

Zatížení stálá

stálé (pevné) zatížení stavebních prvků zahrnuje vlastní tíhu nosných a nenosných prvků

- vlastní tíha nosné konstrukce (např. železobetonové desky, dřevěných trámů, zděných stěn...)
- tíha skladby podlahy či střechy
- tíha podhledu, popř. omítky
- tíha izolací (např. kontaktního zateplení)
- tíha pevného vybavení (vzduchotechnická zařízení, rozvody, topná zařízení, zařízení pro výtahy a eskalátory)
- tíha příček – je vhodné spočítat liniové zatížení od konkrétních příček, popř. zvolit náhradní plošné zatížení, pokud ještě nevíme jejich dispozici (odhadem např. 1 kN/m²)
- tíha obvodového pláště (obvykle u skeletových konstrukcí nebo ocelových konstrukcí, kde nosnou svislou konstrukci netvoří stěny a je tak třeba oddělit vnitřní prostředí od vnějšího další nenosnou konstrukcí; jsou různé druhy, mohou být do nosné konstrukce vyžděné nebo např. zavěšené)
- zatížení zeminou a zemním tlakem (viz. předměty katedry geotechniky)
- výpočet zatížení:

→ plošné zatížení: např. vlastní tíha ŽB desky, podlahové vrstvy (celistvá vrstva izolace, stěrky... atd):

$$g_k = \gamma \cdot h = [\text{kN/m}^3] \cdot [\text{m}] = [\text{kN/m}^2]$$

h... tloušťka vrstvy v m

γ ... objemová tíha materiálu v kN/m³, vypočte se z objemové hmotnosti v kg/m³

$$\gamma [\text{kN/m}^3] = \rho [\text{kg/m}^3] \cdot g [\text{m/s}^2] / 1000$$

ρ ... objemová hmotnost materiálu v kg/m³

$$g \dots \text{gravitační zrychlení} = 10 \text{ m/s}^2$$

(pokud byste součin objemové hmotnosti a gravitačního zrychlení nevydělili 1000, získali byste hodnotu objemové tíhy v N/m³)

Pozn. V případě některých vrstev je udávána přímo plošná hmotnost v kg/m² nebo plošná tíha v kN/m² (obvykle pro velmi tenké vrstvy jako jsou plechové střešní krytiny, asfaltové pásy, různé fólie, geotextilie... atd). Pokud je údaj v kN/m², nic s ním již dělat nemusíte, údaj v kg/m² musíte převést na kN/m² stejným způsobem jako v případě převodu objemové hmotnosti na objemovou tíhu (tzn. vynásobíte gravitační konstantou $g = 10 \text{ m/s}^2$ a vydělíte 1000 kvůli převodu z N na kN).

→ liniové zatížení: např. vlastní tíha trámu, tíha příčky... atd.

$$g_k = \gamma \cdot h \cdot b = [\text{kN/m}^3] \cdot [\text{m}] \cdot [\text{m}] = [\text{kN/m}]$$

h... výška prvku v m (v případě příčky její světlá výška)

b... šířka prvku v m (v případě příčky její tloušťka)

γ ... objemová tíha materiálu v kN/m³

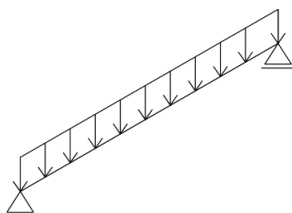
Pozn. V případě příček či stěn je často místo objemové hmotnosti udávána plošná hmotnost v kg/m², což je v podstatě součin objemové hmotnosti jejich materiálu a jejich tloušťky (ve výše uvedeném vzorci je tloušťkou příčky myšlena šířka prvku b). Plošnou hmotnost převedete na plošnou tíhu stejným způsobem jako v případě převodu objemové hmotnosti na objemovou tíhu (tzn. vynásobíte gravitační konstantou $g = 10 \text{ m/s}^2$ a vydělíte 1000 kvůli převodu z N na kN). Pro výpočet liniového zatížení stačí tuto hodnotu vynásobit výškou příčky h, protože násobení šířkou prvku je již zahrnuto v údaji o plošné hmotnosti.

