

BZKQ Část beton – 2. cvičení

Výpočet vnitřních sil v rámové konstrukci

Stanovení vnitřních sil

- I. Výpočet vnitřních sil pomocí statického softwaru **SCIA Engineer**
- II. Redukce ohybových momentů**

I. Stanovení vnitřních sil pomocí statického softwaru SCIA Engineer

- 0) Ruční výpočet **zatížení**
- 1) Stažení programu SCIA – návod na stránkách
- 2) Výpočet ve SCIA podle výukového videa
 - a) **Vymodelování** konstrukce
 - b) Vytvoření **zatěžovacích stavů** a zadání **zatížení** do zatěžovacích stavů
 - c) Vytvoření **kombinací** zatěžovacích stavů a **skupiny** výsledků
 - d) Vytvoření **Engineering reportu**
 - e) Nastavení výpočtu a **výpočet**
 - f) **Kontrola** výsledků (sloupu) podle předběžného výpočtu
 - g) Vložení výsledků do Engineering reportu

I. Stanovení vnitřních sil pomocí statického softwaru SCIA Engineer

0)

Pomůcky ke cvičení :

1)

Betonové a zděné konstrukce 1 (133BK01)

2)

Betonové a zděné konstrukce Q (133BZKQ)

DÚ 1 Patrový rovinný rám

1. cvičení

Návrh rozměrů rámové konstrukce, výpočet zatížení, skica tvaru

[návod](#), [ohybová štíhlost](#), [krycí vrstva](#), [součinitele pro návrh](#), [vlastnosti tříd betonu](#)

2. cvičení

Výpočet vnitřních sil v rámové konstrukci

[návod](#), [výukové video k programu SCIA Engineer](#), [postup instalace SCIA Engineer](#)

3. cvičení

Návrh výztuže rámové konstrukce

[návod](#), [spolupůsobící šířka](#), [nomogramy](#), [vzorový výpočet ID](#), [konstrukční zásady pro sloupy](#)

4. cvičení

Výkresy výztuže rámu

[návod](#), [vzorový výkres výztuže trámu](#), [výpočet kotevní délky](#)

g) Výběžem výsledků už Engineering reportu

0) Výpočet zatížení

Liniové zatížení příčle [kN/m]

Celkem 6 hodnot. Vycházíme z výpočtu zatížení na desce v 1. cvičení. **Pokud používáte hodnoty z přechozích stran výpočtu, napište to do poznámky a uveďte číslo stránky.** Zatížení:

- a) Od **vlastní tíhy** desky v **běžném** podlaží $g_{0,podl} = \text{deska} * \text{zat. šířka}$
- b) **Ostatní stálé** v běžném patře $(g - g_0)_{podl} = \text{ostatní stálé} * \text{zat. šířka}$
- c) **Proměnné** v běžném patře $q_{podl} = \text{užitné} * \text{zat. šířka}$
- d) Od vlastní tíhy desky **na střeše** $g_{0,stř} = \text{deska} * \text{zat. šířka}$
- e) Ostatní stálé na střeše $(g - g_0)_{stř} = \text{ostatní stálé} * \text{zat. šířka}$
- f) Proměnné na střeše $q_{stř} = \text{užitné} * \text{zat. šířka}$

Pozn.: $g_{0,podl} = g_{0,stř} = g_0$

0) Výpočet zatížení

Liniové zatížení příčle [kN/m]

Charakteristické hodnoty zatížení			
Typ zatížení	plošné	zat. šířka	liniové
	kN/m^2	m	kN/m
a)Zatížení od vlastní tíhy desky v běžném patře $g_{0,podl}$			
b)Ostatní stálé zatížení v běžném patře $(g - g_0)_{podl}$			
c)Proměnné zatížení v běžném patře q_{podl}			
d)Zatížení od vlastní tíhy desky na střeše $g_{0,stř}$			
e)Ostatní stálé zatížení na střeše $(g - g_0)_{stř}$			
f)Proměnné zatížení na střeše $q_{stř}$			

+ poznámky (např. „ $g_{0,podl} = 3 \text{ kN/m}^2$ viz str. 3“)

0) Výpočet zatížení

Bodová síla od obvodového pláště

Na **obou koncích** rámové příčle bude působit bodová síla od obvodového pláště $G_{\text{plášť}}$.


Způsob výpočtu hodnoty síly závisí na typu obvodového pláště (zdivo, prosklená fasáda) – pro vnější (např. prosklenou) fasádu bude výška pláště rovna h . Pro vnitřní (např. výplňové zdivo) bude výška pláště rovna $h - h_T$. Typ pláště si zvolte sami.

1) Stažení programu

Návod na stránkách.

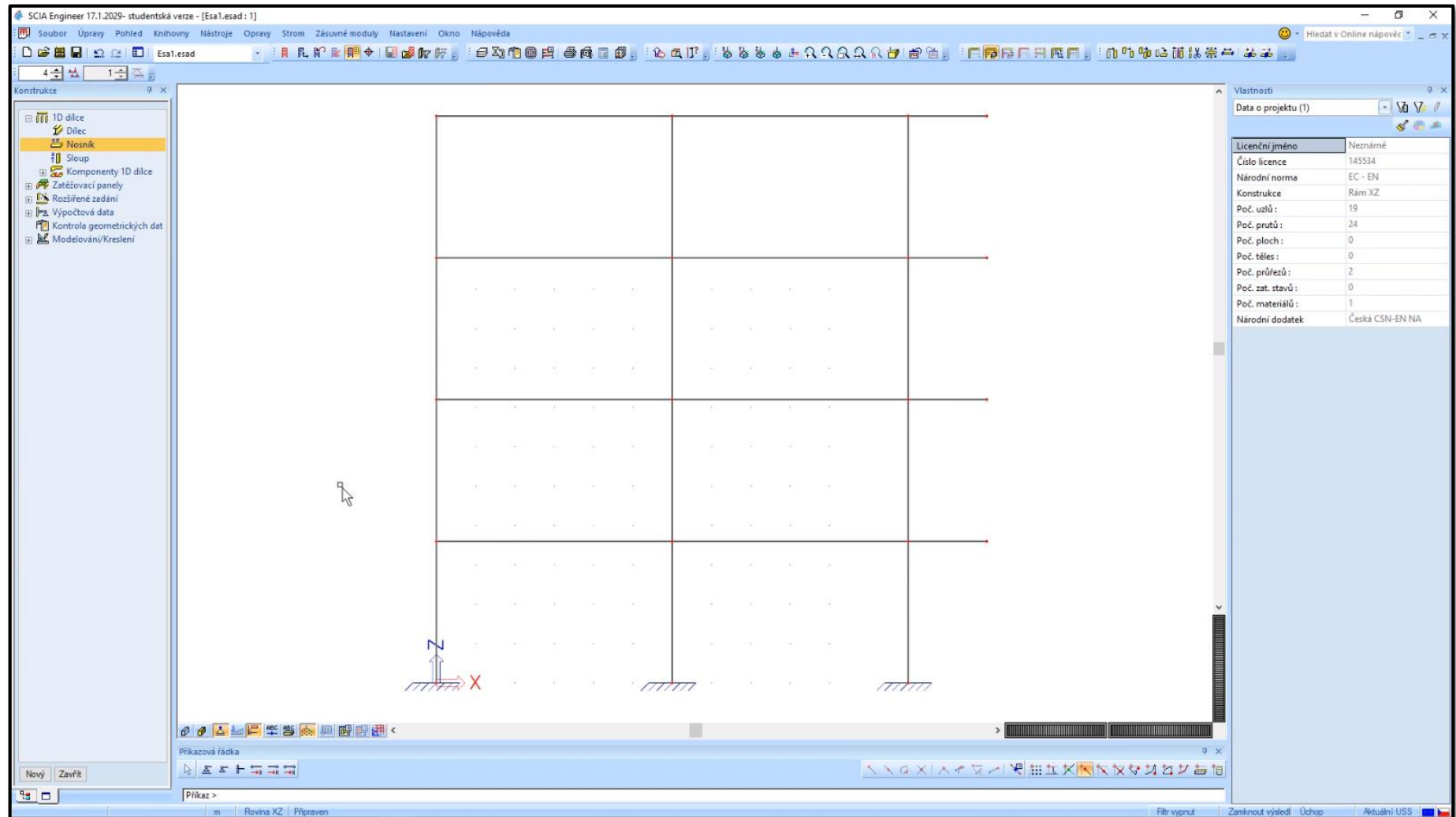
Postup registrace pro stažení a instalaci SCIA Engineer

