



ZPRACOVATEL ČÁSTI DOKUMENTACE:

(c) RECOC s.r.o. tel. +420 251 624 661
Seydlerova 2451/8 fax. +420 251 624 609
CZ 158 00 Praha 5 www.recoc.cz

středisko OSTRAVA tel. +420 596 632 476
28. října 864/273
CZ 709 00 Ostrava ostrava@recoc.cz

 $\pm 0,000 = 268,75 \text{ m n. m. Bpv}$

TABULKA REVIZÍ

REVIZE	POPIS REVIZE	DATUM	VYPRACOVAL
REVIZE	POPIS REVIZE	DATUM	VYPRACOVAL
REVIZE	POPIS REVIZE	DATUM	VYPRACOVAL

NÁZEV STAVBY

Centrum Energetických a Enviromentálních Technologií - Explorer (CEETe)

Projektová dokumentace pro provádění stavby

CHVÁLEK
ATELIÉR

HLAVNÍ PROJEKTANT Ing. Martin CIEŠLAR	ARCHITEKT Ing. arch. Martin CHVÁLEK	PROJEKTANT Ing. H. Šeligová <i>H. Šeligová</i>	VYPRACOVAL Ing. H. Šeligová	CHVÁLEK ATELIÉR s.r.o. Kačkova 1064/12 702 00 OSTRAVA IČO: 05725674 +420 595 693 250 info@chvalekatelier.cz
OBJEDNATEL Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, IČO: 619 89 100				STUPĚŇ DPS
STAVEBNÍ OBJEKT SO01.1 Objekt CEETe		ČÁST 01.1.20 Stavebně konstrukční řešení - statika ŽB		DATUM 05/2021
			MĚŘÍTKO 1: 50	FORMÁT A4 1 x A4

NÁZEV VÝKRESU

PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET

ARCHIVNÍ ČÍSLO
20-026-05ČÍSLO VÝKRESU
SO01.1.20 - 002

REVIZE

TENTO DOKUMENT JE MAJETKEM SPOLEČNOSTI CHVÁLEK ATELIÉR s.r.o., BEZ PÍSEMNÉHO SOUHLASU ODPOVĚDNÉHO ZÁSTUPCE FIRMY CHVÁLEK ATELIÉR s.r.o. NESMÍ BÝT DOKUMENT KOPIROVÁN, POUŽIT NEBO PŘEDÁN TŘETÍ OSOBOU K DALŠÍMU POUŽITÍ

Projektová dokumentace pro provádění stavby
D.1.2 Stavebně konstrukční řešení
D.1.2 b) Podrobný statický výpočet
Stavba:

**Centrum Energetických a Enviromentálních Technologí -
Explorer (CEETe)**
SO 01.1 - Objekt CEETe

Zpracovatel:

RECOC, spol. s r.o.
Seydlerova 2451/8
Praha 13, 158 00

Projektant:

Ing. Hana Šeligová

Projektční tým:

Ing. David Švrček
Ing. Michal Rýznar

Obsah

Obsah	2
1	Soubor použitých norem a literatury 3
1.1	Řada norem ČSN 3
1.2	Technická pravidla České betonářské společnosti ČBSI 4
1.3	Zákony a vyhlášky 4
2	Použité podklady a literatura 4
3	Použité programy 4
4	Použité materiály 4
4.1	Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206) 5
4.2	Betonářská výztuž podle ČSN EN 1992-1-1 5
4.3	Konstrukční oceli podle ČSN EN 1993-1-1:2006 dle EN 10025-2; Třída oceli podle ČSN EN 10027 .. 5
5	Popis navrženého konstrukčního systému 5
5.1	Funkce a tvar budovy 5
5.2	Nosná konstrukce 6
6	Výsledky průzkumů 7
6.1	Hydrogeologický průzkum 7
7	Navržené materiály a hlavní konstrukční prvky 10
7.1	Betonové konstrukce: 10
7.2	Vázaná výztuž: 10
7.3	Ocelové konstrukce: 10
8	Hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení 10
9	Výpočetní aparát - FEM výpočty 13
9.1	Program RENEX3D 13
9.1.1	Charakteristika programu 13
9.1.2	Použité prvky 14
9.1.3	Použití programu 14
9.1.4	Dělení na konečné prvky 15
9.1.5	Souřadnicové systémy 15
9.1.6	Interakce s podložím 17
9.1.7	Zatížení a jejich kombinace 17
9.2	Nelineární výpočty 18
9.2.1	Algoritmus dimenzování skořepinových prvků 18
9.2.2	Schémata uživatelsky definovaných průřezů 20
9.3	Programy FINE EC 21
9.3.1	Charakteristika programu 21
10	Zatěžovací stavy a jejich kombinace 21
10.1	Kombinace podle metodiky EN 1990:2004 21
10.2	Názvy zatěžovacích stavů a kombinací v programu RENEX 3D 23
10.3	Uživatelsky definované kombinace 24
11	Komentář ke grafickým výstupům 25
11.1	Fyzikální vlastnosti 25
11.2	Zatížení 25
11.3	Výstupy – mezní stavy únosnosti (MSÚ) 25
11.4	Výstupy – mezní stavy použitelnosti 25
11.5	Postup výpočtu 25
12	Závěr 26
13	Seznam obrázků 27
14	Seznam příloh 27

1 Soubor použitých norem a literatury

1.1 Řada norem ČSN

ČSN 73 1201:2010	Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
ČSN 73 2604	Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb
ČSN EN 206+A1:2018	Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 1090-1+A1	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců
ČSN EN 1090-2+A1	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed.A; ed. 2
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed.A
ČSN EN 1991-1-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru - oprava 1, 2, 3; NA ed.A
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – oprava 1; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed.A; ed.2 – změna A1
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1, 2, 3; změny Z1, Z2, Z3; NA ed.A - změna A1; ed. 2
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou – oprava 1, 2; změny Z1, Z2; NA ed.A
ČSN EN 1991-1-6	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění – oprava 1, 2; změny Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed.A
ČSN EN 1991-1-7	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení – oprava 1; změny A1, Z1; NA ed.A
ČSN EN 1992-1-1	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změny A1, Z1, Z2, Z3; ed. 2 – změna A1, Z1; NA ed.A
ČSN EN 1992-1-2	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna NA ed.A
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změna A1, Z1, Z2, Z3; NA ed.A, ed. 2 – oprava 1, změna A1
ČSN EN 1993-1-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla: Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed.A
ČSN EN 1993-1-5	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-5: Boulení stěn – oprava 1; změna Z1, Z2, A1; NA ed.A; ed.2
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků – oprava 1, 2; změna Z1, Z2, Z3; NA ed.A; ed. 2
ČSN EN 1993-1-11	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-11: Navrhování ocelových tážených prvků – oprava 1; změna Z1; NA ed.A
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce – NA ed.A
ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed.A; ed.2
ČSN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí – oprava 1; NA ed.A

- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 1: Obecná pravidla – [oprava 1; změna NA ed.A](#)
- ČSN EN 1997-2 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy – [opravy 1, 2](#)
- ČSN ISO 2394:2016 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí.
- ČSN ISO 13822:2014 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

1.2 Technická pravidla České betonářské společnosti ČSSI

01 Statické výpočty, 1. Vydání 2006

1.3 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 183/2006 Sb o územním plánování a stavebním řádu v platném znění –
Vyhláška č. 499/2006 Sb., Vyhláška o dokumentaci staveb, v platném znění (Vyhláška č. 405/2017 Sb.,
částka 144 ze 7.12.2017 o dokumentaci staveb ve znění Vyhlášky č. 62/2013 Sb. a vyhláška č. 169/2016 Sb.)

2 Použité podklady a literatura

- [1] Architektonicko-stavební řešení – rozpracovaná dokumentace DPS, Chválek ateliér s.r.o.,
Kafkova 1064/12, 702 00 Ostrava; 10/2020
- [2] VŠB – CEETe – vsakovací zkouška, Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu, Ing.
David Muška, Geoservices CZ s.r.o., Kounicova 1064/3, 702 00 Ostrava
- [3] 20_026_Zápis z konzultace KOMA_200918.docx – mail ze dne 23.09.2020
- [4] FEM, principy a praxe metody konečných prvků, Kolář, V., Němec, I., Kanický, V. a navazující
manuály k programům NEXX.
- [5] Programy FINE – uživatelské manuály
- [6] Manuál k programu RENEX3D, RECOC, spol. s r.o., 2013

3 Použité programy

Programy RENEX - © FEM consulting Brno s.r.o., RECOC, spol. s r.o.,
Preprocesory a postprocesory RECOC-BETON - © RECOC, spol. s r.o.,
FIN - © FINE s.r.o.
Tabulkové procesory Excel, © RECOC, spol. s r.o.

4 Použité materiály

Ve výpočtech jsou použity následující fyzikálně mechanické vlastnosti materiálů. Moduly pružnosti jsou uvažovány tabulkovými hodnotami, pokud není ve výpočtu výslovně uvedeno jinak. Pokud by se na stavbě z libovolného důvodu nepodařilo těchto teoretických hodnot dosáhnout, je nutno informovat statika a s největší pravděpodobností provést přepočet s hodnotami garantovanými dodavatelem betonové směsi.