→ bodové zatížení: např. vlastní tíha sloupu

$$g_k = \gamma \cdot h \cdot b \cdot l = [\text{kN/m}^3] \cdot [\text{m}] \cdot [\text{m}] \cdot [\text{m}] = [\text{kN}]$$

h... výška prvku v m
 b... šířka prvku v m
 l... délka prvku v m
 γ ... objemová tíha materiálu v kN/m^3

- zatížení působí svisle na délku prvku (v případě šikmého prvku na šikmou délku prvku)



- objemové a plošné tíhy některých materiálů:

Objemové tíhy	KN/m^3
DŘEVO A VÝROBKY ZE DŘEVA	
dřevo	
borovice, smrk, cedr, jedle, olše, osika, topol, lípa	5 (6)
modřín	6,5 (8)
čub, bříza, buk, jasan, habr, akát, jilm	7 (8)
desky	
dřevotřískové	7,5
dřevovláknité nelisované měkké (např. hobra)	4
dřevovláknité lisované (např. sololit)	8,5
heraklit (stavební desky z dřevěné vlny a cem.)	4,5
z vrstveného lisovaného dřeva	12
KOVY	
hliník	27
litina	72
ocel stavební uhlíková, nízkolegovaná	78,5
ocel slitinová (vysokolegovaná), žáruvzdorná	80
HORNINY	
čedič, diabas, gabro	30
žula, diorit, gabrodiorit, granodiorit, pískovec, slepenec,	
křemenec, buližník	26
mramor, hadec	28
slínovec (opuka), travertýn	24
ZÁSYPOVÉ MATERIÁLY	
cihelná drť	
z cihel	12
z cihelného zdiva	13
keramzit	
netříděný	6
jemná frakce 0-4 mm	9
hrubá frakce podle zrnění	4504550
pemzový písek	5
perlit expandovaný EP 1004EP 200	1004200
písek volně sypaný	16
stavební rum	13
škvára kamenouhelná, kotlová, popílek	9
MALTY A OMÍTKY	
s hutným kamenivem	
cementové	19 - 23
vápenocementové	18 - 20
vápenné, vápenosádrové	12 - 18
vápenné na rákosování	15
BETONY	
cementový beton obyčejný	
prostý hutný z přírodního hutného kameniva (do 2800 kg m^{-3} včetně)	
beton B 30 a nižší	
nevibrovaný	23
vibrovaný	24

Objemové tíhy	KN/m ³
beton B 35 a vyšší	
nevibrovaný	24
vibrovaný	25
železobeton a předpjatý beton	
s netuhou výztuží	o 1kN.m ⁻³ vyšší než u prostého betonu
s tuhou výztuží z válc. profilů	součet hmotnosti prostého betonu a výztuže v jednotce objemu
lehký beton z pórovitého kameniva	
prostý	
keramzitový podle značky KB 30-9004KB 330-1850	10419,5
z perlitu podle značky PB 3004PB 500	345
železový a předpjatý s netuhou výztuží	o 100 kg .m ⁻³ vyšší než u prostého lehkého betonu
pěnobeton podle značky 3004700	347
škvárobeton	15
pórobeton	
nevztužený při relativní vlhkosti vzduchu 50 %	6
při relativní vlhkosti vzduchu 80 %	6,5
vztužený	o 50 kg .m ⁻³ větší než u nevztuženého pórobetonu
ZDIVO cihelné	
z cihel pálených plných	
P 7 až P 20 na maltu vápennou	18
P 7 až P 25 na maltu vápenocemetovou	19
z cihel děrovaných CD	12 nebo 13,5
z cihel voštinových	14
z cihel děrovaných metrických	15,5
z kabřinců, komínovek a cihel šamotových, dinasových, vápenopískových plných	20
DLAŽBY , MAZANINY	
asfalt (živice)	12
asfaltový beton	22
kamenná dlažba	26
teraco	23
mazanina	
cementová	23
plastbetonová	22
IZOLAČNÍ MATERIÁLY A VÝROBKY	
polystyren pěnový	
suspenzní	0,2
emulzní	1,5
rohože	
z čedičové vaty, minerální plsti	1,5
minerální vln foukané	2,5

