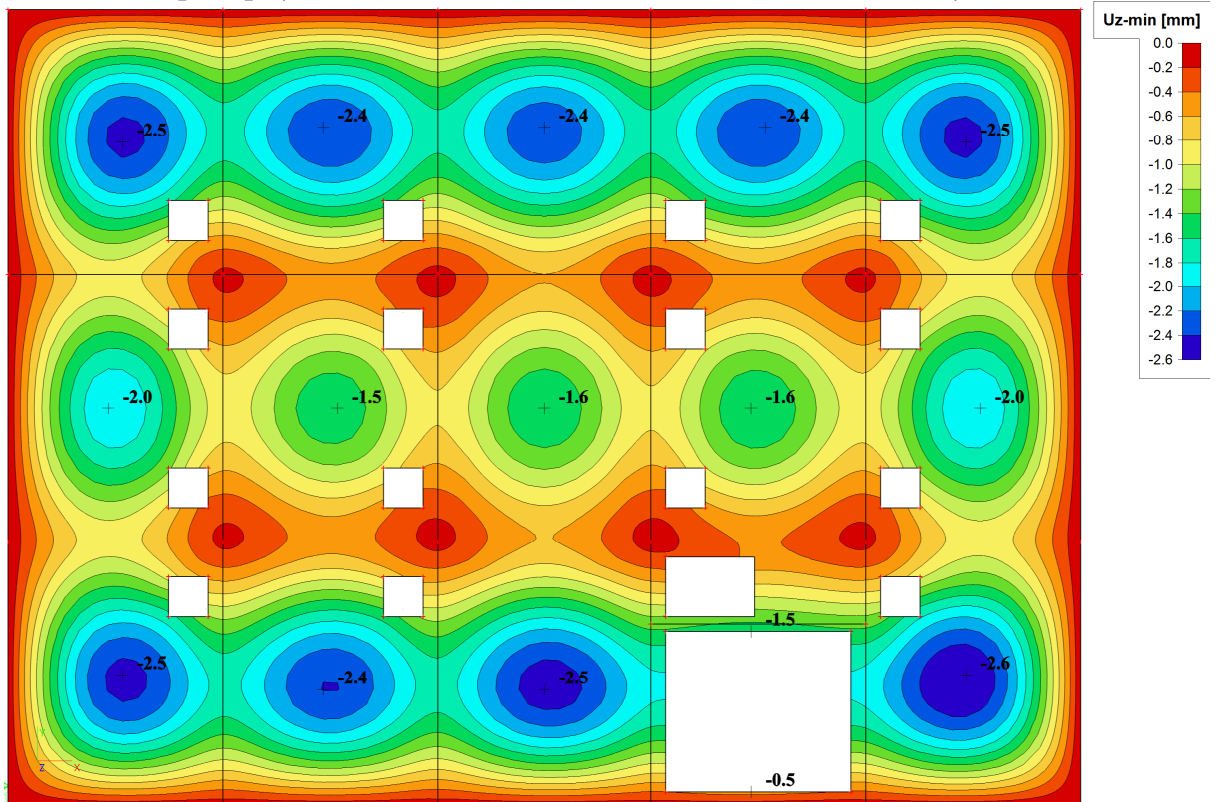
- **Mz [kNm]**



D.7. DEFORMACE (OBÁLKA - POSUNY MAX)

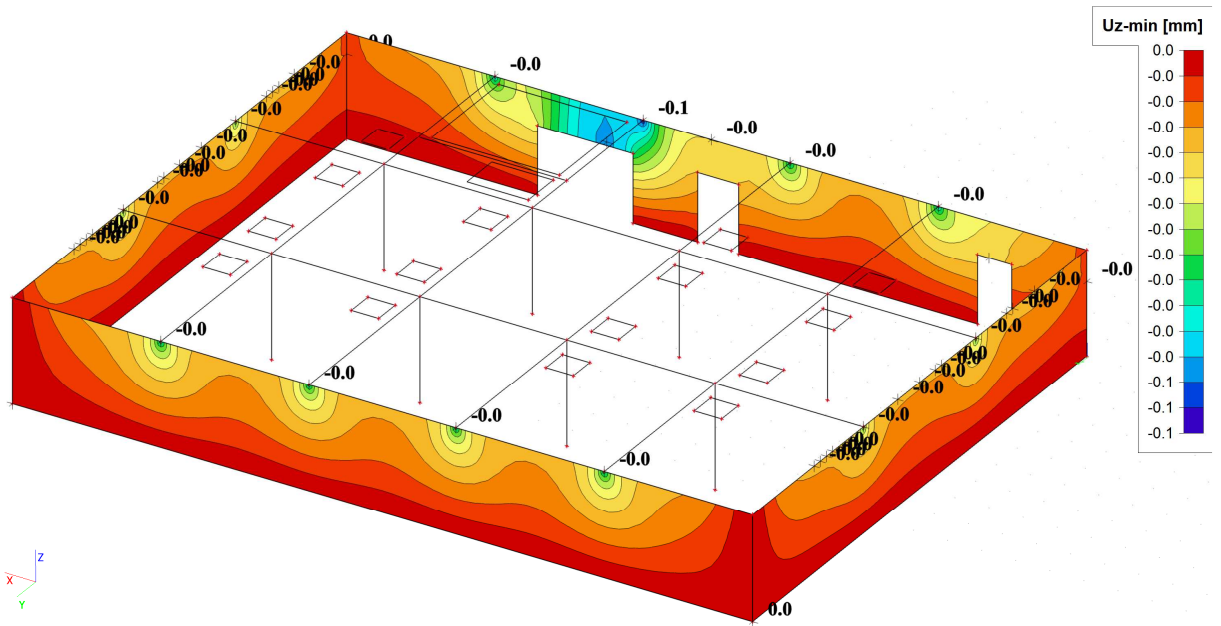
a) Stropní deska

- **Uz [mm]** (pružné deformace bez dotvarování a bez trhlin v ŽB konstrukci)



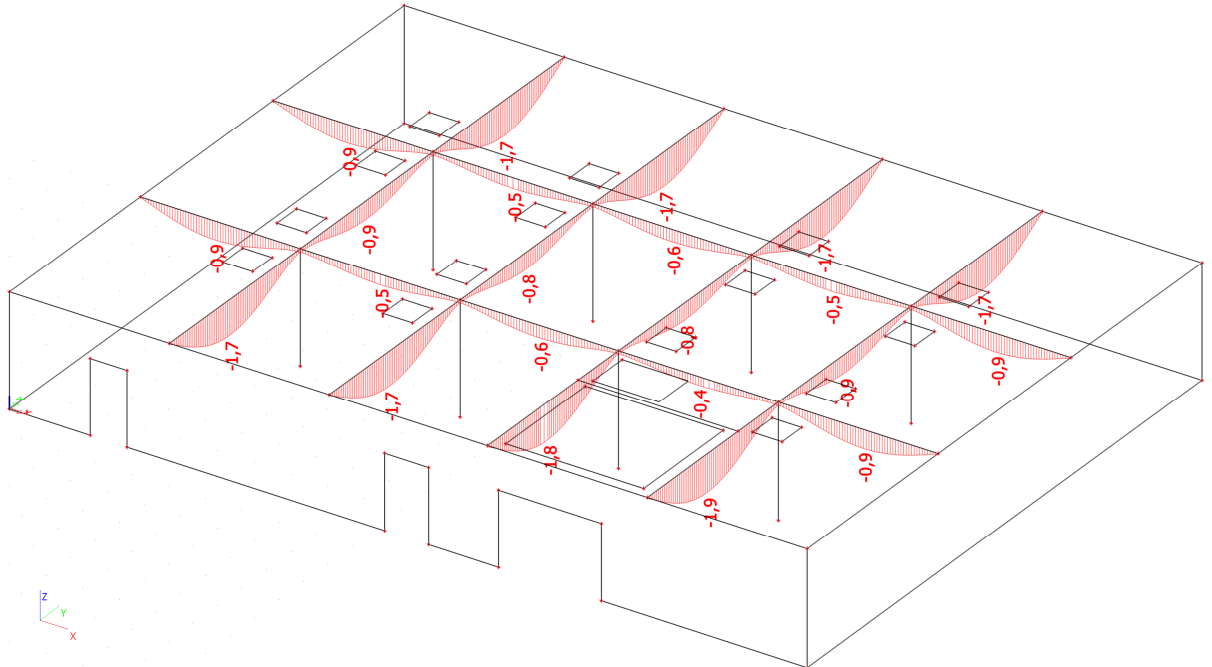
b) Obvodové stěny

- **Uz [mm]** (pružné deformace bez dotvarování a bez trhlin v ŽB konstrukci)



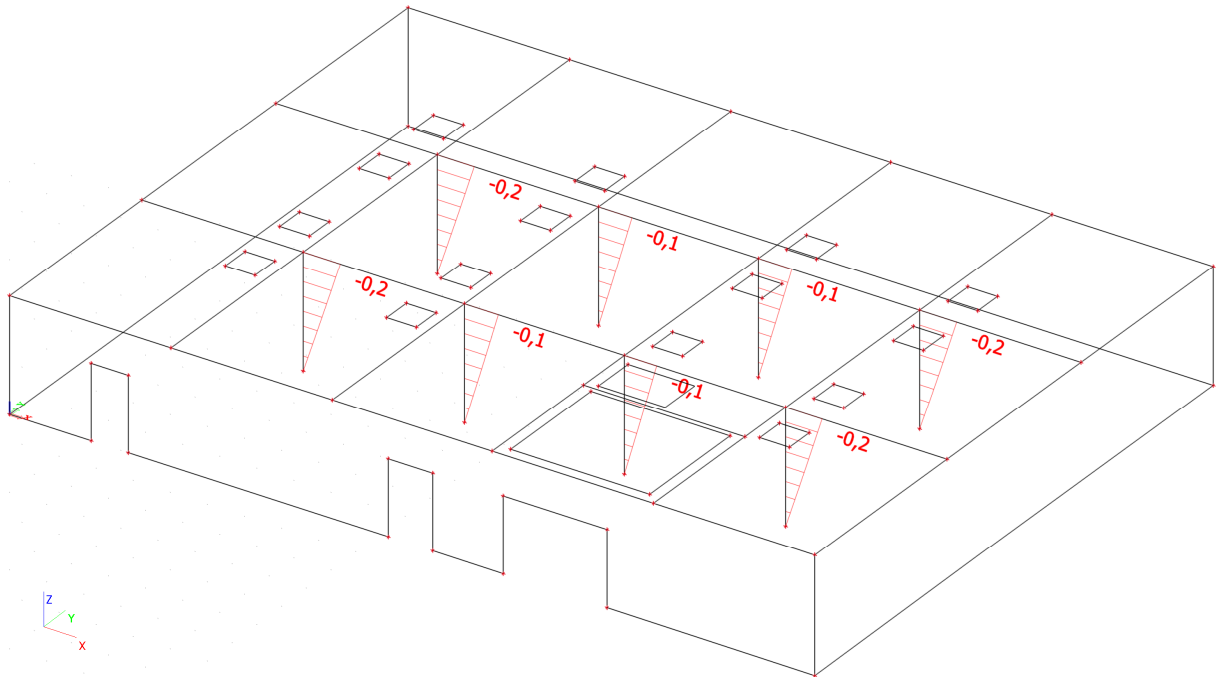
c) Trámy

- **Uz [mm]** (pružné deformace bez dotvarování a bez trhlin v ŽB konstrukci)



d) Sloupy

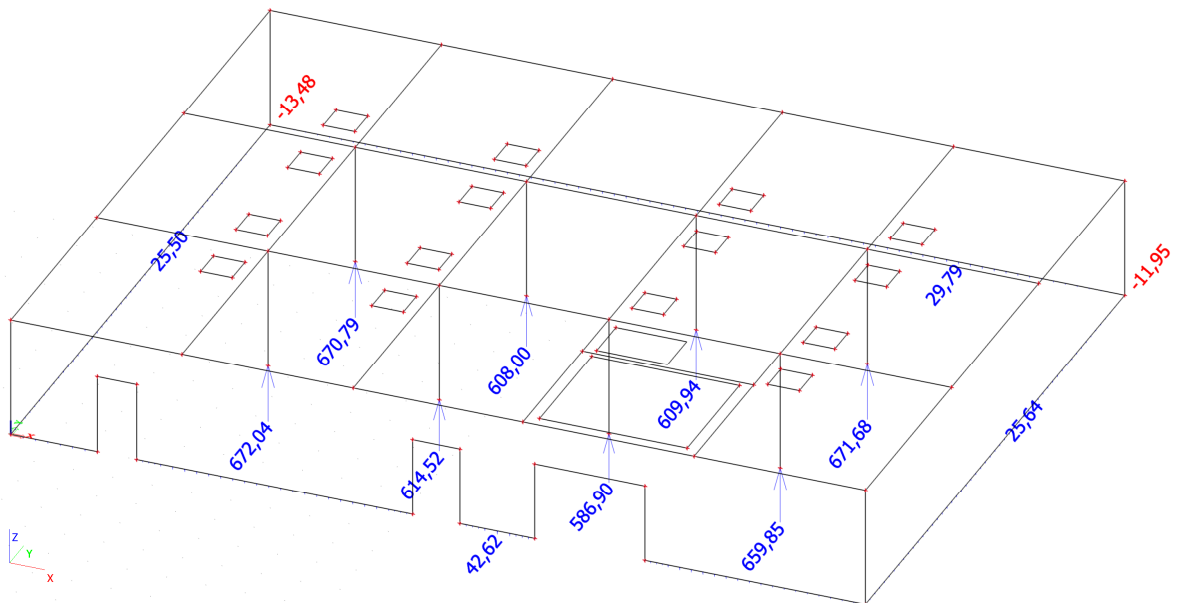
- U_x [mm] (pružné deformace bez dotvarování a bez trhlin v ŽB konstrukci)