4.1 Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206)

Značka	EN 206	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [GPa]	γ [kg/m ³]
C12/15	C12/15	20	1,6	27	2500
C16/20	C16/20	24	1,9	29	2500
C20/25	C20/25	28	2,2	30	2500
C25/30	C25/30	33	2,6	31	2500
C30/37	C30/37	38	2,9	33	2600
C35/45	C35/45	43	3,2	34	2600
C40/50	C40/50	48	3,2	35	2600
C50/60	C50/60	58	4,1	37	2600
C70/85	C70/85	78	4,6	41	2600
C80/95	C80/95	88	4,8	42	2600
Poissonova konstanta	0,2	Součinitel tepelné roztažnosti			$10 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$

4.2 Betonářská výztuž podle ČSN EN 1992-1-1

Značka	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]	E_s [GPa]
B 500B	500	434,8	200
KARI	500	434,8	200
BSt 550	550	478,3	200

4.3 Konstrukční oceli podle ČSN EN 1993-1-1:2006 dle EN 10025-2; Třída oceli podle ČSN EN 10027

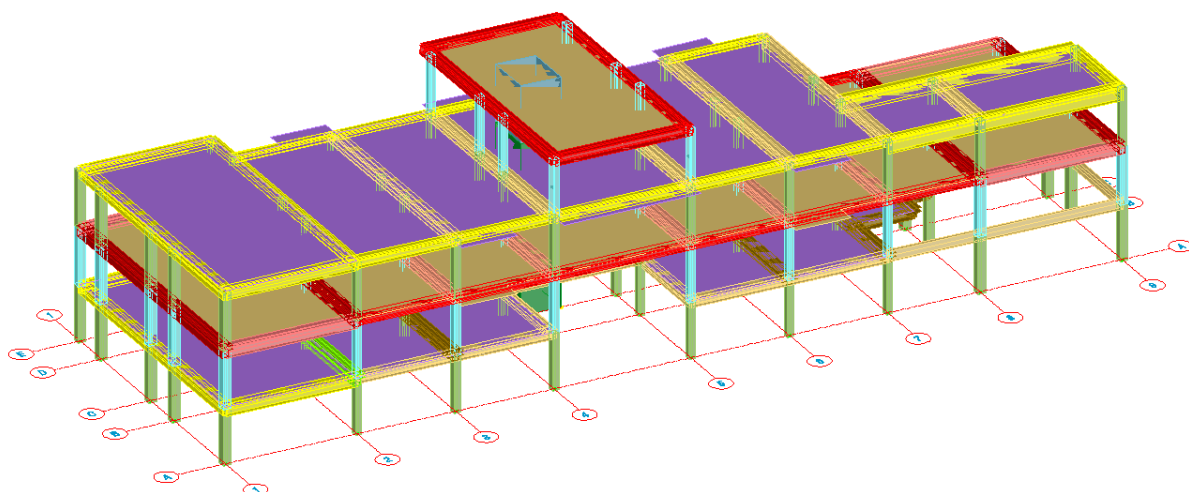
Třída oceli	f_y [MPa]	f_u [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	E_s [GPa]
Tloušťka [mm]	< 40		40 - 80		
S 235	235	360	215	360	210
S 275	275	430	255	410	210
S 355	355	490	335	470	210
S 450	440	550	410	550	210
Poissonova konstanta	0,3	Součinitel tepelné roztažnosti			$12 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$

5 Popis navrženého konstrukčního systému

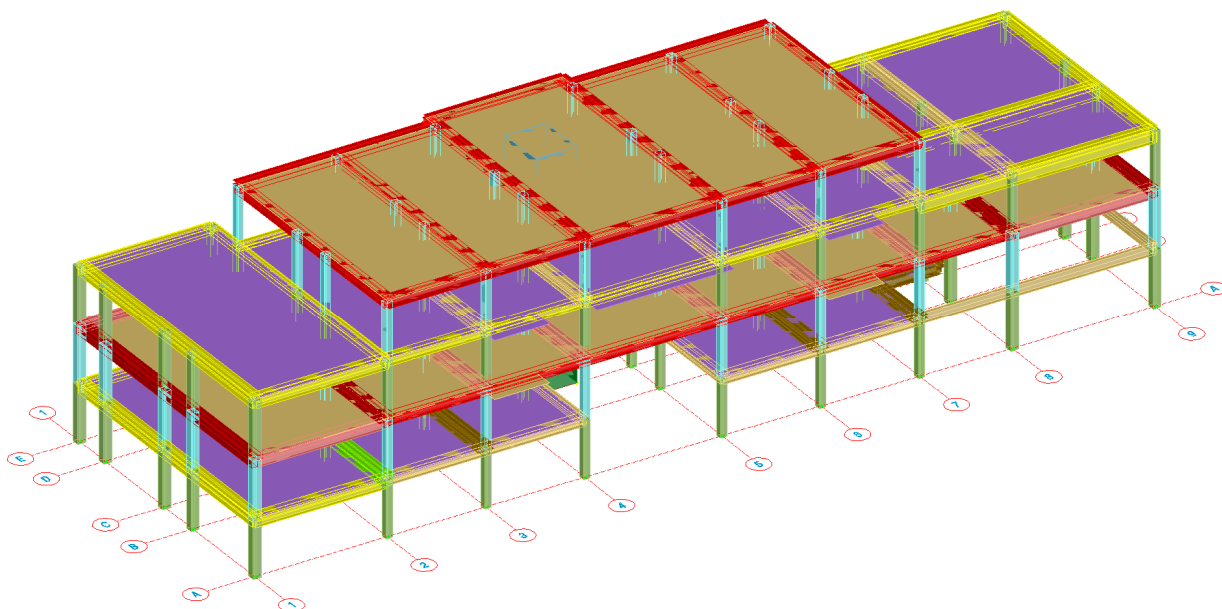
5.1 Funkce a tvar budovy

Jedná se o třípodlažní objekt, se střední část vystupující do 4. nadzemního podlaží, který bude využíván jako laboratoře, zkušebny, technické místnosti a sklady s potřebným administrativním a sociálním zázemím. Testovací prostor je vybaven mostovým jeřábem. Pro návrh objektu je uvažováno s budoucím rozšířením v rámci 3. NP a 4.NP.

Tato část dokumentace řeší nosnou železobetonovou konstrukci objektu, návrh jeřábové dráhy a ostatních ocelových konstrukcí je součástí dokumentace ocelových konstrukcí.



Obrázek 1 Výpočetní model nosné konstrukce-bez nadstavby



Obrázek 2 Výpočetní model nosné konstrukce – včetně nadstavby

5.2 Nosná konstrukce

Nosnou konstrukci tvoří monolitická železobetonová skeletová konstrukce se ztužujícím jádrem. Objekt má půdorysný tvar obdélníka rozměrů $s \times d = 15,8 \times 57,3\text{m}$, je nepodsklepený a konstrukční výšky podlaží jsou 3,8m pro 1.NP a 2.NP, 3,3m pro 3.NP a 4.NP. Krajní část se zkušebnou a vstupní část jsou otevřeny přes 2 podlaží. Konstrukce 3.NP je v části nad jeřabovou drahou otevřená. Do 4.NP vystupuje jen část výtahové šachty a schodiště. Rozteče svislých konstrukcí jsou v příčném směru $6,2 + 2,85 + 5,95\text{m}$, v podélném směru se rozpětí polí pohybují od 5,8m po 8,95m.

Svislé konstrukce jsou sloupy čtvercového průřezu s délkou strany 400mm, v exponovaných místech v krajních polích pak 500mm. Sloupy podporující jeřabovou dráhu, mají čtvercový průřez s délkou strany 500mm, konzola pro nosník JD je navržena ocelová dodatečně připojená ke sloupu. Stěny výtahové šachty, umístěné ve střední části půdorysu mají tloušťku 200mm.

Vodorovné konstrukce jsou stropní desky opatřené trámy a ztužidly. Tloušťky desek jsou 250mm, v krajních částech s rozpory 8,3m a 8,95m mají tloušťku 300mm. Trámy jsou vedeny v příčném směru (ve směru číselných os) a převážně mají rozměr $\bar{s} \times v = 400 \times 500\text{mm}$ (výška včetně stropní desky), krajní pole s největšími rozpory mají průvlaky průřezu $\bar{s} \times v = 400 \times 650\text{mm}$. Po obvodě jsou vedena ztužidla průřezu $\bar{s} \times v = 250 \times 500\text{mm}$ (včetně stropní desky).

V objektu je jedna výtahová šachta a jedno dvouramenné schodiště, které je navrženo monolitické, složené ze zalomených desek ramen podest a mezipodest. Před objekt je vysunuto ocelové schodiště vedoucí na úroveň 1.NP (není součástí této dokumentace). Po obvodě stropní desky nad 2.NP v části nad zkušebnou bude kotvena ocelová konstrukce pro zelenou stěnu.

Objekt je založen hlubinně, na vrtaných velkopřůměrových pilotách $\varnothing 600\text{mm}$, $\varnothing 900\text{mm}$ a $\varnothing 1200\text{mm}$, délky 8,0m - 20,0m. Výztuž z piloty bude v hlavě vytažena a zavázána do výztuže navazujícího základového pásu a sloupů. Po obvodě je navržen základový pás šířky 500mm, výšky 1450mm, který bude monoliticky spojen s pilotami a sloupy. Sloupy uvnitř dispozice budou začínat přímo na pilotě, ze které bude vytrnovaná výztuž pro tyto sloupy, nebo může být tato výztuž pro sloupy vlepena do piloty dodatečně.

