

4.3 NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ

4.3.1 ZDIVO

4.3.1.1 PLATNÉ NORMY

Od března 2010 platí evropské normy EN jako jediné pro návrh zděných konstrukcí. Do skupiny těchto českých ČSN a zároveň evropských norem EN patří následující dokumenty.

ČSN EN 1996-1-1	Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby - Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru
ČSN EN 1996-1-3	Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla pro pozemní stavby - Podrobná pravidla při bočním zatížení
ČSN EN 1996-2	Navrhování zděných konstrukcí – Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zděných konstrukcí
ČSN EN 1996-3	Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody a jednoduchá pravidla pro navrhování zděných konstrukcí

Tab. 1 - Přehled norem

4.3.1.2 TERMINOLOGIE

Vysvětlení základních pojmů:

zdivo

Jedná se o sestavu zdících prvků uložených podle stanoveného uspořádání a spojených vzájemně maltou. Zjednodušeně řečeno, jedná se o stavební konstrukci ze zdících prvků (cihel) spojených maltou.

nevyztužené zdivo

Jedná se o běžné zdivo, které sestává pouze ze zdících prvků a malty. Přesnější normová definice říká, že jde o zdivo, které neobsahuje dostatečné množství výztuže, aby jej bylo možné považovat za vyztužené zdivo.

vyztužené zdivo

Jde o zdivo, které je vyztuženo ve spárách nebo přes zdící prvky. Vyztužení může být vodorovné nebo svislé. Jedná se o zdivo, v němž jsou pruty nebo sítě uloženy v maltě nebo betonu tak, aby všechny materiály spolupůsobily proti účinkům zatížení.

sevřené zdivo

Toto zdivo je sevřené ve svislém a vodorovném směru železobetonem nebo vyztuženým zdivem.

vazba zdiva

Jedná se o pravidelné uspořádání zdících prvků ve zdivu, které zaručuje jejich spolupůsobení.

charakteristická pevnost zdiva

Jedná se o základní hodnotu pevnosti zdiva. Norma říká, že odpovídá předepsané pravděpodobnosti 5%, se kterou může být nejvýše podkročena v myšleném souboru neomezeného počtu výsledků zkoušek. Tato hodnota obecně odpovídá určenému kvantilu předpokládaného statistického rozdělení výsledků zkoušek určité vlastnosti materiálu nebo výrobku. V některých případech se za charakteristickou uvažuje hodnota nominální.

pevnost zdiva v tlaku

Jde o pevnost zdiva v tlaku s vyloučením vlivu tlačných desek zkušebního zařízení, bez vlivu štíhlosti prvku a výstřednosti zatížení. Jde o pevnost v prostém tlaku.

pevnost zdiva ve smyku

Jedná se o pevnost zdiva, na něž působí smykové síly.

pevnost zdiva v tahu a ohybu

Je o pevnost zdiva při ohybu. Pevnost v tahu za ohybu se stanovuje ze zkoušek nebo dle tabulky v ČSN EN 1996-1-1. Dosahuje velmi malých hodnot.

zdící prvek

Zdícími prvky nazýváme cihly, bloky a tvárnice. Jedná se o předem zhotovený prvek určený pro uložení ve zdivu. V podstatě lze takto nazvat veškeré zdící prvky.

cihla – tradiční zdící prvek v rozměrech od 100 x 240 mm do 140 x 290 mm, popř. větších rozměrů

blok – výraz pro zdící prvek větších rozměrů než cihla, většinou pálený nebo z umělého staviva

tvárnice – uměle vyrobený zdící prvek větších rozměrů než cihla

ložná plocha

Je to horní nebo dolní plocha zdícího prvku při jeho zamýšleném uložení ve zdivu.

pevnost v tlaku zdících prvků

Jedná se o průměrnou pevnost v tlaku stanoveného počtu zdících prvků.

nosná stěna

Je to stěna určená pro přenášení zejména svislého zatížení a vlastní tíhy.