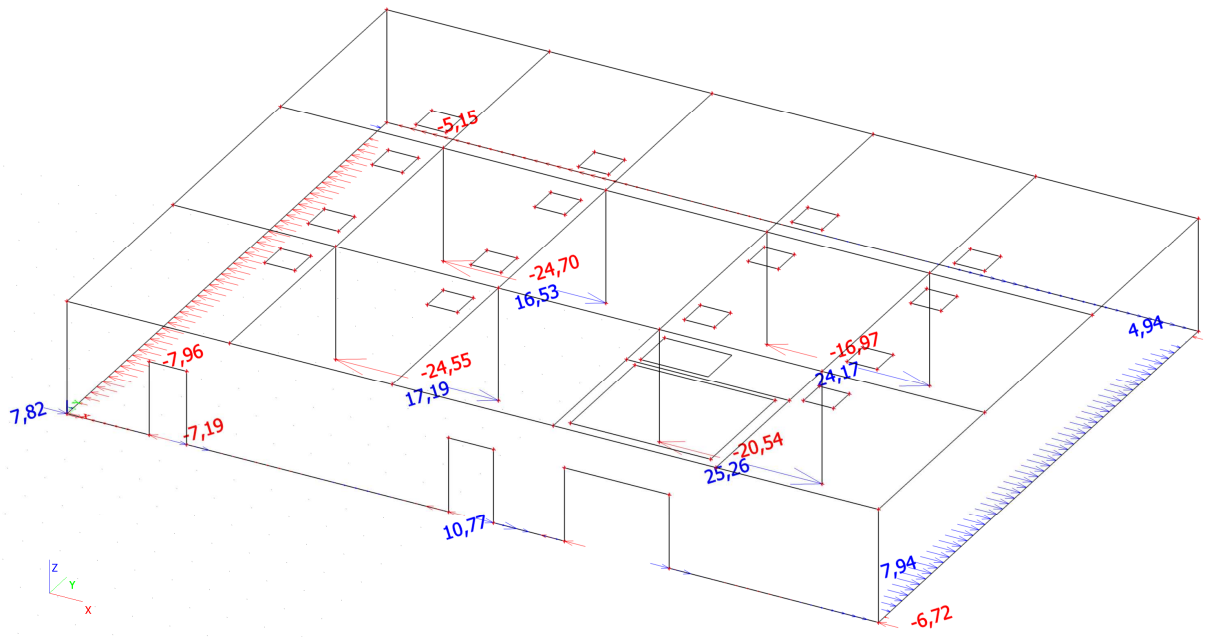
D.8. REAKCE (OBÁLKA - SÍLY MAX)

a) Reakce do základových konstrukcí

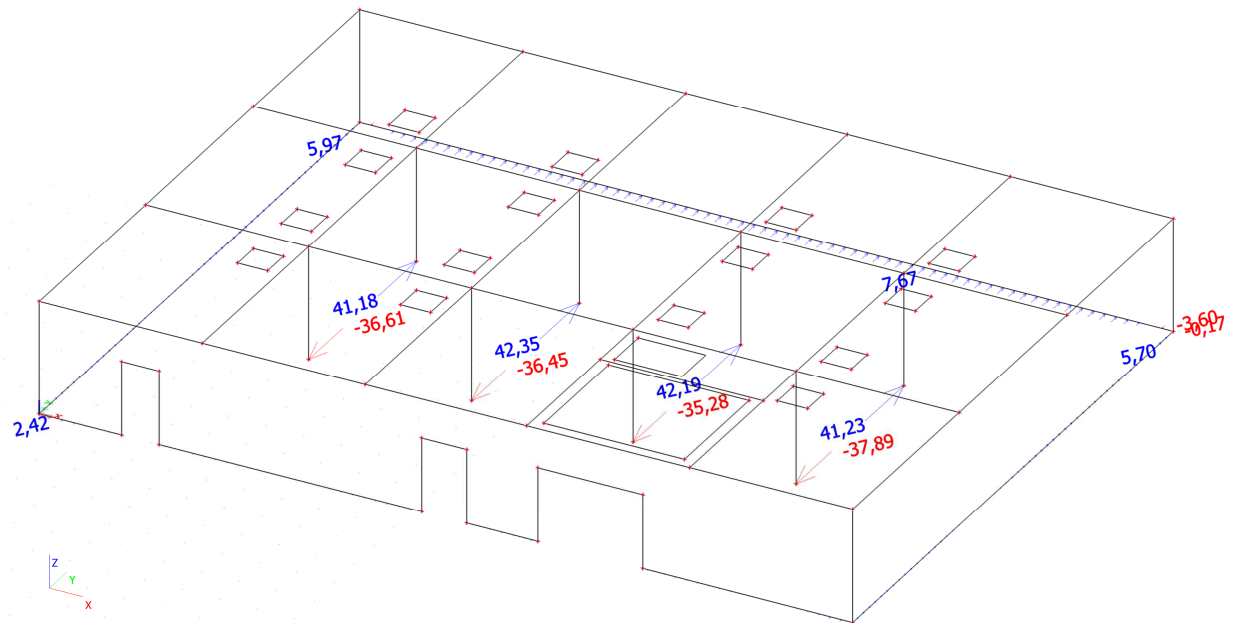
- R_z [kN]



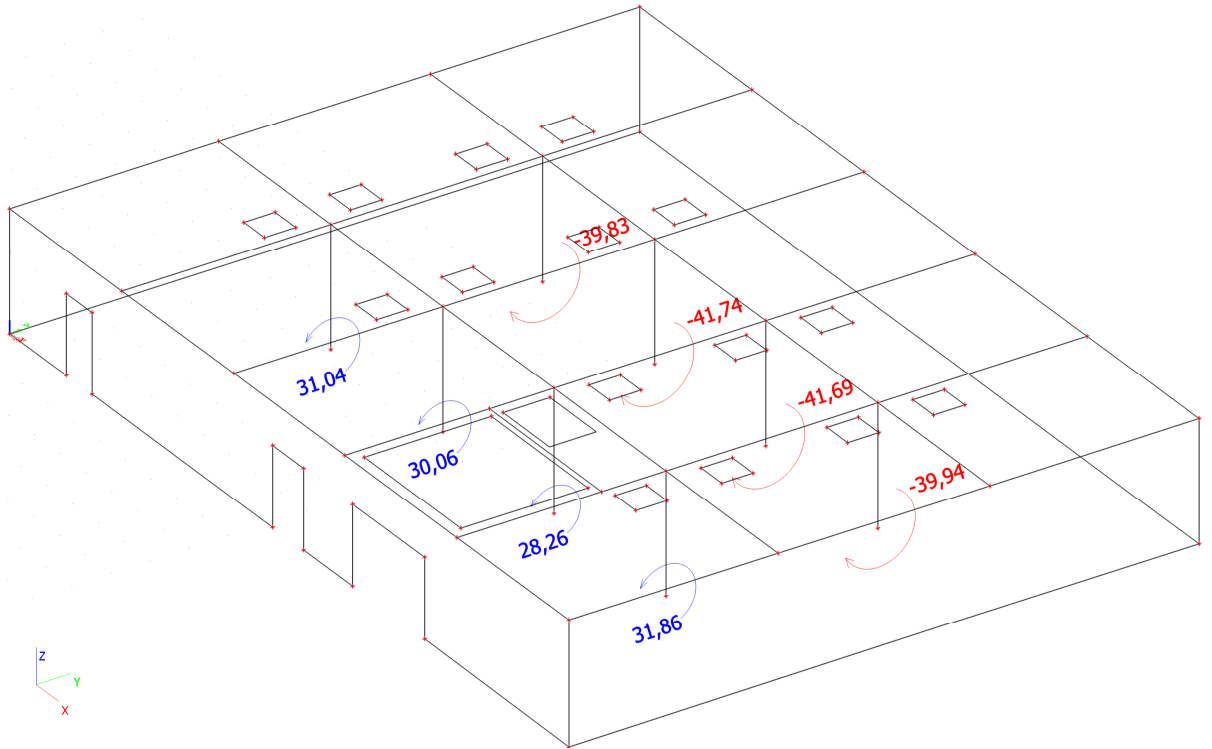
- Rx [kN]



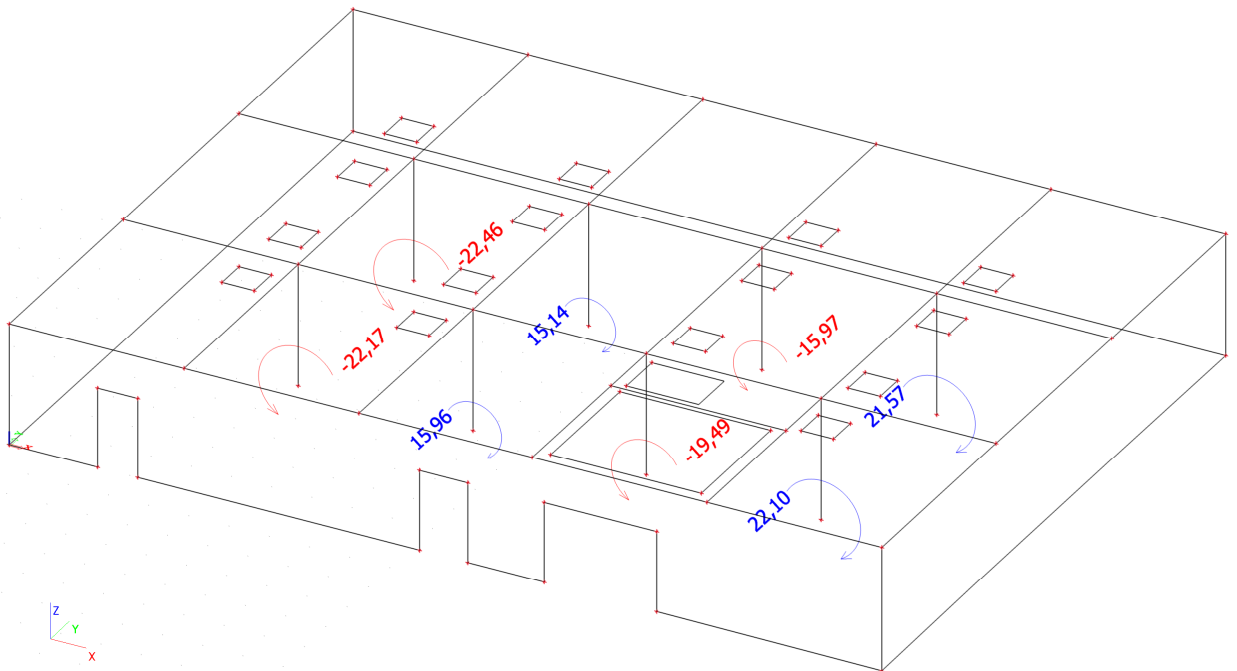
- Ry [kN]



- Mx [kNm]



• **M_y [kNm]**



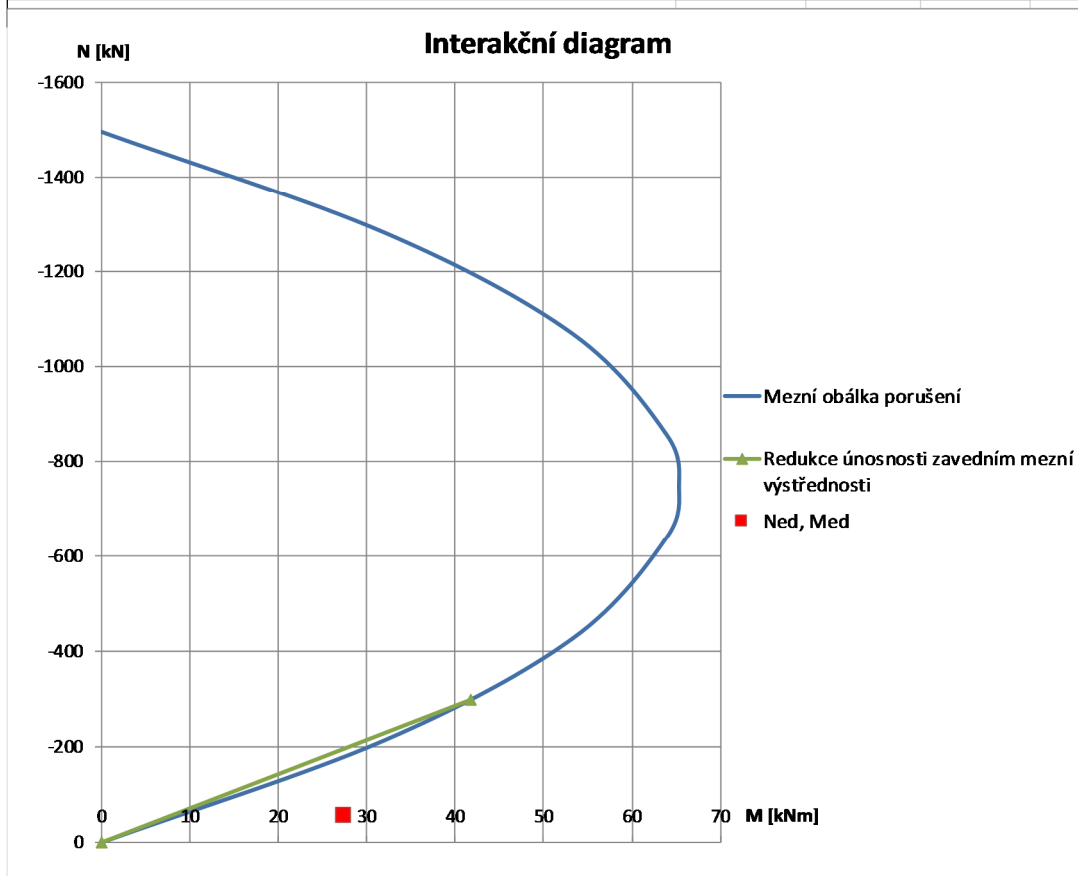
D.9. POSOUZENÍ JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ

D.9.1. POSOUZENÍ UVOLNĚNÍ TUHÉHO SPOJENÍ DESKA-STĚNA

a) Interakce ohybového momentu a osově síly – nevytlužený průřez

Vstupní hodnoty:			
Beton C8/10	$f_{ck} =$	8 MPa	
	$f_{ctk} =$	0,84 MPa	
Šířka průřezu	$b =$	1000 mm	
Výška průřezu	$h =$	350 mm	
Rozpětí prvku	$l =$	2700 mm	
Vzpěrná účinná délka	$l_0 =$	2700 mm	
Součinitel způsobu a doby trvání zatížení	$\alpha_{cc,pl} =$	0,8 -	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5 -	
Materiálové charakteristiky:			
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	4,27 MPa	
Vnitřní síly:			
ohybový moment v návrhové situaci	$M_{ed} =$	27,0 kNm/m	
Návrhová normálová síla v místě M_{ed}	$N_{ed} =$	54,5 kN/m	
Ohybový moment s účinky geometrických imperfekcí	$M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_i =$	27,4 kNm/m	
Statická výstřednost prvního řádu	$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} =$	495,4 mm	
Přidavná výstřednost pokrývající účinky geometrických imperfekcí	$e_i = l_0 / 400 =$	6,8 mm	
Návrhová výstřednost	$e_d = e_{tot} = e_0 + e_i =$	502,2 mm	
Teoretické omezení návrhové výstřednosti	$0 \leq e_d \leq h / 2$		
	$0,0 \leq$	502,2	$\leq 175,0$ mm
		NEVYHOVÍ	
Maximální vzpěrná účinná délka pro zanedbání vybočení	$l_{0,max} = 7h(1 - 2e_d / h) =$	-4580	mm
Podmínka pro zanedbání vybočení	$l_0 \leq l_{0,max}$		
		2700	≤ -4580 mm
		NEVYHOVÍ	
Výpočet interakčního diagramu:			
Teoretický dostředný tlak při $e_d = 0$	$N_{Rd,0} = f_{cd}bh =$	1493,3	kN
Maximální ohybový moment při $N_{Rd} = 0,5N_{Rd,0}$	$M_{Rd,max} = 0,25N_{Rd,0} \cdot 0,5h =$	65,3	kNm
Parabolická závislost M_{Rd} na N_{Rd} v interakčním diagramu	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h$		
Únosnost za předpokladu $e_d = e_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tláčeného prvku	$N_{Rd} = f_{cd}b\lambda x = f_{cd}bh(1 - 2e_d / h) =$	-2791,8	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h = N_{Rd} \cdot e_d =$	-1401,9	kNm