6 Výsledky průzkumů

6.1 Hydrogeologický průzkum

V areálu staveniště byl proveden pouze hydrogeologický průzkum za účelem ověření vsakovací kapacity prostředí a hydrogeologických poměrů zájmové lokality a posouzení možnosti vsakování atmosférických srážek do horninového prostředí. V jeho vyhodnocení jsou použity výsledky archivních geologických prací. Hloubka provedených sond je ovšem pro návrh hlubinného založení nedostatečná a informace o geologickém prostředí musí být pro další stupeň doplněny současně s určením přesnějších hodnot fyzikálně - mechanických vlastností.

Začátek citace – viz [2]

Regionální geomorfologická rajonizace reliéfu (Demek a kol., 1987) zahrnuje zájmovou lokalitu do podsoustavy Severní vněkarpatské sníženiny, celku Ostravská pánev a okrsku VIII B-1-f Porubská plošina. Z geomorfologického hlediska je širší okolí oblasti geneticky spjato se sedimentací v období glaciálů a průběžnou denudační činností. Během kontinentálního zalednění v pleistocénu, kdy akumulární i erozní činnost vyvrcholila, se začal formovat současný ráz krajiny v okolí zájmového území.

Zájmové území se podle klimatologického členění Quitta (1971) nachází v mírně teplé oblasti MT 10, jenž je charakterizována dlouhým teplým a mírně suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a mírně teplou, velmi suchou a krátkou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Dlouhodobý průměrný roční srážkový úhrn vzhledem ke značné koncentraci průmyslu, blízkosti větších vodních ploch a hustotě zástavby neklesá pod 750 mm. Dlouhodobý průměrný srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje okolo 400 až 450 mm a v zimním období klesá na 200 až 250 mm.

Podle hydrologického členění ČR (Hydroekologický informační systém VÚV T.G.M.) náleží území lokality do oblasti hydrologického pořadí dílčího povodí 4. řádu č. 2-02-03-0270 toku Opava. Povrchové vody na zájmové lokalitě a jejím nejbližší okolí jsou odvodňovány severovýchodním směrem k drenážní bázi tvořené Pustkoveckým potokem.

Širší okolí předmětné lokality se z regionálně-geologického hlediska nachází na okraji regionálního celku předhlubně karpatských příkrovů a zasahuje do severovýchodní části Českého masivu - Moravskoslezského spodního karbonu označovaného též jako slezský kuhl. Geologickou stavbu horninového prostředí můžeme rozdělit na předkvartérní podloží a kvartérní sedimentární pokryv.

Předkvartérní podloží budují spodnokarbonské marinní sedimenty v typickém flyšovém vývoji, zde zastoupené kyjovickými vrstvami spodního karbonu (visé). Sedimentární výplň vněkarpatské deprese tvořená marinními modrošedými vápnitými jíly (slíny) s proměnlivým obsahem jemnozrnné písčité složky bádenského stáří byla ověřena archivními vrty v úrovni cca 11 m.

Kvartérní sedimenty na území zájmové lokality jsou reprezentovány glacigenními uloženinami. Odspodu to jsou sedimenty halštovského zalednění (stáří pleistocén) které jsou typické šedými odstíny zabarvení. Tvoří je šedé a šedorezavě páskované jíly, měkké a méně tuhé konzistence a jílovité jemnozrnné písky měkké a tuhé konzistence. Nad nimi jsou uloženy glacifluviální písky sálského zalednění (stáří pleistocén), jejichž povrch je v úrovni cca 5 - 6 m pod terénem. Vyskytují se v nich i vložky jílovitého tuhého písku mocné 0,2-0,4 metru. Nad písky pokračují žlutohnědé hlíny tuhé a měkké konzistence. Svrchní část kvartérního pokryvu je budována výhradně eolickými sedimenty sprašových hlín. Mocnost sprašových hlín je malá, v průměru 1,5 m, a jejich plošné rozšíření je nepravidelné. Tato vrstva zahrnuje rovněž soliflukčně přemístěné spraše. Zájmová oblast se vyskytuje z pohledu hydrogeologického rajónování (Hydroekologický informační systém VÚV T.G.M.) ve skupině rajónů Kvartérní sedimenty v povodí Odry, subrajónu 151 Kvartér Odry. Glacifluviální písky sálského zalednění tvoří na zájmové lokalitě svrchní hydrogeologický kolektor, na který je vázána freatická zvědeň s volnou až mírně napjatou hladinou.

Glacifluviální sedimentace je prostorově velmi variabilní a propustné polohy jemnozrnných písků mohou být nepravidelné a vertikálně členité. Propustnost glacifluviálních písků, vyjádřená koeficientem filtrace, se pohybuje v řádech $K = n \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$.

Jíly v podloží svrchního kolektoru jsou z hydrogeologického hlediska nepropustné, koeficient filtrace se pohybuje v řádech až $n \cdot 10^{-11} \text{ m.s}^{-1}$. Podzemní voda proudí po povrchu podložního izolátoru, ve směru jeho úklonu. V širším pohledu leží zájmová oblast na rozvodnici podzemních vod v první zvodni, která probíhá ve směru SZ-JV a podzemní vody odtékají zhruba k JZ a V. Generelní směr proudění podzemní vody v prostoru projektované stavby pak je k jihozápadu.

....

Geologický profil je v místě uvažovaného vsakovacího objektu shora tvořen humózní hlínou a níže potom jílovitými zeminami s proměnlivou konzistencí a směrem k bázi s narůstajícím podílem písčité frakce. V jejich podloží se pak od úrovně 5,5 m vyskytují glacigenní písky.

Podzemní voda byla nově realizovaným vrtem zastižena v horizontu glacigenních písků v hloubce 7,0 m pod terénem. Jedná se o systém s volnou hladinou. Směr proudění podzemní vody je k severovýchodu.



Obrázek 3 Dokumentace geologických vrtů



Strana 9 | 28

7 Navržené materiály a hlavní konstrukční prvky

7.1 Betonové konstrukce:

Piloty	C25/30-XC2, XA2
Základové pásy	C30/37-XC2, XA1
Sloupy	C30/37-XC1
Stěny	C25/30-XC1
Stropní desky, trámy	C30/37-XC1
Ramena schodiště, mezipodesty	C30/37-XC1

Část konstrukcí je navržena v pohledové úpravě.

7.2 Vázaná výztuž:

Výztuž Třída B – ocel B500B
Musí splňovat podmínky normy ČSN 42 0139 Ocelářská výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká.

7.3 Ocelové konstrukce:

S 355 – ocelové kotevní desky + nátěrový ochranný systém podle umístění konstrukce.

8 Hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení

Zatížení jsou převzata z norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7.

Stálá zatížení byla vypočtena podle podkladu [1].

Rozpis zatížení je uveden v Příloze 1 Statického výpočtu

Užitná zatížení v místnostech se speciálním provozem byla stanovena zadavatelem – viz dále. V ostatních místnostech s běžným využitím, jako sociální a hygienické zařízení, šatny, apod., byla převzata hodnotami z Tabulky 6.2(CZ), 6.8(CZ) a 6.10(CZ) ČSN EN 1991-1-1.

Tíhy přemístitelných příček byly přidány do užitého plošného zatížení. Příčky, jejichž tíha na bm byla vyšší než normou stanovená hodnota, byly modelovány skutečnou tíhou liniovým zatížením. Konkrétně byly použity minimální hodnoty:

Tabulka 6.2(CZ) – Užitná zatížení stropních konstrukcí, balkónů a schodišť pozemních staveb

Kategorie zatěžovaných ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5	2,0
– schodiště	3,0	2,0
– balkóny	3,0	2,0
kategorie B	2,5	4,0
kategorie C		
– C1	3,0	3,0
– C2	4,0	4,0
– C3	5,0	4,0
– C4	5,0	7,0
– C5	5,0	4,5
kategorie D		
– D1	5,0	5,0
– D2	5,0	7,0

Tabulka 6.8(CZ) – Užitná zatížení garáží a dopravních ploch pro vozidla

Kategorie dopravních ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie F		
Celková tíha vozidla: ≤ 30 kN	2,5	20
Kategorie G		
30 kN < celková tíha vozidla ≤ 160 kN	5,0	120

NA.2.9 Článek 6.3.4.2 Střechy – Hodnoty zatížení, odstavec (1)

Pro stanovení užitných zatížení střeš kategorií H se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.10(CZ). Předpokládá se, že rovnoměrné zatížení q_k působí na ploše $A = 10 \text{ m}^2$. Viz také 3.3.2(1).

Tabulka 6.10(CZ) – Užitná zatížení střeš kategorií H

Střeška	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

NA.2.10 Článek 6.4 Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn, odstavec (1) (tabulka 6.12)

Pro stanovení charakteristických hodnot přímkového zatížení q_k se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.12(CZ).

Tabulka 6.12(CZ) – Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn

Zatěžované plochy	q_k [kN/m]
Kategorie A	0,5
Kategorie B a C1	1,0
Kategorie C2 – C4 a D	1,0
Kategorie C5	5,0
Kategorie E	2,0 ¹⁾
Kategorie F	viz příloha B
Kategorie G	viz příloha B

¹⁾ Tato hodnota se u užitných ploch kategorie E považuje za hodnotu minimální, podle způsobu používání se zvyšuje.