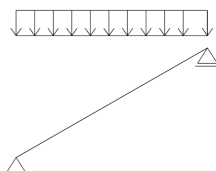
Plošné tíhy	KN/m ²
lepenky asfaltované	
strojně hadrové 330 až 500/H, ev. SH	0,00340,005
impregnované AP/L-A-330 až 500/H, ev .SH	0,00740,01
asfaltované pásy	
typ R s jemnozrnným posypem	0,01440,017
typ R s hrubozrnným posypem	0,02140,026
typ S (IPA)	0,04540,047
nátěry asfaltové (0 tloušťce asi 1,5 až 2,5 mm)	0,025
STŘEŠNÍ KRYTINY	
břidlicová krytina	
na laťování i s laťováním	0,4
na bednění 25 mm, i s bedněním a lepenkovým podkladem	0,6
plechová krytina	
z měděného plechu 0,6 mm, na dvojistou drážku i s 0,35 bedněním 25 mm	
Z ocelového pozinkovaného rovného plechu 0,6 mm, na 0,2 laťování i s laťováním	
z ocelového pozinkovaného vlnitého plechu 0,6 mm, na 0,3 úhelnících i s úhelníky	
s lepenkovým podkladem bez bednění	0,2
s bedněním 25 mm	0,3
tašková krytina	
jednoduchá, z drážkovaných tašek tažených nebo ražených i betonových i s laťování a podmazáním ložných spár	0,55
dvojitá z obyčejných tašek	
korunová i šupinová, na sucho i s laťováním	0,75
kladená zplna do malty, i s laťováním a maltou	0,85
prejzová, kladená zplna do malty i s laťováním	1
živičná krytina přitavovaná k odkladu	0,25

Zatížení nahodilá

Užitné zatížení

zatížení, která vznikají v důsledku užívání

- tíha osob užívajících budovu a tíha jejich osobních věcí
- nábytek a přemístitelné předměty (např. přemístitelné přičky, uskladněné předměty, obsah nádrží)
- vozidla (různé hodnoty zatížení dle typu vozidel)
- vodorovné zatížení zábradlí – např. u schodišť, balkonů; způsobena např. osobami opírajícími se o zábradlí
- tvořeno plošným svislým zatížením (q_k v kN/m^2), svislými bodovými osamělými břemeny (Q_k v kN) a vodorovným liniovým zatížením zábradlí (q_k v kN/m)
- hodnoty pro tato zatížení jsou uvedena v tabulkách, jejich velikost závisí na kategorii využívané plochy (např. v bytových domech bude menší užitné zatížení než v divadle nebo kině, kde se shromažďují lidé), v prvním sloupci tabulky je hodnota plošného svislého zatížení, v druhém sloupci hodnota svislého osamělého břemene a ve třetím sloupci hodnota pro vodorovné liniové zatížení zábradlí
- kategorie ploch jsou uvedeny v tabulce pod textem, jsou zde popsány a obsahují i uvedené příklady takových ploch
- bodové osamělé břemeno se umísťuje do nejméně příznivé polohy na konstrukci (tzn. do místa, kde vyvolá největší vnitřní síly, např. na nosníku doprostřed rozpětí, na konzole na její konec... atd.), vždy působí buďto plošné svislé zatížení nebo svislé osamělé břemeno (obvykle se udělají dva zatěžovací stavy – v jednom z nich tvoří svislé užitné zatížení plošné zatížení, v druhém tvoří svislé užitné zatížení osamělé břemeno)
- svislé plošné užitné zatížení je vztaženo na půdorysný průmět (důležité například u schodišť)



Užitná zatížení stropních konstrukcí, balkonů a schodišť pozemních staveb

Kategorie zatěžovacích ploch	q_k (kN/m^2)	Q_k (kN)	q_k (kN/m) – vodorovná zat. zábradlí a dělicích stěn
kategorie A			
stropní konstrukce	1,5 až 2,0	2,0 až 3,0	0,2 až 1,0 (0,5)
schodiště	2,0 až 4,0 (3,0)	2,0 až 4,0	0,2 až 1,0 (0,5)
balkóny	2,5 až 4,0 (3,0)	2,0 až 3,0	0,2 až 1,0 (0,5)
kategorie B	2,0 až 3,0 (2,5)	1,5 až 4,5 (4,0)	0,2 až 1,0 (0,5)
kategorie C			
C1	2,0 až 3,0	3,0 až 4,0	0,2 až 1,0 (0,5)
C2	3,0 až 4,0	2,5 až 7,0 (4,0)	0,8 až 1,0
C3	3,0 až 5,0	4,0 až 7,0	0,8 až 1,0
C4	4,5 až 5,0	3,5 až 7,0	0,8 až 1,0
C5	5,0 až 7,5	3,5 až 4,5	3,0 až 5,0
kategorie D			
D1	4,0 až 5,0	3,5 až 7,0 (5,0)	0,8 až 1,0
D2	4,0 až 5,0	3,5 až 7,0	0,8 až 1,0
kategorie E			
E1	7,5	7	0,8 až 2,0
E2	individuálně	individuálně	
kategorie F	1,5 až 2,5	10 až 20	
kategorie G	5,0	40 až 90 (120)	
kategorie H	0 až 1 (0,75)	0,9 až 1,5 (1,0)	
kategorie I	Dle A až D	Dle A až D	

