

1. a 2. cvičení – obecné informace, výpočet zatížení

Obecné zásady pro vedení statického výpočtu

- **Dodržování dále uvedených zásad bude přísně kontrolováno.** NNK je základním kurzem. Pokud se nenaučíte správně základy, budete mít vážné problémy po celý zbytek studia i své praxe.
- Statický výpočet musí:
 - být **přehledný a kontrolovatelný** – ve škole proto, aby vyučující mohl zkontrolovat, že jste látku správně pochopili. V praxi z toho důvodu, že na výpočty budou navazovat spolupracovníci i kolegové z jiných firem.
 - na úvod obsahovat **celkové schéma řešené konstrukce**. Dále v jednotlivých místech obsahovat **skici a schémata řešených částí konstrukce**.
 - na úvod **obsahovat informace o použitých materiálech** (specifikace použitého betonu a oceli, specifikaci typu zdiva)
 - obsahovat **odkazy** na použité normy, odbornou literaturu a další podklady použité pro výpočet.
- Statický výpočet bude veden na **volných listech formátu A4** (tj. nikoli v sešitě), **psán pouze po jedné straně**. Každý list bude mít **4 – 6 cm volný okraj** (dle Vašeho uvážení). Tento prostor slouží pro Vaše dodatečné poznámky, schémata, případně pro poznámky cvičícího.
- Stránky budou **číslovány**
- Každý výpočet (návrhového momentu, plochy výztuže atd.) bude obsahovat **minimálně tři části** – obecnou rovnici, dosažení, vyčíslení
- Vždy budou **uvedeny jednotky**
- Zatížení
 - Pro desky budou počítána **zásadně v tabulkách** (pro ostatní prvky až na výjimky také). Pro každé dílčí zatížení bude uveden popis, charakteristická a návrhová hodnota.
 - Budou oddělena zatížení stálá a proměnná, teprve v závěru budou sečtena.

Výpočet f...
viz str. 1

5

$$M_{Ed} = 1/8 * f * L^2$$
$$M_{Ed} = 1/8 * 8 * 5^2$$
$$M_{Ed} = 25 \text{ kNm}$$

Zat.	Char.	γ_F	Návrh.
...	...	1,35	...
...	...	1,50	...
Celkem			

5 cm

Stará verze pokladu dle EC2 2010

Klasifikace zatížení (*informativní, ve cvičení využijete částečně*)

- Zatížení stálé, proměnné a mimořádné – podle délky a pravděpodobnosti výskytu
 - **Stálé** – je na konstrukci přítomno **nepřetržitě** a má stále **stejnou hodnotu**, tj. např. vlastní tíha nosné konstrukce a kompletačních konstrukcí, tíha pevně osazených strojů apod.
 - **Proměnné** – vyskytuje se **nahodile** nebo se **mění** jeho hodnota, tj. např. zatížení sněhem, větrem, zatížení užitné (osobami, nábytkem apod.).
 - **Mimořádné** – vyskytuje se zcela **výjimečně**, např. výbuch, náraz vozidla apod.