jednovrstvá stěna

Je to stěna bez vnitřní dutiny nebo bez svislé spáry (vyplněné nebo nevyplněné maltou) ve své rovině. Nejčastěji vznikne, když použijeme jedné řady zdících prvků na celou tloušťku zdiva. Tento způsob zdění se po „zednicku“ nazývá „vyzdění na vazáky“. Jedná se o dnes běžné užití cihelných bloků.

dutinová stěna

Je to stěna skládající se ze dvou rovnoběžných jednovrstvých stěn účinně spojených stěnovými sponami nebo výztuží do ložných spár. Prostor mezi oběma jednovrstvými stěnami (vrstvami) je buď ponechán jako souvislá nezaplňená dutina nebo je úplně či částečně vyplněn nenosným tepelně izolačním materiálem.

dvouvrstvá stěna

Je to stěna skládající se ze dvou rovnoběžných zděných vrstev, mezi nimiž je souvislá průběžná spára (nejvýše 25 mm tlustá), která je plně vyplněná maltou. Vrstvy jsou účinně spojeny stěnovými sponami zabezpečujícími jejich úplné spolupůsobení.

malta pro zdění

Je to směs jednoho nebo více anorganických pojiv, kameniva, vody a někdy příměsí anebo přísad, používaná pro ukládání, spojování a spárování zdiva.

obyčejná malta pro zdění

Jedná se o maltu pro zdění, pro níž nejsou předepsány speciální vlastnosti. Příkladem je běžná vápenocementová nebo cementová malta.

malta pro zdění pro tenké spáry

Je to návrhová malta pro zdění s největší zrnitostí kameniva rovné nebo menší než předepsaná hodnota.

lehká malta pro zdění

Je to návrhová malta pro zdění, jejíž objemová hmotnost v suchém stavu je menší než hodnota předepsaná v EN 1998-2. Příkladem jsou malty tepelně izolační s plnivem z tepelně izolačního materiálu.

návrhová malta pro zdění (podle výrobce)

Jedná se o maltu, jejíž složení a výrobní postup jsou zvoleny tak, aby zajistily požadované vlastnosti (tzv. záměr užitné hodnoty).

předpisová malta pro zdění podle receptury

Je to malta, která je vyráběna ve stanoveném poměru složek, jejíž vlastnosti se předpokládají podle použitého poměru složek (tzv. záměr receptury). Klasickým případem je malta míchaná na stavbě.

pevnost malty v tlaku

Je to průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu zkušebních těles malty po 28-denním ošetřování.

ložná spára

Jedná se o vrstvu malty mezi ložnými plochami zdících prvků. Spára je ve většině případů zdění vodorovná.

stýčná spára

Je to maltová spára kolmá k ložné spáře i k líci stěny. Nachází se mezi zdíci prvky (cihlami).

tenká spára

Je to spára vyplněná maltou pro tenké spáry s tloušťkou nejvýše 3 mm.

smykové stěny

Smykové stěny se používají na ztužení objektů proti účinkům vodorovných sil. Jedná se především o důsledek zatížení větrem. Posouzení je nutné provést ve vodorovné ložné spáře zdiva v patě stěny. Musíme dále zvážit, zda posoudit i svislou spáru mezi smykovou stěnou a příčnou stěnou ztužující (nazývanou také podle tvaru „příruba“).

ztužující stěny

Ztužující stěny jsou stěny, které vytvářejí příčnou oporu pro nosné stěny. Tyto stěny zajišťují stabilitu kolmé nosné stěny proti vybočení od účinků vzpěru.

zjednodušený postup výpočtu

Normy umožňují zjednodušené navrhování zděných konstrukcí pro jednoduché objekty dle ČSN EN 1996-3 (EC 6-3). Při splnění kritérií uvedených v této normě lze použít zjednodušeného výpočtu. Pokud stavba nespĺňuje uvedená ustanovení, je nutno postupovat podle základní standardní normy ČSN EN 1996-1-1 pro všeobecná pravidla navrhování.