Podle požadavku zadavatele jsou užitná zatížení speciálních prostor definována takto (charakteristické hodnoty):

Stropní konstrukce nad 1.NP

Užitné zatížení v tech. místnostech, laboratořích, zkušebnách, hlavní část chodby

10kN/m²

Užitné zatížení v krajní části chodby

5kN/m²

Stropní konstrukce nad 2.NP

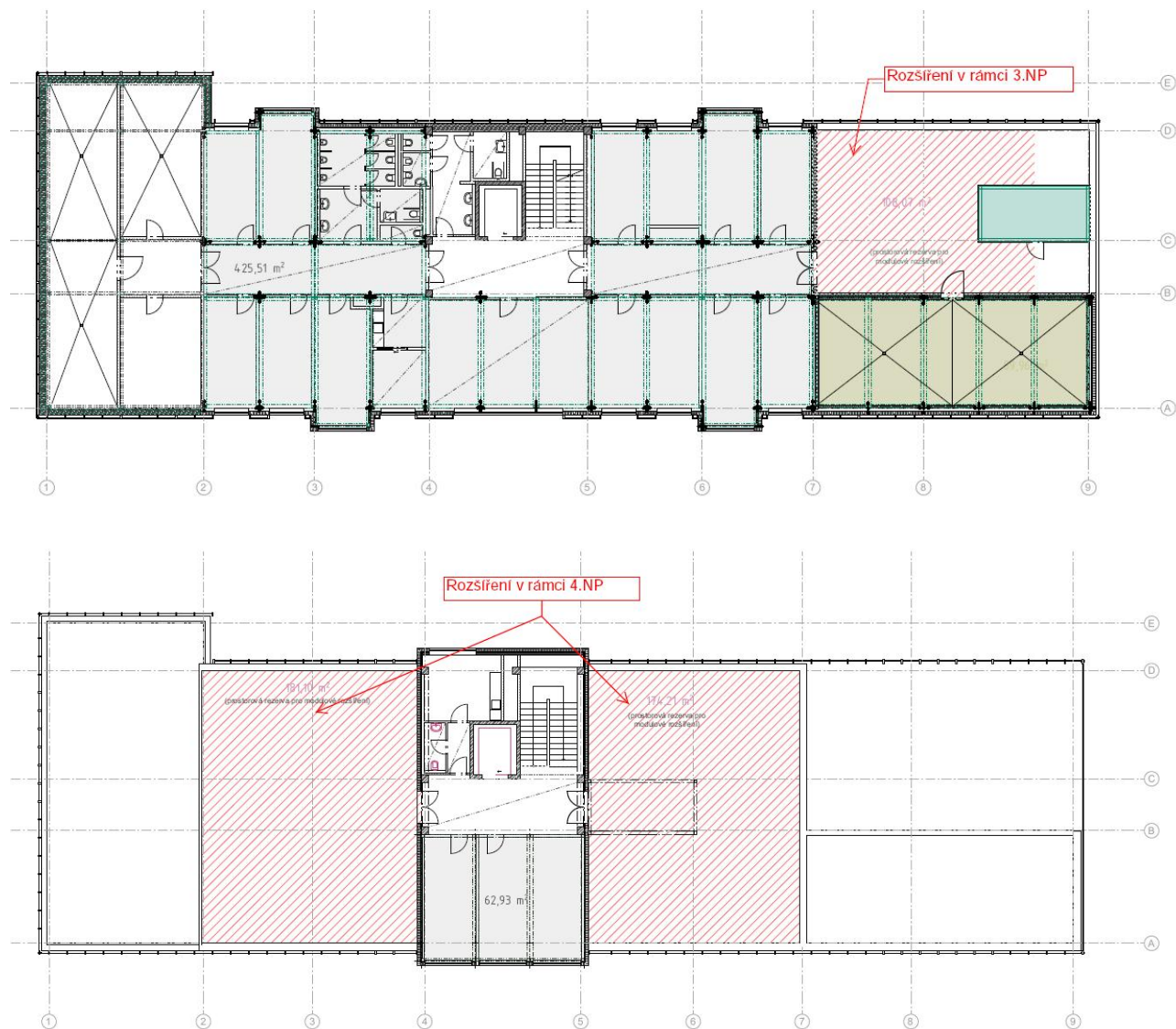
Užitné zatížení ve skladové části, strojovně VZT a venkovní zahradě

10kN/m²

Užitné zatížení chodby

5kN/m²

Ve výpočtu je zahrnuto budoucí rozšíření, tyto prostory jsou z hlediska užitného zatížení uvažovány jako kanceláře a administrativní prostory.



Obrázek 5 Schéma požadovaného rozšíření objektu

Sněhová oblast je podle ČSN EN 1991-1-3:2006 I, tedy charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 0,7$ kPa.

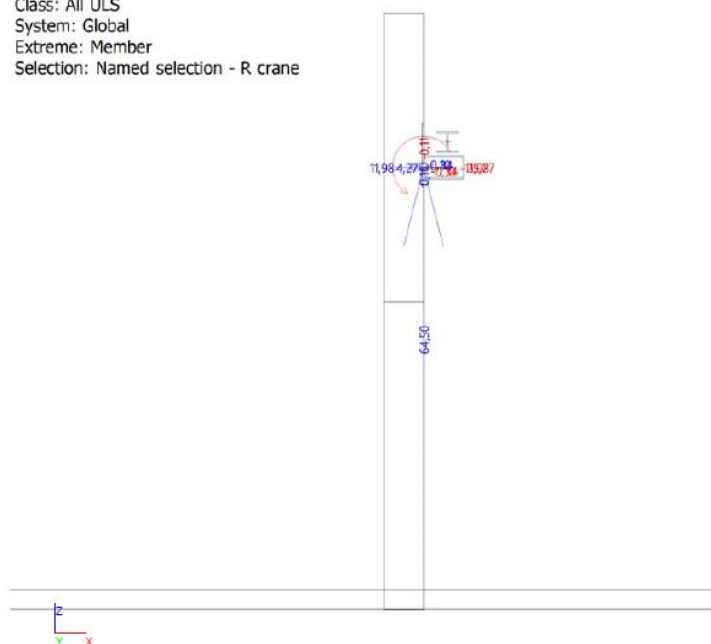
Větrná oblast je podle ČSN EN 1991-1-4:2007 II, tedy výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25$ m/s.

Zatížení od jeřábové dráhy bylo zahrnuto dle podklady zpracovatel ocelové konstrukce JD takto:

REACTIONS

Reactions; R_x; R_y; R_z; M_x; M_y; M_z

Values: $M_x, M_y, M_z, R_x, R_y, R_z$
Linear calculation
Class: All ULS
System: Global
Extreme: Member
Selection: Named selection - R crane



Reactions

Linear calculation
Class: All ULS
System: Global
Extreme: Member
Selection: Named selection - R crane

Nodal reactions

Name	Case	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [mm]	e _y [mm]
Sn85/N2721	CO1/1	0,00	0,00	4,45	0,00	-1,28	0,00	0,0	-288,4
Sn85/N2721	Rmax -/2	11,98	0,34	5,96	-0,11	4,27	0,10	-18,3	716,2
Sn85/N2721	Rmax +/3	-11,98	-0,34	64,50	0,11	-25,27	-0,10	1,7	-391,7

Obrázek 6 Reakce do sloupů od jeřábové dráhy

Zatížení a jejich kombinace byly generovány dle platných norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991

9 Výpočetní aparát - FEM výpočty

9.1 Program RENEX3D

9.1.1 Charakteristika programu

Konstrukce jako celek, její dílčí části nebo části dané postupem výstavby jsou řešeny metodou konečných prvků, konkrétně programem RENEX3D. Program RENEX3D používá řešiče a matematický aparát vyvinutý Prof. Dr. Ing. Vladimírem Kolářem DrSc., doc. Ing. Ivanem Němcem CSc. a řadou dalších statiků a

matematiků v Dopravoprojektu Brno jako programy řady NEXX. Jeho vývoj v současné době pokračuje ve firmě FEM Consulting Brno. Řešiče jsou použity i v programech řady NEXIS, ESA a Dlubal Software. Vyznačují se značnou robustností a obrovskou numerickou stabilitou. Obstojí i ve srovnání s programy jako je ANSYS, DIANA a MARC, v lecčem je dokonce předčí. Metoda konečných prvků umožňuje řešení velkých a složitých konstrukcí s prakticky libovolnými okrajovými podmínkami mj. svoji stabilitou a robustností použitých řešičů. Model používá konečné prvky v deformační variantě. Obecně lze říci, že MKP je zobecněná Ritz-Galerkinova variační metoda, užívající báze funkcí s malým kompaktním nosičem, úzce spjatým se zvoleným rozdělením řešené oblasti na konečné prvky.

Ve výpočtu jsou použity plošné 2D prvky, které v sobě zahrnují membránový a ohybový stav namáhání. Použitý model umožňuje libovolnou kombinaci popsaných 2D prvků s prvky jednorozměrnými, ale i prostorovými. Jednorozměrné, tedy prutové prvky, mohou být připojovány excentricky k střednicové rovině plošného prvku.

9.1.2 Použité prvky

Pro systém NEXX byl nejprve vyvinut vlastní trojúhelníkový prvek s maticí tuhosti řádu 27, mající v každém vrcholu všech 6 stupňů volnosti bodu Cosseratova 2D kontinua a ve středech stran po třech stupních volnosti. Průběhy rotací jsou podél stran linearizovány. K tomuto prvku byl vyvinut plně kompatibilní 1D prvek s maticí tuhosti řádu 15, což je přirozený důsledek 6 parametrů na obou koncích a 3 parametrů ve středu prvku. Lze je klasifikovat jako statické řešení Cosseratovského modelu plošné a prutové konstrukce. V dalším vývoji byly trojúhelníkové 2D prvky nahrazeny praktičtějšími čtyřúhelníkovými při zachování šíře báze funkcí. V určitých oblastech (určité okrajové podmínky, zahušťování sítě) jsou používány oba typy prvků. Systém NEXX pracuje s deformační variantou MKP a využívá výhradně kompatibilní elementy. Pro ohyb plošných i prutových prvků je možno použít jak Kirchhoffovu tak Mindlinovu teorii. Prvky byly v poslední době doplněny o analogický prostorový prvek – brick, který je s popsanými 1D a 2D prvky plně kompatibilní.

