



**BStruktura s.r.o., Statická kancelář**

28. ŘÍJNA 864/273 | 709 00 | OSTRAVA

IČ: 19846711 | DIČ: CZ19846711

TEL. +420 596 632 476

E-MAIL: [kalvoda@bstruktura.cz](mailto:kalvoda@bstruktura.cz) | [seligova@bstruktura.cz](mailto:seligova@bstruktura.cz)

[info@bstruktura.cz](mailto:info@bstruktura.cz) | [www.bstruktura.cz](http://www.bstruktura.cz)

## STATICKÝ VÝPOČET

### Budova CPIT TL4 v areálu Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava

#### D.1.1.2. STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Objednatel:	Energy Benefit centre a.s. Křenova 438/3 162 00 Praha 6
Zpracovatel:	BStruktura s r.o 28. října 867/273 709 00 Ostrava
Stupeň:	Dokumentace pro provedení stavby
Datum:	Červen 2024
VYPRACOVAL:	Ing. Z. Kalvoda
KONTROLOVAL:	Ing. H. Šeligová
Dokument č.:	D.1.2.03

# Obsah

1	Soubor použitých norem a literatury	3
1.1	Řada norem ČSN	3
1.2	Technická pravidla České betonářské společnosti ČBSI	3
1.3	Zákony a vyhlášky	3
4	Uvažovaná zatížení	4
5	Použité materiály	6
5.1	Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206)	6
5.2	Měkká výztuž podle ČSN EN 1992-1-1	7
6	Charakteristika nosné konstrukce	7
6.1	Funkce a tvar budov	7
6.2	Nosná konstrukce	7
7	Výpočetní aparát – FEM výpočty	8
7.1	Postup výpočtu	8
7.1.1	Charakteristika programu	8
7.1.2	Použité prvky	8
7.1.3	Použití programu	9
7.1.4	Dělení na konečné prvky	9
7.1.5	Souřadnicové systémy	9
7.1.6	Interakce s podložím	11
7.1.7	Zatížení a jejich kombinace	11
7.1.8	Schéma uživatelsky definovaných průřezů	13
7.1.9	Hromadné posudky tyčových prvků	14
7.2	Programy FINE – geotechnické programy GEO 5	15
7.2.1	Charakteristika programu	15
7.2.2	Návrhové přístupy	15
7.2.3	Součinitelé výpočtu	15
7.2.4	Návrhové situace	15
7.2.5	Výpočty opěrných konstrukcí	15
7.2.6	Výpočty základů	15
7.2.7	Použití programu	16
7.3	Programy FINE EC	16
7.3.1	Charakteristika programu	16
8	Zatěžovací stavy a jejich kombinace	16
8.1	Kombinace podle metodiky EN 1990:2004	16
8.2	Názvy zatěžovacích stavů a kombinací v programu RENEX 3D	17
8.3	Uživatelsky definované kombinace	18
9	Komentář ke grafickým výstupům	20
9.1	Fyzikální vlastnosti	20
9.2	Zatížení	20
9.3	Výstupy – mezní stavy únosnosti (MSÚ)	20
9.4	Výstupy – mezní stavy použitelnosti	20
10	Závěr	21
	Seznam příloh	22

# 1 Soubor použitých norem a literatury

## 1.1 Řada norem ČSN

ČSN 73 0038:2014	Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN 73 1201:2010	Navrhování betonových konstrukcí pozemních 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
ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – <a href="#">oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed.A; ed. 2</a>
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – <a href="#">oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed.A</a>
ČSN EN 1991-1-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru - <a href="#">oprava 1, 2, 3; NA ed.A</a>
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – <a href="#">oprava 1; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed.A; ed.2 – změna A1</a>
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – <a href="#">oprava 1, 2, 3; změny Z1, Z2, Z3; NA ed.A - změna A1; ed. 2</a>
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou – <a href="#">oprava 1, 2; změny Z1, Z2; NA ed.A</a>
ČSN EN 1991-1-6	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění – <a href="#">oprava 1, 2; změny Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed.A</a>
ČSN EN 1991-1-7	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení – <a href="#">oprava 1; změny A1, Z1; NA ed.A</a>
ČSN EN 1992-1-1	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – <a href="#">oprava 1, 2; změny A1, Z1, Z2, Z3; ed. 2 – změna A1, Z1; NA ed.A</a>
ČSN EN 1992-1-2	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – <a href="#">oprava 1; změna NA ed.A</a>
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce – <a href="#">Na ed.A</a>
ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – <a href="#">oprava 1; změna Z1; NA ed.A; ed.2</a>
ČSN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí – <a href="#">oprava 1; NA ed.A</a>
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 ČBSI

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, Benefit Energy centre a.s.
- [2] Inženýrsko-geologické posouzení staveniště Ing. L. Vlk, 04/2022.
- [3] FEM, principy a praxe metody konečných prvků | Kolář V., Němec I., Kanický V. | a navazující manuály k programům NEXX.
- [4] ČSN P ENV 1992-1-1, část 1.1, čl. A 2.9, str. 334-338
- [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, © BStruktura, spol. s r.o.