- <http://www.scia-campus.com/>
 - volba jazykového prostředí
-

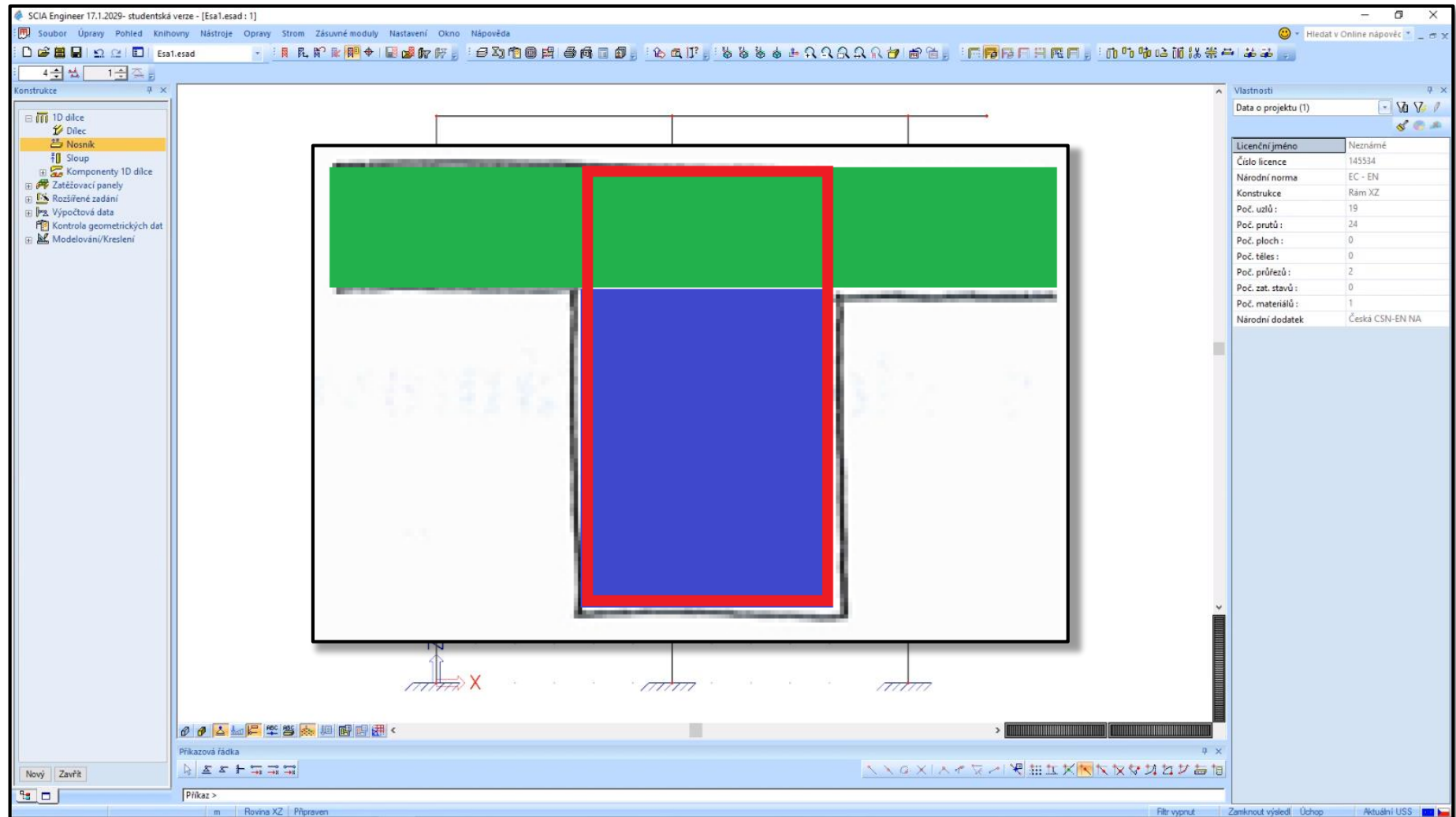


- Vyplnit formulář**
 - Software: **Scia Engineer**
 - e-mailová adresa: použijte Vaší školní adresu, např. jan.novak@fsv.cvut.cz
důležitá je doména [@fsv.cvut.cz](mailto:fsv.cvut.cz), jejím použitím jednoznačně prokážete, že jste studentem a předejdete tak dalšímu prokazování, jako skenování indexu nebo potvrzení o studiu
 - podle předpokladů je Vaše akademická pozice **STUDENT**
 - obor studia – dle Vašeho studijního programu

2a) Modelování konstrukce



2a) Modelování konstrukce



2b) Vytvoření zatěžovacích stavů a zadání zatížení do zatěžovacích stavů

The screenshot displays the SCIA Engineer software interface. A central dialog box titled 'Zatěžovací stavy' (Load Cases) is open, showing a list of load cases. The selected load case is 'ZS6 - Proměnné šachovnicové 1'. The dialog also shows a table of properties for the selected load case.

Jméno	ZS6
Popis	Proměnné šachovnicové 1
Typ působení	Proměnné
Skupina zatížení	SZ2
Typ zatížení	Statické
Specifikace	Standard
Působení	Krátkodobé
Řídící zat. stav	Žádný

The 'Vlastnosti' (Properties) panel on the right shows the following settings for 'Zatěžovací stav (1)':

Jméno	ZS6
Popis	Proměnné šachovnicové 1
Typ působení	Proměnné
Skupina zatížení	SZ2
Typ zatížení	Statické
Specifikace	Standard
Působení	Krátkodobé
Řídící zat. stav	Žádný

2b) Vytvoření **zatěžovacích stavů** a zadání zatížení do **zatěžovacích stavů**

Vytvoříme následující **zatěžovací stavy**:

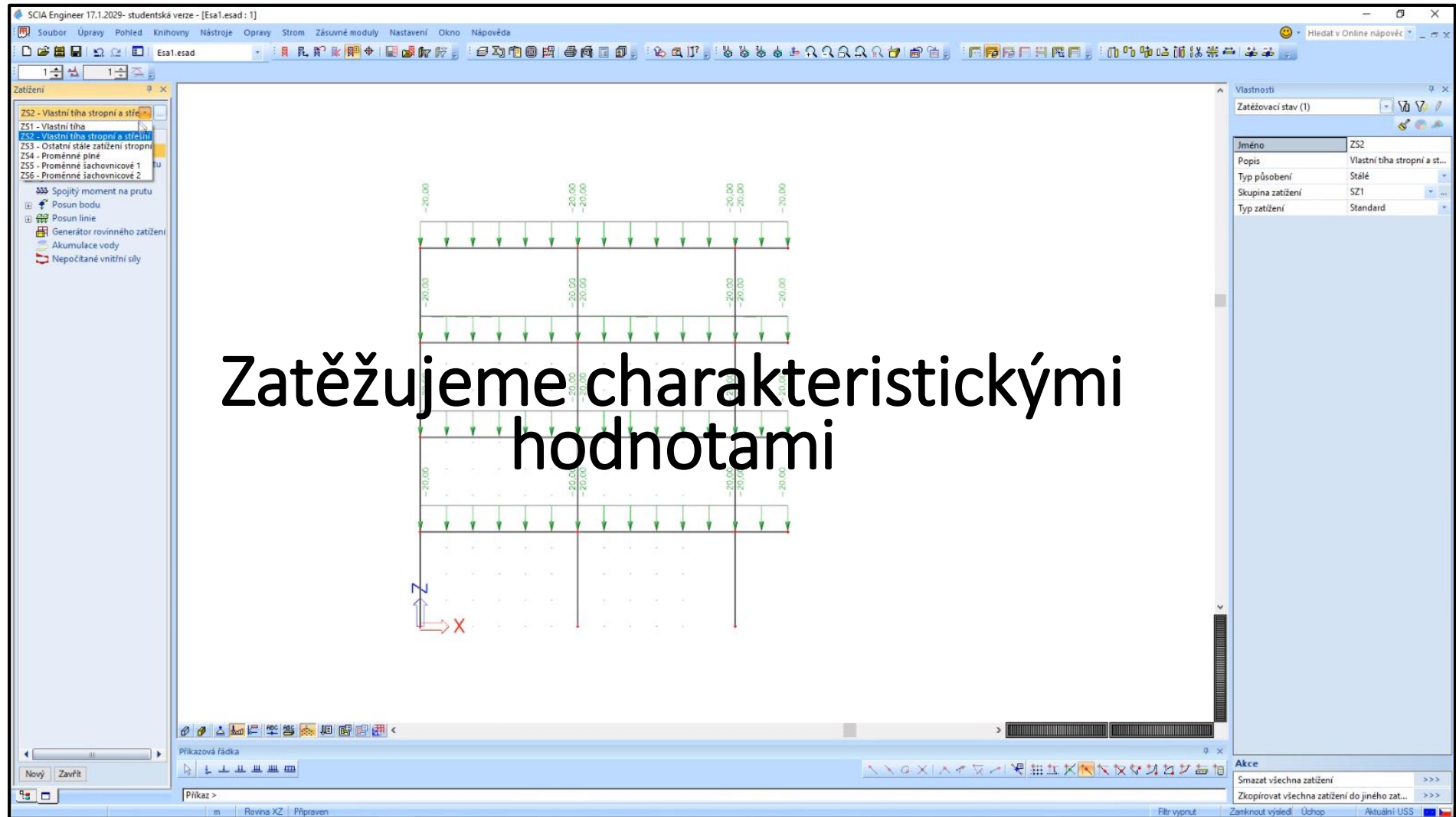
- ZS1 Vlastní tíha (trámu)
- ZS2 Deska (vlastní tíha)
- ZS3 Ostatní stálé
- ZS4 Proměnné plné
- ZS5 Proměnné šachovnicové 1
- ZS6 Proměnné šachovnicové 2