Konstrukce zatížená kombinací stálého, proměnného a mimořádného zatížení

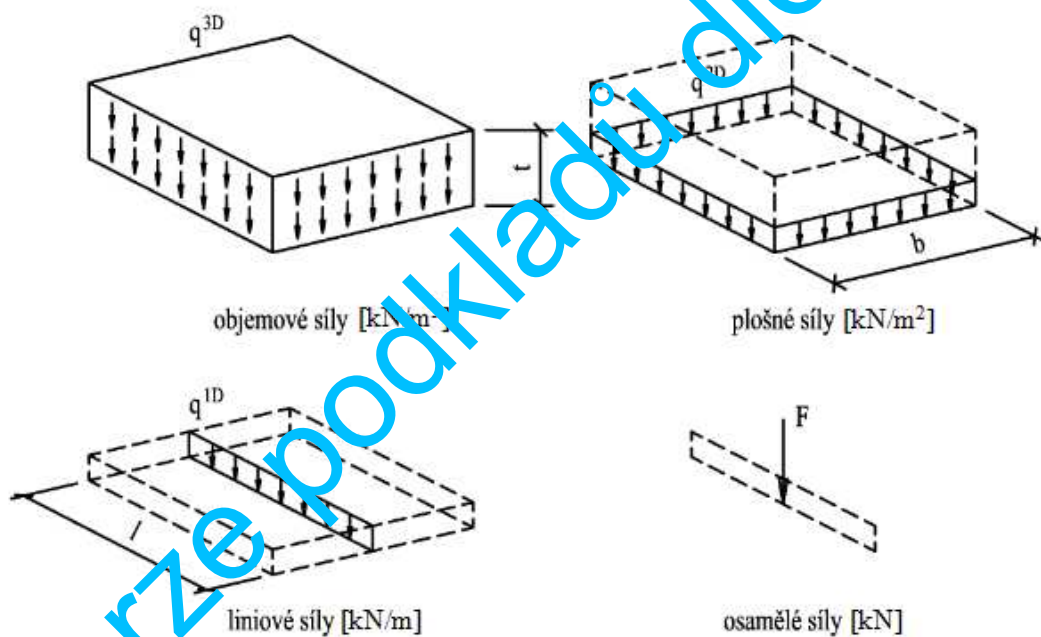
- Zatížení charakteristické a návrhové
 - **Charakteristické** – zatížení, které lze na konstrukci **reálně** očekávat. Například u vlastní tíhy vychází z projektovaných rozměrů a ze skutečné tíhy materiálů. Pro užitné zatížení jsou minimální hodnoty dány normou podle účelu užívání objektu a místnosti. U větru a sněhu jeho hodnoty vycházejí ze statistického vyhodnocení dlouhodobého sledování v dané lokalitě. Pro střechy se obvykle uvažuje větší z hodnot zatížení sněhem a užitného zatížení. Charakteristické zatížení se označuje indexem k (*characteristic*), tj. např. f_k .
 - **Návrhové** – zatížení, na které konstrukci **navrhujeme**. Je v něm přihlédnuto k možným nepříznivým odchýlkám – skutečné rozměry konstrukce mohou být větší, použitý model zatížení nemusí být zcela přesný. Označuje se indexem d (*design*), tj. např. f_d a spočte se jako:

$$f_d = f_k \cdot \gamma_F$$

kde γ_F je **dílčí součinitel spolehlivosti** zatížení. Pro různé typy zatížení, návrhových situací a mezních stavů uvažujeme **různé hodnoty tohoto součinitele**. Rozlišují se MSÚ (mezní stavy únosnosti) a MSP (mezní stavy použitelnosti), návrhové situace trvalé, dočasné a mimořádné. Pro nepříznivě působící zatížení v trvalé nebo dočasné návrhové situaci v mezním stavu STR (porucha konstrukce v důsledku překročení pevnosti materiálu, patří do MSÚ) budeme uvažovat pro stálá zatížení $\gamma_G = 1,35$ a pro proměnná zatížení $\gamma_Q = 1,5$. V určitých případech je možná redukce těchto součinitelů. O redukci a dalších mezních stavech MSÚ (ztráta rovnováhy, únavová porucha, ztráta únosnosti podloží) i výpočtu zatížení pro MSP se dozvíte v pokročilejších kurzech.

- Podle dimenze rozlišujeme tato zatížení

Zatížení	Jednotka	Příklady
Objemové	kN/m^3	Vlastní tíha materiálu. Pro železobeton je $\rho_{\text{bet}} = 25 \text{ kN/m}^3$
Plošné	kN/m^2	Vlastní tíha desky, podlahy Zatížení desky od užitého zatížení Zatížení stěny od větru Plošná tíha stěny
Liniové	kN/m	Zatížení desky od příčky Zatížení trámu od desky Tíha 1 bm trámu Tíha 1 bm příčky dané výšky
Bodové	kN	Zatížení sloupu od desky či trámu Vlastní tíha sloupu Zatížení průvlaku od kolmých trámů Zatížení desky od malého těžkého stroje



Postupný převod objemového na bodové zatížení (Autor: M. Pilgr, VUT v Brně)