## 4 Uvažovaná zatížení

Zatížení jsou uvažována podle podkladů převzatých z [1] a z příslušných norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7. Přehled zatížení je uveden v příloze tohoto výpočtu.

Stálá zatížení byla vypočtena podle podkladu [1] – viz přílohy statického výpočtu.

Užitná zatížení byla převzata normovými hodnotami z Tabulky 6.2(CZ), 6.8(CZ) a 6.10(CZ) ČSN EN 1991-1-1. Tíhy přemístitelných příček byly přidány do užitného 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 <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>kategorie A</b>		
– stropní konstrukce	1,5	2,0
– schodiště	3,0	2,0
– balkóny	3,0	2,0
<b>kategorie B</b>	2,5	4,0
<b>kategorie C</b>		
– 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
<b>kategorie D</b>		
– D1	5,0	5,0
– D2	5,0	7,0

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

Kategorie dopravních ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [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 užiténých zatížení střeš kategori 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) – Užiténá zatížení střeš kategori H**

Střeš	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [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 <sup>1)</sup>
Kategorie F	viz příloha B
Kategorie G	viz příloha B

<sup>1)</sup> Tato hodnota se u užiténých ploch kategori E považuje za hodnotu minimální, podle způsobu používání se zvyšší.

Sněhová oblast je podle ČSN EN 1991-1-3:2006 II, tedy charakteristická hodnota zatížení sněhem  $s_k = 1,0 \text{ kPa}$ .  
Větrná oblast je podle ČSN EN 1991-1-4:2007 II, tedy výchozí základní rychlost větru  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ .  
Teplotní zatížení se řídí zejména Tabulkou 5.1(CZ) normy ČSN EN 1991-1-5:2005.

Tabulka 5.2(CZ) – Informativní teploty  $T_{out}$  u nadzemních částí pozemních staveb

Období	Významný vliv		Teplota $T_{out}$ ve °C	
			S, V, SV	J, Z, JZ a H
léto	relativní pohltivost v závislosti na barvě povrchu	0,5 povrch jasně světlý	$T_{max} + 0$ °C	$T_{max} + 18$ °C
		0,7 povrch světle zbarvený	$T_{max} + 2$ °C	$T_{max} + 30$ °C
		0,9 povrch tmavý	$T_{max} + 4$ °C	$T_{max} + 42$ °C
zima			$T_{min}$	
POZNÁMKA: Hodnoty maximální (minimální) teploty vzduchu ve stínu $T_{max}$ ( $T_{min}$ ) se pro místo stavby určí z národních map izoterm.				

Tabulka 5.3(CZ) – Informativní teploty  $T_{out}$  pro podzemní části pozemních staveb

Období	Hloubka pod úrovní terénu	Teplota $T_m$ ve °C
léto	menší než 1 m	$T_6 = 10$ °C
	větší než 1 m	$T_7 = 5$ °C
zima	menší než 1 m	$T_8 = -6$ °C
	větší než 1 m	$T_9 = -3$ °C

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

- Stálé zatížení představuje vlastní tíha konstrukce automaticky generovaná programem z průřezových charakteristik a z průměrné objemové hmotnosti použitého materiálu.
- Ostatní stálé zatížení ve svislém směru je reprezentováno skladbami kompletačních konstrukcí, viz přílohy statického výpočtu.
- Užitná zatížení:
  - přetížení zatížení zemním tlakem od těžké techniky – 5,0 kN/m<sup>2</sup> (kategorie G)
  - plošné zatížení v kancelářích – 2,5 kN/m<sup>2</sup> + od přemístitelných příček 1 kN/m<sup>2</sup> v místě hygienických prostor 1,5 kN/m<sup>2</sup> (kategorie B)
  - na schodištích – 3,0 kN/ m<sup>2</sup> (kategorie C1)
  - laboratoře – 10 kN/ m<sup>2</sup> – zadání
  - zasedací místnosti – 5,0 kN/ m<sup>2</sup> (kategorie C3)

## 5 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 přepočty s hodnotami garantovanými dodavatelem betonové směsi.

Při posuzování starých konstrukcí je postupováno podle normy ČSN ISO 13822:2005 Zásady navrhování – Hodnocení existujících konstrukcí, Tabulky NC.1 – NC.8. Norma byla nahrazena normou ČSN ISO 13822:2014, ve které však byly tyto tabulky vypuštěny.