2b) Vytvoření zatěžovacích stavů a zadání zatížení do zatěžovacích stavů

The screenshot shows the SCIA Engineer software interface. A dialog box titled 'Zatěžovací stavy' is open, displaying a list of load types (ZS1-ZS6) and their properties. The 'Vlastnosti' panel on the right shows the configuration for 'Zatěžovací stav (1)' with properties like 'Jméno: ZS6', 'Typ působení: Proměnné', 'Skupina zatížení: SZ2', etc.

Charakteristické hodnoty zatížení			
Typ zatížení	plošné	zat. šířka	liniové
	kN/m^2	m	kN/m
a) Zatížení od vlastní tíhy desky v běžném patře $g_{0,podl}$			
b) Ostatní stálé zatížení v běžném patře $(g - g_0)_{podl}$			
c) Proměnné zatížení v běžném patře q_{podl}			
d) Zatížení od vlastní tíhy desky na střeše $g_{0,stř}$			
e) Ostatní stálé zatížení na střeše $(g - g_0)_{stř}$			
f) Proměnné zatížení na střeše $q_{stř}$			

2b) Vytvoření zatěžovacích stavů a zadání zatížení do zatěžovacích stavů



The screenshot displays the SCIA Engineer 17.1.2029 interface. The main window shows a structural model with a grid of columns and beams. Green arrows pointing downwards represent applied loads on the beams, with numerical values of -20.00. The left sidebar contains a list of load types, with 'ZS2 - Vlastní tíha stropní a střeš.' selected. The right sidebar shows the properties of the selected load state, 'Zatěžovací stav (1)'. The properties table is as follows:

Jméno	ZS2
Popis	Vlastní tíha stropní a st...
Typ působení	Stálé
Skupina zatížení	SZ1
Typ zatížení	Standard

Overlaid on the center of the image is the text: **Zatěžujeme charakteristickými hodnotami**

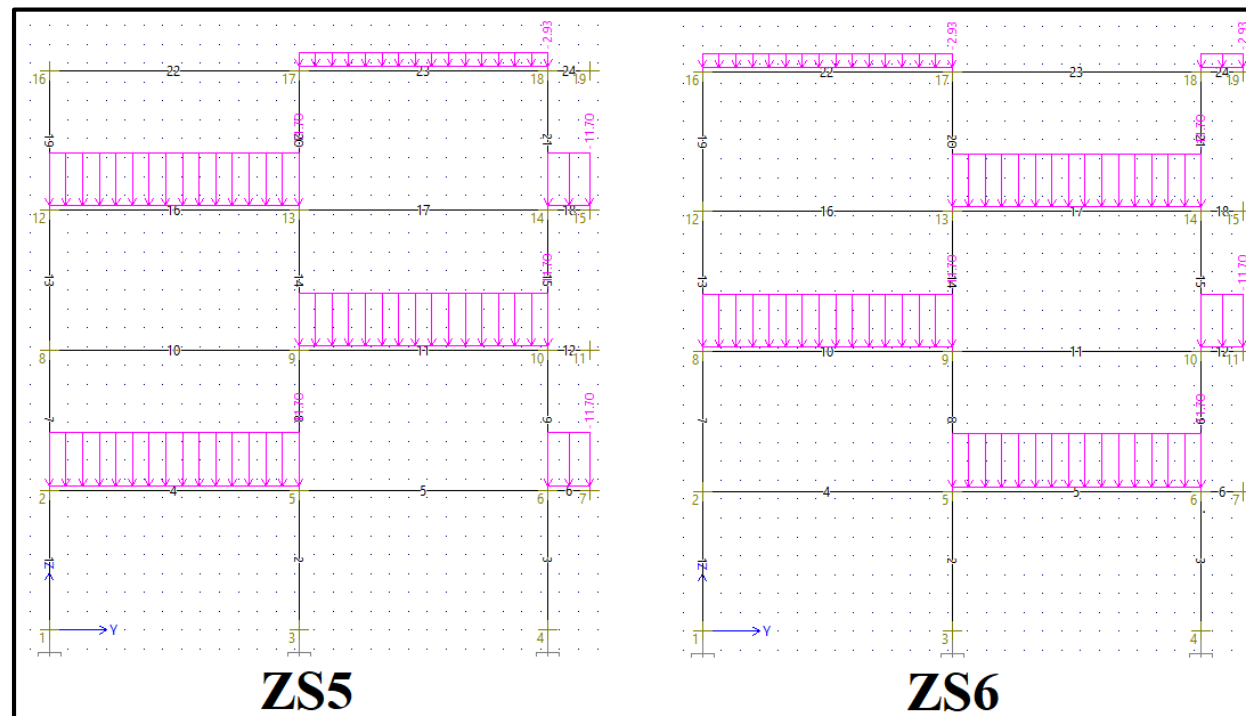
2b) Vytvoření zatěžovacích stavů a **zadání zatížení** do zatěžovacích stavů

Zatížení zadáme do vytvořených zatěžovacích stavů:

- ZS1 Vlastní tíha – vlastní tíha příčlí (generuje se samo)
- ZS2 Deska – na příčlích všude hodnota zatížení od vl. tíhy desky (g_0)
- ZS3 Ostatní stálé – na příčlích všude hodnota ostatního stálého zatížení ($(g - g_0)_{podl}$ a $(g - g_0)_{stř}$)
- ZS4 Proměnné plné – na příčlích všude hodnota proměnného zatížení (q_{podl} a $q_{stř}$)
- ZS5 Proměnné šachovnicové 1 – q_{podl} a $q_{stř}$ podle schématu dále
- ZS6 Proměnné šachovnicové 2 – q_{podl} a $q_{stř}$ podle schématu

2b) Vytvoření zatěžovacích stavů a **zadání** **zatížení** do zatěžovacích stavů

Šachovnicové zatížení – v některých průřezech může vyvodit větší vnitřní síly než plné zatížení



2c) Vytvoření kombinací zatěžovacích stavů a skupiny výsledků

The screenshot displays the SCIA Engineer software interface. The main window shows a 3D model of a structure with a coordinate system (Z, X, Y). A dialog box titled 'Kombinace' is open, showing the configuration for a load combination named 'KZS1'. The dialog is divided into two main sections: 'Obsah kombinace' (Content of combination) and 'Výpis zatěžovacích stavů' (List of load states).