Z hlediska fyzikálních vlastností materiálů modelovaných prvků jsou úlohy řešeny jako finitní, pomocí členů matice fyzikálních konstant lze vystihnout vazby mezi napětími a deformacemi (ortotropie apod).

Pro modelování předpínací výztuže jsou použity speciální prutové prvky, které jsou k navazujícím plošným prvkům připojovány s excentricitami vyplývajícími z vertikálního trasování jednotlivých kabelů. Předpínací síla je vnášena jako poměrné přetvoření kabelu po odečtení krátkodobých ztrát (ztráty třením, pokluzem v kotvě a relaxací lana). Jsou automaticky generovány dva stavy, jeden po vnesení předpětí do konstrukce a druhý na konci uvažované životnosti konstrukce. Tím, že jsou tyto prvky pevně spjaty se zbytkem konstrukce, reagují na její deformace zvyšováním resp. snižováním napětí v lanech. Dlouhodobé ztráty, zejména ztráty dotvarováním betonu, jsou automaticky řešeny v nelineárních modulech zohledňujících nelineární pracovní diagramy betonu a oceli a vznik a rozvoj trhlin v betonu.

Pokud se týče matematického aparátu, odkazujeme zájemce na [4].

9.1.3 Použití programu

Program RENEX3D je použit pro veškeré lineární i nelineární (fyzikálně i geometricky) výpočty, dále pak pro dimenzování potřebných ploch výztuže pro 2D prvky, výpočet šířky trhliny atd. V případě použití předpínací výztuže jsou doplňkové (staticky neurčité) síly, které předpjetí na konstrukci vyvozuje, přenášeny přímo z grafických programů jako samostatné zatěžovací stavy. Byl implementován samostatný prutový prvek s excentrickým připojením, který pomocí poměrného přetvoření umožňuje řešit přesně spolupůsobení betonové konstrukce s přepínací výztuží. V případě nelineárního výpočtu i včetně ztrát přetvořením konstrukce, dotvarováním atd.

Kromě výpočtů lineárních umožňuje i lineární a fyzikálně nelineární analýzu, dynamické a stabilitní výpočty. Do systému byl implementován modul vyvinutý v RECOC, který umožňuje řešení železobetonových skořepin s uvažováním fyzikálně nelineárního chování betonového průřezu včetně vlivu dotvarování. Dále byly implementovány prvky pro výpočet sendvičových konstrukcí včetně vzdušného bríčku (modelování dvojskel apod.) a prvky pro modelování cihelného zdiva.

9.1.4 Dělení na konečné prvky

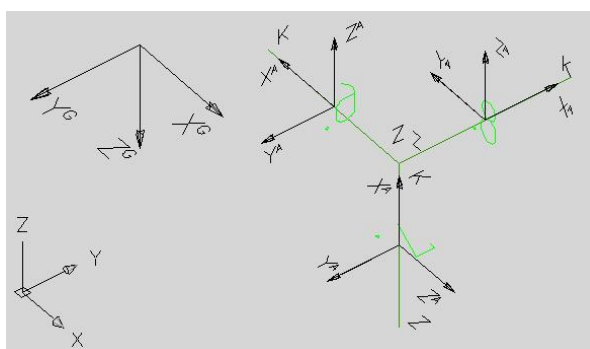
Dělení na konečné prvky se provádí automaticky generátorem. Ve výpočtech celků konstrukcí nebo jejich částí daných postupem výpočtu je základní velikost prvku jeden metr. V místech anomálií konstrukce program automaticky prvky přizpůsobuje geometrii, v místech předpokládaných lokálních zvýšení namáhání konstrukce jsou prvky zahuštěny.

Ve výpočtech subkonstrukcí a zejména konstrukcí dimenzovaných nebo řešených s ohledem na mezní stavy použitelnosti, odpovídá velikost dělení jedno až dvojnásobku tloušťky dotčených prvků. Stropní desky jsou dimenzovány na patrovém výseku. Vertikální nosné konstrukce pod i nad deskou jsou redukovány na polovinu jejich výšky a opatřeny na koncích kloubovými podporami. Jedná se pochopitelně o určité zjednodušení, ale ve většině praktických příkladů vnáší do výpočtu minimální chybu. Konstrukce, u nichž toto zjednodušení nelze použít, jsou řešeny na celkovém modelu s patřičně zjemnělou sítí konečných prvků. U patrových výseků jsou sloupy modelovány buďto pomocí bricků, nebo je do desky vložen deskový prvek půdorysných rozměrů rovných průřezu sloupu s výrazně zvýšenou tuhostí, tak aby byla potlačena teoretická konvergence vnitřních sil k nekonečnu v lomových bodech. Tyto makroprvky neprobíhají procesem dimenzování.

Pro odladění hustoty dělení byla firmou RECOC provedena celá řada kontrolních výpočtů.

9.1.5 Souřadnicové systémy

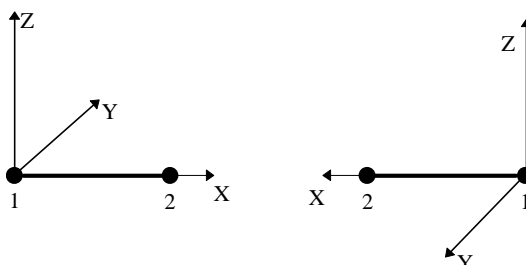
Konstrukce je modelována v globálním souřadnicovém systému – X^G, Y^G, Z^G .



Obrázek 7 Globální souřadný systém

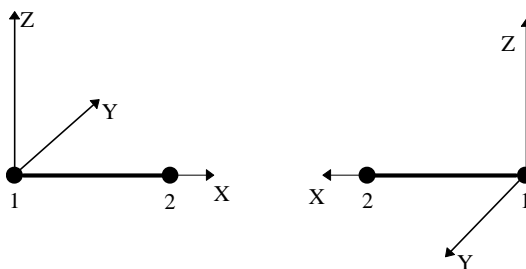
Pro každý prutový prvek je zaveden lokální souřadný systém – X^L, Y^L, Z^L . Ty jsou definovány následovně:

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou X:



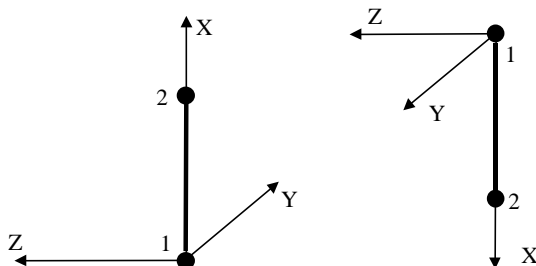
Obrázek 8 Axíální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



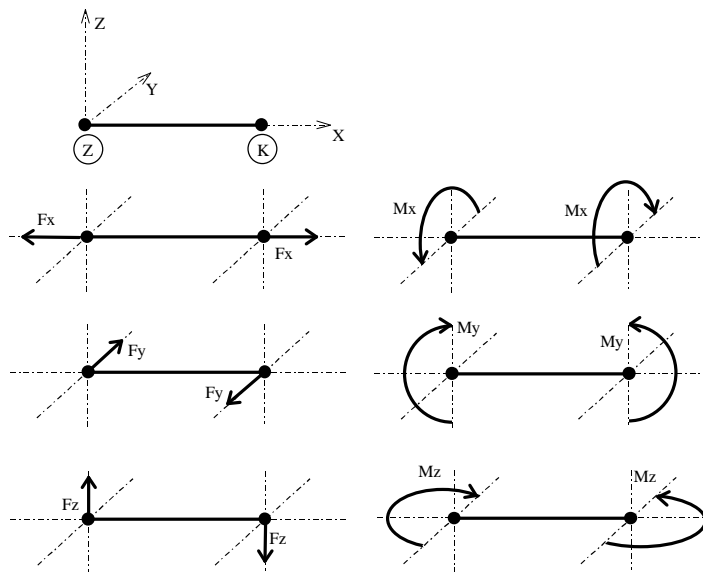
Obrázek 9 Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



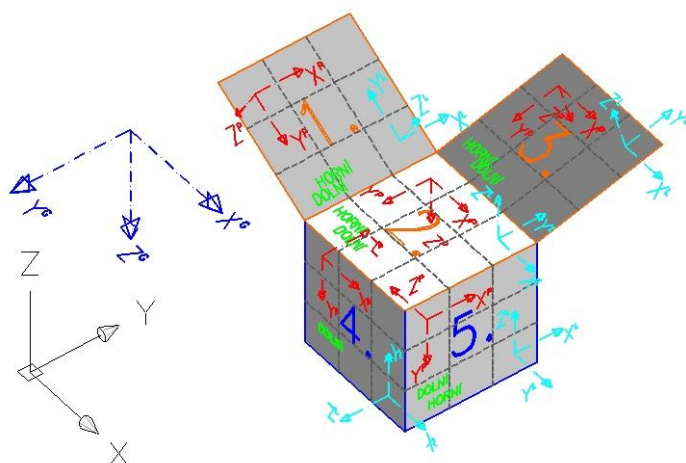
Obrázek 10 Axiální souřadný systém prutů

Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



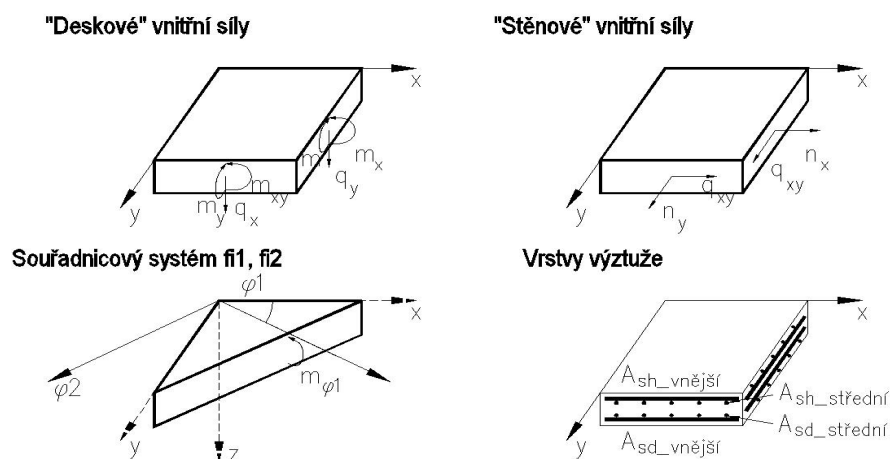
Obrázek 11 Konvence vnitřních sil na prutech

Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém - planární – X^p , Y^p , Z^p , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.