Únosnost za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tlačného prvku	$N_{Rd} = N_{Ed} =$	54,5	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd,0}) \cdot 0,5h =$	9,2	kNm
Výstřednost při únosnosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_{Rd} = M_{Rd} / N_{Rd} =$	168,6	mm
Omezení únosnosti zavedením mezní výstřednosti $e_{Rd,lim}$			
Mezní výstřednost pro omezení délky trhliny na $(h-x)=0,75h$	$e_{Rd,lim} = 0,4h =$	140,0	mm
Únosnost v mimostředném tlaku při mezní výstřednosti	$N_{Rd} = f_{cd}bh(1 - 2e_{Rd,lim} / h) =$	298,7	kN
Ohybový moment únosnosti při mezní výstřednosti	$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot e_{Rd,lim} =$	41,8	kNm
Posouzení:			
Posouzení mezní výstřednosti	$e_d \leq e_{Rd,lim}$		
	502,2 < 140,0		mm
	NEVYHOVÍ		
Posouzení únosnosti za předpokladu $e_d = e_{Rd}$	$N_{Ed} \leq N_{Rd}$		
	54,5 < -2791,8		kN
	NEVYHOVÍ		
Posouzení výstřednosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_d \leq e_{Rd}$		
	502,2 < 168,6		mm
	NEVYHOVÍ		



Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

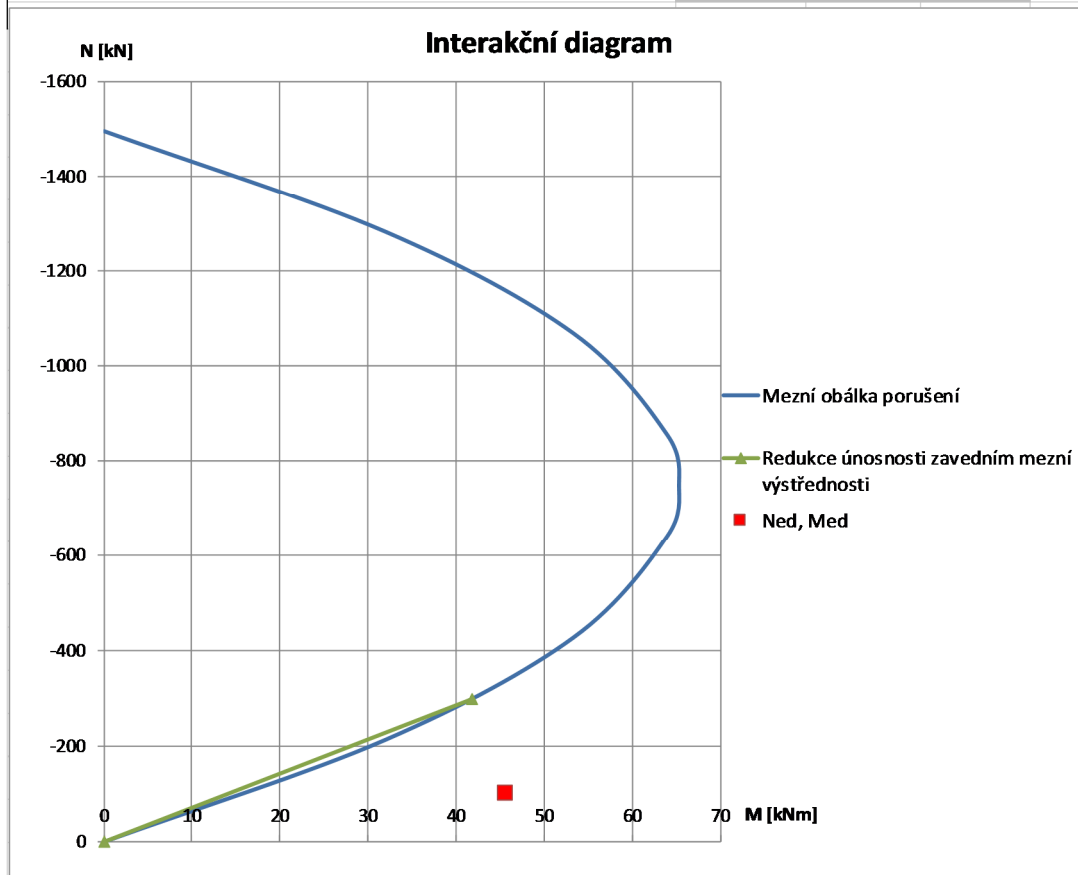
Za předpokladu tuhého spojení deska-stěna prvek v místě spojení nevyhoví → dochází k uvolnění tuhého spojení. Na základě tohoto zjištění je v modelu zavedené kloubové spojení deska-stěna.

D.9.2. POSOUZENÍ UVOLNĚNÍ TUHÉHO SPOJENÍ TRÁM-STĚNA

a) Interakce ohybového momentu a osově síly – nevyztužený průřez

Vstupní hodnoty:			
Beton C8/10	$f_{ck} =$	8 MPa	
	$f_{ctk} =$	0,84 MPa	
Šířka průřezu	$b =$	1000 mm	
Výška průřezu	$h =$	350 mm	
Rozpětí prvku	$l =$	2700 mm	
Vzpěrná účinná délka	$l_0 =$	2700 mm	
Součinitel způsobu a doby trvání zatížení	$\alpha_{cc,pl} =$	0,8 -	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5 -	
Materiálové charakteristiky:			
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	4,27 MPa	
Vnitřní síly:			
ohybový moment v návrhové situaci	$M_{ed} =$	45,0 kNm/m	
Návrhová normálová síla v místě M_{ed}	$N_{ed} =$	100,0 kN/m	
Ohybový moment s účinky geometrických imperfekcí	$M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_i =$	45,7 kNm/m	
Statická výstřednost prvního řádu	$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} =$	450,0 mm	
Přídavná výstřednost pokrývající účinky geometrických imperfekcí	$e_i = l_0 / 400 =$	6,8 mm	
Návrhová výstřednost	$e_d = e_{tot} = e_0 + e_i =$	456,8 mm	
Teoretické omezení návrhové výstřednosti	$0 \leq e_d \leq h / 2$		
	0,0 ≤	456,8	≤ 175,0 mm
NEVYHOVÍ			
Maximální vzpěrná účinná délka pro zanedbání vybočení	$l_{0,max} = 7h(1 - 2e_d / h) =$	-3945	mm
Podmínka pro zanedbání vybočení	$l_0 \leq l_{0,max}$		
	2700	≤	-3945 mm
NEVYHOVÍ			
Výpočet interakčního diagramu:			
Teoretický dostředný tlak při $e_d = 0$	$N_{Rd,0} = f_{cd} b h =$	1493,3	kN
Maximální ohybový moment při $N_{Rd} = 0,5N_{Rd,0}$	$M_{Rd,max} = 0,25N_{Rd,0} \cdot 0,5h =$	65,3	kNm
Parabolická závislost M_{Rd} na N_{Rd} v interakčním diagramu	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h$		
Únosnost za předpokladu $e_d = e_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tlačeného prvku	$N_{Rd} = f_{cd} b \lambda x = f_{cd} b h (1 - 2e_d / h) =$	-2404,3	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h = N_{Rd} \cdot e_d =$	-1098,1	kNm

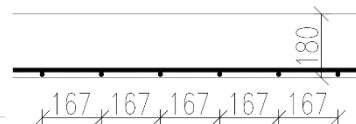
Únosnost za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tlačенého prvku	$N_{Rd} = N_{Ed} =$	100,0	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0}) 0,5h =$	16,3	kNm
Výstřednost při únosnosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_{Rd} = M_{Rd} / N_{Rd} =$	163,3	mm
Omezení únosnosti zavedením mezní výstřednosti $e_{Rd,lim}$			
Mezní výstřednost pro omezení délky trhliny na $(h-x)=0,75h$	$e_{Rd,lim} = 0,4h =$	140,0	mm
Únosnost v mimostředném tlaku při mezní výstřednosti	$N_{Rd} = f_{cd}bh(1 - 2e_{Rd,lim} / h) =$	298,7	kN
Ohybový moment únosnosti při mezní výstřednosti	$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot e_{Rd,lim} =$	41,8	kNm
Posouzení:			
Posouzení mezní výstřednosti	$e_d \leq e_{Rd,lim}$		
	456,8 < 140,0		mm
NEVYHOVÍ			
Posouzení únosnosti za předpokladu $e_d = e_{Rd}$	$N_{Ed} \leq N_{Rd}$		
	100,0 < -2404,3		kN
NEVYHOVÍ			
Posouzení výstřednosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_d \leq e_{Rd}$		
	456,8 < 163,3		mm
NEVYHOVÍ			



Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Za předpokladu tuhého spojení trám-stěna prvek v místě spojení nevyhoví → dochází k uvolnění tuhého spojení. Na základě tohoto zjištění je v modelu zavedené polotuhé spojení trám-stěna.

D.9.3. POSOUZENÍ STROPNÍ DESKY – SONDA D1



b) Ohyb (stropní deska – sonda D1)

Vstupní hodnoty:		
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,6 MPa
Krytí	$c =$	15 mm
Šířka průřezu	$b =$	1000 mm
Výška průřezu	$h =$	180 mm
Stávající výztuž: 6Ø R11mm / m'	$n_{prov} =$	6 profilů
Profil výztuže v úrovni 2	$\emptyset =$	11 mm
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	95,0 mm ²
Plocha výztuže průřezu	$A_{s,prov} = n_{prov} \cdot A_{s,1} =$	570 mm ²
Profil výztuže v úrovni 1	$\emptyset =$	11 mm
Ohybový moment	$M_{Ed} =$	20,4 kNm/m
Návrhové pevnostní charakteristiky:		
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa
Minimální požadovaná výztuž:		
Účinná výška	$d = h - c - \phi - \phi / 2 =$	148,5 mm
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right) =$	431 mm ²
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,1}} =$	4,5 profilů
Posouzení výztuže:		
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0,8 b f_{cd}} =$	30,3 mm
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,204
Balanční poměrná výška tlačené oblasti	$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} =$	0,673
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4 x =$	136,4 mm
Ohybový moment na mezi únosnosti	$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z =$	26,4 kNm

Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení ξ		$\xi \leq \xi_{bal,1}$		
	0,204	<	0,673	
	VYHOVÍ			
Posouzení M		$M_{Ed} \leq M_{Rd}$		
	20,4	<	26,4	kNm/m
	VYHOVÍ			
Posouzení konstrukčních zásad:				
Minimální plocha výztuže	$A_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}} ; 0,0013 b d \right\} =$		193	mm ²
Maximální plocha výztuže	$A_{s,max} = 0,04 b h =$		7200	mm ²
Osová vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b}{n_{prov}} =$		166,7	mm
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - n_{prov} \phi}{n_{prov}} =$		155,7	mm
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{min} = \max \{1,2 \phi; d_g + 5; 20\} =$		20,0	mm
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{max} = \min \{3h; 300\} =$		300,0	mm
Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení plochy výztuže		$A_{s,min} \leq A_{s,prov}$		
	193	<	570	mm ²
	VYHOVÍ			
		$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$		
	570	<	7200	mm ²
	VYHOVÍ			
Posouzení vzdálenosti mezi pruty		$s_{min} \leq s'$		
	20,0	<	155,7	mm
	VYHOVÍ			
		$s \leq s_{max}$		
	166,7	<	300,0	mm
	VYHOVÍ			

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Posouzená únosnost dolní výztuže průřezu desky (pro kladný ohybový moment) je vyhovující.

Z důvodu nepřístupnosti nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži desky.