Obsah kombinace (KZS1):

- Zatěžovací stav
 - ZS1 - Vlastní tíha / 1.35
 - ZS2 - Vlastní tíha stropní a střešní
 - ZS3 - Ostatní stálé zatížení stropní
 - ZS4 - Proměnné plně / 1.50

Výpis zatěžovacích stavů:

- Zatěžovací stav
 - ZS1 - Vlastní tíha
 - ZS2 - Vlastní tíha stropní a střešní
 - ZS3 - Ostatní stálé zatížení stropní
 - ZS4 - Proměnné plně
 - ZS5 - Proměnné sachovnicové 1
 - ZS6 - Proměnné sachovnicové 2

Additional fields in the dialog include:

- Název: KZS1
- Souč.: 1.5 (with 'Opravit' button)
- Typ: Lineární - únosnost
- Popis: (empty text box)
- Nelineární kombinace: (dropdown menu)

Buttons at the bottom of the dialog include: Nový, Vložit, Upravit, Smazat, OK, Storno, and Zavřít.

On the right side of the main window, the 'Vlastnosti' (Properties) panel is visible, showing project data:

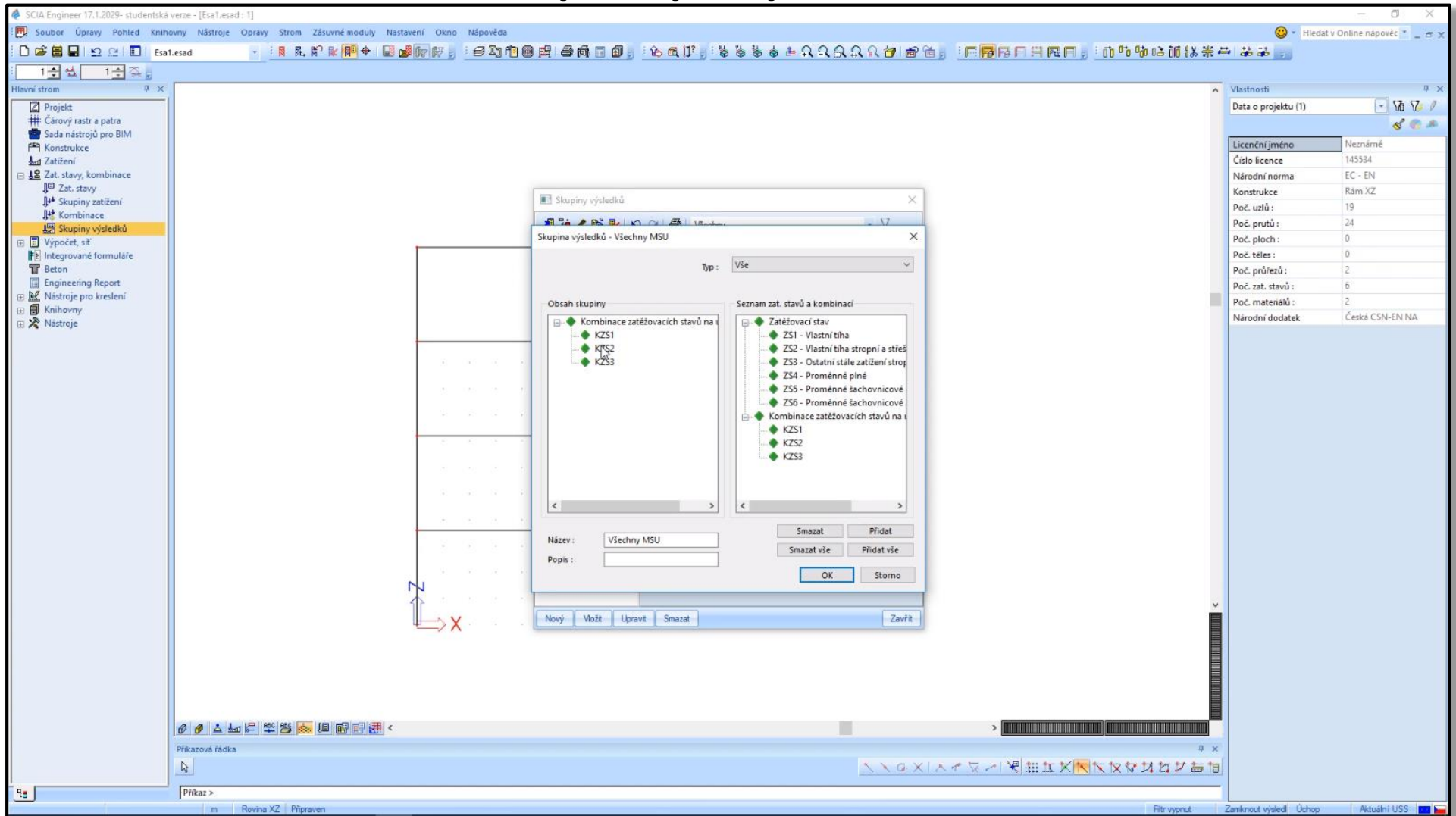
Data o projektu (1)	
Licenční jméno	Neznámé
Číslo licence	145534
Národní norma	EC - EN
Konstrukce	Rám XZ
Poč. uzlů:	19
Poč. prutů:	24
Poč. ploch:	0
Poč. těles:	0
Poč. průřezů:	2
Poč. zat. stavů:	6
Poč. materiálů:	2
Národní dodatek	Česká CSN-EN NA

2c) Vytvoření kombinací zatěžovacích stavů a skupiny výsledků

Na konstrukci budeme uvažovat 3 kombinace zatěžovacích stavů:

- KZS1 = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné plné
- KZS2 = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné šachovnicové 1
- KZS3 = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné šachovnicové 2

2c) Vytvoření kombinací zatěžovacích stavů a skupiny výsledků



2c) Vytvoření kombinací zatěžovacích stavů a skupiny výsledků

- Skupina výsledků (obálka) bude obsahovat všechny tři kombinace (KZS1, KZS2, KZS3)

2d) Engineering report

The screenshot displays the 'Engineering Report' software interface. The main window shows a table of load cases (Zatěžovací stavy) and a table of combinations (Kombinace). The interface includes a navigation pane on the left, a toolbar at the top, and a properties pane on the right.

1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupinová zatížení	Směr	Působení	Rídicí zat. stav
ZS1	Vlastní tħa	Stále	SZ1	-Z		
ZS2	Vlastní tħa stropní a střešní desky	Stále	SZ1			
ZS3	Ostatní stále zatížení stropní a střešní desky	Stále	SZ1			
ZS4	Proměnné plně Standard	Proměnné Statcké	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	Proměnné šachovnicové 1 Standard	Proměnné Statcké	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	Proměnné šachovnicové 2 Standard	Proměnné Statcké	SZ2		Krátkodobé	Žádný

2. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
KZS1		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tħa ZS2 - Vlastní tħa stropní a střešní desky ZS3 - Ostatní stále zatížení stropní a střešní desky	1,35 1,35 1,35
KZS2		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tħa ZS2 - Vlastní tħa stropní a střešní desky ZS3 - Ostatní stále zatížení stropní a střešní desky ZS5 - Proměnné šachovnicové 1	1,35 1,35 1,35 1,50
KZS3		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tħa ZS2 - Vlastní tħa stropní a střešní desky ZS3 - Ostatní stále zatížení stropní a střešní desky ZS6 - Proměnné	1,35 1,35 1,35 1,50