základy

Tuhé betonové základy vytvořené např. z průběžných pasů nebo řádně vybetonovaných bednicích dílců osazených na betonové podkladní vrstvě a opatřené případnou vodorovnou spojovací výztuží.

světlost traktů

Světlost traktů je čistá vzdálenost mezi líci protilehlých zdí. Při návrhu volíme podle uvažované stropní konstrukce. Obvyklá vzdálenost spár je mezi 3 až 6-ti metry, nejvíce se užívá 4 až 5 metrů.

příčné ztužení

Ztužení objektu a nosných stěn zajišťují příčně umístěné stěny, u vyšších objektů navrhované jako stěny smykové.

stropní konstrukce

Stropní konstrukce vytváří vodorovnou nosnou konstrukci uloženou zpravidla na svislých zdech, provedené jako tuhé železobetonové nebo polomontované z trámů, vložek a se zálivkou betonem. Vytváří ztužení stěn ve vodorovné rovině. Zajišťuje opření zdiva v patě na stropě a v hlavě pod stropem. Stropní konstrukce jsou opatřeny po obvodě věncovou výztuží.

zastřešení

Tuhá střešní konstrukce odpovídající provedení stropu nebo jde o jednotlivé trámy či střešní vazníky osazené na pozdní věnce.

příčky

Jsou to nenosné vyzdívky s dělicí nebo zároveň i akustickou funkcí.

4.3.1.3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY, ZÁSADY PROVÁDĚNÍ ZDIVA

- **DRUHY STĚN A JEJICH UMÍSTĚNÍ V OBJEKTU**

Zděné stavby v systému LIVETHERM obsahují tak jako jiné zděné stavby stěny obvodové, nosné, ztužující a smykové. Pro ně lze využít systémové tvarovky pro vnější a vnitřní stěny. Pro vnější stěny jsou určeny tepelně izolační a zároveň nosné tvárnice betonové označené TOB a tvárnice lehčené TOL. Na vnitřní a ztužující stěny ostatní nosné betonové tvárnice bez vrstvy tepelné izolace.

- **ROZMĚRY A PROVEDENÍ STĚN**

Tloušťky a rozměry stěn volíme podle použitých cihel a tvárnic. Pro systém LIVETHERM je celková šířka tvárnice pro obvodové stěny 400 mm, z čehož na nosnou část připadá cca 240 mm. Zdící prvky pro vnitřní nosné stěny jsou použitelné ve výrobních tloušťkách od 175 mm. Tento rozměr doplňují ještě šířky 240, 300 a 400 mm.

Pro zdění zdiva LIVETHERM se užívá přednostně tenkovrstvé malty v tloušťce 1 až 3 mm. Malta se nanáší v celé ploše souvislé vodorovné ložné spáry tvárnic. Spojuje vždy spodní a horní řadu tvárnic. Pro použití tradiční maltové spáry nejsou důvody, neboť přesně vyrobené tvárnice na tenkovrstvou maltu umožňují rozměrově přesné zdění s omezením spáry na minimum. Použití tradiční obyčejné zdící malty v tloušťce 8 až 12 mm je ale možné. Ustoupilo však do pozadí pro materiálovou a časovou náročnost a nevhodné tepelně izolační vlastnosti malty ve spáře. Jde o prostup chladu spárou. Obyčejnou maltu lze z důvodu oslabení těchto tepelných mostů nahradit maltou tepelně izolační. Pro zdění je třeba použít tvárnice s výškou 190 mm (TOB Z400/M190).

Styčné spáry (čelní svíslé plochy) mezi tvárnicemi se běžně souvisle nemaltují a jsou spojeny nasucho na pero a na drážku. **Pro maltu je ve středu tvárnic vynechán zálivkový prostor, který umožní staticky výhodné a doporučované propojení tvárnic.** Další použití malty v celé styčné spáře je nutné ze statických důvodů a u stavby v seismické oblasti podle Eurokódu 8. Maltu ve svíslé spáře užíváme vždy na rozích objektu, u pilířů nebo pod uložením překladů a průvlaků.