Poznámka: Betonářská výztuž v posuzovaných sondách vykazuje významné poškození průřezu korozí. Původní výztuž ROXOR je zkorodovaná natolik, že z profilu zbývá pouze jádro průřezu, přibližně ve tvaru kruhového průřezu. Skutečně změřené průměry jádra průřezu jsou do posudku zavedeny jako náhradní kruhové průřezy. Tento jev je platný pro většinu posuzovaných sond.

c) **Smyk** (stropní deska – sonda D1)

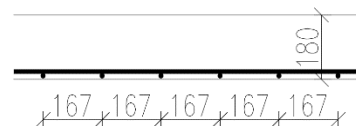
Vstupní hodnoty:			
Ocel 10512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa	
	$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) =$	0,571	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b_w =$	1000 mm	
Výška průřezu	$h =$	180 mm	
Stávající výztuž: OHYBY 3Ø R11mm / m'	$n_b =$	3 profilů	
Profil výztuže	$\phi =$	11 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	95,0 mm ²	
Počet šikmých ohybů	$n_b =$	3	
Úhel šikmých ohybů	$\alpha_b =$	45	
Plocha šikmých ohybů	$A_{sw,b} = n_b \cdot A_{s,1} =$	285,1 mm ²	
Počet podélných prutů do podpory	$n_{sl} =$	3	
Plocha podélné výztuže do podpory	$A_{sl} = n_{sl} \cdot A_{s,1} =$	285,1 mm ²	
Posouvající síla	$V_{Ed} =$	38,1 kN/m	
Posouvající síla ve vzdálenosti d od líce uložení	$V_{Ed1} =$	24,8 kN/m	
Úhel smykové trhliny	$\cot\theta =$	1,3	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa	
Únosnost průřezu bez smykové výztuže:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi - \phi / 2 =$	148,5 mm	
Součinitel výšky průřezu	$\min \left\{ k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right\} =$	2,000	
Součinitel podélného vyztužení	$\min \left\{ \rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d}; 0,02 \right\} =$	0,00192	
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{mc}} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} b_w d =$	47,07 kN	
Minimální smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} b_w d =$	50,92 kN	
Posouzení:			
Smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} \leq V_{Rd,c}$		
	50,92 > 47,07		kN/m
	VRd,c = VRd,c,min		

Posouzení průřezu bez smykové výztuže:			
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$		
	38,10	<	50,92 kN/m
	VYHOVÍ		
Minimální požadovaná smyková výztuž:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s1} f_{yd}}{0,8 b_w f_{cd}} =$		15,1 mm
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$		142,4 mm
Nutný počet prutů šikmých ohybů	$n_{req} = \frac{V_{Ed1}}{f_{ywd} \sin \alpha_b A_{s,1}} =$		0,9 profilů
Posouzení smykové výztuže:			
Smyková únosnost se smykovou výztuží - šikmé ohyby	$V_{Rd,s} = V_{Rd,b} = A_{sw,b} f_{ywd} \sin \alpha_b =$		82,48 kN
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Rd,max} = \frac{v f_{cd} b_w z \cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} =$		224,45 kN
Podmínky spolehlivosti:			
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$		
	38,10	<	224,45 kN/m
	VYHOVÍ		
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Ed1} \leq V_{Rd,s}$		
	24,80	<	82,48 kN/m
	VYHOVÍ		
Posouzení konstrukční zásad:			
Stupeň smykového vyztužení	$\rho_w = \rho_{w,b} = \frac{A_{sw,b}}{b_w z (\cot \theta + \cot \alpha_b) \sin \alpha_b} =$		0,00123
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$		0,00069
Maximální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,max} = \frac{0,5 v f_{cd}}{f_{ywd}} =$		0,00672
Podmínky spolehlivosti:			
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} \leq \rho_w$		
	0,00069	<	0,00123
	VYHOVÍ		
Posouzení duktility	$\rho_w \leq \rho_{w,max}$		
	0,00123	<	0,00672
	VYHOVÍ		

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Prvek přenesne posouvající sílu i bez smykové výztuže.

D.9.4. POSOUZENÍ STROPNÍ DESKY – SONDA D4



a) Ohyb (stropní deska – sonda D4)

Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa	
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,6 MPa	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b =$	1000 mm	
Výška průřezu	$h =$	180 mm	
Stávající výztuž: 6Ø R11mm / m'	$n_{prov} =$	6 profilů	
Profil výztuže v úrovni 2	$\emptyset =$	7 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	38,5 mm ²	
Plocha výztuže průřezu	$A_{s,prov} = n_{prov} \cdot A_{s,1} =$	231 mm ²	
Profil výztuže v úrovni 1	$\emptyset =$	7 mm	
Ohybový moment	$M_{Ed} =$	20,4 kNm/m	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa	
Minimální požadovaná výztuž:			
Účinná výška	$d = h - c - \emptyset - \emptyset / 2 =$	154,5 mm	
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right) =$	412 mm ²	
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,1}} =$	10,7 profilů	
Posouzení výztuže:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0,8 b f_{cd}} =$	12,3 mm	
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,079	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti	$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} =$	0,673	
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4 x =$	149,6 mm	
Ohybový moment na mezi únosnosti	$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z =$	11,7 kNm	

Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení ξ		$\xi \leq \xi_{bal,1}$		
	0,079	<	0,673	
	VYHOVÍ			
Posouzení M		$M_{Ed} \leq M_{Rd}$		
	20,4	<	11,7	kNm/m
	NEVYHOVÍ			
Posouzení konstrukčních zásad:				
Minimální plocha výztuže	$A_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}}; 0,0013 b d \right\} =$		201	mm ²
Maximální plocha výztuže	$A_{s,max} = 0,04 b h =$		7200	mm ²
Osová vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b}{n_{prov}} =$		166,7	mm
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - n_{prov} \phi}{n_{prov}} =$		159,7	mm
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{min} = \max \{1,2 \phi; d_g + 5; 20\} =$		20,0	mm
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{max} = \min \{3h; 300\} =$		300,0	mm
Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení plochy výztuže		$A_{s,min} \leq A_{s,prov}$		
	201	<	231	mm ²
	VYHOVÍ			
		$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$		
	231	<	7200	mm ²
	VYHOVÍ			
Posouzení vzdálenosti mezi pruty		$s_{min} \leq s'$		
	20,0	<	159,7	mm
	VYHOVÍ			
		$s \leq s_{max}$		
	166,7	<	300,0	mm
	VYHOVÍ			

Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Posouzená únosnost dolní výztuže průřezu desky (pro kladný ohybový moment) není vyhovující. Koróze výztuže překročila únosnou mez pro bezpečnost konstrukce.

Z důvodu nepřístupnosti nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži desky.

b) **Smyk** (stropní deska – sonda D4)

Vstupní hodnoty:			
Ocel 10512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa	
	$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) =$	0,571	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b_w =$	1000 mm	
Výška průřezu	$h =$	180 mm	
Stávající výztuž: OHYBY 3Ø R11mm / m'	$n_b =$	3 profilů	
Profil výztuže	$\phi =$	7 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	38,5 mm ²	
Počet šikmých ohybů	$n_b =$	3	
Úhel šikmých ohybů	$\alpha_b =$	45	
Plocha šikmých ohybů	$A_{sw,b} = n_b \cdot A_{s,1} =$	115,5 mm ²	
Počet podélných prutů do podpory	$n_{sl} =$	3	
Plocha podélné výztuže do podpory	$A_{sl} = n_{sl} \cdot A_{s,1} =$	115,5 mm ²	
Posouvající síla	$V_{Ed} =$	38,1 kN/m	
Posouvající síla ve vzdálenosti d od líce uložení	$V_{Ed1} =$	24,8 kN/m	
Úhel smykové trhliny	$\cot\theta =$	1,3	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa	
Únosnost průřezu bez smykové výztuže:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi - \phi / 2 =$	154,5 mm	
Součinitel výšky průřezu	$\min \left\{ k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right\} =$	2,000	
Součinitel podélného vyztužení	$\min \left\{ \rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d}; 0,02 \right\} =$	0,00075	
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{mc}} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} b_w d =$	35,76 kN	
Minimální smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} b_w d =$	52,98 kN	
Posouzení:			
Smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} \leq V_{Rd,c}$		
	52,98 > 35,76		kN/m
	$V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min}$		

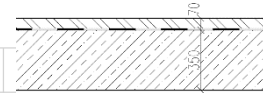
Posouzení průřezu bez smykové výztuže:			
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$		
	38,10	<	52,98 kN/m
	VYHOVÍ		
Minimální požadovaná smyková výztuž:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s1} f_{yd}}{0,8 b_w f_{cd}} =$		6,1 mm
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$		152,0 mm
Nutný počet prutů šikmých ohybů	$n_{req} = \frac{V_{Ed1}}{f_{ywd} \sin \alpha_b A_{s,1}} =$		2,2 profilů
Posouzení smykové výztuže:			
Smyková únosnost se smykovou výztuží - šikmé ohyby	$V_{Rd,s} = V_{Rd,b} = A_{sw,b} f_{ywd} \sin \alpha_b =$		33,40 kN
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Rd,max} = \frac{v f_{cd} b_w z \cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} =$		239,58 kN
Podmínky spolehlivosti:			
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$		
	38,10	<	239,58 kN/m
	VYHOVÍ		
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Ed1} \leq V_{Rd,s}$		
	24,80	<	33,40 kN/m
	VYHOVÍ		
Posouzení konstrukční zásad:			
Stupeň smykového vyztužení	$\rho_w = \rho_{w,b} = \frac{A_{sw,b}}{b_w z (\cot \theta + \cot \alpha_b) \sin \alpha_b} =$		0,00047
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$		0,00069
Maximální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,max} = \frac{0,5 v f_{cd}}{f_{ywd}} =$		0,00672
Podmínky spolehlivosti:			
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} \leq \rho_w$		
	0,00069	<	0,00047
	NEVYHOVÍ		
Posouzení duktility	$\rho_w \leq \rho_{w,max}$		
	0,00047	<	0,00672
	VYHOVÍ		

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Stávající smyková výztuž nemá dostatečný stupeň smykového vyztužení - nesplněny konstrukční zásady. Prvek přenesne posouvající sílu i bez smykové výztuže.

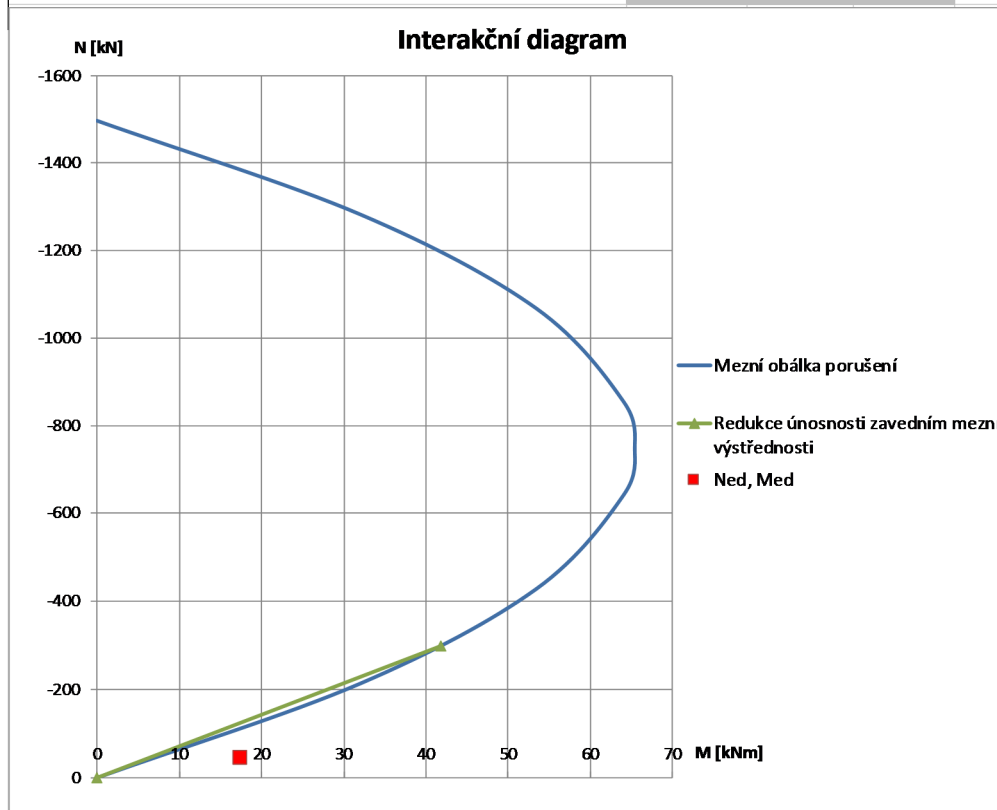
D.9.5. POSOUZENÍ BETONOVÉ STĚNY – NEVYZTUŽENÝ PRŮŘEZ

a) Interakce normálové síly a ohybového momentu



Vstupní hodnoty:			
Beton C8/10	$f_{ck} =$	8	MPa
	$f_{ctk} =$	0,84	MPa
Šířka průřezu	$b =$	1000	mm
Výška průřezu	$h =$	350	mm
Rozpětí prvku	$l =$	2700	mm
Vzporná účinná délka	$l_0 =$	2700	mm
Součinitel způsobu a doby trvání zatížení	$\alpha_{cc,pl} =$	0,8	-
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5	-
Materiálové charakteristiky:			
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	4,27	MPa
Vnitřní síly:			
ohybový moment v návrhové situaci	$M_{Ed} =$	17,2	kNm/m
Návrhová normálová síla v místě M_{Ed}	$N_{Ed} =$	43,1	kN/m
Ohybový moment s účinky geometrických imperfekcí	$M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_i =$	17,5	kNm/m
Statická výstřednost prvního řádu	$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} =$	399,1	mm
Přidavná výstřednost pokrývající účinky geometrických imperfekcí	$e_i = l_0 / 400 =$	6,8	mm
Návrhová výstřednost	$e_d = e_{tot} = e_0 + e_i =$	405,8	mm
Teoretické omezení návrhové výstřednosti	$0 \leq e_d \leq h/2$		
	0,0	≤	405,8 ≤ 175,0 mm
	NEVYHOVÍ		
Maximální vzporná účinná délka pro zanedbání vybočení	$l_{0,max} = 7h(1 - 2e_d/h) =$	-3232	mm
Podmínka pro zanedbání vybočení	$l_0 \leq l_{0,max}$		
	2700	≤	-3232 mm
	NEVYHOVÍ		
Výpočet interakčního diagramu:			
Teoretický dostředný tlak při $e_d = 0$	$N_{Rd,0} = f_{cd} b h =$	1493,3	kN
Maximální ohybový moment při $N_{Rd} = 0,5N_{Rd,0}$	$M_{Rd,max} = 0,25N_{Rd,0} \cdot 0,5h =$	65,3	kNm
Parabolická závislost M_{Rd} na N_{Rd} v interakčním diagramu	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h$		
Únosnost za předpokladu $e_d = e_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tlačенého prvku	$N_{Rd} = f_{cd} b \lambda x = f_{cd} b h (1 - 2e_d/h) =$	-1969,7	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h = N_{Rd} \cdot e_d =$	-799,3	kNm
Únosnost za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$:			
Únosnost mimostředně tlačенého prvku	$N_{Rd} = N_{Ed} =$	43,1	kN
Ohybový moment únosnosti	$M_{Rd} = (N_{Rd} - N_{Rd}^2 / N_{Rd,0})0,5h =$	7,3	kNm
Výstřednost při únosnosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_{Rd} = M_{Rd} / N_{Rd} =$	169,9	mm

Omezení únosnosti zavedením mezní výstřednosti $e_{Rd,lim}$			
Mezní výstřednost pro omezení délky trhliny na $(h-x)=0,75h$	$e_{Rd,lim} = 0,4h =$	140,0	mm
Únosnost v mimostředném tlaku při mezní výstřednosti	$N_{Rd} = f_{cd}bh(1 - 2e_{Rd,lim}/h) =$	298,7	kN
Ohybový moment únosnosti při mezní výstřednosti	$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot e_{Rd,lim} =$	41,8	kNm
Posouzení:			
Posouzení mezní výstřednosti	$e_d \leq e_{Rd,lim}$		
	405,8	<	140,0 mm
	NEVYHOVÍ		
Posouzení únosnosti za předpokladu $e_d = e_{Rd}$	$N_{Ed} \leq N_{Rd}$		
	43,1	<	-1969,7 kN
	NEVYHOVÍ		
Posouzení výstřednosti za předpokladu $N_{Ed} = N_{Rd}$	$e_d \leq e_{Rd}$		
	405,8	<	169,9 mm
	NEVYHOVÍ		



Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Tahové napětí v průřezu stěny je větší než návrhová pevnost betonu v tahu.