2e) Nastavení výpočtu a výpočet

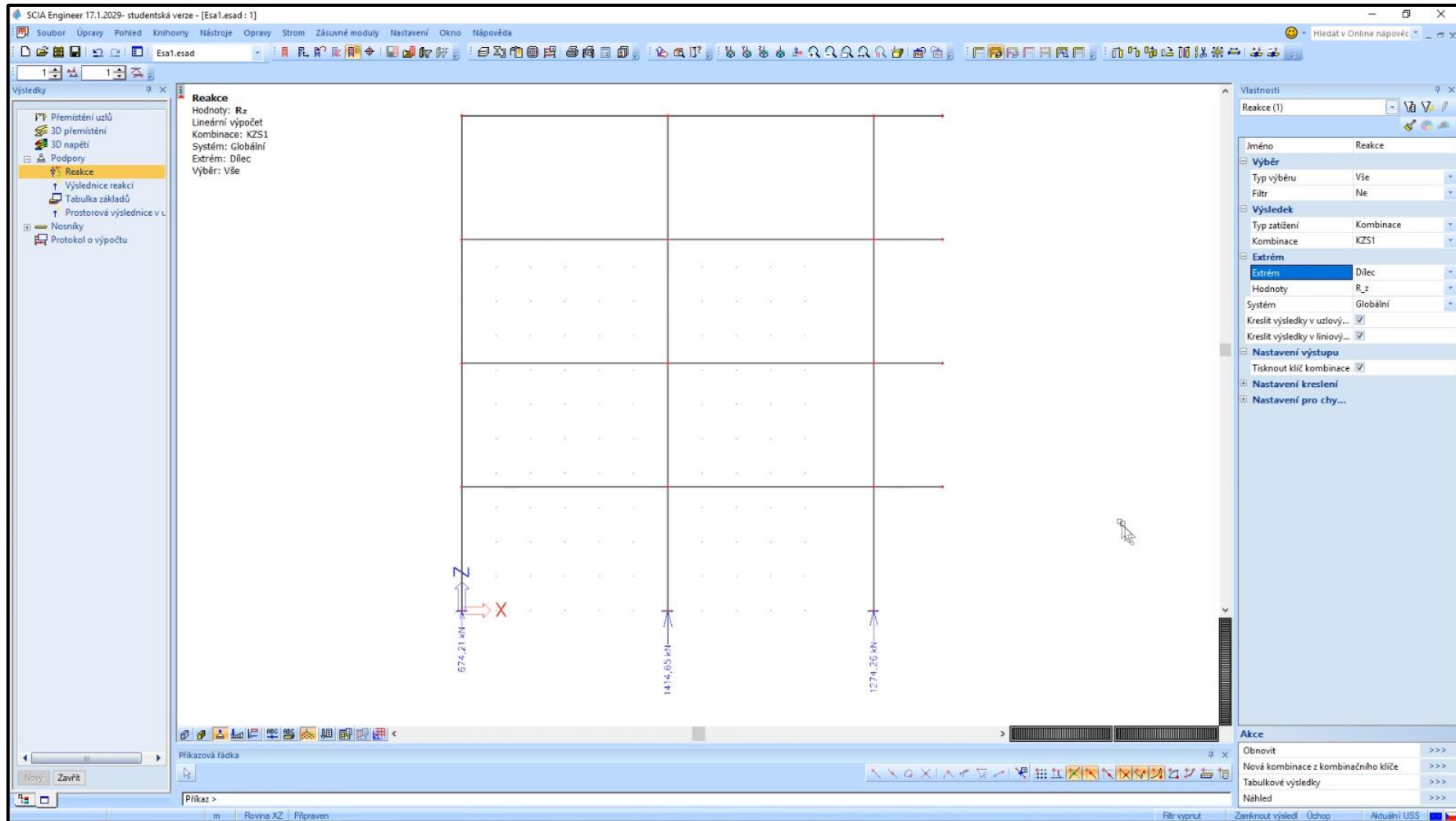
The screenshot displays the SCLi Engineer software interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a grid of nodes and lines. A dialog box titled 'Nastavení sítě' (Network Settings) is open, showing the following settings:

- Pokročilá nastavení sítě**
 - Obecná nastavení sítě**
 - Nejmenší vzdálenost mezi definičním bodem a přímkou [m]: 0,001
 - Definice velikosti prvků sítě pro panely: Manualně
 - Průměrná velikost prvku panelu [m]: 1,000
 - Pružné sítě:
 - Použít automatické zjemnění sítě:
 - Předpinací výztuž nezávislá na MKP uzlech:
 - Pruty**
 - Minimální délka prutového prvku [m]: 0,050
 - Maximální délka prutového prvku [m]: 0,4
 - Průměrná velikost lan, kabelů, prvků na podloží, nelineárních zemních pružin [m]: 1,000
 - Generovat uzly v dotycích prutových prvků:

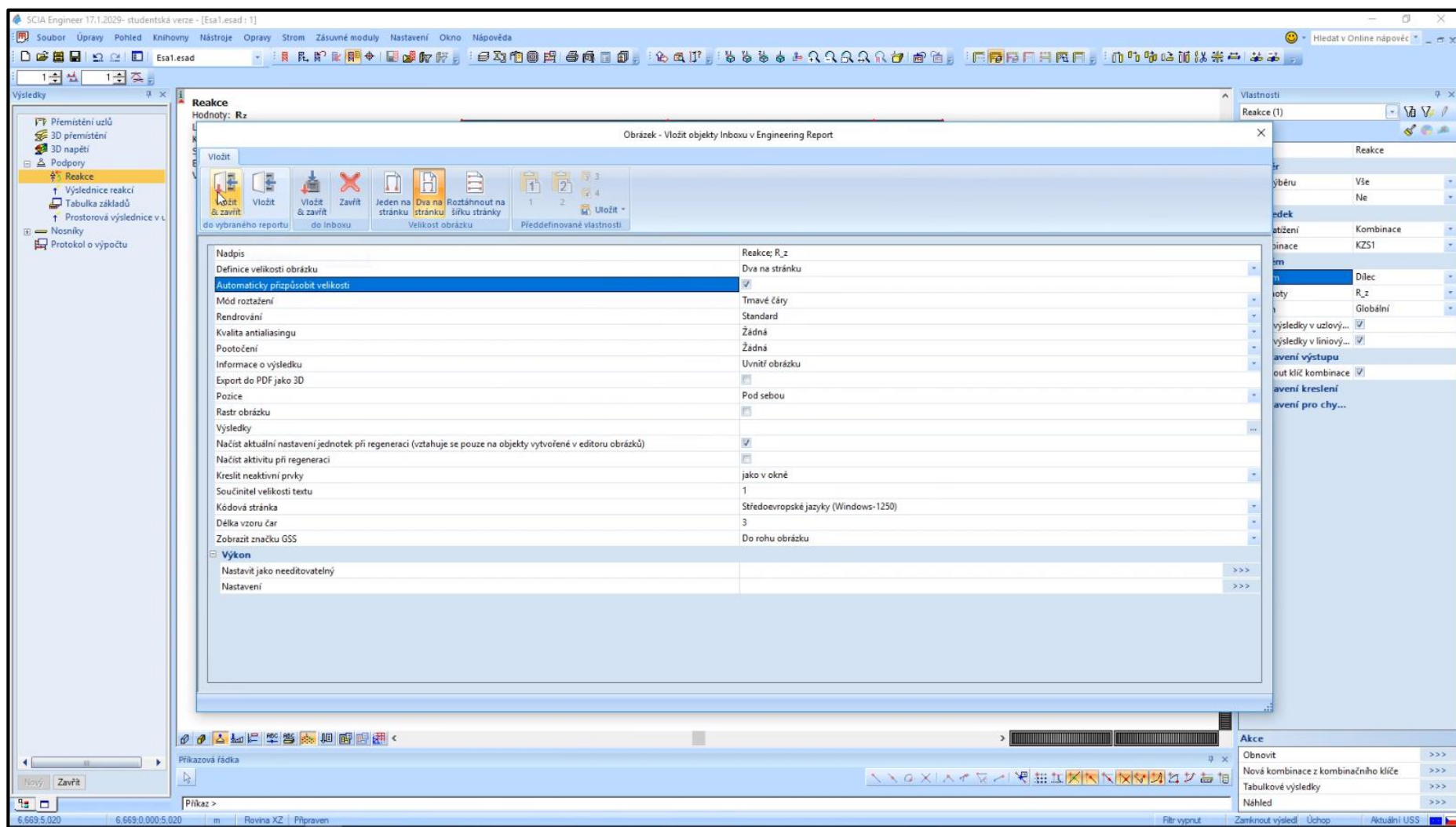
Below the dialog box, the text 'Maximální délka prutového prvku' is visible. The software interface includes a menu bar, a toolbar, a left-hand navigation pane, and a right-hand properties pane.

Licenční jméno	Neznámé
Číslo licence	145534
Národní norma	EC - EN
Konstrukce	Rám XZ
Poč. uzlů :	19
Poč. prutů :	24
Poč. ploch :	0
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	2
Poč. zat. stavů :	6
Poč. materiálů :	2
Národní dodatek	Česká CSN-EN NA

2f) Kontrola výsledků (síla v patě sloupu) podle předběžného výpočtu



2g) Vložení výsledků do Engineering reportu



II. Redukce ohybových momentů

Provedte redukci nadpodporových momentů **obálky momentů** na nejvíce zatížené příčli, tj. **příčli nad 1NP**.