Obrázek 12 Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

Znaménková konvence a značení vnitřních sil a poloh výztuže je tato:



Obrázek 13 Konvence vnitřních sil na plošných prvcích

9.1.6 Interakce s podložím

Pro interakci se základovou půdou používá RENEX3D dvouparametrické Pasternakovo podloží. Hodnoty c_1 a c_2 jsou generovány pomocí iteračních výpočtů v souladu s postupy použitými v programu SOILIN. Pilotové základy jsou modelovány pomocí pérových konstant, daných výpočtem piloty s ohledem na její sedání. V některých případech jsou modelovány kloubovými podporami. Piloty, stejně jako další geotechnické konstrukce, jsou řešeny pomocí programů FINE.

9.1.7 Zatížení a jejich kombinace

Zatížení je buďto generováno automaticky – vlastní tíha konstrukce - (v provozních hodnotách) nebo zadáváno (v provozních nebo extrémních hodnotách). Hodnoty stálých zatížení jsou počítány v tabulkovém procesoru Excel, užitná nepodkračují příslušné normové hodnoty, jejich skutečná hodnota se řídí požadavky klienta a technologů. Zatížení je možné zadávat silové plošné konstantní velikosti nebo s lineárním nárůstem, liniové a bodové silové nebo momentové a zatížení poměrnými přetvořeními.

V patrových výsecích jsou z celoplošného užitého zatížení automaticky generovány dva systémy šachovnicového zatížení a čtyři systémy zatížení pruzích.

Kombinace (obalové plochy zatěžovacích stavů) vystihují nejnepříznivější kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů na konstrukci nebo její části podle účelu příslušného výpočtu.

Dimenzovací programy pracují obecně s obalovou plochou kombinací.

Program umožňuje automatické generování kombinací zatěžovacích stavů definovaných symbolickými rovnicemi v EC. V ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6,9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Bližší viz samostatná kapitola Zatěžovací stavy a jejich kombinace.

9.2 Nelineární výpočty

Systém umožňuje celou řadu nelineárních výpočtů. Je to zejména interakce vrchní stavby s podložím, kdy program doiterovává parametry zeminy v závislosti na geologických poměrech a kontaktním napětí v základové spáře včetně vyloučení tahu v ní.

Dále jsou to fyzikálně nelineární výpočty železobetonových skořepin s uvažováním pracovních diagramů betonu i oceli a s uvažováním vlivu dotvarování, rozvoje a šířky trhlin (tento modul byl vyvinut a odladěn v RECOC, spol. s r.o. ve spolupráci s FEM Consulting s.r.o. a Dlubal Software GmbH.). Systém pracuje s tzv. rozmazanými trhlínami, předikuje tedy jen možnost vzniku trhliny, její případnou šířku a hloubku a výpočtovou vzdálenost. Šířka trhliny je počítána nejen podle ČSN EN 1992-1-1, ale i podle řady dalších metodik. Tímto výpočtem je možné zjistit i namáhání betonu v průřezu, napětí v tažené i tlačené výztuži, vlivu tzv. Tension Stiffening atd.

Do modulu je implementováno i dotvarování, opět primárně podle ČSN EN 1992-1-1, ale i podle modelu B3 Prof. Z. P. Bažanta a jeho spolupracovníků.

Zdivo jako nosný materiál je také možno řešit nelineárně, a to stanovením různých tuhostí materiálu ve směrech ortotropie. Program automaticky kontroluje dosažení hlavního tahu a podle směru hlavních napětí stanovuje směry ortotropie s nulovými prvky v matici tuhosti prvku ve směru tahu.

Dále je možno řešit pruty s vyloučeným tahem či tlakem a vzdušné brčky, lana, membrány atd.

Konstrukce mohou být řešeny v deformovaném tvaru – tedy geometricky nelineárně.

Nelineární výpočty používají několik výpočtových metod, jejich popis přesahuje rámec zprávy. Jsou možné prakticky libovolné kombinace různých druhů nelinearit.

9.2.1 Algoritmus dimenzování skořepinových prvků

Plošné skořepinové prvky je možno dimenzovat pomocí vestavěného dimenzovacího modulu. Postup dimenzování je následující.

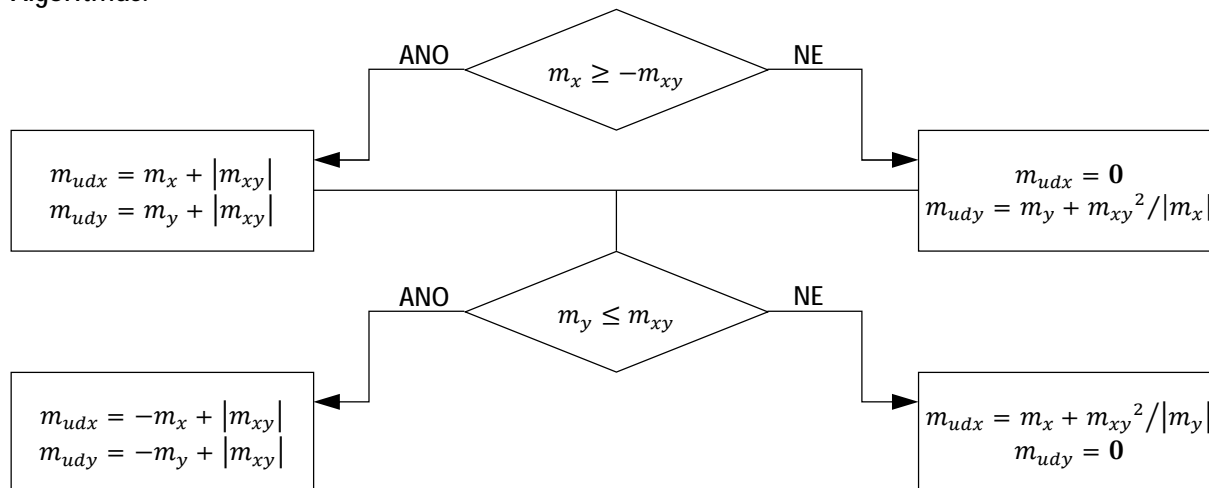
Na základě výpočtu vnitřních sil příslušné kombinace (jedná se o obalové plochy, tedy i kombinace z kombinací) jsou vypočteny vnitřní síly (n_x , n_y , q_{xy} , m_x , m_y , m_{xy} , q_x , q_y)^P. První trojice popisují membránovou resp. rovinnou napjatost, další tři ohyb a kroucení v desce a poslední dvě příčný smyk. Z těchto vnitřních sil jsou podle algoritmu uvedeného v Chyba! Nenalezen zdroj odkazů. spočteny tzv. dimenzování vnitřní síly (pokud není směr výztuže totožný se směry planárního souřadného systému prvku, provede se nejprve transformace vnitřních sil ze systému planárního do souřadného systému definovaného směrem výztuže). Dimenzační ohybové momenty (bližší viz str. 109 a následující manuálu RENEX3D, resp. Appendix 2) jsou spočteny jak pro horní, tak dolní líc skořepiny pro oba směry výztuže. Naprosto analogicky se počítají dimenzační normálové síly v membránové části. Dále jsou zavedeny veličiny normálové síly v rovinách jednotlivých vrstev výztuže, jejich velikosti jsou spočteny podle jednoduchého statistického principu $n^P = +m/r + n/2$, resp. $n^P = -m/r + n/2$. Tyto veličiny mohou být vykresleny jako normálové síly n_{ij} , kde $i = 1, 2, 3$ značí číslo vrstvy výztuže od povrchu a $j = h, d$ pro horní a dolní povrch. Tyto normálové síly děleny pevností betonářské výztuže R_{sd} , resp. f_{yd} potom dávají plochy potřebné betonářské výztuže.

Program umožňuje vykreslit jak veškeré uvedené veličiny, tak přímo potřebné plochy betonářské výztuže v cm^2/m , ale i v podobě počtu profilů definované oceli na běžný metr nebo rozteč vložek zadaného průměru.

Kromě ploch potřebné výztuže jsou označeny prvky, které z různých důvodů nelze dimenzovat s vypsáním důvodu. Tyto údaje je nutné brát s rezervou v místě singularit.

Popis všech algoritmů viz Appendix manuálu RENEX3d nebo teoretické manuály FEM Consultingu Brno.