### 5.1 Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206)

Značka	EN 206	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{ctm}$ [MPa]	$E_{cm}$ [GPa]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]
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		10,10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>

## 5.2 Měkká 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

# 6 Charakteristika nosné konstrukce

## 6.1 Funkce a tvar budov

Budoucím záměrem je vybudovat v lokalitě konstrukci objektu laboratoří CPIT v rámci VŠB TU Ostrava.

Na místě budoucí stavby se nachází stávající objekt automatizovaných garáží, který bude demolován a vybudován objekt nový obsahující laboratoře s nosnou konstrukcí z monolitického železobetonu.

Objekt má členitý půdorys s vnějšími opsanými rozměry 20,6 x 19,5 m a má výšku 26,07 m. Je nepodsklepený a obsahuje celkem 5 nadzemních podlaží. Střecha je plochá jednodíšťová, pochází. Nad střešní úroveň vystupuje část dispozice opsaného rozměru 6,2 x 7,8 m obsahující místnosti technického zázemí. Přístup na střešní úroveň je umožněn pouze výtahem nebo výlezem ve střešní kci.

Svislé konstrukce jsou ŽB monolitické sloupy, jedna schodišťová stěna a jádro výtahové šachty. Stropní konstrukce jsou monolitické desky po obvodu zesílené monolitickým trámem vystupující za hranici průčelí tvořící volný okraj desky. Založení objektu je navrženo na hlubinných základech – plovoucí piloty.

Terén na severovýchodní straně objektu ustupuje po výšce do nižší polohy, a proto je základová deska podpořena navíc podzemní opěrnou stěnou. Stěna brání zeminu uvnitř dispozice.

## 6.2 Nosná konstrukce

Objekt tvoří skeletová konstrukce jejíž hlavní modulové vzdálenosti svislých konstrukcí jsou 5,0, 6,0 a 7,0 m. Konstrukční výšky jsou 3,85 m vyjma přízemí, kde je konstrukční výška 5,2m. Stropní konstrukce jsou monolitické desky tloušťky 250 mm. Stropní desky nad 1.NP a 3.NP jsou z důvodu vyššího zatížení tloušťky 280 mm. Každá stropní deska je v obvodové části zesílená trámem šířky 250 mm a výšky 700 mm a to včetně desky.

Svislé konstrukce jsou sloupy velikosti průřezu 400 x 400 a jeden 650 x 250 mm. Vodorovnou tuhost zajišťuje monolitická výtahová šachta tvořená stěnami tl. 300 mm a schodišťová stěna tl 250 mm, která je rovnoběžná se směrem číselných os.

Základová deska je tl. 300 mm a všechny síly horní stavby jsou přeneseny do základových prvků. Založení je navrženo na velkopřůměrových pilotách.

V celém objektu je navržené zdivo pouze výplňové a dělicí a ve výpočtu je s ním uvažováno jako zatížení. Pouze 6.NP tvoří ustupující podlaží půdorysné velikosti 8 x 8 m obsahující technické místnosti. Hranici střešní nástavby tvoří nosná zděná obvodová konstrukce nesoucí zatížení od rovné střechy – ŽB desky tl. 250 mm.

Schodiště je v přízemí tříramenné. První a třetí nástupní rameno je uloženo na deskách (stropní, základová) a schodišťové stěně; tvoří příčné jednou zalomené rameno. Společně vynáší druhé nástupní rameno mezi odpočívadly, které je od stěny odseparováno. V navazujících nadzemních podlažích už pokračují přímá dvouramenná schodiště; uložení je vždy stejné – v místě schodišťové stěny na vylamovací výztuž a stropní konstrukci.

Objekt bude vybudován na místě původního objektu automatických garáží, které má základovou spáru na úrovni -1,950. Novostavba má dolní hranu základové desky -0,500 a -0,420. Po demolici stávajícího objektu se provedou hlubinné základy s pilotovací úrovní -0,750. Následovat bude ubourání zhlaví pilot na úroveň dna výtahové šachty -1,760; v místě opěrné stěny na -3,440. Základová deska a počátek svislých konstrukcí horní stavby budou opatřeny převázkou nebo dobetonováním jednoduchého tvaru na požadovanou úroveň.

## 7 Výpočetní aparát – FEM výpočty

### 7.1 Postup výpočtu

Pro návrh a posouzení objektu byl vytvořen celkový model zachycen na pevných podporách. Výsledné velikosti svislých reakcí byly zaneseny jako odpor do druhého celkového modelu zachycen na pružinách pro efektivní návrh pilot. Návrh stropních konstrukcí byl pak stanoven z celkového modelu zachycen pružinami.

Samostatně je pak řešeno posouzení a návrh opěrné stěny a ocelové konstrukce markýzy nad vstupem do objektu.