II. Redukce ohybových momentů

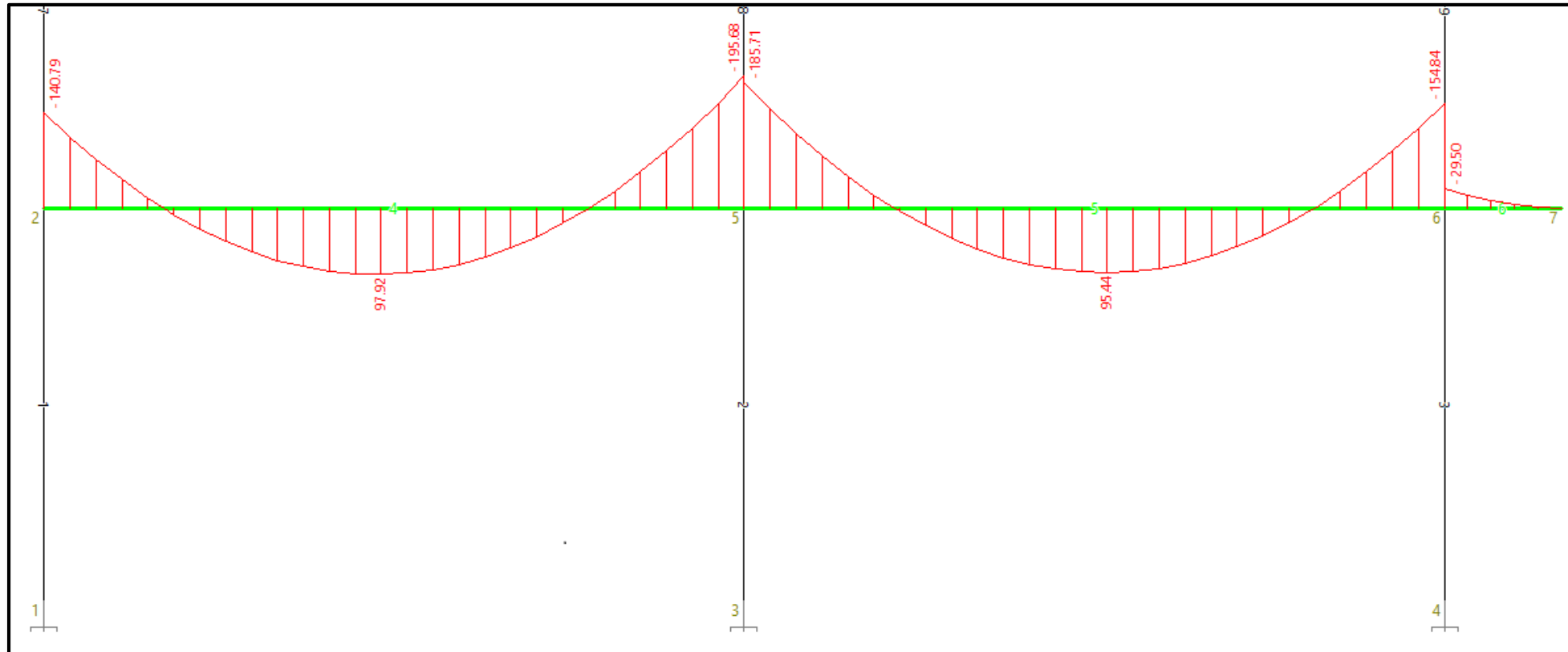
Příčel je podporována **přímou podporou** (sloupem).

Podporové momenty vypočtené v místě teoretické podpory (střed podpory) můžeme zmenšit na hodnotu v líci podpory pomocí vztahu

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{b_p}{2}$$

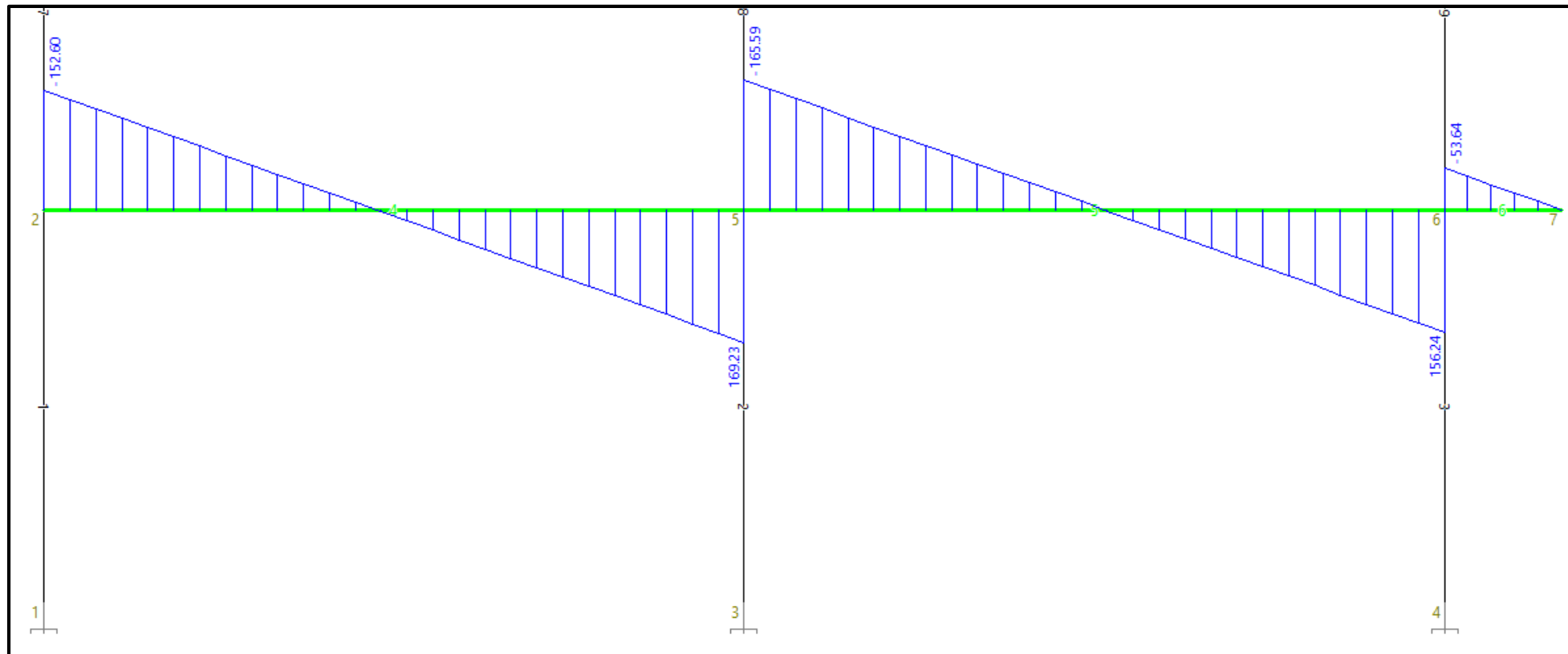
II. Redukce ohybových momentů

Příklad – Původní obálka KZS1 před redukcí



II. Redukce ohybových momentů

Příklad – Původní obálka KZS1 před redukcí



II. Redukce ohybových momentů

Konzola:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - \frac{|V_{Ed}|b_p}{2} = 29.5 - 53.64 \cdot 0.35/2 = 20.11$$

Pravý sloup:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{b_p}{2} = 154.84 - 156.24 \cdot 0.35/2 = 127.5$$

Vnitřní sloup zprava:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{b_p}{2} = 185.71 - 165.59 \cdot 0.35/2 = 156.73$$

Vnitřní sloup zleva:

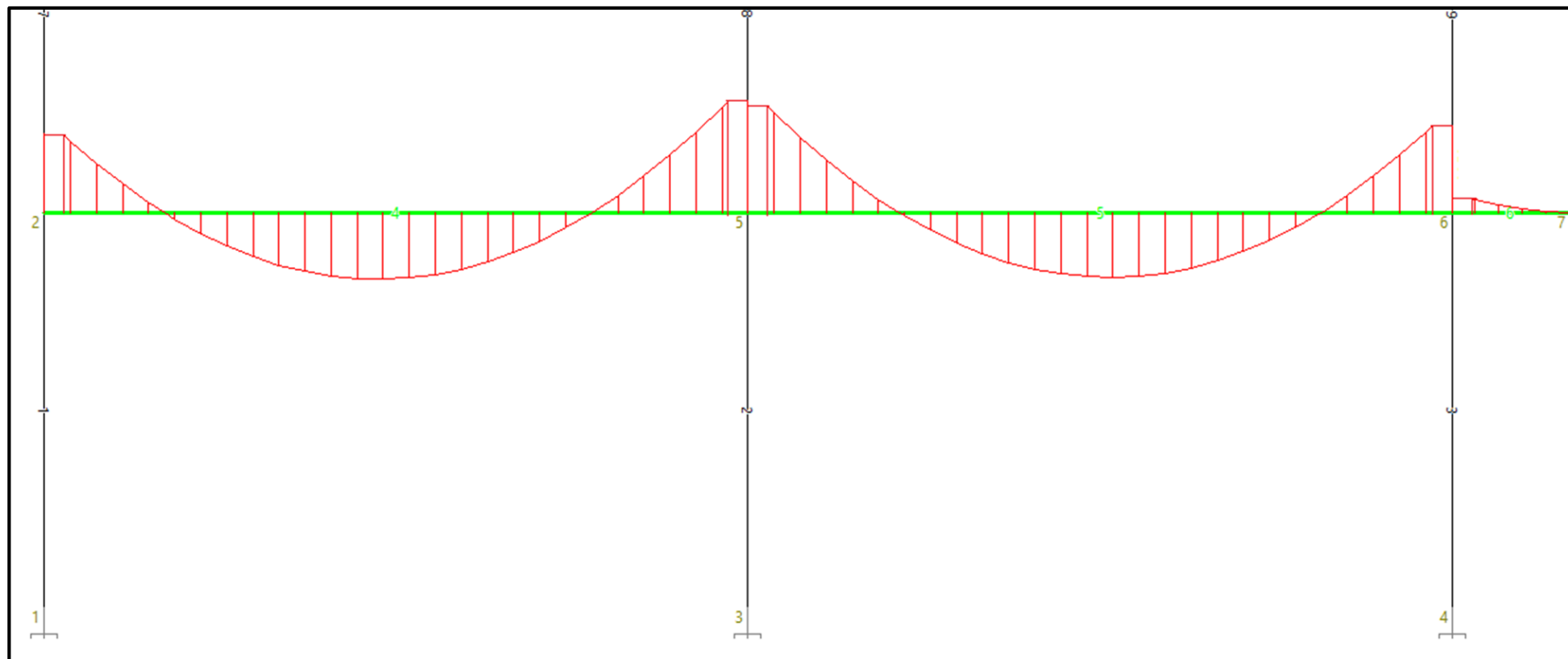
$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{b_p}{2} = 195.68 - 169.23 \cdot 0.35/2 = 166.06$$

Levý sloup:

$$|M_{red}| = |M_{Ed}| - |V_{Ed}| \frac{b_p}{2} = 140.79 - 152.6 \cdot 0.35/2 = 114.09$$

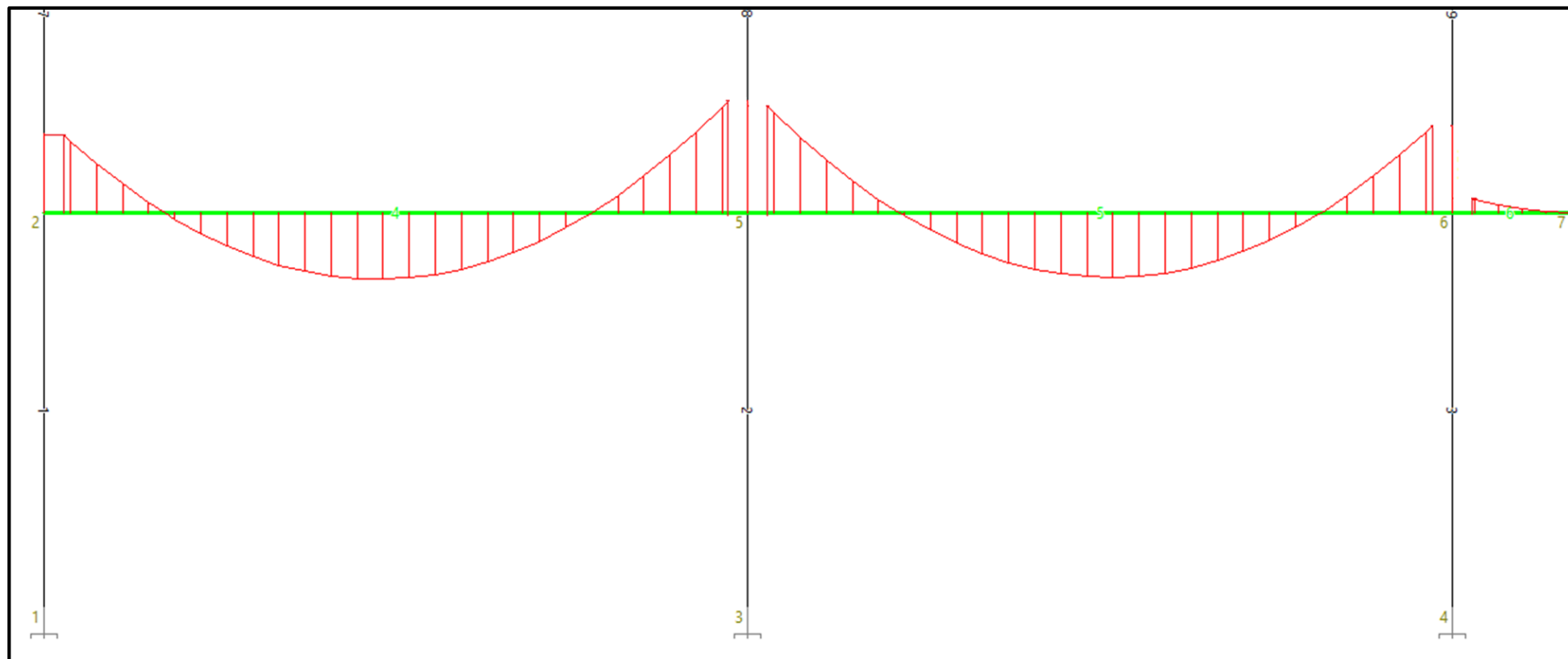
II. Redukce ohybových momentů

Příklad – Obálka KZS1 po redukci



II. Redukce ohybových momentů

Příklad – Obálka KZS1 po redukci



Obsah druhého úkolu

- **Ruční výpočet zatížení příčle**
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce
- Schéma zatížení v jednotlivých
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Charakteristické hodnoty zatížení			
Typ zatížení	plošné	zat. šířka	liniové
	kN/m^2	m	kN/m
a)Zatížení od vlastní tíhy desky v běžném patře $g_{0,podl}$			
b)Ostatní stálé zatížení v běžném patře $(g - g_0)_{podl}$			
c)Proměnné zatížení v běžném patře q_{podl}			
d)Zatížení od vlastní tíhy desky na střeše $g_{0,stř}$			
e)Ostatní stálé zatížení na střeše $(g - g_0)_{stř}$			
f)Proměnné zatížení na střeše $q_{stř}$			