Základní principy výpočtu zatížení

- Základní informací je vždy objemová tíha materiálu v kN/m^3 . **Pro železobeton je 25 kN/m^3 .**
- Objemovou tíhu **násobíme příslušnými rozměry** (dimenze konstrukcí, zatěžovací plochy, zatěžovací šířky), abychom dostali potřebný typ zatížení.
- Pro snazší pochopení je vždy výhodné **kreslit si schémata konstrukce**.
- Dále bude uvedeno několik příkladů výpočtu zatížení. Pro přehlednost je uvažována pouze vlastní tíha konstrukcí. S ostatním stálým a proměnným zatížením se však v principu pracuje úplně stejně.

Příklad 1 (komplexní příklad výpočtu zatížení)

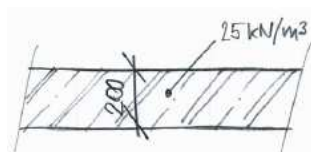
- Uvažujme železobetonovou desku tloušťky 200 mm. Její charakteristickou vlastní tíhu získáme, přenásobíme-li objemovou tíhu materiálu tloušťkou desky (deska je plošný prvek, zajímá nás tedy plošná tíha):

$$g_k = 25 \cdot 0,2 = 5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- Důležité je **průběžně kontrolovat jednotky**:

$$[g_k] = \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} = \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Schéma:



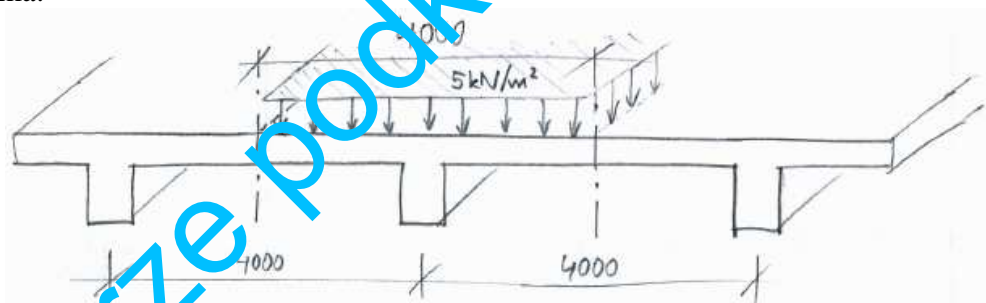
- Uvažujme, že tato deska je podepřena trámy po 4 metrech. Charakteristické zatížení trámu od desky získáme, když vynásobíme tíhu desky **zatěžovací šířkou** trámu:

$$f_k = 5 \cdot 4 = 20 \text{ kN} / \text{m}$$

- Jednotky:

$$[f_k] = \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Schéma:



- Trámy jsou 600 mm vysoké a 250 mm široké. Charakteristická vlastní tíha trámu pod deskou je rovna objemové tíze materiálu **vynásobené rozměry průřezu**. Trám je liový prvek, tíhu materiálu tedy násobíme šířkou a výškou průřezu, abychom dostali tíhu jednoho metru trámu – liové zatížení:

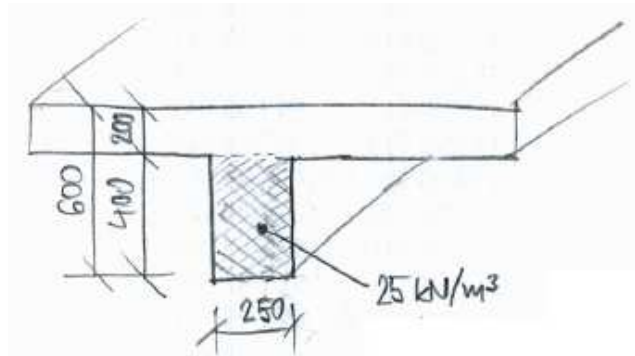
$$g_{T,k} = 25 \cdot 0,25 \cdot (0,6 - 0,2) = 2,5 \text{ kN} / \text{m}$$

(část trámu v úrovni desky byla do zatížení již započítána)

- Jednotky:

$$[g_{T,k}] = \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \text{m} = \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Schéma:



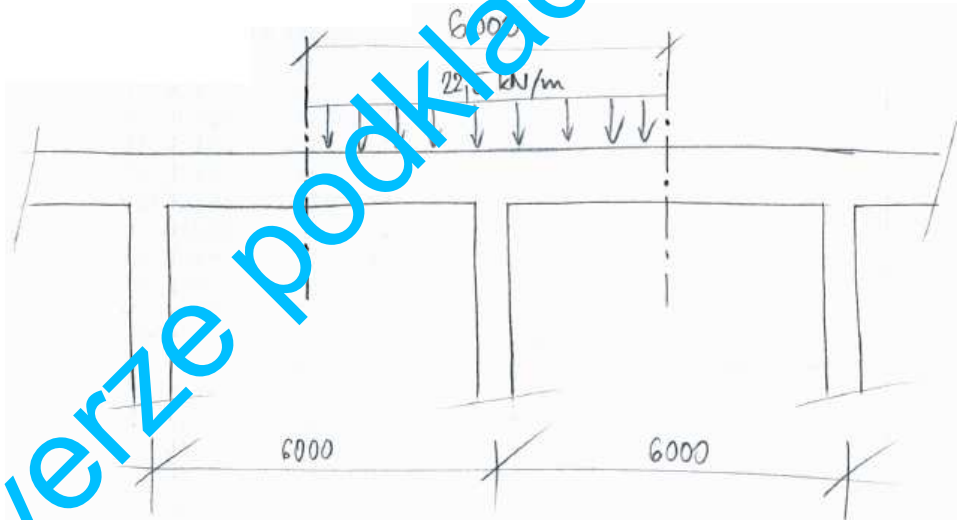
- Trámy jsou podepřeny sloupy umístěnými ve vzdálenosti $R = 6$ m. Charakteristické zatížení v hlavě sloupu od vlastní tíhy stropní konstrukce získáme, když celkové zatížení trámu (tj. zatížení od desky + vlastní tíhu trámu pod deskou) vynásobíme **vzdáleností os sousedních polí**:

$$G_{h,k} = (g_{T,k} + f_k) \cdot R = (2,5 + 20) \cdot 6 = 135 \text{ kN}$$

- Jednotky:

$$[G_{h,k}] = \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{kN}$$

- Schéma:



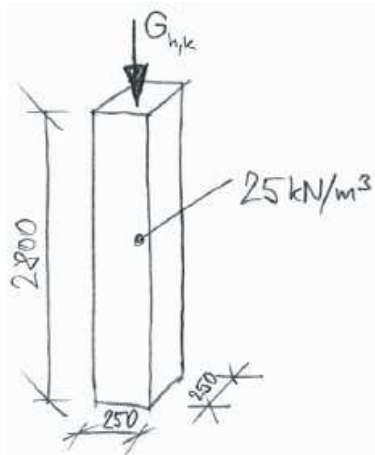
- Abychom stanovili zatížení v patě sloupu, přičteme ještě vlastní tíhu sloupu. Je-li sloup vysoký 2,8 m (světla výška pod úroveň trámu) a rozměry jeho průřezu jsou 250x250mm, pak:

$$G_{p,k} = 135 + 25 \cdot 0,25 \cdot 0,25 \cdot 2,8 = 139 \text{ kN}$$

- Jednotky:

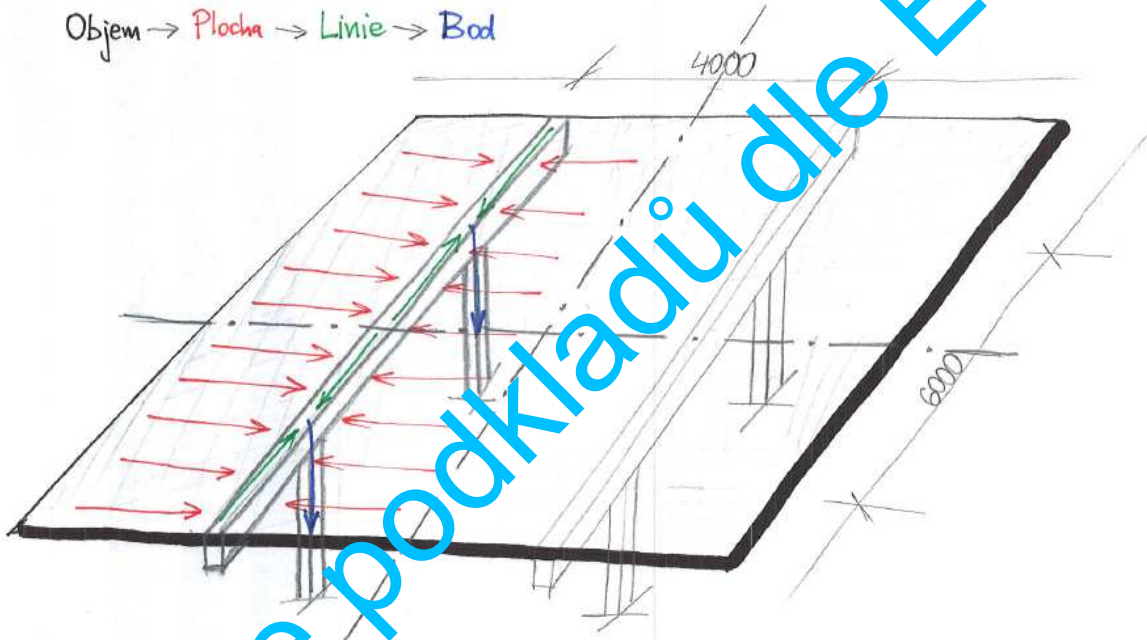
$$[G_{p,k}] = \text{kN} + \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m} = \text{kN}$$

- Schéma:



- Celkové schéma přenosu zatížení v řešení konstrukci:

Objem → Plocha → Linie → Bod



Příklad 2 (příčka)

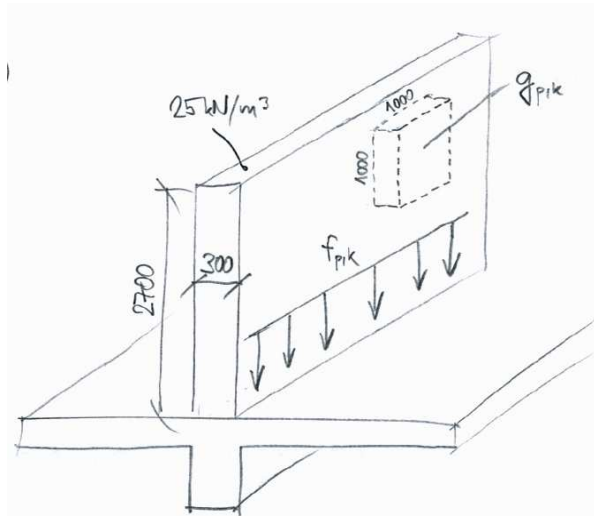
- Na trámu je vyzděna příčka z pórobetonu o výšce 2,7 m. Objemová hmotnost pórobetonu je 400 kg/m³. Tloušťka příčky je 0,3 m. Jaká je její **plošná tíha**? Jak **přítěžuje trám**, který ji podpírá?
- Kilogramy převedeme na kN jednoduše vydělením 100. Objemovou tíhu vynásobíme tloušťkou příčky a získáme její plošnou tíhu:

$$g_{p,k} = \frac{400}{100} \cdot 0,3 = 1,2 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- Vynásobíme-li plošnou tíhu příčky výškou příčky, dostaneme „liniovou tíhu“ – tedy přítěžení trámu (liniového prvku):