Program RENEX3D

#### 7.1.1 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. svojí 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 popsanych 2D prvků s prvky jednorozměrnými, ale i prostorovými. Jednorozměrné, tedy prutové prvky, mohou být připojovány excentricky ke střednicové rovině plošného prvku.

#### 7.1.2 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 bazových 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.

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.).

### 7.1.3 Použití programu

Program RENEX3D je použit pro veškeré lineární (fyzikálně i geometricky) výpočty, dále pak pro dimenzování potřebných ploch výztuže pro 2D prvky.

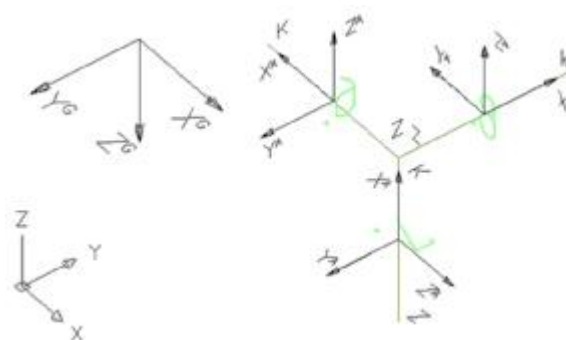
### 7.1.4 Dělení na konečné prvky

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.

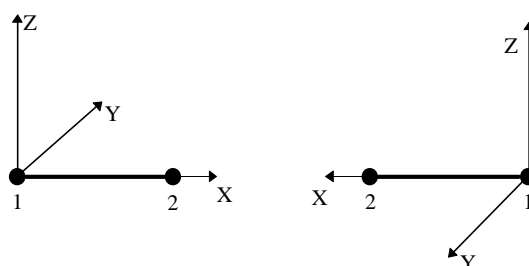
### 7.1.5 Souřadnicové systémy

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



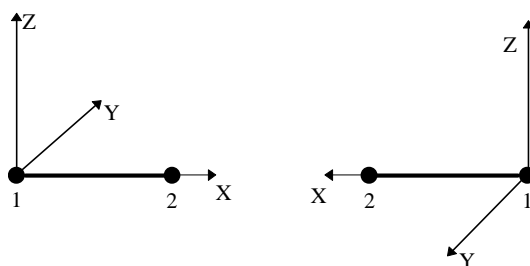
Obrázek 1 Globální souřadný systém

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:



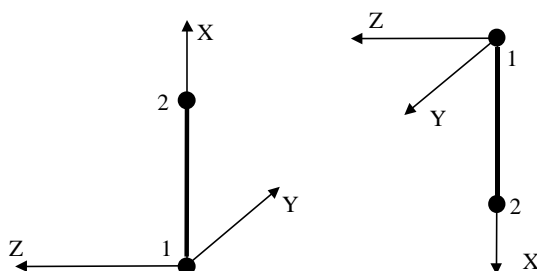
Obrázek 2 Axiální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



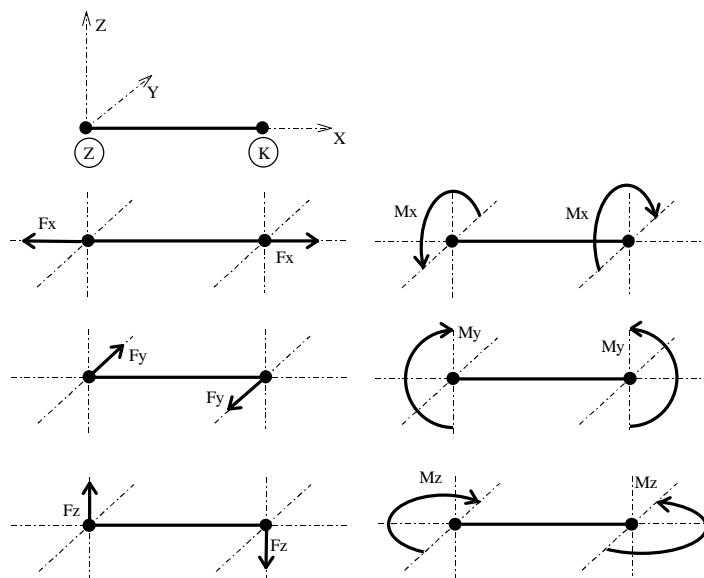
Obrázek 3 Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