Poznámka: Hodnoty vyplněné tučně jsou převzaty z národní přílohy ČSN EN 1991-1-1, ostatní hodnoty nejsou národní přílohou upraveny a jsou převzaty z originálního textu normy. Podtržené jsou doporučené hodnoty.

Kategorie ploch pozemních staveb

Kat.	Stanovené použití	Příklad
A	Plochy pro domácí a obytné činnosti	Místnosti obytných budov a domů; místnosti a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety
B	kancelářské plochy	
C	plochy, kde dochází ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených v kategoriích A, B a D)	C1: plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.
		C2: plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, v konferenčních sálech, přednáškových nebo zasedacích místnostech, nádražních a jiných čekárnách
		C3: plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních síních a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách.
		C4: plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, scény atd.
		C5: plochy, kde může dojít ke koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní a sportovní haly, včetně tribun, teras a přístupových ploch, železniční nástupiště atd.
D	obchodní plochy	D1: plochy v malých obchodech
		D2: plochy v obchodních domech
E	skladovací prostory, včetně přístupových, kde může dojít k nahromadění zboží	E1: plochy pro skladovací účely, včetně knihoven a archivů
		E2: plochy pro průmyslové využití individuálně
F	dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (≤ 30 kN tíhy)	garáže; parkovací místa, parkovací haly
G	dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla (> 30 kN, ≤ 160 kN tíhy)	přístupové cesty; zásobovací oblasti; oblasti přístupné protipožární technice (vozidla tíhy ≤ 160 kN) 5,0 40 ÷ 90
H	nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby, oprav	
I	přístupné střechy v souladu s kategorií A až D	

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem na zemi Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi (s_k)

Musí se uvažovat následující dvě základní uspořádání zatížení: – zatížení nenavátým sněhem na střeše – zatížení navátým sněhem na střeše

- zatížení sněhem na střeše:

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

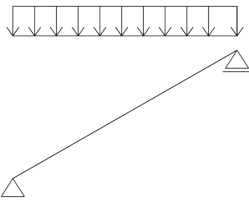
μ_i tvarový součinitel zatížení sněhem (dle tvaru střechy, lze najít v tabulkách)

s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi (dle konkrétní sněhové oblasti, pro každou oblast je dána charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi, oblast se určí pomocí sněhové mapy ČR)

C_e součinitel expozice (závisí na budoucí zástavbě objektu, obvykle se volí 1,0)

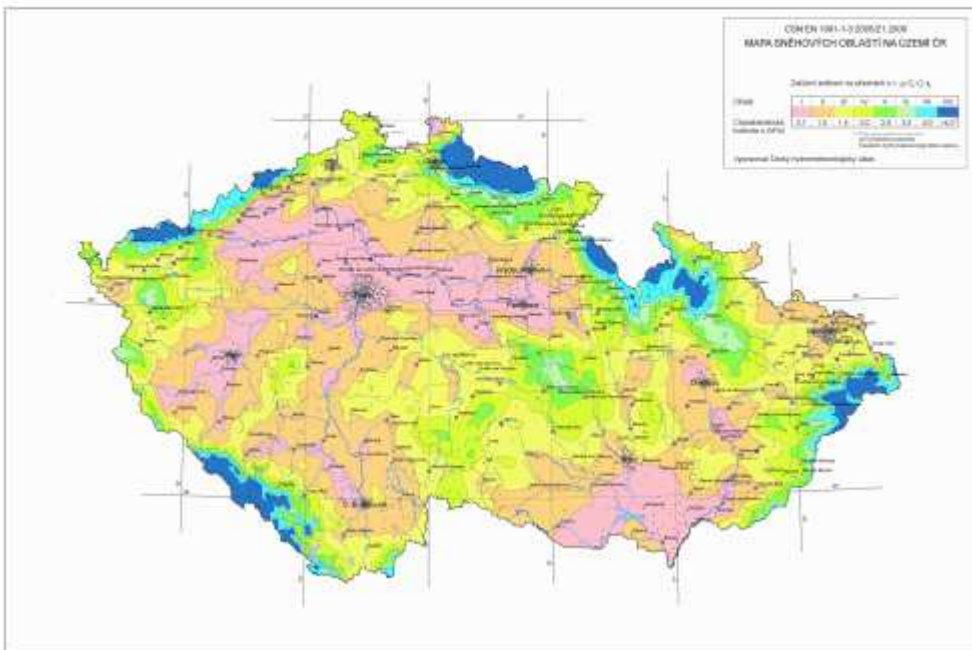
C_t tepelný součinitel (zohledňuje tání sněhu vlivem teplého povrchu střechy, obvykle se uvažuje roven 1,0, snížit jej lze v případě střechy s velkou tepelnou prostupností, jako má například skleněná střecha)