V návrhovém stavu je mechanická odolnost obvodové stěny nevyhovující.

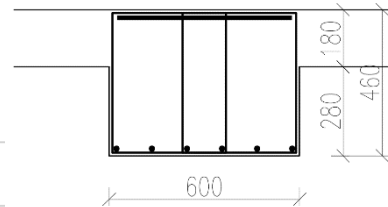
Provedenýma sondami nebyla prokázána existence betonářské výztuže ve svislých stěnách; pro posudek byla stěna konzervativně uvažována z prostého betonu. Rámový roh ve styku stěna – stropní deska byl uvažován z prostého betonu:

1. Betonáž svislé a vodorovné konstrukce pravděpodobně probíhala ve dvou záběrech; stěna z prostého betonu nemá provázán rámový roh s deskou či průvlaky → (kloubové spojení).
2. Při uvážení rámového rohu z prostého betonu (betonáž stěn a stropní desky současně) vznikají velké vnitřní síly v uložení, které není prostý beton schopen přenést → dochází ke vzniku trhliny v tažené části průřezu → uvolnění rámového rohu (kloubový styk).

Bezpečně byly konstrukční prvky posouzeny na základě výpočtu vnitřních sil ze statického modelu, který respektoval kloubové připojení stropní desky na svislé stěny (připojení sloupů a průvlaků s deskou je tuhé).

D.9.6. POSOUZENÍ TRÁMU – SONDA T1

a) Ohyb (trám – sonda T1)



Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa	
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,4 MPa	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka trámu	$b_w =$	600 mm	
Světlá vzdálenost trámů	$b_i =$	3750 mm	
Výška průřezu včetně desky	$h =$	460 mm	
Výška desky	$h_f =$	180 mm	
Vzdálenost průřezů s nulovými momenty	$l_o =$	3000 mm	
Stávající výztuž: 6Ø R15mm	$n_{prov} =$	6 profilů	
Profil výztuže	$\varnothing =$	15 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	176,7 mm ²	
Plocha výztuže průřezu	$A_{s,prov} = n_{prov} \cdot A_{s,1} =$	1060 mm ²	
Profil třmínku	$\varnothing_{tř} =$	7 mm	
Ohybový moment	$M_{Ed} =$	142,2 kNm	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa	
Spolupůsobící šířka desky:			
	$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_o =$	1050 mm	
	$b_{eff,i} = 0,2l_o =$	600 mm	
Spolupůsobící šířka desky	$b_{eff} = 2b_{eff,i} + b_w =$	1800 mm	

Posouzení spolupůsobící šířky desky:			
Dílicí spolupůsobící šířka desky	$b_{eff,i} \leq 0,2l_0$		
	1050	<	600 mm
	NEVYHOVÍ		
	600	≤	600 mm
	VYHOVÍ		
Spolupůsobící šířka desky	$b_{eff} \leq b$		
	1800	<	4350 mm
	VYHOVÍ		
Minimální požadovaná výztuž:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{\bar{t}} - \phi / 2 =$		
			430,5 mm
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{b_{eff} d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed}}{b_{eff} d^2 f_{cd}}} \right) =$		
			1005 mm ²
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,1}} =$		
			5,7 profilů
Posouzení výztuže:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0,8 b f_{cd}} =$		
			37,6 mm
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$		
			0,087
Balanční poměrná výška tlačené oblasti	$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} =$		
			0,673
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$		
			415,5 mm
Ohybový moment na mezi únosnosti	$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z =$		
			149,8 kNm
Podmínky spolehlivosti:			
Posouzení ξ	$\xi \leq \xi_{bal,1}$		
	0,087	<	0,673
	VYHOVÍ		
Posouzení M	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$		
	142,2	<	149,8 kNm
	VYHOVÍ		

Posouzení konstrukčních zásad:				
Minimální plocha výztuže	$A_{s,\min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}} ; 0,0013 b d \right\} =$	336		mm ²
Maximální plocha výztuže	$A_{s,\max} = 0,04 b h =$	11040		mm ²
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - \phi}{n_{prov} - 1} =$	108,2		mm
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - n_{prov} \phi}{n_{prov} - 1} =$	93,2		mm
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{\min} = \max \{ 1,2\phi ; d_g + 5 ; 20 \} =$	20,0		mm
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{\max} = \min \{ 3h ; 300 \} =$	300,0		mm
Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení plochy výztuže	$A_{s,\min} \leq A_{s,prov}$	336	<	1060 mm ²
		VYHOVÍ		
	$A_{s,prov} \leq A_{s,\max}$	1060	<	11040 mm ²
		VYHOVÍ		
Posouzení vzdálenosti mezi pruty	$s_{\min} \leq s'$	20,0	<	93,2 mm
		VYHOVÍ		
	$s \leq s_{\max}$	108,2	<	300,0 mm
		VYHOVÍ		

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Posouzená únosnost dolní výztuže průřezu trámu (pro kladný ohybový moment) je vyhovující.

Z důvodu nepřístupnosti nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži trámu.

V důsledku karbonatice betonu a rozsáhlé koroze výztuže dochází k procesu nedokonalého ukotvení betonářské výztuže v tělese průvlaku (dochází k prokluzu). V důsledku těchto změn dochází k přetvoření průřezů trámů a z toho vyplývající rostoucí deformace nosníků (průhyb). Nadměrný průhyb vybraných trámů je patrný pouhým okem s tím, že část deformace vznikla nedokonalým bedněním při výrobě, část přetvořením od zatížení a reologií a část výše popsaným procesem tj. prokluzem výztuže. Z toho vyplývají nadměrné deformace.

b) Smyk (trám – sonda T1)

Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa	
	$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) =$	0,576	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b_w =$	600 mm	
Výška průřezu	$h =$	460 mm	
Stávající výztuž: TŘMÍNKY ϕ_{tr} R7mm, $a = 270$mm + OHYBY 2ϕ R15mm	$s_{st} =$	270 mm	
Profil hlavní výztuže	$\phi =$	15 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	176,7 mm ²	
Profil třmínku	$\phi_{tr} =$	7 mm	
Plocha jednoho průřezu třmínku	$A_{st,1} =$	38,5 mm ²	
Střížnost třmínku $n = 4$, v důsledku koroze třmínky po bocích trámů prorušené	$n_{st} =$	2	
Plocha třmínku	$A_{sw,st} = n_{st} \cdot A_{st,1}$	77,0 mm ²	
Počet šikmých ohybů	$n_b =$	2	
Úhel šikmých ohybů	$\alpha_b =$	45	
Plocha šikmých ohybů	$A_{sw,b} = n_b \cdot A_{s,1}$	353,4 mm ²	
Počet podélných prutů do podpory	$n_{sl} =$	4	
Plocha podélné výztuže do podpory	$A_{sl} = n_{sl} \cdot A_{s,1}$	706,9 mm ²	
Posouvající síla	$V_{Ed} =$	227,7 kN	
Posouvající síla ve vzdálenosti d od líce uložení	$V_{Ed1} =$	173,1 kN	
Úhel smykové trhliny	$\cot\theta =$	1,7	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa	

Únosnost průřezu bez smykové výztuže:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{fr} - \phi / 2 =$	430,5	mm
Součinitel výšky průřezu	$\min \left\{ k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right\} =$	1,682	
Součinitel podélného vyztužení	$\min \left\{ \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d^2}; 0,02 \right\} =$	0,00274	
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{mc}} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_w d =$	72,91	kN
Minimální smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} b_w d =$	62,34	kN
Posouzení:			
Smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} \leq V_{Rd,c}$	62,34	< 72,91 kN
VYHOVÍ			
Posouzení průřezu bez smykové výztuže:			
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$	227,70	< 72,91 kN
NEVYHOVÍ			
Minimální požadovaná smyková výztuž:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{sl} f_{yd}}{0,8 b_w f_{cd}} =$	75,1	mm
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$	400,5	mm
Nutná vzdálenost tržmínek (bez ohybů)	$s_{req} = \frac{A_{sw} f_{ywd} z \cot \Theta}{V_{Ed1}} =$	102,9	mm
Posouzení smykové výztuže:			
Smyková únosnost tržmínek	$V_{Rd,st} = \frac{A_{sw,st} f_{ywd} z \cot \Theta}{s_{st}} =$	65,98	kN
Smyková únosnost šikmých ohybů	$V_{Rd,b} = A_{sw,b} f_{ywd} \sin \alpha_b =$	102,25	kN
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Rd,s} = V_{Rd,st} + V_{Rd,b} =$	168,23	kN
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Rd,max} = \frac{v f_{cd} b_w z \cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} =$	318,16	kN
Podmínky spolehlivosti:			
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	227,70	< 318,16 kN
VYHOVÍ			
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Ed1} \leq V_{Rd,s}$	173,10	< 168,23 kN
NEVYHOVÍ			

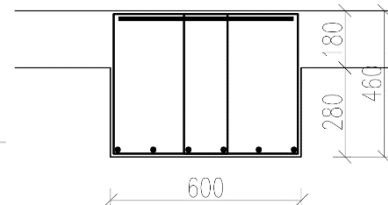
Posouzení konstrukční zásad:			
Stupeň smykového vyztužení třmínku	$\rho_{w,st} = \frac{A_{sw,st}}{b_w s_{st}} =$	0,00048	
Stupeň smykového vyztužení ohybu	$\rho_{w,b} = \frac{A_{sw,b}}{b_w z (\cot \theta + \cot \alpha_b) \sin \alpha_b} =$	0,00075	
Celkový stupeň smykového vyztužení	$\rho_w = \rho_{w,st} + \rho_{w,b} =$	0,00122	
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$	0,00063	
Maximální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,max} = \frac{0,5 v f_{cd}}{f_{ywd}} =$	0,00565	
Maximální vzdálenost třmínků	$s_{max} = \min \{0,75d; 400\} =$	323	mm
Podmínky spolehlivosti:			
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} \leq \rho_w$		
	0,00063 < 0,00122		
	VYHOVÍ		
Posouzení duktility	$\rho_w \leq \rho_{w,max}$		
	0,00122 < 0,00565		
	VYHOVÍ		
Posouzení poměru únosnosti třmínků a ohybů	$\rho_{w,st} \geq \rho_{w,b}$		
	0,00048 > 0,00075		
	NEVYHOVÍ		
Vzdálenost třmínků	$s \leq s_{max}$		
	270 < 323		mm
	VYHOVÍ		

Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Smyková únosnost průřezu není dostatečná; prvek nevyhovuje požadavkům ČSN EN. Nejsou započítány větve třmínků, u kterých nastala vlivem koroze totální destrukce. Uvážená redukce posouvající síly ve vzdálenosti d od líce podpory dle EC2.

D.9.7. POSOUZENÍ TRÁMU DESKY – SONDA D3

a) Ohyb (trám desky – sonda D3)



Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 370 (Hlazenka)	$f_{yk} =$	210 MPa	
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa	
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,4 MPa	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka trámu	$b_w =$	600 mm	
Světlá vzdálenost trámů	$b_i =$	3750 mm	
Výška průřezu včetně desky	$h =$	460 mm	
Výška desky	$h_f =$	180 mm	
Vzdálenost průřezů s nulovými momenty	$l_o =$	3000 mm	
Stávající výztuž: 6Ø 20mm	$n_{prov} =$	6 profilů	
Profil výztuže	$\varnothing =$	20 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	314,2 mm ²	
Plocha výztuže průřezu	$A_{s,prov} = n_{prov} \cdot A_{s,1} =$	1885 mm ²	
Profil třmínku	$\varnothing_{tř} =$	7 mm	
Ohybový moment	$M_{Ed} =$	142,2 kNm	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	180,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa	
Spolupůsobící šířka desky:			
	$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_o =$	1050 mm	
	$b_{eff,i} = 0,2l_o =$	600 mm	
Spolupůsobící šířka desky (jednostranný T-průřez)	$b_{eff} = b_{eff,i} + b_w =$	1200 mm	

Posouzení spolupůsobící šířky desky:			
Díčí spolupůsobící šířka desky	$b_{eff,i} \leq 0,2l_0$		
	1050	<	600 mm
	NEVYHOVÍ		
	600	≤	600 mm
	VYHOVÍ		
Spolupůsobící šířka desky (jednostranný T-průřez)	$b_{eff} \leq b/2$		
	1200	<	2175 mm
	VYHOVÍ		
Minimální požadovaná výztuž:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{tr} - \phi/2 =$	428	mm
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{b_{eff} d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed}}{b_{eff} d^2 f_{cd}}} \right) =$	1945	mm ²
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,1}} =$	6,2	profilů
Posouzení výztuže:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0,8 b f_{cd}} =$	53,0	mm
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,124	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti	$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} =$	0,795	
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$	406,8	mm
Ohybový moment na mezi únosnosti	$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z =$	138,0	kNm
Podmínky spolehlivosti:			
Posouzení ξ	$\xi \leq \xi_{bal,1}$		
	0,124	<	0,795
	VYHOVÍ		
Posouzení M	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$		
	142,2	<	138,0 kNm
	NEVYHOVÍ		

Posouzení konstrukčních zásad:					
Minimální plocha výztuže	$A_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}} ; 0,0013 b d \right\} =$	443	mm ²		
Maximální plocha výztuže	$A_{s,max} = 0,04 b h =$	11040	mm ²		
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - \phi}{n_{prov} - 1} =$	107,2	mm		
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - n_{prov} \phi}{n_{prov} - 1} =$	87,2	mm		
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{min} = \max \{1,2\phi; d_g + 5; 20\} =$	24,0	mm		
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{max} = \min \{3h; 300\} =$	300,0	mm		
Podmínky spolehlivosti:					
Posouzení plochy výztuže	$A_{s,min} \leq A_{s,prov}$	443	<	1885	mm ²
		VYHOVÍ			
	$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$	1885	<	11040	mm ²
		VYHOVÍ			
Posouzení vzdálenosti mezi pruty	$s_{min} \leq s'$	24,0	<	87,2	mm
		VYHOVÍ			
	$s \leq s_{max}$	107,2	<	300,0	mm
		VYHOVÍ			

Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Posouzená únosnost dolní výztuže průřezu trámu (pro kladný ohybový moment) není vyhovující. Z důvodu nepřístupnosti nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži trámu. Vlivem technologické nekázně, kdy došlo k záměně výztuže typu ROXOR za výztuž bez žebírek (hlazenka), nedosahují vybrané trámy projektované únosnosti a pro dané zatížení nevyhoví. Je to důsledek odlišných materiálových vlastností jednotlivých typů výztuže; hlazenka má významně nižší mez kluzu než ROXOR. V důsledku karbonatice betonu a rozsáhlé koroze výztuže dochází k procesu nedokonalého ukotvení betonářské výztuže v tělese průvlaku (dochází k prokluzu). V důsledku těchto změn dochází k přetvoření průřezů trámů a z toho vyplývající rostoucí deformace nosníků (průhyb). Nadměrný průhyb vybraných trámů je patrný pouhým okem s tím, že část deformace vznikla nedokonalým bedněním při výrobě, část přetvořením od zatížení a reologií a část výše popsaným procesem tj. prokluzem výztuže. Z toho vyplývají nadměrné deformace.

b) Smyk (trám desky – sonda D3)

Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 370 (Hlazenka) - podélná výztuž a šikmé ohyby	$f_{yk,b} =$	210 MPa	
Ocel 10 512 (Roxor) - třmínky	$f_{yk,st} =$	400 MPa	
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa	
	$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) =$	0,576	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b_w =$	600 mm	
Výška průřezu	$h =$	460 mm	
Stávající výztuž: TŘMÍNKY \varnothing_{tr} R7mm, $a = 270$ mm			
+ OHYBY $2\varnothing 20$mm	$s_{st} =$	270 mm	
Profil hlavní výztuže	$\varnothing =$	20 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	314,2 mm ²	
Profil třmínku	$\varnothing_{tr} =$	7 mm	
Plocha jednoho průřezu třmínku	$A_{st,1} =$	38,5 mm ²	
Střížnost třmínku $n = 4$, v důsledku koroze třmínky po bocích trámů prorušené	$n_{st} =$	2	
Plocha třmínku	$A_{sw,st} = n_{st} \cdot A_{st,1}$	77,0 mm ²	
Počet šikmých ohybů	$n_b =$	2	
Úhel šikmých ohybů	$\alpha_b =$	45	
Plocha šikmých ohybů	$A_{sw,b} = n_b \cdot A_{s,1}$	628,3 mm ²	
Počet podélných prutů do podpory	$n_{sl} =$	4	
Plocha podélné výztuže do podpory	$A_{sl} = n_{sl} \cdot A_{s,1}$	1256,6 mm ²	
Posouvající síla	$V_{Ed} =$	227,7 kN	
Posouvající síla ve vzdálenosti d od líce uložení	$V_{Ed1} =$	173,1 kN	
Úhel smykové trhliny	$\cot\theta =$	1,7	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže - podélná výztuž a šikmé ohyby dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd,b} =$	180,0 MPa	
Návrhová mez kluzu výztuže - třmínky dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd,st} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa	

Únosnost průřezu bez smykové výztuže:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{fr} - \phi / 2 =$	428 mm	
Součinitel výšky průřezu	$\min \left\{ k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right\} =$	1,684	
Součinitel podélného vyztužení	$\min \left\{ \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d}; 0,02 \right\} =$	0,00489	
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{mc}} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_w d =$	88,08 kN	
Minimální smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} b_w d =$	62,09 kN	
Posouzení:			
Smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} \leq V_{Rd,c}$		
	62,09 < 88,08		kN
VYHOVÍ			
Posouzení průřezu bez smykové výztuže:			
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$		
	227,70 < 88,08		kN
NEVYHOVÍ			
Minimální požadovaná smyková výztuž:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{sl} f_{yd}}{0,8 b_w f_{cd}} =$	70,7 mm	
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$	399,7 mm	
Nutná vzdálenost třmínků (bez ohybů)	$s_{req} = \frac{A_{sw} f_{yd,st} z \cot \Theta}{V_{Ed1}} =$	102,7 mm	
Posouzení smykové výztuže:			
Smyková únosnost třmínků	$V_{Rd,st} = \frac{A_{sw,st} f_{yd,st} z \cot \Theta}{s_{st}} =$	65,86 kN	
Smyková únosnost šikmých ohybů	$V_{Rd,b} = A_{sw,b} f_{yd,b} \sin \alpha_b =$	96,23 kN	
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Rd,s} = V_{Rd,st} + V_{Rd,b} =$	162,10 kN	
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Rd,max} = \frac{v f_{cd} b_w z \cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} =$	317,58 kN	
Podmínky spolehlivosti:			
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$		
	227,70 < 317,58		kN
VYHOVÍ			
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Ed1} \leq V_{Rd,s}$		
	173,10 < 162,10		kN
NEVYHOVÍ			

Posouzení konstrukční zásad:				
Stupeň smykového vyztužení třmínku	$\rho_{w,st} = \frac{A_{sw,st}}{b_w s_{st}} =$	0,00048		
Stupeň smykového vyztužení ohybu	$\rho_{w,b} = \frac{A_{sw,b}}{b_w z (\cot \theta + \cot \alpha_b) \sin \alpha_b} =$	0,00133		
Celkový stupeň smykového vyztužení	$\rho_w = \rho_{w,st} + \rho_{w,b} =$	0,00180		
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$	0,00120		
Maximální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,max} = \frac{0,5 \nu f_{cd}}{f_{ywd}} =$	0,01067		
Maximální vzdálenost třmínků	$s_{max} = \min \{0,75d; 400\} =$	321 mm		
Podmínky spolehlivosti:				
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} \leq \rho_w$	0,00120	<	0,00180
		VYHOVÍ		
Posouzení duktility	$\rho_w \leq \rho_{w,max}$	0,00180	<	0,01067
		VYHOVÍ		
Posouzení poměru únosnosti třmínků a ohybů	$\rho_{w,st} \geq \rho_{w,b}$	0,00048	>	0,00133
		NEVYHOVÍ		
Vzdálenost třmínků	$s \leq s_{max}$	270	<	321 mm
		VYHOVÍ		

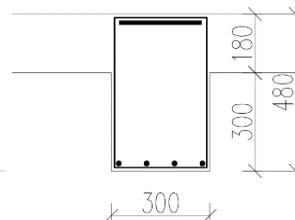
Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

Smyková únosnost průřezu není dostatečná.

Nejsou započítány větve třmínků, u kterých nastala vlivem koroze totální destrukce.

Uvážená redukce posouvající síly ve vzdálenosti d od líce podpory dle EC2.

D.9.8. POSOUZENÍ TRÁMU – SONDA T4



a) Ohyb (trám – sonda T4)

Vstupní hodnoty:		
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,4 MPa
Krytí	$c =$	15 mm
Šířka průřezu	$b =$	300 mm
Výška průřezu	$h =$	480 mm
Stávající výztuž: 4Ø R11mm	$n_{prov} =$	4 profilů
Profil výztuže	$\phi =$	11 mm
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	95,0 mm ²
Plocha výztuže	$A_{s,prov} = n_{prov} \cdot A_{s,1} =$	380 mm ²
Profil třmínku	$\phi_{tr} =$	7 mm
Ohybový moment	$M_{Ed} =$	6,6 kNm
Návrhové pevnostní charakteristiky:		
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa
Minimální požadovaná výztuž:		
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{tr} - \phi / 2 =$	452,5 mm
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_{Ed}}{b d^2 f_{cd}}} \right) =$	43 mm ²
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,1}} =$	0,5 profilů
Posouzení výztuže:		
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s,prov} f_{yd}}{0,8 b f_{cd}} =$	80,8 mm
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,179
Balanční poměrná výška tlačené oblasti	$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} =$	0,673
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4 x =$	420,2 mm
Ohybový moment na mezi únosnosti	$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z =$	54,3 kNm

Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení ξ		$\xi \leq \xi_{bd,1}$		
	0,179	<	0,673	
VYHOVÍ				
Posouzení M		$M_{Ed} \leq M_{Rd}$		
	6,6	<	54,3	kNm
VYHOVÍ				
Posouzení konstrukčních zásad:				
Minimální plocha výztuže	$A_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}}; 0,0013 b d \right\} =$		176	mm ²
Maximální plocha výztuže	$A_{s,max} = 0,04 b h =$		5760	mm ²
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b - 2c - 2\phi_{if} - \phi}{n_{prov} - 1} =$		81,7	mm
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - 2c - 2\phi_f - n_{prov}\phi}{n_{prov} - 1} =$		70,7	mm
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{min} = \max \{1,2\phi; d_g + 5; 20\} =$		20,0	mm
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{max} = \min \{3h; 300\} =$		300,0	mm
Podmínky spolehlivosti:				
Posouzení plochy výztuže		$A_{s,min} \leq A_{s,prov}$		
	176	<	380	mm ²
VYHOVÍ				
		$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$		
	380	<	5760	mm ²
VYHOVÍ				
Posouzení vzdálenosti mezi pruty		$s_{min} \leq s'$		
	20,0	<	70,7	mm
VYHOVÍ				
		$s \leq s_{max}$		
	81,7	<	300,0	mm
VYHOVÍ				

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Posouzená únosnost dolní výztuže průřezu trámu (pro kladný ohybový moment) je vyhovující. Z důvodu nepřístupnosti nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži trámu.

b) Smyk (trám – sonda T4)

Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C10/12	$f_{ck} =$	10 MPa	
	$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) =$	0,576	
Krytí	$c =$	15 mm	
Šířka průřezu	$b_w =$	300 mm	
Výška průřezu	$h =$	480 mm	
Stávající výztuž: TŘMÍNKY \varnothing_{tr} R7mm, $a = 300$mm	$s_{st} =$	300 mm	
Profil hlavní výztuže	$\varnothing =$	11 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,1} =$	95,0 mm ²	
Profil třmínku	$\varnothing_{tr} =$	7 mm	
Plocha jednoho průřezu třmínku	$A_{st,1} =$	38,5 mm ²	
Střížnost třmínku	$n_{st} =$	2	
Plocha třmínku	$A_{sw,st} = n_{st} \cdot A_{st,1}$	77,0 mm ²	
Počet šikmých ohybů	$n_b =$	0	
Úhel šikmých ohybů	$\alpha_b =$	45	
Plocha šikmých ohybů	$A_{sw,b} = n_b \cdot A_{s,1}$	0,0 mm ²	
Počet podélných prutů do podpory	$n_{sl} =$	4	
Plocha podélné výztuže do podpory	$A_{sl} = n_{sl} \cdot A_{s,1}$	380,1 mm ²	
Posouvající síla	$V_{Ed} =$	36,7 kN	
Posouvající síla ve vzdálenosti d od líce uložení	$V_{Ed1} =$	18,2 kN	
Úhel smykové trhliny	$\cot\theta =$	1,3	
Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	6,7 MPa	

Únosnost průřezu bez smykové výztuže:			
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{fr} - \phi / 2 =$	452,5	mm
Součinitel výšky průřezu	$\min \left\{ k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right\} =$	1,665	
Součinitel podélného vyztužení	$\min \left\{ \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d}; 0,02 \right\} =$	0,00280	
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{mc}} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_w d =$	38,23	kN
Minimální smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} b_w d =$	32,27	kN
Posouzení:			
Smyková únosnost	$V_{Rd,c,min} \leq V_{Rd,c}$		
		32,27	< 38,23 kN
VYHOVÍ			
Posouzení průřezu bez smykové výztuže:			
Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$		
		36,70	< 38,23 kN
VYHOVÍ			
Minimální požadovaná smyková výztuž:			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{sl} f_{yd}}{0,8 b_w f_{cd}} =$	80,8	mm
Rameno vnitřních sil	$z = d - 0,4x =$	420,2	mm
Nutná vzdálenost třmínků (bez ohybů)	$s_{req} = \frac{A_{sw} f_{ywd} z \cot \Theta}{V_{Ed1}} =$	785,4	mm
Posouzení smykové výztuže:			
Smyková únosnost třmínků	$V_{Rd,st} = \frac{A_{sw,st} f_{ywd} z \cot \Theta}{s_{st}} =$	47,65	kN
Smyková únosnost šikmých ohybů	$V_{Rd,b} = A_{sw,b} f_{ywd} \sin \alpha_b =$	0,00	kN
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Rd,s} = V_{Rd,st} + V_{Rd,b} =$	47,65	kN
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Rd,max} = \frac{v f_{cd} b_w z \cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} =$	166,92	kN
Podmínky spolehlivosti:			
Únosnost tlakových diagonál	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$		
		36,70	< 166,92 kN
VYHOVÍ			
Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Ed1} \leq V_{Rd,s}$		
		18,20	< 47,65 kN
VYHOVÍ			

Posouzení konstrukční zásad:			
Stupeň smykového vyztužení třmínku	$\rho_{w,st} = \frac{A_{sw,st}}{b_w s_{st}} =$	0,00086	
Stupeň smykového vyztužení ohybu	$\rho_{w,b} = \frac{A_{sw,b}}{b_w z (\cot \theta + \cot \alpha_b) \sin \alpha_b} =$	0,00000	
Celkový stupeň smykového vyztužení	$\rho_w = \rho_{w,st} + \rho_{w,b} =$	0,00086	
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$	0,00063	
Maximální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,max} = \frac{0,5v f_{cd}}{f_{ywd}} =$	0,00565	
Maximální vzdálenost třmínků	$s_{max} = \min \{0,75d; 400\} =$	339 mm	
Podmínky spolehlivosti:			
Minimální stupeň smykového vyztužení	$\rho_{w,min} \leq \rho_w$	0,00063 < 0,00086	
		VYHOVÍ	
Posouzení duktility	$\rho_w \leq \rho_{w,max}$	0,00086 < 0,00565	
		VYHOVÍ	
Posouzení poměru únosnosti třmínků a ohybů	$\rho_{w,st} \geq \rho_{w,b}$	0,00086 > 0,00000	
		VYHOVÍ	
Vzdálenost třmínků	$s \leq s_{max}$	300 < 339	mm
		VYHOVÍ	

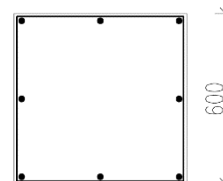
Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Smyková únosnost průřezu je dostatečná.

Uvážená redukce posouvající síly ve vzdálenosti d od líce podpory dle EC2.