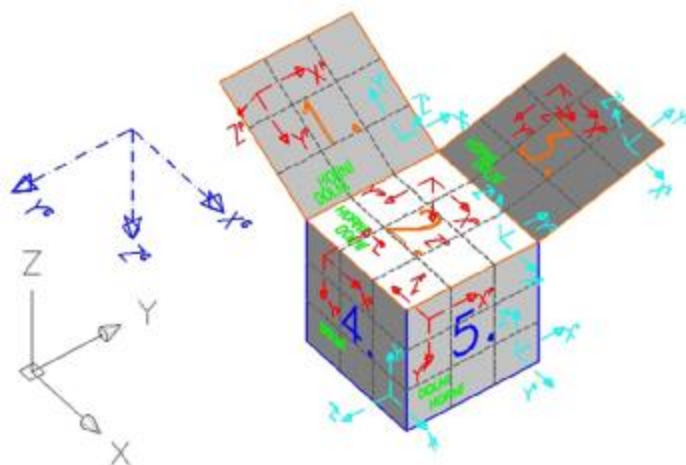
Obrázek 4 Axiální souřadný systém prutů

Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



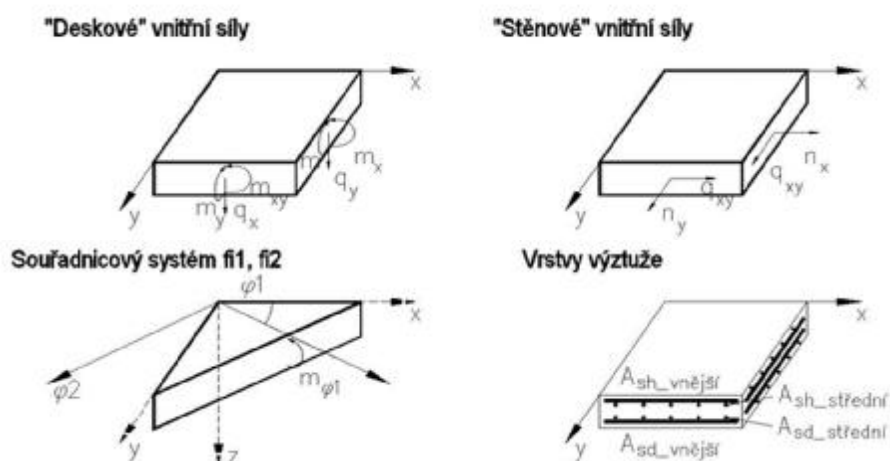
Obrázek 5 Konvence vnitřních sil na prutech

Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém – planární –  $XP$ ,  $YP$ ,  $ZP$ , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.



Obrázek6 Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

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



Obrázek7 Konvence vnitřních sil na plošných prvcích

### 7.1.6 Interakce s podložím

Pro interakci se základovou půdou používá RENEX3D dvouparametrické Pasternakovo podloží. Hodnoty  $c_1$  a  $c_2$  jsou generovány pomocí tabulkového procesoru Excel v souladu s postupy použitými v programu SOILIN. Bližší informace viz [3], případně manuál programu SOILIN.

Základová deska je zadána včetně konstant definujících pružné okolí prvku  $C1_{x,y,z}$  a  $C2_{x,y}$ . Charakteristika podloží je zadána pomocí parametrů v dialogu programu Sonda.

### 7.1.7 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.

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

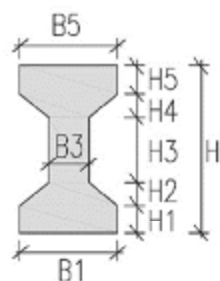
Dimenzovací programy pracují obecně s obalovou plochou kombinací.

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.