- zatížení působí svisle a je vztaženo k půdorysné ploše střechy



- sněhové oblasti – hodnoty s_k a sněhová mapa ČR

Oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
s_k [kNm ⁻²]	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	> 4,0



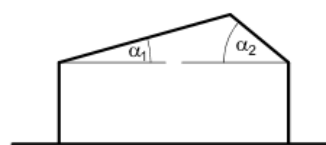
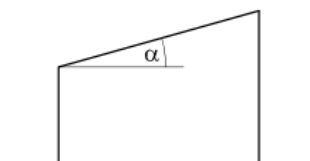
- hodnoty tvarového součinitele μ_i

a) $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$

b) $0,5 \mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$

μ_1

c) $\mu_1(\alpha_1)$ $0,5 \mu_1(\alpha_2)$



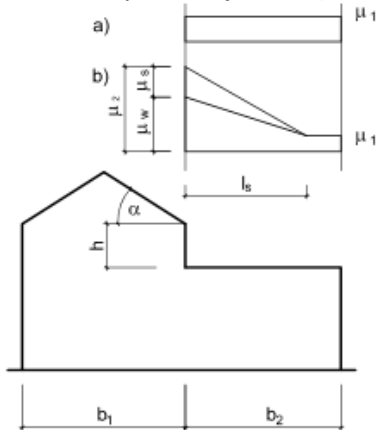
pultová střecha

sedlová střecha

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6	--

pozn. plochá střecha je speciální případ pultové střechy

- v případě sedlové střechy je třeba vždy uvažovat všechny tři případy (a), b), c)) jako různé zatěžovací stavy, protože případy b) a c) vyvozují nesymetrické zatížení, které může vyvolat méně příznivé účinky
- v příslušné normě pro zatížení sněhem nebo ve skriptech najdete i součinitele pro další tvary střech (válcové, vícelodní)
- v normě také najdete pravidla pro výpočet zatížení návějí v případě, že řešený objekt těsně sousedí s vyšším objektem (viz. obrázek)



Zatížení větrem

Zatím jen velmi stručně (bude se to ještě probírat v jiných předmětech)

- charakteristickou hodnotu zatížení větrem [kN/m²] stanovíme jako: $w_k = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$

q_b ... základní dynamický tlak větru

$c_e(z)$... součinitel expozice

c_{pe} ... součinitel vnějšího tlaku

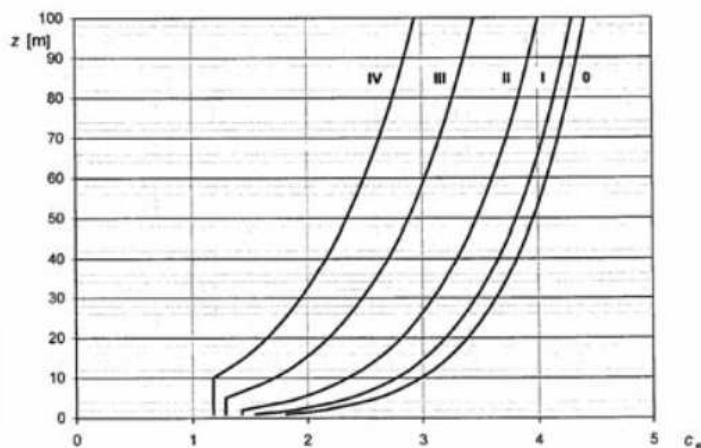
- základní dynamický tlak větru q_b je: $q_b = \frac{1}{2} \rho_v v_b^2$