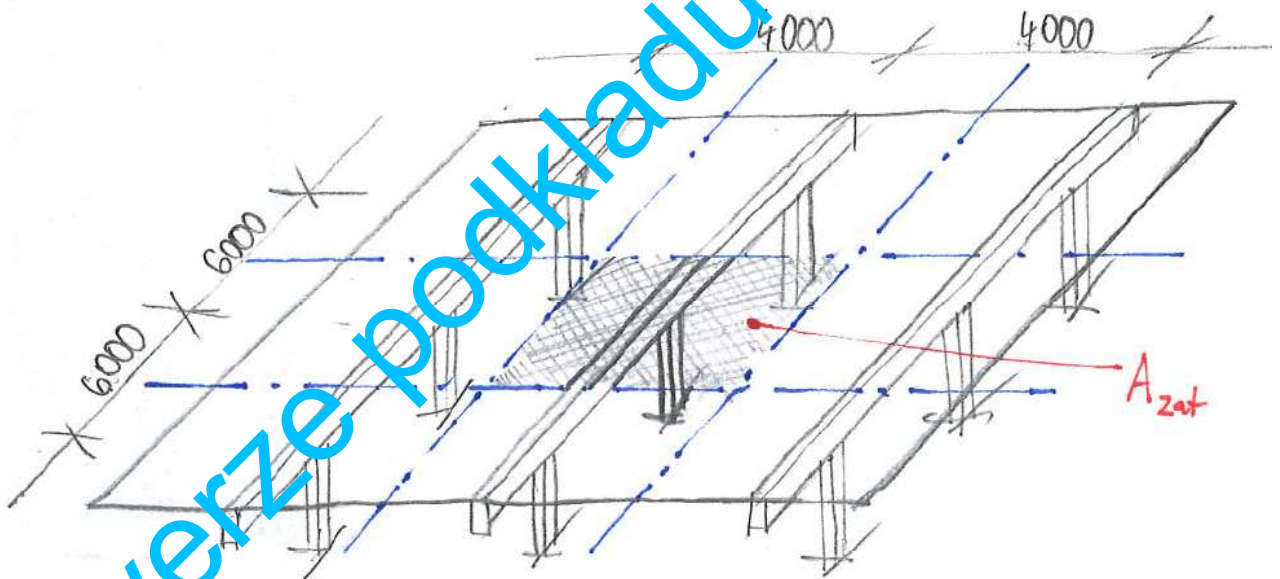
$$f_{p,k} = 1,2 \cdot 2,7 = 3,24 \text{ kN} / \text{m}$$

- Schéma:



Příklad 3 (alternativní způsob výpočtu zatížení sloupu)

- Zatížení sloupu můžeme spočítat i jinak, a to pomocí **zatěžovací plochy sloupu**.
- Uvažujme konstrukci z příkladu 1. Zatěžovací plocha A_{zat} je vymezena osami přilehlých trámů a polí desky. Schéma:



- Velikost zatěžovací plochy v našem případě je:

$$A_{zat} = \left(\frac{6}{2} + \frac{6}{2}\right) \cdot \left(\frac{4}{2} + \frac{4}{2}\right) = 24 \text{ m}^2$$

Síla v hlavě sloupu je součtem zatížení ze zatěžovací plochy desky a zatížení od částí trámů, tedy:

$$G_{h,k} = g_k \cdot A_{zat} + g_{T,k} \cdot L_T = 5 \cdot 24 + 2,5 \cdot \left(\frac{6}{2} + \frac{6}{2}\right) = 135 \text{ kN}$$

Principy výpočtu zatížení montované konstrukce

- **Stropní a střešní plošné dílce (panely)** jsou plné nebo dutinové. Vlastní tíhu desky z plných panelů můžeme stanovit jako u monolitické desky. Pro dutinové panely (často i pro plné dílce) udává výrobce informaci o hmotnosti prvku, a to v jedné z následujících variant:
 - a) plošná hmotnost panelu v kg/m^2
 - b) hmotnost na 1m délky panelu v kg/m
 - c) celková hmotnost panelu v kg (označme např. M_{pan}), pak plošnou tíhu g_{pan} v kN/m^2 získáme takto:

$$g_{\text{pan}} = \frac{M_{\text{pan}}}{100 \cdot b_{\text{pan}} \cdot L_{\text{pan}}}$$

kde b_{pan} a L_{pan} jsou půdorysné rozměry panelu (obvykle možno považovat modulové rozměry, tj. není třeba přesně odlišit panel a materiál styků = závlivkový beton)