### 7.1.8 Schéma uživatelsky definovaných průřezů

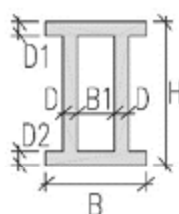
ÍČKO ZOBECNĚNÉ

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



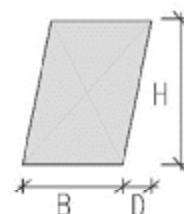
II-PROFIL

$B/H$  ( $D; B1; D1; D2$ )  
tenkostěnný průřez



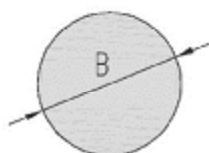
KOSODÉLNÍK

$B/H/D$



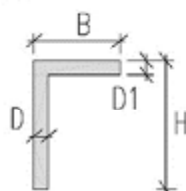
KRUH

$B$



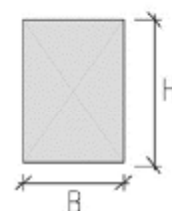
L-PROFIL

$B/H$  ( $D; D1$ )  
tenkostěnný průřez



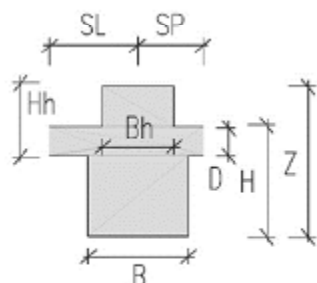
OBDELNÍK

$B/H$



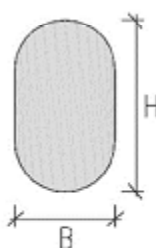
OBDELNÍK V DESCE

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



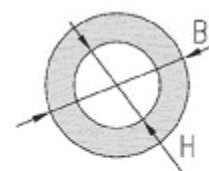
OVÁL

$B/H$



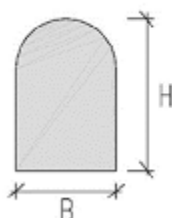
PRSTENEC

$B/H$



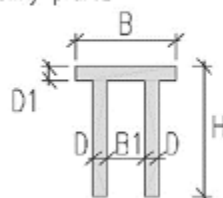
PŮLOVÁL

$B/H$



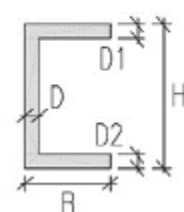
TT-PROFIL

$B/H$  ( $D; B1; D1$ )  
tenkostěnný průřez



U-PROFIL

$B/H$  ( $D; D1; D2$ )  
tenkostěnný průřez



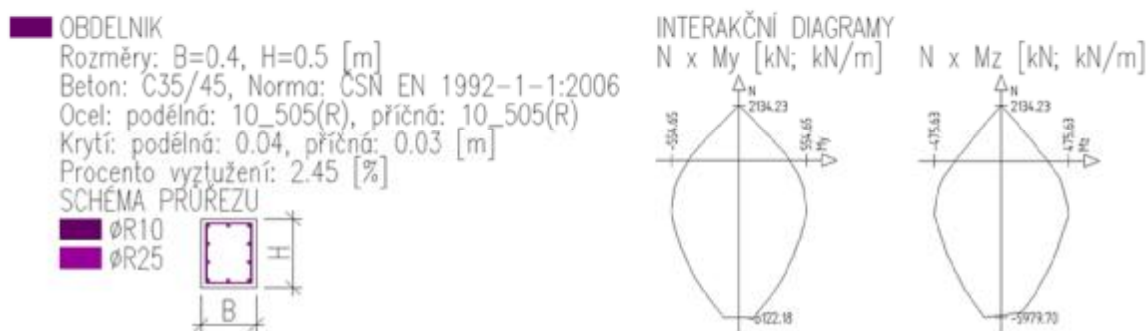
Obrázek8

Uživatelsky tvořené průřezy

### 7.1.9 Hromadné posudky tyčových prvků

Železobetonové prutové prvky obdélníkového průřezu mohou být hromadně posuzovány na kombinaci vnitřních sil normálová síla + dva ohybové momenty nebo na kombinaci normálová síla a obě posouvající síly. Kromě geometrie průřezu a navrhovaného betonu jsou u těchto prvků vloženy i informace o podélné a příčné výztuži. Podle metodiky ČSN EN 1992-1-1:2006 jsou stanoveny interakční diagramy  $N \times M_y$  a  $N \times M_z$ . Tyto informace jsou vykresleny ve vstupních údajích. Pro příslušnou normálovou sílu je stanoven průvodič z bodu  $[0, 0, 0]$  bodem  $[N, M_y, M_z]$  a je vyšetřován jeho průsečík s plochou obalové 3D plochy ve vztahu k vnitřním silám. Poměr průvodiče z bodu  $[0, 0, 0]$  do bodu  $[N, M_y, M_z]$  a z bodu  $[0, 0, 0]$  do průsečíku s interakční plochou je vykreslován jako využití příslušné části tyčového prvku. Každý průřez prvku je testován na všechny možné kombinace závislých a nezávislých veličin pro veškeré stavy, které mohou nastat podle symbolických rovnic definujících jednotlivé kombinace podle ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6.9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Využití průřezu je vykreslováno ve výstupech ze statického výpočtu, hodnota 1,00 odpovídá 100% využití. Ve výpočtu je zahrnut vzpěr.

Fyzikální vlastnosti: Interakční diagram [-]



Obrázek 9 Grafický výstup průřezu prutu

Výpočtové algoritmy jsou stejné, jaké jsou použity v programech FINE.

Numerické hodnoty je možno exportovat z výpočtu do souboru *definice\_kombinace.cvs*. Ty je možno načíst např. do procesoru Excel ve formátu:

cmp = číslo makroprvku				Kombinace: „TDSTR_A_00_MSU“				jednotky: [kN, kNm]				
cmp	x	y	z	typBodu: 0 – krajní, 1 – vnitřní	popis	N <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	typBodu	N <sub>x1</sub>	M <sub>y1</sub>	M <sub>z1</sub>
3896	36,44	93,05	-11,3	0	minNx	-4471,3	40,0	14,0	0	-3314,7	37,3	10,9
3896	36,44	93,05	-11,3	0	maxNx	-2706,4	-13,7	-0,5	0	-2377,3	35,1	7,9
3896	36,44	93,05	-11,3	0	minMy	-3203,6	-54,2	-2,1	0	-2708,7	8,1	6,8
3896	36,44	93,05	-11,3	0	maxMy	-3953,1	103,9	19,6	0	-2983,3	64,3	12,0
3896	36,44	93,05	-11,3	0	minMz	-3245,2	-50,4	-2,3	0	-2748,4	11,7	6,6
3896	36,44	93,05	-11,3	0	maxMz	-3911,5	100,1	19,8	0	-2943,6	60,7	12,2