Algoritmus:



Požadované výpočtové momenty lze určit také z rovnic:

$$\begin{aligned} m_{udx} &= m_x + \gamma \cdot |m_{xy}| & m_{udx}' &= -m_x + \gamma' \cdot |m_{xy}| \\ m_{udy} &= m_y + \frac{1}{\gamma} \cdot |m_{xy}| & m_{udy}' &= -m_y + \frac{1}{\gamma'} \cdot |m_{xy}| \end{aligned}$$

přičemž γ a γ' jsou součinitele, které se volí tak, aby rovnice dávaly hodnoty mezi polovinou a dvojnásobkem hodnot určených podle vývojového diagramu.

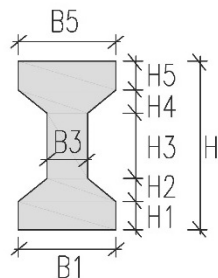
Schopnost průřezu odolávat dané kombinaci momentů je dostatečná, jsou-li splněny tyto podmínky:

$$\begin{aligned} -(m_{udx} - m_x) \cdot (m_{udy} - m_y) + m_{xy}^2 &\leq 0 & -(m_{udx} + m_x) \cdot (m_{udy} + m_y) + m_{xy}^2 &\leq 0 \\ m_x &\leq m_{udx} & m_y &\leq m_{udy} \\ m_x &\geq -m_{udx} & m_y &\geq -m_{udy} \end{aligned}$$

9.2.2 Schémata uživatelsky definovaných průřezů

ÍČKO ZOBECNĚNÉ

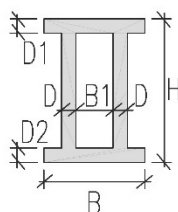
H/B_{max} (H5;H4;H3;H2;H1/B5;B3;B1)



II-PROFIL

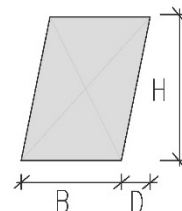
B/H (D;B1;D1;D2)

tenkostěnný průřez



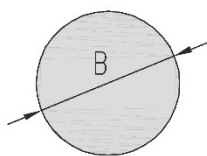
KOSODÉLNÍK

B/H/D



KRUH

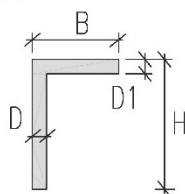
B



L-PROFIL

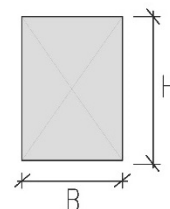
B/H (D;D1)

tenkostěnný průřez



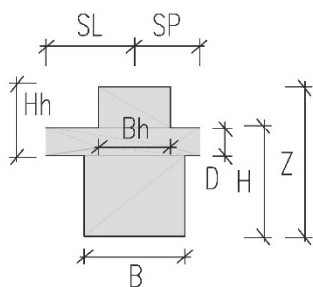
OBDELNÍK

B/H



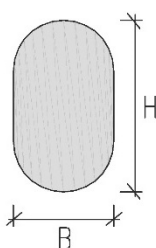
OBDELNÍK V DESCE

B_{max}/Z/D (B_h;B/H_h;H) [SL/SP]



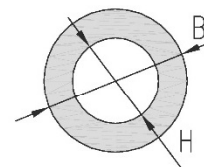
OVÁL

B/H



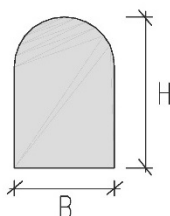
PRSTENEC

B/H



PŮLOVÁL

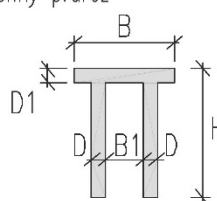
B/H



TT-PROFIL

B/H (D;B1;D1)

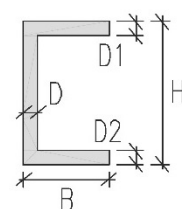
tenkostěnný průřez



U-PROFIL

B/H (D;D1;D2)

tenkostěnný průřez



Obrázek 14 Uživatelsky tvořené průřezy

9.3 Programy FINE EC

9.3.1 Charakteristika programu

Programový systém FINE je soubor programů určených pro statické a dynamické výpočty rovinných či prostorových prutových konstrukcí a jejich dimenzování. Řada programů řeší problémy analyticky, část metodou konečných prvků. Veškeré posudky jsou prováděny v souladu s platnými ČSN EN.

10 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

10.1 Kombinace podle metodiky EN 1990:2004

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v trvalých a dočasných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.4 a 2.5:

Pozn.:

Složené závorky „{}“ představují výběrovou množinu, z níž je do kombinace vybírán vždy nejvíce nepříznivý účinek požadované veličiny.

- a) EQU – ztráta statické rovnováhy konstrukce - tab. A1.2(A)(CZ)

$$\begin{aligned} 1,1G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ 0,9G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10})$$

- b) STR – porucha, o níž rozhoduje pevnost konstrukčního materiálu - tab. A1.2(B)(CZ) -1 (bez geotechnických zatížení)

$$\begin{aligned} 1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} 1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

- c) GEO – porucha, o níž rozhoduje odolnost základové půdy - tab. A1.2(B)(CZ), A1.2(C)(CZ) (obsahuje geotechnická zatížení)

$$1,00G_{kj,\text{sup/inf}} + \{1,3Q_{k,1};0\} + \{1,3y_{0,i}Q_{k,i};0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$\begin{aligned} 1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} 1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v seizmických návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{g_I A_{Ek}; A_{Ed}\} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.12a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v mimořádných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + A_d + \{y_{1,1}; y_{2,1}\} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.11a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů použitelnosti dle ČSN EN 1990 čl. A1.4, tabulka A1.4:

d) Charakteristická

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + Q_{k,1} + y_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.14})$$

e) Častá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + y_{1,1} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.15})$$

f) Kvazistálá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + y_{2,1} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.16})$$

Zatížení je ve smyslu ČSN EN podle proměnnosti v čase klasifikováno takto:

G	– stálá zatížení,
S	– geotechnická stálá,
P	– zatížení od předpětí (stálá))
Q	– proměnná zatížení
A	– mimořádná zatížení
$G_{k,j,\text{sup}}$	– horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
$G_{k,j,\text{inf}}$	– dolní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (5% kvantil)
$Q_{k,1}$	– charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
$Q_{k,i}$	– charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
y_0	– součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
y_1	– součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
y_2	– součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení	y_0	y_1	y_2
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy; tíha vozidla $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy; $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem, stavby umístění $H > 1000\text{m n. m.}$	0,7	0,5	0,2
Zatížení sněhem, stavby umístění $H \leq 1000\text{m n. m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem	0,6	0,2	0

Zatížení teplotou (ne od požaru)	0,6	0,5	0
----------------------------------	-----	-----	---

10.2 Názvy zatěžovacích stavů a kombinací v programu RENEX 3D

Názvy zatěžovacích stavů jsou programem generovány s prefixem, který charakterizuje způsob automatického nakládání s příslušným zatěžovacím stavem v rámci symbolických rovnic podle ČSN EN.

Název zatěžovacího stavu má formát: **ABBC_jméno**

- A** – typ zatížení podle EC (*G* – stálá zatížení, *S* – geotechnická stálá, *P* – zatížení od předpětí (stálá), *Q* – proměnná zatížení, *A* – mimořádná zatížení)
- BB** – pořadové číslo v typu zatížení *A*
- C** – kategorie proměnných zatížení podle výše uvedené tabulky
- _** – oddělovací znak
- Jméno** – uživatelem definovaný název zatěžovacího stavu

Kombinace jsou generovány automaticky podle uživatelem zvolené symbolické rovnice. Název kombinace má opět automaticky generovaný prefix, který umožňuje kontrolu, o jaký typ symbolické rovnice se jedná.

Název kombinace má formát: **AABBB_C_jméno**

- AA** – typ kombinace (pro MSÚ jsou to: *TD* – trvalá a dočasná, *MI* – mimořádná, *SE* – seismická, pro MSP jsou to: *CH* – charakteristická, *CA* – častá, *KV* – kvazistálá),
- BBB** – typ porušení dle 6.4.1 jen pro MSÚ (*EQU* – ztráta stability, *STR* – porucha, kde rozhoduje pevnost materiálů, *GEO* – porucha nebo nadměrná deformace základové půdy, *FAT* – není předmětem této normy, zadává se uživatelsky – viz následující odstavec.
- _C** – postup výpočtu, používá se pouze při výpočtech pro MSÚ. U rovnic typu *EQU* se postupuje vždy podle tab. A1.2(A)(CZ), u kombinací typu *STR_1* podle tab. A1.2(B)(CZ) výraz 6.10a a u *STR_2* podle tab. A1.2(B)(CZ) výraz 6.10b, u kombinací typu *GEO_1* podle tab. A1.2(C)(CZ), *GEO_2* podle tab. A1.2(B)(CZ) výraz 6.10a, *GEO_3* podle tab. A1.2(B)(CZ) výraz 6.10b, *GEO_4* podle tab. A1.2(C)(CZ)+ A1.2(B)(CZ) výraz 6.10a. Hodnoty příslušných součinitelů γ jsou uvedeny v následující tabulce. Kombinace typu *MI_1* a *MI_2* se liší použitím součinitelem γ_1 nebo podle tab. A1.3(CZ) výraz 6.11a/b.

U kombinací pro MSP jsou použity znaky **_**.