- **Stropní a střešní nosníky - průvlaky, ztužidla, vazníky.** Vlastní tíhu plných dílců můžeme spočítat z rozměrů a objemové hmotnosti nebo z údajů výrobce. Pokud výrobce udává celkovou hmotnost tyčového prvku M_p v kg, tak tíhu g_p v kN/m počteme takto:

$$g_p = \frac{M_p}{100 \cdot L_p}$$

kde L_p je délka dílce

Shrnutí k výpočtu zatížení

- Kreslete si schémata!!!
- Kontrolujte jednotky! Nikdy například **nesmíte** sčítat hodnoty v kN/m^2 s hodnotami v kN/m .
- **Přemýšlejte o tom, co počítáte**
- Představujte si, odkud kam zatížení v konstrukci putuje
- ... a nemůžete udělat chybu

Pokyny k domácímu cvičení

- Podívejte se na vzor **formy** zpracování statického výpočtu na webu
- Při výpočtu postupujte podle **principů** popsanych v předchozí kapitole (a vysvětlených na cvičení)
- Užité zatížení stanovte **dle účelu objektu** z normové tabulky, kterou najdete na webu
- **Pro střešní konstrukci** se uvažuje jako **proměnné zatížení větší z hodnot zatížení sněhem a užitého zatížení střechy**. Ve cvičení uvažujte zatížení sněhem **dle sněhové oblasti** vašeho bydliště a užité zatížení pro nepochozí střechu hodnotou $0,75 \text{kN/m}^2$
- **Pozor** – některá zatížení ve vaší zadané skladbě jsou již zadána jako plošná!
- **Zatížení** spočítejte v **tabulkách**. Formální vzor tabulek je uveden níže.

Zatížení stropní desky

Typ	Zatížení	Objem. tíha [kN/m ³]	Tloušťka [m]	Char. zat. [kN/m ²]	Souč. zatížení	Návrh. zat. [kN/m ²]
Stálé	Nášlapná vrstva	12	0,02	0,24	1,35	0,32
	Roznášecí vrstva	23	0,05	1,15		1,55
	Separace	-	-	0,04		0,05
	Akustická izolace	0,3	0,05	0,02		0,03
	ŽB deska	25	0,12	3,00		4,05
	Stěrka	18	0,003	0,05		0,07
	CELKEM					$g_k=4,50$
Proměnné	Užitné	-	-	$q_k=3,00$	1,5	$q_d = 4,50$
CELKEM				$(g+q)_k = 7,50$		$(g+q)_d = 10,58$

Zatížení stropního trámu

Typ	Zatížení	Plošné zat. [kN/m ²]	Zat. šířka [m]	Char. zat. [kN/m]	Souč. zatížení	Návrh. zat. [kN/m]
Stálé	Stropní deska	4,50	4,0	18,00	1,35	24,30
	vl. tíha tramu pod deskou	(0,62-0,12)·0,25·25		3,13		4,22
	příčka	170·0,01·(3,5-0,62)		4,90		6,61
	CELKEM					$g_k=26,03$
Proměnné	Užitné	3,00	4,0	$q_k=12,00$	1,5	$q_d = 18,00$
CELKEM				$(g+q)_k = 38,03$		$(g+q)_d = 53,13$

Zatížení v patě sloupu spodního podlaží

Typ	Zatížení	Liniové zat. [kN/m]	Zat. délka [m]	počet podlaží	Char. zat. [kN]	Souč. zatížení	Návrh. zat. [kN]
Stálé	Stropní deska + trám	26,03	7,0	5	911,05	1,35	1229,92
	Střešní deska + trám	24,33	7,0	1	170,31		229,92
	vl. tíha sloupu	0,25·0,25·(3,5-0,62)·25		6	27,00		36,45
	CELKEM				$g_k=1108,36$		
Proměnné	Užitné - patro	12,00	7,0	5	420,00	1,5	630,00
	Sníh (1 kN/m ²)	4,00	7,0	1	28,00		42,00
	CELKEM				$q_k=448,00$		
CELKEM				$(g+q)_k = 1556,36$		$(g+q)_d = 2168,29$	