Obsah druhého úkolu

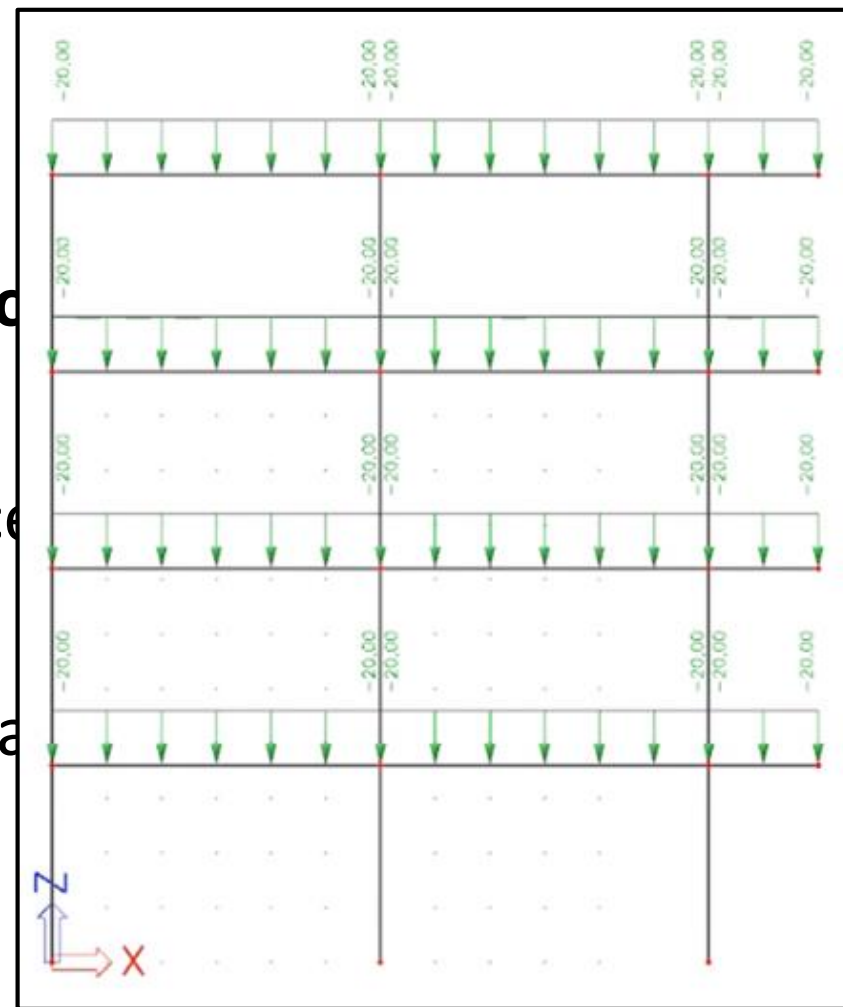
- Ruční výpočet zatížení příčle
- **Schéma geometrie konstrukce (rámu)**
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- **Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech**
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- **Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích situacích**
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli na

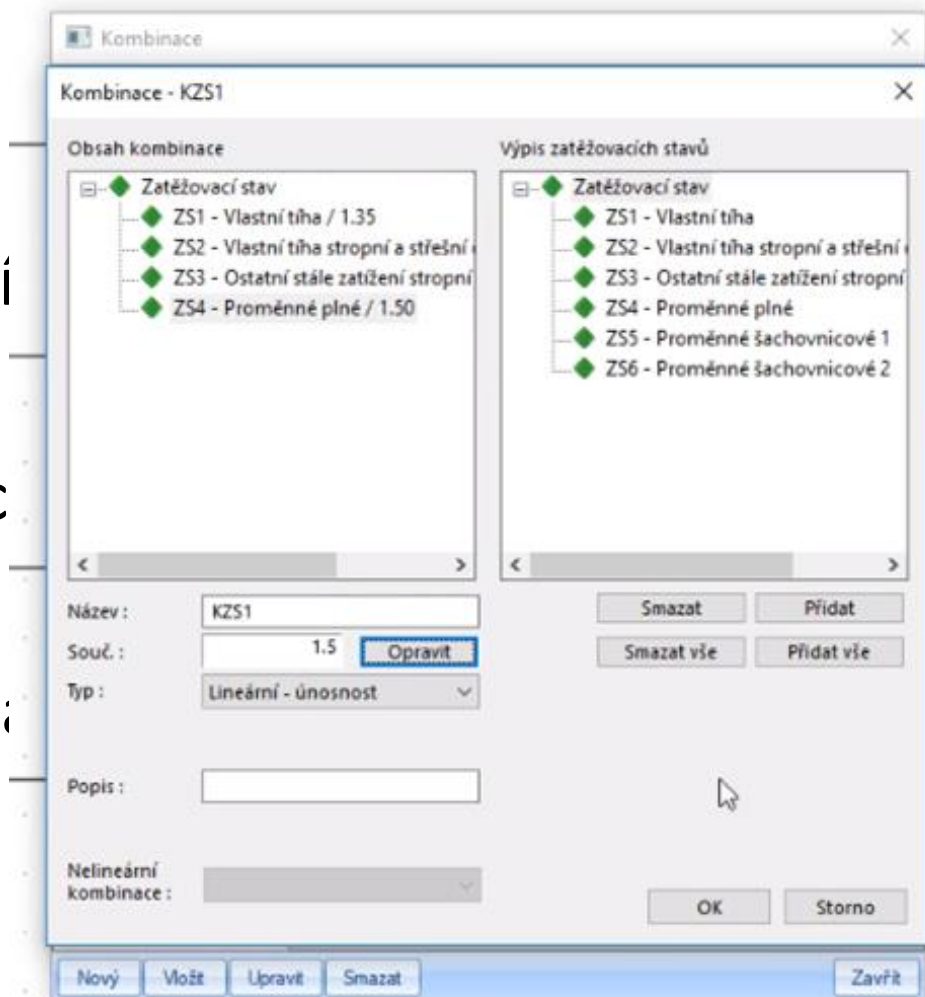


Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- **Kombinace a použité součinitele**
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích
- **Kombinace a použité součinitele**
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli na



Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- Kombinace a použité součinitele
- **Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace**
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- **Obálky M, N, V (skupina výsledků)**
- Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP

Obsah druhého úkolu

- Ruční výpočet zatížení příčle
- Schéma geometrie konstrukce (rámu)
- Schéma zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech
- Kombinace a použité součinitele
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace
- Obálky M, N, V (skupina výsledků)
- **Redukce ohybových momentů na příčli nad 1NP**

Kontrola

Zadání

Číslo studenta:

Vložit zadání

Jméno:

Rozpon desky:

 m

Výška trámu:

 mm

Tloušťka desky:

 mm

L:

 m

K:

 m

h:

 m

$(g-g_0)_{\text{patro},k}$:

 kN/m²

$(g-g_0)_{\text{stř},k}$:

 kN/m²

Kontrola

Vypočtené hodnoty

Charakteristické hodnoty zatížení trámu

Liniové zatížení od vlastní tíhy desky v běžném patře $g_{0, \text{podl}}$: kN/m

Ostatní liniové stálé zatížení v běžném patře $(g-g_0)_{\text{podl}}$: kN/m

Proměnné liniové zatížení v běžném patře q_{podl} : kN/m

Liniové zatížení od vlastní tíhy desky na střeše $g_{0, \text{stř}}$: kN/m

Ostatní liniové stálé zatížení na střeše $(g-g_0)_{\text{stř}}$: kN/m

Proměnné liniové zatížení na střeše $q_{\text{stř}}$: kN/m

Bodové zatížení od pláště: kN

Vnitřní síly

Pozn.:

Pro vnitřní síly v jednotlivých KZS neprobíhá kontrola.

Hodnoty se zadávají pouze pro účely dalších výpočtů.

Kombinace zatěžovacích stavů 1 (proměnné plně)

Kontrola

Vnitřní síly

Pozn.:

Pro vnitřní síly v jednotlivých KZS neprobíhá kontrola.
Hodnoty se zadávají pouze pro účely dalších výpočtů.

Kombinace zatěžovacích stavů 1 (proměnné plně)

Návrhové hodnoty momentu na příčli nad 1NP

Moment nad levým sloupem: kNm

Maximální moment v levém poli: kNm

Moment nad vnitřním sloupem vlevo: kNm

Moment nad vnitřním sloupem vpravo: kNm

Maximální moment v pravém poli: kNm

Moment nad pravým sloupem: kNm

Maximální moment na konzole: kNm

Návrhové hodnoty posouvající síly na příčli nad 1NP.

Kontrola

Obálka vnitřních sil

Návrhové hodnoty momentu na příčli nad 1NP

Maximální moment nad levým sloupem po redukcí: kNm

Maximální moment v levém poli: kNm

Maximální moment nad vnitřním sloupem po redukcí: kNm

Maximální moment v pravém poli: kNm

Maximální moment nad pravým sloupem po redukcí: kNm

Návrhové hodnoty posouvající síly na příčli nad 1NP

Maximální posouvající síla nad levým sloupem: kN

Maximální posouvající síla nad vnitřním sloupem vleva: kN

Maximální posouvající síla nad vnitřním sloupem vprava: kN

Maximální posouvající síla nad pravým sloupem: kN