D.9.9. POSOUZENÍ SLOUPU – SONDA S1

a) Interakce normálové síly a ohybového momentu



Vstupní hodnoty:			
Ocel 10 370 (Hlazenka)	$f_{yk} =$	210 MPa	
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa	
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,6 MPa	
Mezní přetvoření betonu při dostředném tlaku	$\epsilon_c =$	2,0 ‰	
Mezní přetvoření betonu při ohybu	$\epsilon_{cu} =$	3,5 ‰	
Krytí	$c =$	20 mm	
Šířka průřezu	$b =$	600 mm	
Výška průřezu	$h =$	600 mm	
<u>Stávající výztuž 8Ø 19mm</u>	$n_{prov} =$	8 profilů	
Profil výztuže	$\phi =$	19 mm	
Plocha výztuže	$A_{s,prov} = n_{prov} \frac{\pi \phi^2}{4} =$	2268 mm ²	
Počet profilů při horním a dolním povrchu	$n_{s1} = n_{s2} =$	3 profilů	
Plocha horní a dolní výztuže	$A_{s1} = A_{s2} = n_{s1} \frac{\pi \phi^2}{4} =$	851 mm ²	
Profil třímínku	$\phi_{tr} =$	8 mm	
Kombinace 1:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-670,8 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	23,2 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	42,3 kNm	
Kombinace 2:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-597,0 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	20,8 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	38,7 kNm	
Kombinace 3:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-588,3 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	27,7 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	84,1 kNm	
Kombinace 4:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-600,1 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	53,1 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	37,7 kNm	

Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	180,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa	
Minimální požadovaná výztuž pro dostředný tlak:			
Napětí ve výztuži	$\sigma_s = E_s \varepsilon_c \leq f_{yd} =$	180,0 MPa	
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{N_{Ed} - 0,8bf_{cd}}{\sigma_s} =$	-9073 mm ²	
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{4A_{s,req}}{\pi\phi^2} =$	0,0 profilů	
Výpočet interakčního diagramu:			
Stupeň vyztužení	$\rho_s = \frac{A_{s,prov}}{bh} =$	0,63 %	
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{\bar{v}} - \phi / 2 =$	562,5 mm	
Vzdálenost horní výztuže od horních vláken	$d_2 = c + \phi_{\bar{v}} + \phi / 2 =$	37,5 mm	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti 1	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + f_{yd} / E_s} =$	0,795	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti 2	$\xi_{bal,2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd} / E_s} =$	1,346	
Bod 0 (prostý tlak):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd0} = -(bf_{cd} + A_{s,prov}\sigma_s) =$	-3288 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd0} =$	0,0 kNm	
Bod 1 (x=d):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd1} = -(0,8bf_{cd} + A_{s2}f_{yd}) =$	-2313 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd1} = 0,8bf_{cd}(0,5h - 0,4d) + A_{s2}f_{yd}(d - 0,5h) =$	202,2 kNm	
Ověření předpokladu, že horní výztuž je za mezí kluzu	$\xi_{bal,2}d_2 \leq d$	50,5 < 562,5	mm
VYHOVÍ			
Bod 2 (x=ξ_{bal,1}d):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd2} = -(0,8\xi_{bal,1}bf_{cd}) =$	-1718 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd2} = 0,8\xi_{bal,1}bf_{cd}(0,5h - 0,4\xi_{bal,1}d) + A_{s,prov}f_{yd}(d - 0,5h) =$	315,1 kNm	
Ověření předpokladu, že horní výztuž je za mezí kluzu	$\xi_{bal,2}d_2 \leq \xi_{bal,1}d$	50,5 < 447,4	mm
VYHOVÍ			

Bod 3 (prostý ohyb):		
Výška tláčené oblasti	$x = \frac{A_{s1}f_{yd} - A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s + \sqrt{(A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s - A_{s1}f_{yd})^2 + 3,2bf_{cd}d_2A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s}}{1,6bf_{cd}}$	38,0 mm
Napětí v horní výztuži	$\sigma_{s2} = \frac{x - d_2}{x} \varepsilon_{cu} E_s =$	8,6 MPa
Poměrná výška tláčené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,067
Mezní normálová síla	$N_{Rd3} =$	0 kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd3} = 0,8xbf_{cd}(d - 0,4x) + A_{s2}\sigma_{s2}(d - d_2) =$	83,6 kNm
Ověření předpokladu, že dolní výztuž je za mezi kluzu		$\xi \leq \xi_{bal,1}$
	0,067 < 0,795	VYHOVÍ
Bod 4 (x=d₂):		
Mezní normálová síla	$N_{Rd4} = A_{s1}f_{yd} =$	153 kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd4} = A_{s1}f_{yd}(d - 0,5h) =$	40,2 kNm
Bod 5 (prostý tah):		
Mezní normálová síla	$N_{Rd5} = A_{s,prov}f_{yd} =$	408 kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd5} =$	0,0 kNm
Zavedení minimální výstřednosti při prostém tlaku:		
Minimální výstřednost tlakové síly	$e_0 = \max\{h/30; 20\} =$	20 mm
Mezní ohybový moment při minimální výstřednosti	$M_{Rd,e_0} = N_{Rd0}e_0 =$	65,8 kNm
Mezní normálová síla při minimální výstřednosti	$N_{Rd,e_0} = N_{Rd0} + \frac{N_{Rd1} - N_{Rd0}}{M_{Rd1} - M_{Rd0}} M_{Rd,e_0} =$	-2971 kN
Posouzení pomocí interakčního diagramu:		
<p style="text-align: center;">Interakční diagram</p> <p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Mezní obálka porušení — Redukce únosnosti zavedním minimální výstřednosti ■ Kombinace 1 (Med,z) × Kombinace 2 (Med,z) × Kombinace 3 (Med,z) ● Kombinace 4 (Med,y) 		

Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 1:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,204	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,09	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,72	< 1,00 -
VYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 2:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,182	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,07	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,67	< 1,00 -
VYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 3:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,179	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,07	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		1,31	< 1,00 -
NEVYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 4:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,182	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,07	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		1,04	< 1,00 -
NEVYHOVÍ			

Posouzení konstrukčních zásad:			
Minimální plocha výztuže	$A_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{cm} b d}{f_{yk}} ; 0,0013 b d \right\} =$	657	mm ²
Maximální plocha výztuže	$A_{s,max} = 0,04 b h =$	14400	mm ²
Osová vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - \phi}{n_{s1} - 1} =$	262,5	mm
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - n_{s1}\phi}{n_{s1} - 1} =$	243,5	mm
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{min} = \max \{1, 2\phi; d_g + 5; 20\} =$	22,8	mm
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{max} =$	400,0	mm
Podmínky spolehlivosti:			
Posouzení plochy výztuže	$A_{s,min} \leq A_{s,prov}$	657	< 2268 mm ²
		VYHOVÍ	
	$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$	2268	< 14400 mm ²
		VYHOVÍ	
Posouzení vzdálenosti mezi pruty	$s_{min} \leq s'$	22,8	< 243,5 mm
		VYHOVÍ	
	$s \leq s_{max}$	262,5	< 400,0 mm
		VYHOVÍ	

Prvek dle Eurokódu 2 NEVYHOVÍ

V interakci tlaku a jednoosého ohybu průřez sloupu vyhoví.

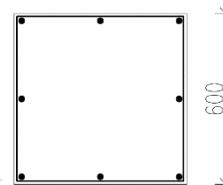
V interakci tlaku a dvouosého ohybu průřez sloupu nevyhoví.

Ve výpočtu není uvažovaná výztuž mezi horním a dolním povrchem – výztuž, která se nachází v blízkosti neutrální osy má zanedbatelný vliv na návrhovou únosnost, protože v ní vznikají jenom malá napětí → spolehlivě zanedbáno (působí na straně bezpečné).

Vlivem technologické nekázně, kdy došlo k záměně výztuže typu ROXOR za výztuž bez žebírek (hlazenka), nedosahují vybrané sloupy projektované únosnosti a pro dané návrhové kombinace zatížení nevyhoví. Je to důsledek odlišných materiálových vlastností jednotlivých typů výztuže; hlazenka má významně nižší mez kluzu než ROXOR. Únosnost sloupu není pro vybrané zatěžovací kombinace dostatečná → sloup nevyhovuje dle EC2.

D.9.10. POSOUZENÍ SLOUPU – SONDA S4

a) Interakce normálové síly a ohybového momentu



Vstupní hodnoty:		600	
Ocel 10 512 (Roxor)	$f_{yk} =$	400 MPa	
Beton C12/15	$f_{ck} =$	12 MPa	
	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} =$	1,6 MPa	
Mezní přetvoření betonu při dostředném tlaku	$\epsilon_c =$	2,0 ‰	
Mezní přetvoření betonu při ohybu	$\epsilon_{cu} =$	3,5 ‰	
Krytí	$c =$	20 mm	
Šířka průřezu	$b =$	600 mm	
Výška průřezu	$h =$	600 mm	
Stávající výztuž 8Ø R19mm	$n_{prov} =$	8 profilů	
Profil výztuže	$\phi =$	19 mm	
Plocha průřezu jednoho prutu	$A_{s,\phi} =$	283,5 mm ²	
Plocha výztuže průřezu	$A_{s,prov} = n_{prov} A_{s,\phi} =$	2268 mm ²	
Počet profilů při horním a dolním povrchu	$n_{s1} = n_{s2} =$	3 profilů	
Plocha horní a dolní výztuže	$A_{s1} = A_{s2} = n_{s1} A_{s,\phi} =$	851 mm ²	
Profil třmínku	$\phi_{tr} =$	8 mm	
Kombinace 1:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-670,8 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	23,2 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	42,3 kNm	
Kombinace 2:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-597,0 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	20,8 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	38,7 kNm	
Kombinace 3:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-588,3 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	27,7 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	84,1 kNm	
Kombinace 4:			
Normálová síla	$N_{Ed} =$	-600,1 kN	
Ohybový moment k ose y	$M_{ed,y} =$	53,1 kNm	
Ohybový moment k ose z	$M_{ed,z} =$	37,7 kNm	

Návrhové pevnostní charakteristiky:			
Návrhová mez kluzu výztuže dle ČSN ISO 13822, tab. NC.2	$f_{yd} =$	340,0 MPa	
Parciální součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_{mc} =$	1,5	
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} =$	8,0 MPa	
Minimální požadovaná výztuž pro dostředný tlak:			
Napětí ve výztuži	$\sigma_s = E_s \varepsilon_c \leq f_{yd} =$	340,0 MPa	
Nutná plocha výztuže	$A_{s,req} = \frac{N_{Ed} - 0,8bh f_{cd}}{\sigma_s} =$	-4804 mm ²	
Nutný počet profilů	$n_{req} = \frac{4A_{s,req}}{\pi\phi^2} =$	0,0 profilů	
Výpočet interakčního diagramu:			
Stupeň vyztužení	$\rho_s = \frac{A_{s,prov}}{bh} =$	0,63 %	
Účinná výška	$d = h - c - \phi_{\bar{v}} - \phi / 2 =$	562,5 mm	
Vzdálenost horní výztuže od horních vláken	$d_2 = c + \phi_{\bar{v}} + \phi / 2 =$	37,5 mm	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti 1	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + f_{yd} / E_s} =$	0,673	
Balanční poměrná výška tlačené oblasti 2	$\xi_{bal,2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - f_{yd} / E_s} =$	1,944	
Bod 0 (prostý tlak):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd0} = -(bh f_{cd} + A_{s,prov} \sigma_s) =$	-3651 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd0} =$	0,0 kNm	
Bod 1 (x=d):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd1} = -(0,8bdf_{cd} + A_{s2}f_{yd}) =$	-2449 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd1} = 0,8bdf_{cd}(0,5h - 0,4d) + A_{s2}f_{yd}(d - 0,5h) =$	237,9 kNm	
Ověření předpokladu, že horní výztuž je za mezí kluzu	$\xi_{bal,2} d_2 \leq d$		
	72,9 < 562,5		mm
VYHOVÍ			
Bod 2 (x=ξ_{bal,1}d):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd2} = -(0,8\xi_{bal,1}bdf_{cd}) =$	-1454 kN	
Mezní ohybový moment	$M_{Rd2} = 0,8\xi_{bal,1}bdf_{cd}(0,5h - 0,4\xi_{bal,1}d) + A_{s,prov}f_{yd}(d - 0,5h) =$	418,4 kNm	
Ověření předpokladu, že horní výztuž je za mezí kluzu	$\xi_{bal,2} d_2 \leq \xi_{bal,1} d$		
	72,9 < 378,6		mm
VYHOVÍ			

Bod 3 (prostý ohyb):			
Výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_{s1}f_{yd} - A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s + \sqrt{(A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s - A_{s1}f_{yd})^2 + 3,2bf_{cd}d_2A_{s2}\varepsilon_{cu}E_s}}{1,6bf_{cd}}$	46,2	mm
Napětí v horní výztuži	$\sigma_{s2} = \frac{x-d_2}{x}\varepsilon_{cu}E_s =$	131,5	MPa
Poměrná výška tlačené oblasti	$\xi = \frac{x}{d} =$	0,082	
Mezní normálová síla	$N_{Rd3} =$	0	kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd3} = 0,8xbf_{cd}(d-0,4x) + A_{s2}\sigma_{s2}(d-d_2) =$	155,2	kNm
Ověření předpokladu, že dolní výztuž je za mezí kluzu		$\xi \leq \xi_{bal,1}$	
		0,082	< 0,673
		VYHOVÍ	
Bod 4 (x=d₂):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd4} = A_{s1}f_{yd} =$	289	kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd4} = A_{s1}f_{yd}(d-0,5h) =$	75,9	kNm
Bod 5 (prostý tah):			
Mezní normálová síla	$N_{Rd5} = A_{s,prov}f_{yd} =$	771	kN
Mezní ohybový moment	$M_{Rd5} =$	0,0	kNm
Zavedení minimální výstřednosti při prostém tlaku:			
Minimální výstřednost tlakové síly	$e_0 = \max\{h/30; 20\} =$	20	mm
Mezní ohybový moment při minimální výstřednosti	$M_{Rd,e_0} = N_{Rd0}e_0 =$	73,0	kNm
Mezní normálová síla při minimální výstřednosti	$N_{Rd,e_0} = N_{Rd0} + \frac{N_{Rd1} - N_{Rd0}}{M_{Rd1} - M_{Rd0}}M_{Rd,e_0} =$	-3282	kN
Posouzení pomocí interakčního diagramu:			

Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 1:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,184	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,07	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,38	< 1,00 -
VYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 2:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,164	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,05	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,35	< 1,00 -
VYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 3:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,161	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,05	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,69	< 1,00 -
VYHOVÍ			
Posouzení interakce tlaku a dvouosého ohybu - kombinace 4:			
Poměrná normálová síla	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd0}} =$	0,164	-
Exponent pro dvouosý ohyb	a=	1,05	-
Podmínka spolehlivosti:			
Posouzení dvouosého ohybu	$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$		
		0,55	< 1,00 -
VYHOVÍ			

Posouzení konstrukčních zásad:					
Minimální plocha výztuže	$A_{s,\min} = \max \left\{ \frac{0,26 f_{ctm} b d}{f_{yk}} ; 0,0013 b d \right\} =$	439	mm ²		
Maximální plocha výztuže	$A_{s,\max} = 0,04 b h =$	14400	mm ²		
Osová vzdálenost mezi pruty	$s = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - \phi}{n_{s1} - 1} =$	262,5	mm		
Světlá vzdálenost mezi pruty	$s' = \frac{b - 2c - 2\phi_{tr} - n_{s1}\phi}{n_{s1} - 1} =$	243,5	mm		
Minimální vzdálenost mezi pruty	$s_{\min} = \max \{1,2\phi; d_g + 5; 20\} =$	22,8	mm		
Maximální vzdálenost mezi pruty	$s_{\max} =$	400,0	mm		
Podmínky spolehlivosti:					
Posouzení plochy výztuže	$A_{s,\min} \leq A_{s,prov}$	439	<	2268	mm ²
VYHOVÍ					
	$A_{s,prov} \leq A_{s,\max}$	2268	<	14400	mm ²
VYHOVÍ					
Posouzení vzdálenosti mezi pruty	$s_{\min} \leq s'$	22,8	<	243,5	mm
VYHOVÍ					
	$s \leq s_{\max}$	262,5	<	400,0	mm
VYHOVÍ					

Prvek dle Eurokódu 2 VYHOVÍ

Sloup provedený dle návrhu s dodržáním technologické kázně vyhovuje dnešním standardům a technickým normám. Jeho mechanická únosnost je dostatečná.