V řádcích je uvedeno číslo markopravku; tři souřadnice průřezu; nezávislá vnitřní síla; na ní závislé zbývající vnitřní síly v návrhových hodnotách; typ průřezu (koncový nebo vnitřní průřez); tytéž vnitřní síly v charakteristických hodnotách. Každý konečný prvek prutu je posuzován ve dvou krajních a pěti vnitřních bodech (prvek je rozdělen na šestiny). Tento zápis slouží pouze jako opis vstupních hodnot do posouzení.

Soubor \*.cvs je možno načíst i do excelovského souboru, který provede stejné hromadné posouzení v numerických hodnotách. Je zde opis vstupních údajů průřezu a výpočet bodů interakčního diagramu s přihlédnutím k vlivu vzpěru. Dále následují posudky pro všechny stavy a průřezy uvedené výše.

## 7.2 Programy FINE – geotechnické programy GEO 5

### 7.2.1 Charakteristika programu

GEO5 je soubor programů pro geotechnické výpočty, které jsou založené jak na analytických postupech, tak i na metodě konečných prvků. Programy mají stejné uživatelské rozhraní a vzájemně spolu komunikují. Každý ze samostatných programů řeší určitou geotechnickou úlohu.

GEO5 podporuje obecné posouzení pomocí Stupně bezpečnosti, obecné posouzení podle teorie Mezních stavů, posouzení podle Eurokódů EN 1997, včetně Národních příloh, posouzení podle LRFD 2003, LRFD 2012 a posouzení podle národních norem (SNIP – Rusko, GB – Čína).

Dimenzování betonových konstrukcí je prováděno podle souboru norem ČSN EN 1992.

### 7.2.2 Návrhové přístupy

Prvním důležitým krokem při výpočtu podle Eurokódu je volba návrhového přístupu. Všechny návrhové přístupy počítají se součiniteli redukujícími zatížení ( $F$  – force). Tyto součinitele přenásobují veškeré síly vstupující do výpočtu.

Návrhový přístup 1 dále zavádí redukci parametrů zemín ( $M$  – materiál). Tento přístup vyžaduje provést výpočet dvakrát pro dvě návrhové situace (redukuje se buď  $F$ , nebo  $M$ ) a je nutné vybrat nejhorší variantu.

Návrhový přístup 2 zavádí redukci parametrů odporu ( $R$  – resistance), která snižuje výsledné vzdorující síly (síly vzdorující, moment na překlopení ...).

Návrhový přístup 3 redukuje parametry zemín ( $M$ ) a zatížení ( $F$ ) současně. Rozlišuje zatížení konstrukce (STR) a geotechnické (GEO), které mají různé součinitele.

### 7.2.3 Součinitelé výpočtu

Programy umožňují zvolit, resp. zadat dílčí součinitele výpočtu pro zvolený návrhový přístup. Program obsahuje standardní součinitele podle EN a součinitele podle zpracovaných Národních příloh – všechny součinitele je ale možné také měnit. Dílčí součinitelé výpočtu také mohou být různé pro jednotlivé návrhové situace.

### 7.2.4 Návrhové situace

Program zavádí návrhové situace ve smyslu EN 1990 – trvalou, dočasnou, mimořádnou a seismickou. Návrhová situace se volí vždy pro fázi budování konstrukce. Návrhová situace určuje, která sada dílčích součinitelů bude použita pro výpočet.

### 7.2.5 Výpočty opěrných konstrukcí

Vlastní výpočet je výrazně komplikovanější oproti tradičnímu výpočtu. Každá síla má pro různé případy porušení jiný výpočtový součinitel podle toho, zda působí příznivě resp. nepříznivě. Např. vlastní tíha zdi při výpočtu posunutí a překlopení působí příznivě, při výpočtu únosnosti základové půdy působí nepříznivě (zvysuje napětí), ale může působit i příznivě (při větších excentricitách). Je tedy nutné provést řadu výpočtů. Aby měl uživatel kontrolu nad výpočtem, je v programech vždy zobrazena výsledná kombinace součinitelů pro jednotlivé případy porušení.