- _** – oddělovací znak
- Jméno** – uživatelem definovaný název kombinace

	$\gamma_G -$	$\gamma_G +$	$\gamma_S -$	$\gamma_S +$	γ_Q	γ_P	γ_A
TDEQU__	1,100	0,900	1,100	0,900	1,050	1,200	-
TDSTR_1	1,350	1,000	1,350	1,000	1,500	1,200	-
TDSTR_2	1,148	1,000	1,148	1,000	1,500	1,200	-
TDGEO_1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,300	1,100	-
TDGEO_2	1,350	1,000	1,350	1,000	1,500	1,200	-
TDGEO_3	1,148	1,000	1,148	1,000	1,000	1,000	-
TDGEO_4	1,350	1,000	1,000	1,000	1,5/1,3	1,000	-

Poznámka: *Symbol – značí nepříznivý účinek daného zatížení, + příznivý,
Hodnota 1,148 je součinem 1,35*0,85*

10.3 Uživatelem definované kombinace

Uživatelem definované kombinace mohou definovat kombinace libovolných zatěžovacích stavů a/nebo již dříve definovaných kombinací. Názvy zatěžovacích stavů

Kombinace jsou v opisu vstupních dat vypisovány v následujícím formátu (ilustrační příklad):

Výpis zatěžovacích stavů:

U___STALE1
U___STALE2
U___STALE3
U___STALE3
U___UZITNE1
U___UZITNE2
U___UZITNE3
U___UZITNE4
U___UZITNE5
U___UZITNE6

Výpis kombinací:
Kombinace: KOMB 1

Zatěžovací stav:	Součinitel	Typ	Skupina
G00 VLASTNÍ TÍHA	1,35	Stálé	
U___STALE1	1,35	Stálé	
U___STALE2	1,35	Stálé	
U___STALE3	1,35	Stálé	
U___STALE3	1,35	Stálé	
U___UZITNE1	1,50	Nahodilé	SKUPINA1
U___UZITNE2	1,50	Nahodilé	SKUPINA1
U___UZITNE3	1,50	Nahodilé	SKUPINA2
U___UZITNE4	1,50	Nahodilé	SKUPINA2
U___UZITNE5	1,50	Nahodilé	
U___UZITNE6	1,50	Nahodilé	

Poznámka: V příkladu je použit u zatěžovacích stavů prefix U___ - tedy uživatelsky kombinovaný zatěžovací stav. Ten není zpracováván předpisy podle předchozího odstavce. I tyto zatěžovací stavy mohou být označeny podle předchozího odstavce – zvyšuje to přehlednost.

Ve výpisu popsaná kombinace znamená:

Stavy označené jako stálé zatížení vstupují do kombinace vynásobené uvedeným součinitelem.

Stavy označené jako nahodilé zatížení a nezařazené do skupiny vstupují do kombinace vynásobené uvedeným součinitelem každý samostatně podle toho, zda působí nepříznivě pro definovanou veličinu – vnitřní sílu, deformaci atd.

Stavy označené jako nahodilé zatížení a zařazené do skupiny vstupují do kombinace vynásobené uvedeným součinitelem pouze tehdy, působí-li nejnepříznivěji pro definovanou veličinu – vnitřní sílu, deformaci atd. ze všech stavů ve stejné skupině. Do výsledků jde tedy maximálně jeden zatěžovací stav z definované skupiny. Symbolickou rovnicí lze tuto kombinaci zapsat následujícím způsobem:

$$\sum_1^3 1,3 * U_STALE_i + 1,5 * \{U_UZITNE1; U_UZITNE2; 0\} + 1,5 * \{U_UZITNE3; U_UZITNE4; 0\} + 1,5 * \{U_UZITNE5; 0\} + 1,5 * \{U_UZITNE6; 0\}$$

Poznámka.: Složené závorky „{}“ představují výběrovou množinu, z níž je do kombinace vybírán vždy jen jeden nejvíce nepříznivý účinek požadované veličiny.

11 Komentář ke grafickým výstupům

11.1 Fyzikální vlastnosti

Barevnými poli jsou zobrazeny příslušné vlastnosti. Příslušný rozměr (vlastnost) je uveden v paletě.

H – tloušťka prvku v m

Průřezy – je uveden geometrický tvar průřezu a rozměry v mm

11.2 Zatížení

Barevnými poli jsou zobrazeny příslušné intenzity zatížení pro dané oblasti nebo prvky v závislosti na zatěžovacích stavech. Pro každý zatěžovací stav je uvedeno samostatné schéma. Místa, kde se zatížení v daném zatěžovacím stavu nevyskytuje, jsou ponechána bez barevného označení. Velikost zatížení je uvedena v paletě v kN/m^2 , kN/m případně kN .

11.3 Výstupy – mezní stavy únosnosti (MSÚ)

Výsledky jsou generovány lineárními výpočty.

Deformace UzG – svislá deformace v globálním souřadném systému (osa Zg směřuje dolů), údaje v mm.

Kontaktní napětí – svislé normálové napětí v základové spáře pod deskou, údaje v MPa

MxD(d) – dimenzovací moment Mx při dolním povrchu desky – viz algoritmus z odstavce 9.2.1, jsou uváděny vždy maximální a minimální hodnoty, údaje v kNm/m . MyD(d), MxD(h) a MyD(h) analogicky ve směru My a obě hodnoty u horního povrchu.

Horní vnější – staticky nutná plocha výztuže u horního líce desky ve směru číselných os, blíž k povrchu.

Horní střední – staticky nutná plocha výztuže u horního líce desky ve směru písmenných os.

Dolní vnější – staticky nutná plocha výztuže u dolního líce desky ve směru číselných os, blíž k povrchu.

Horní střední – staticky nutná plocha výztuže u dolního líce desky ve směru písmenných os.

Staticky nutná výztuž je vypočtena v závislosti na příslušném dimenzovacím momentu a analogicky určené dimenzovací normálové síle (má význam třeba při uvažování vlivu smršťování). Tato průřezová plochy výztuže zajišťuje, že průřez vyhoví z hlediska MSÚ na danou kombinaci zatížení.

V levé dolní části je vypsána kombinace zatížení včetně součinitelů zatížení a typu, pro kterou jsou výsledky publikovány.

11.4 Výstupy – mezní stavy použitelnosti

Výsledky jsou generovány nelineárními výpočty.

Deformace UzG – svislá deformace v globálním souřadném systému (osa Zg směřuje dolů), údaje v mm. Oproti hodnotě z lineárního výpočtu jsou zde zohledněny nelineární pracovní diagramy betou v tahu a tlaku a výztuže a také vznik a rozvoj trhlin v betonu.

11.5 Postup výpočtu

Pro návrh nosné konstrukce byl sestaveny tyto výpočetní modely:

1. Celkový výpočetní prostorový model aktuálního stavu (bez nadstavby) na pevných podporách pro generování vnitřních sil na svislých a vodorovných prvcích, ověření celkové mechanické odolnosti a stability konstrukce. Vnitřní síly jsou použity k dimenzování vodorovných i svislých konstrukcí 1.NP-4.NP.

2. Celkový výpočetní prostorový model se zahrnutím nadstavby na pevných podporách pro generování vnitřních sil na svislých prvcích a návrh založení. Vnitřní síly jsou použity k dimenzování svislých konstrukcí 1.NP-4.NP a reakce k návrhu hlubinného založení.

12 Závěr

Konstrukce jsou obecně navrženy v souladu se souborem platných norem ČSN a vyhovují všem jejich ustanovením jak z hlediska mezních stavů únosnosti (mechanická odolnost a stabilita konstrukce), tak z hlediska mezních stavů použitelnosti (deformace, trhliny). Současně jsou navrženy s ohledem na maximální možnou hospodárnost a z toho vyplývajícího vlivu na životní prostředí.

V Ostravě dne 13.5.2021

Ing. Hana Šeligová
Autorizovaný inženýr
pro statiku a dynamiku
ČKAIT 1102172

13 Seznam obrázků

Obrázek 1	Výpočetní model nosné konstrukce-bez nadstavby	6
Obrázek 2	Výpočetní model nosné konstrukce – včetně nadstavby	6
Obrázek 3	Dokumentace geologických vrtů	8
Obrázek 4	Dokumentace geologických vrtů	9
Obrázek 5	Schéma požadovaného rozšíření objektu	12
Obrázek 6	Reakce do sloupů od jeřábové dráhy	13
Obrázek 7	Globální souřadný systém	15
Obrázek 8	Axiální souřadný systém prutů	15
Obrázek 9	Axiální souřadný systém prutů	16
Obrázek 10	Axiální souřadný systém prutů	16
Obrázek 11	Konvence vnitřních sil na prutech	16
Obrázek 12	Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků	17
Obrázek 13	Konvence vnitřních sil na plošných prvcích	17
Obrázek 14	Uživatelsky tvořené průřezy	20

14 Seznam příloh

Příloha 1	Zatížení
Příloha 2	Statický výpočet – vstupy, geometrie, zatížení
Příloha 3	Statický výpočet – deformace stropních desek, reakce
Příloha 4	Statický výpočet – svislé konstrukce - vnitřní síly, posouzení
Příloha 5	Statický výpočet – vodorovné konstrukce - vnitřní síly, plochy výztuže
Příloha 6	Statický výpočet – vodorovné konstrukce - posudky
Příloha 7	Statický výpočet – nadstavba – vstupy, geometrie, zatížení
Příloha 8	Statický výpočet – nadstavba – reakce
Příloha 9	Statický výpočet – nadstavba – svislé konstrukce
Příloha 10	Statický výpočet – návrh pilotového založení