Ve výpočtu není uvažovaná výztuž mezi horním a dolním povrchem – výztuž, která se nachází v blízkosti neutrální osy má zanedbatelný vliv na návrhovou únosnost, protože v ní vznikají jenom malé napětí (její příspěvek k celkové únosnosti spolehlivě zanedbán).

E. ZÁVĚR

Obecně:

Konstrukce jsou posuzovány v souladu s platnou soustavou norem ČSN EN s přihlédnutím k vybraným normám ČSN. Statické výpočty byly prováděny na celkovém prostorovém modelu či výsecích konstrukce programem SCIA Engineer 16.0 a ručním výpočtem nebo specializovaným SW byly prověřeny některé dílčí části konstrukce. Ostatní prvky byly prověřeny empiricky. Konstrukce byla posouzena na mezní stav únosnosti. Mezní stavy použitelnosti nebyly ověřovány. Praktické ověření průhybů nebylo možné posoudit vzhledem k neurčitosti původních průhybů konstrukcí (nekázeň při přípravě bednění). Celkově však vybrané konstrukční prvky uhelny (např. průvlaky) přestoupili limitní průhyby (průhyby byly patrné pouhým okem, bez použití měřicí techniky).

Konkrétně:

Jedná se o betonovou konstrukci podzemního objektu bývalé uhelny, která je v špatném stavebně-technickém stavu. Objekt má za sebou již cca 60 let existence a tudíž stavba a její konstrukční prvky již prakticky dosáhly své projektované životnosti (návrhová životnost je projektována na 50 let). Konstrukce vykazuje významnou korozi ocelové výztuže a krycí vrstva betonu je značně poškozená, nebo na některých místech zcela chybí. Pevnost betonu odpovídá nízkým pevnostním třídám, konkrétně C8/10 až C12/15. Na základě těchto skutečností (významná koroze výztuže, nízká pevnost betonu) došlo k snížení únosnosti jednotlivých konstrukčních prvků. Vzhledem k tomu, že v konstrukcích byly použity různé druhy výztuže s různými průměry profilů a různými mechanickými vlastnostmi (mez kluzu), výsledky statických posudků jednotlivých konstrukcí jsou různorodé. Problematické jsou konstrukční prvky, ve kterých byla použita výztuž 10 370 (hlazenka), (trám desky D3, sloup S1), nebo prvky kde byla použita výztuž s malými profily, navíc v současné době zkorodovaná (deska D4). Trámy v důsledku destruktivní koroze třmínek nedosahují dostatečnou smykovou únosnost. Nevyhovující je taktéž i nevyztužená obvodová stěna, která je namáhaná ohybem od zatížení zemním tlakem a tlakem od svislých zatížení. Dle statického výpočtu a posouzení obvodové stěny z prostého betonu (bez výztuže) nevyhovují. Důvodem, že konstrukce obvodové stěny je stále schopna odolávat skutečnému zatížení lze srozumitelně vysvětlit takto (a shrnout do dvou velkých skupin argumentů):

- Konstrukce není zatížena návrhovým zatížením (které předepisuje norma).
- Konstrukce využívá materiálových rezerv

Tzn., že nosná konstrukce uhelny nevykazuje potřebnou bezpečnost, kterou vyžaduje platná soustava norem ČSN EN a není ji možno oficiálně provozovat. Degradací procesy (karbonatace betonu, koroze výztuže, trhliny, zatékání, nedostatečné zakotvení výztuže, malé krycí vrstvy výztuže atd.) na konstrukci jsou v pokročilém stádiu a jejich kinetika se bude s postupem času zrychlovat. Tím se budou zhoršovat mechanické vlastnosti stavebních materiálů a v důsledku toho klesat únosnost a bezpečnost jednotlivých prvků konstrukce. Současně budou dále klesat užité vlastnosti suterénních prostor jako takových, které už dnes lze označit jako zcela nevyhovující a nadále bude klesat mechanická odolnost a bezpečnost stavby.

Desky:

Při posouzení desek byl uvažován beton C12/15 a betonářská ocel 10 512 (roxor).

Pro sondu D1 je posuzovaná únosnost dolní výztuže průřezu desky (pro kladný ohybový moment) vyhovující. Posouzení sondy D1 odpovídá taktéž sondám D2 a D3 (bylo nalezeno stejné vyztužení).

Pro sondu D4 posouzená únosnost dolní výztuže průřezu desky (pro kladný ohybový moment) není vyhovující; koroze výztuže překročila únosnou mez pro bezpečnost konstrukce.

Z důvodu nepřístupnosti nebyly provedeny sondy k horní nadpodporové výztuže desek.

Desky u všech sond přenesou posouvající sílu i bez smykové výztuže.

Stěny:

Při posouzení stěn byl uvažován beton C8/10, výztuž ve stěnách nebyla nalezena.

Tahové napětí v průřezu je větší než pevnost betonu v tahu.

V návrhovém stavu je mechanická odolnost obvodové stěny nevyhovující.

Provedenýma sondami ST1, ST2 a ST3 nebyla prokázána existence betonářské výztuže ve svislých stěnách; pro posudek byla stěna konzervativně uvažována z prostého betonu. Rámový roh ve styku stěna – stropní deska byl uvažován z prostého betonu:

1. Betonářská svíslá a vodorovná konstrukce pravděpodobně probíhala ve dvou záběrech; stěna z prostého betonu nemá provázán rámový roh s deskou či průvlakem (kloubové spojení).
2. Při uvážení rámového rohu z prostého betonu (betonářská stěna a stropní deska současně) vznikají velké vnitřní síly v uložení, které není prostý beton schopen přenést → dochází ke vzniku trhliny v tažené části průřezu → uvolnění rámového rohu (kloubový styk).

Bezpečně byly konstrukční prvky posouzeny na základě výpočtu vnitřních sil ze statického modelu, který respektoval kloubové připojení stropní desky na svíslé stěny (připojení sloupů a průvlaků s deskou je tuhé).

Trámy:

Při posouzení trámů byl uvažován beton C10/12 a betonářská ocel 10 370 (hlazenka) a 10 512 (roxor).

Pro sondu T1 je posouzená únosnost dolní výztuže průřezu trámu (pro kladný ohybový moment) vyhovující.

Posouzení sondy T1 odpovídá taktéž sondám T2 a T3 (stejný betonový průřez se stejným vyztužením).

Pro trám desky u sondy D3, ve kterém byla použita výztuž bez žebírek (hlazenka), posouzená únosnost dolní výztuže průřezu trámu (pro kladný ohybový moment) není vyhovující. Vlivem technologické nekázně, kdy došlo k záměně výztuže typu ROX za výztuž bez žebírek (hlazenka), nedosahují vybrané trámy projektované únosnosti a pro dané zatížení nevyhoví. Je to důsledek odlišných materiálových vlastností jednotlivých typů výztuže; hlazenka má významně nižší mez kluzu (180 MPa) než ROX (340 MPa).

Smyková únosnost průřezů většiny trámů není dostatečná. Ve výpočtu nejsou započítány větve třmínek, u kterých nastala vlivem koroze totální destrukce. V posudcích smykové únosnosti byla uvážena redukce posouvající síly ve vzdálenosti d od líce podpory dle EC2.

Posudek trámu u sondy T4 (trám, který slouží jako výměna u výtahové šachty) vzhledem na malé vnitřní síly vyhoví na ohybovou i smykovou únosnost.

V důsledku karbonatce betonu a rozsáhlé koroze výztuže dochází k procesu nedokonalého ukotvení betonářské výztuže v tělese průvlaku (dochází k prokluzu). Následkem těchto změn dochází k přetvoření průřezů trámů a z toho vyplývající rostoucí deformace nosníků (průhyb). Nadměrný průhyb vybraných trámů je patrný pouhým okem s tím, že část deformace vznikla nedokonalým bedněním při výrobě, část přetvořením od zatížení a reologií a část výše popsaným procesem tj. prokluzem výztuže. Z toho vyplývají nadměrné deformace.

Z důvodu nepřístupnosti konstrukce z vrchu, nebyla provedena sonda k horní nadpodporové výztuži trámu; není prokázán mezní stav únosnosti.

Sloupy:

Při posouzení sloupů byl uvažován beton C12/15 a betonářská ocel 10 370 (hlazenka) a 10 512 (roxor).

Průřez sloupu u sondy S1, kde byla použita výztuž bez žebírek (hlazenka) v interakci tlaku a jednoosého ohybu vyhoví, v interakci tlaku a dvouosého ohybu už průřez sloupu nevyhoví.

Vlivem technologické nekázně, kdy došlo k záměně výztuže typu ROX za výztuž bez žebírek (hlazenka), nedosahují vybrané sloupy projektované únosnosti a pro dané návrhové kombinace zatížení nevyhoví. Je to důsledek odlišných materiálových vlastností jednotlivých typů výztuže; hlazenka má významně nižší mez kluzu než ROX.

Sloup u sondy S4 provedený dle návrhu s dodržением technologické kázně vyhovuje dnešním standardům a technickým normám. Jeho mechanická únosnost je dostatečná. Nevyhovuje pouze ochranná vrstva výztuže a postupující karbonatce průřezu (ztráta alkality betonu a tím umožnění procesu koroze výztuže). U sond S2 a S3 s ohledem na vizuálně dobrý stav byly tyto sloupy ušetřené sondě (destrukční zkoušky nebyly provedené); předpokládá se vyztužení jako u sondy S1 nebo S4.

Na základě statického posouzení lze konstatovat, že velká část konstrukčních prvků betonové konstrukce podzemního objektu bývalé uhelné je v nevyhovujícím stavu, část prvků se nachází na mezi únosnosti či blízko této limity a jen relativně malá část prvků má dostatečné rezervy (posouzení v souladu s platnými

technickými normami). Problematika karbonatace, nedostatečného krytí betonářské výztuže, či různých stádií koroze postihuje všechny konstrukční prvky bez výjimky. S ohledem na tuto skutečnost je nutné přistoupit k opatřením, které tento nevyhovující stav odstraní. To lze zabezpečit buď důkladnou sanací betonové konstrukce jako celku, nebo zbouráním stávající betonové konstrukce a vystavěním nového objektu.

Zhodnocení a doporučení:

- 1) **Betonářská výztuž v posuzovaných sondách vykazuje významné poškození průřezu korozí. Původní výztuž ROXOR je ve vybraných sondách zkorodovaná natolik, že z profilu zůstává pouze jádro průřezu, přibližně ve tvaru kruhového průřezu. Skutečně změřené průměry jádra průřezu jsou do posudku zavedeny jako náhradní kruhové průřezy. Tento jev je platný pro většinu posuzovaných sond.**
- 2) **Posouzení ohybové únosnosti stropní desky a trámů v místech záporných ohybových momentů nebylo provedeno - výztuž v horním povrchu konstrukcí nebyla zjištěna (posouzena), protože nebyla přístupná.**
- 3) **Inženýrsko-geologický průzkum (IGP) nebyl proveden.**
- 4) **Objekt nemá dostatečně funkční hydroizolační ochranu (původní hydroizolace je vyžilá a neplní svou funkci). Do objektu z vrchu zatéká nedokonale utěsněnými otvory (schozy uhlí).**
- 5) **V důsledku vysoké vnitřní vlhkosti a zvýšené teplotě (objektem vede trasa teplovodu) vzniká vnitřní mikroklima (vlhko + teplo + lehká agresivita prostředí), které urychluje degradační proces nosné ŽB konstrukce**
- 6) **Stáří objektu je cca 60 let a jeho morální i návrhová životnost je již překročena; standardní návrhová životnost staveb byla projektována na 50 let.**
- 7) **Vybrané prvky nosné konstrukce nevyhovují požadavkům soustavy ČSN EN, nesplňují požadavky mezního stavu únosnosti či mezního stavu použitelnosti.**
- 8) **Vybrané konstrukční prvky ani konstrukce jako celek nesplňují požadavek bezpečného užívání stavby – je nutno přikročit k nápravným opatřením**

Nápravná opatření:

Nabízejí se dva způsoby realizace nápravných opatření:

- **kompletní hloubková sanace a zesilování ŽB konstrukce (vč. odstranění a obnovy skladby střechy)**
- **demolice konstrukce a nahrazení novou konstrukcí**

Vzhledem ke stávajícímu stavebně-technickému stavu objektu, předpokládaným stavebním úpravám pro nové využití a finanční náročnosti kompletní sanace s přihlédnutím k požadavku optimální životnosti konstrukce, doporučuje se varianta demolice a následné nové konstrukce uzpůsobené novým požadavkům.

Poznámka:

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků diagnostických prací a zkoušek provedených v určitých místech (provedených sondách) a laboratorního rozboru odebraných vzorků.

V Praze dne 23.11.2016

Bc. Jaroslav Koblunický