- **ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ SCHÉMATA OBJEKTŮ**

Pro zděné objekty lze navrhovat konstrukční systém odvislý od spojení stěn a stropních konstrukcí ve třech základních provedeních

- a) podélný systém (se systémovými stropy LIVETHERM)*
- b) příčný systém (se systémovými stropy LIVETHERM)*
- c) obousměrný nosný systém (s monolitickými betonovými stropy)*

Jednotlivé systémy lze ve stavbě kombinovat.

- **Prostorová tuhost objektu**

Pro zajištění prostorové tuhosti objektu navrhujeme spojení příčných stěn, podélných stěn a stropních konstrukcí. Záleží na umístění, tuhosti a spojení všech tří těchto prvků v objektu.

U zděných staveb rozeznáváme tři způsoby řešení, kde je vždy jeden z uvedených prvků rozhodující

- a) samostatné masivní nosné stěny*
- b) nosné stěny doplněné příčnými stěnami*
- c) nosné stěny upnuté v patě a v hlavě o stropní konstrukce, které jsou tuhé ve vodorovné rovině*

Nejvhodnějším řešením je použití dvou posledních uvedených způsobů současně. Nosné stěny doplňujeme příčnými ztužujícími stěnami a tuhými stropy. **Příčné stěny doporučujeme umístit vždy po 7,5 metrech a kolem schodiště.** Pro zajištění tuhosti objektu jako celku, tak působí stropní konstrukce doplněná pozedními věnci. Roznáší vodorovná zatížení od střechy a větru na ostatní stěny a stěny s větší tuhostí. Za vhodnou konstrukci považujeme i polomontované betonové stropy s dobetonávkou.

Příčné a podélné smykové stěny se používají na ztužení objektů proti účinkům vodorovných sil. Jedná se především o důsledek zatížení objektu větrem. Posouzení je nutné provést ve vodorovné ložné spáře zdiva v patě stěny. Musíme dále zvážit, zda posoudit i svislou spáru mezi smykovou stěnou a příčnou stěnou ztužující (nazývanou také podle tvaru „příruba“).

- **Řešení přízemních jednopodlažních objektů**

Při řešení přízemních jednotraktových objektů musíme rozlišit tyto kategorie objektů:

1. Objekty s příčnými ztužujícími stěnami
2. Objekty se stropy tuhými ve vodorovné rovině
3. Objekty zcela bez příčných stěn
4. Halové objekty s vazníky bez příčných stěn

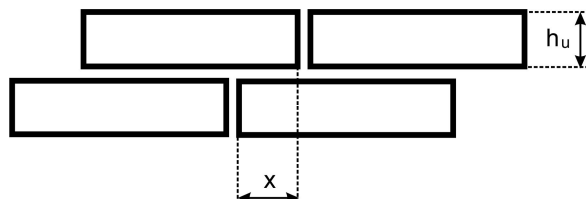
U první a druhé skupiny staveb zajišťujeme prostorovou tuhost stavby tuhostí stropní konstrukce ve vodorovné rovině a opřením podélných stěn o boční a příčné stěny. Vložení příčných stěn, pilířů nebo zalomení stěn výrazně zvyšuje tuhost stěny jako celku a objektu.

Třetí a čtvrtá skupina vyžaduje zejména masivní provedení stěn nebo stěny doplněné pilíři. Takto upravené stěny musí vyhovět na účinky momentů od zatížení větrem. Velkou pomocí je vytvoření vodorovných nosníků, přenášejících účinky zatížení na štítové příčné stěny. Nosníky musí být součástí střešní konstrukce.