ρ_v ... hustota vzduchu, uvažujeme 1,25 kg/m³,

v_b ... základní rychlost větru, určí se z tabulky podle větrné oblasti, větrnou oblast lze zjistit z větrné mapy ČR

oblast	I	II	III	IV	V
$V_{b,0}$	22,5	25	27,5	30	36 m/s (char. Hodnotu určí ČHMÚ)

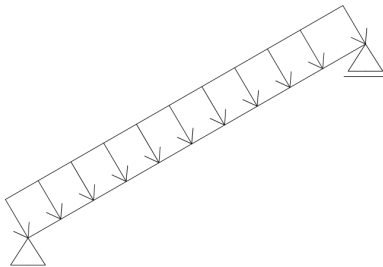
- součinitel expozice $c_e(z)$ lze určit podle kategorie terénu a referenční výšky budovy z grafu



- kategorie terénu určuje podmínky okolního prostředí pro zatížení větrem, záleží na hustotě zástavby a vegetačního porostu v okolí budovy (např. někde na pobřeží nebo na holé pláni bude foukat více než v lese nebo v hustě zastavěné oblasti)

Kategorie terénu	
0	Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři
I	Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek
II	Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek
III	Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)
IV	Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m

- referenční výšku lze bezpečně uvažovat shodnou s výškou budovy.
- součinitel vnějšího tlaku c_{pe} závisí na konkrétní oblasti na povrchu budovy, jeho hodnotu lze najít v tabulkách v normě (zde nejsou, protože jsou poměrně rozsáhlé)
- zatížení větrem působí kolmo na povrch na jeho délku



Součinitele zatížení

Zatížení je z důvodu spolehlivosti násobeno součiniteli.

Hodnota dosud nenásobená součinitelem (spočtená či určená dle výše uvedených postupů) se označuje jako charakteristická hodnota. S charakteristickými hodnotami se počítá například při návrhu a posouzení konstrukcí na mezní stavy použitelnosti (posouzení šířky trhlin... atd).

Při návrhu a posouzení konstrukcí na mezní stav únosnosti se používají hodnoty návrhové.

Charakteristická hodnota zatížení se násobí dílčím součinitelem spolehlivosti.

Pro stálá zatížení ... γ_G

pro nahodilá zatížení ... γ_Q

Dále se ještě rozlišuje, zda zatížení působí příznivě či nepříznivě. Obvyklejší je nepříznivé působení (například svislé zatížení prostého nosníku). Někdy však zatížení působí příznivě, například zabraňuje překlopení.

Příznivé působení	$\gamma_{G,inf} = 0,9$	stálé zatížení
	$\gamma_{Q,inf} = 0,0$	nahodilé zatížení (v případě, že konstrukci „pomáhá“ nesmí být uvažováno, proto je dílčí součinitel nulový, není totiž možné předpokládat, že bude konstrukce stále zasněžená nebo tam pořád budou stát lidi)
Nepříznivé působení	$\gamma_{G,sup} = 1,35$	stálé zatížení
	$\gamma_{Q,sup} = 1,5$	nahodilé zatížení

Součinitele zohledňují možné odchylky v zatížení (například ŽB deska bude zhotovena o něco tlustší, podlahová krytina bude mít o trochu větší objemovou hmotnost, do bytu k někomu přijde velká návštěva, napadne více sněhu, než je obvyklé ... atd.)

Přehled norem týkajících se zatížení

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

- zde najdete obecné zásady jako tvoření kombinací zatěžovacích stavů, hodnoty dílčích součinitelů zatížení (viz. odstavec výše) a kombinačních součinitelů (součinitele, které zohledňují pravděpodobnost současného působení dvou nezávislých nahodilých zatížení – např. pravděpodobnost, že na balkoně bude zasněženo a zároveň tam budou lidé není moc velká, takže menší z obou zatížení může být redukováno kombinačním součinitelem)

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

- zde najdete pravidla pro výpočet vlastní tíhy, objemové tíhy stavebních materiálů a některých skladovaných materiálů, tabulky pro užitná zatížení (ty uvedené v odstavci o užitném zatížení a další) a další údaje týkající se těchto zatížení

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem

- zde najdete pravidla pro výpočet zatížení sněhem, hodnoty součinitelů expozice a tepelných součinitelů, tvarové součinitele pro různé druhy střech a v národní příloze také sněhovou mapu ČR

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem

- zde najdete pravidla pro výpočet zatížení větrem, hodnoty všech součinitelů pro výpočet a v národní příloze také větrnou mapu ČR