### 7.2.6 Výpočty základů

V programech se dílčími součiniteli zatížení přenásobuje vlastní tíha konstrukce, resp. tíha zeminy nad patkou. Zadávané návrhové zatížení tedy musí být stanoveno v souladu s EN 1990 a EN 1991. U návrhového přístupu 1 se počítá každý zatěžovací stav zvlášť s příslušnými dílčími součiniteli podle zadaného typu výpočtové kombinace.

### 7.2.7 Použití programu

Systém programů GEO5 je používán pro řešení geotechnických úloh či výpočet zemních tlaků pro následné použití v programech RENEX.

## 7.3 Programy FINE EC

### 7.3.1 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.

## 8 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

### 8.1 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:

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)

$$\begin{aligned} &1,1G_{k,j,sup} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \\ &0,9G_{k,j,inf} + \{1,51; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10})$$

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

$$1,35G_{k,j,sup} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$1,00G_{k,j,inf} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

$$1,15G_{k,j,sup} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

$$1,00G_{k,j,inf} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

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

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

$$1,35G_{k,j,sup} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$1,00G_{k,j,inf} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

$$1,15G_{k,j,sup} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

$$1,00G_{k,j,inf} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

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

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

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

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



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

a) Charakteristická

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

b) Častá

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

c) Kvazistálá

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

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

$G$	stálá zatížení
$S$	geotechnicky stálá
$P$	zatížení od předpětí (stálá)
$Q$	proměnná zatížení
$A$	mimořádná zatížení
$G_{k,j,sup}$	horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
$G_{k,j,inf}$	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
$\psi_0$	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
$\psi_1$	součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
$\psi_2$	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G	dopravní plochy   tíha vozidla $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H	střechy	0,7	0,2	0,0
Zatížení sněhem	stavby umístění $H > 1000$ m n. m.	0,7	0,5	0,2
Zatížení sněhem	stavby umístění $H \leq 1000$ m n. m.	0,5	0,2	0,0
Zatížení větrem		0,6	0,2	0,0
Zatížení teplotou (ne od požáru)		0,6	0,5	0,0

## 8.2 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	uživatelé 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 $\gamma$ jsou uvedeny v následující tabulce. Kombinace typu MI__1 a MI__2 se liší použitím součinitelem $\psi_1$ nebo podle tab. A1.3(CZ) výraz 6.11a/b

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

–	oddělovací znak
Jméno	uživatelé definovaný název zatěžovacího stavu

	$\gamma_G -$	$\gamma_G +$	$\gamma_S -$	$\gamma_S +$	$\gamma_Q$	$\gamma_P$	$\gamma_A$
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.

### 8.3 Uživatelem definované kombinace

Uživatelé 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	SKUPINA 1
U___UZITNE2	1,50	nahodilé	SKUPINA 1
U___UZITNE3	1,50	nahodilé	SKUPINA 2
U___UZITNE4	1,50	nahodilé	SKUPINA 2
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: 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.*

## 9 Komentář ke grafickým výstupům

### 9.1 Fyzikální vlastnosti

Barevnými poli jsou zobrazeny příslušné vlastnosti. Příslušný rozměr (vlastnost) je uveden v paletě. Betony jsou uvedeny v záhlaví, ale všechny konstrukce jsou v PD deklarovány z betonu C30/37 nebo C25/30.

H tloušťka prvku v m  
Průřezy je uveden geometrický tvar průřezu a rozměry v mm

### 9.2 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  $\text{kN/m}^2$ ,  $\text{kN/m}$  případně  $\text{kN}$ .

### 9.3 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 MxD(d)	svislé normálové napětí v základové spáře pod deskou, údaje v MPa dimenzovací moment Mx při dolním povrchu desky – viz algoritmus z odstavce 9.2.1, jsou uváděny vždy maximální a minimální hodnoty, údaje v $\text{kNm/m}$ . 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
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.

### 9.4 Výstupy – mezní stavy použitelnosti

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 betonu v tahu a tlaku a výztuže a také vznik a rozvoj trhlin v betonu
---------------	--

## 10 Závěr

Konstrukce je obecně navržena v souladu se souborem platných norem ČSN a vyhovuje všem jejich ustanovením jak z hlediska mezních stavů únosnosti, tak z hlediska mezních stavů použitelnosti. Současně je navržena s ohledem na maximální možnou hospodárnost a z toho vyplývajícího vlivu na životní prostředí.

V Ostravě dne 31.06.2024

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

Ing. Zbyněk Kalvoda

## Seznam příloh

Příloha P1	ZATÍŽENÍ
Příloha P2	CELKOVÝ MODEL – PRUŽINY, TYPICKÉ DESKY
Příloha P3	NÁVRCH PILOT, OPĚRNÁ STĚNA
Příloha P4	NÁVRH OCELOVÉ MARKÝZY – STACAD

Pozn. – přílohy statického výpočtu jsou samostatné dokumenty uložené pouze v digitální podobě nebo na vyžádání u zhotovitele.