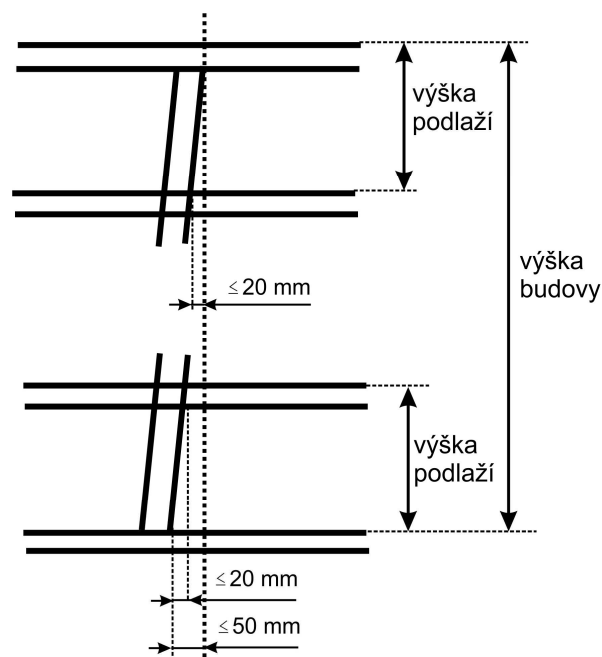
- **Podmínky provádění zdiva**
- **Tolerance pro provedení zděných konstrukcí**

Vyžděné svislé prvky musí splňovat předepsané tolerance a křivosti dle ČSN EN 1996-2. Vodorovné odchylky stěn pro výstavbu platí dle uvedených norem tolerance max. 20 mm pro odklon stěny od svislé na výšku podlaží. Pro celou stavbu musí být výchylka do 50 mm.

Vazba zdiva, převázání bloků je nutné na vazbu do 0,4 výšky bloku, tj. pro tvárnici výšky 198 mm převazba nejméně 80 mm (viz Obr. 1 - údaj x). V rozích platí pro vyvázání omezení na 0,4 výšky anebo šířky bloku. To představuje pro tvárnice 80 mm.



Obr. 1 - Vazba zdiva



Obr. 2 - Vodorovné odchylky stěny v jednom pohledu

4.3.1.4 VÝPOČETNÍ POSTUPY PRO NAVRHOVÁNÍ ZDIVA

- **PRO VLASTNÍ NÁVRH ZDĚNÝCH PRVKŮ SE UŽÍVÁ NOREM SOUSTAVY EUROKÓDU 6 NAVRHOVÁNÍ ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Norma EN 1996-1-1 uvádí principy a požadavky na bezpečnost, použitelnost a trvanlivost zděných konstrukcí. Je založena na použití metody mezních stavů ve spojení s metodou dílčích součinitelů.

Norma EN 1996-1-1 je určena pro přímé použití při návrhu nosných konstrukcí společně s normami pro zatížení EN 1990, 1991 a normami pro jednotlivé materiály nosné konstrukce stavby v označení EN 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998 a 1999.

- **ROZSAH PLATNOSTI EUROKÓDU 6**

1. Eurokód 6 platí pro navrhování pozemních a inženýrských staveb z nevyztuženého, vyztuženého, předpjatého a sevřeného zdiva.

2. Eurokód 6 stanovuje požadavky na únosnost, použitelnost a trvanlivost konstrukcí. Nestanovuje jiné požadavky, např. požadavky na tepelnou nebo zvukovou izolaci.

3. Provádění je zahrnuto v rozsahu potřebném pro určení jakosti stavebních materiálů a výrobků, které se mají použít. A pro stanovení úrovně provedení na staveništi, která je nezbytná pro splnění pravidel navrhování.

4. Eurokód 6 nepokrývá zvláštní požadavky navrhování na seismická zatížení. Ustanovení s těmito požadavky jsou v Eurokódu 8, který doplňuje Eurokód 6 a není s ním v rozporu.

5. V Eurokódu 6 nejsou uvedeny hodnoty zatížení působící na pozemní a inženýrské stavby, které se mají uvažovat při navrhování. Zatížení jsou uvedena v Eurokódu 1 – viz podkapitola 4.2 ZATÍŽENÍ.

Soupis norem patřících k Eurokódu 6 je uveden v kapitole 4. STATIKA.

- **PRINCIPY STATICKÉHO NAVRHOVÁNÍ ZDIVA**

Pro návrh a posouzení (statický výpočet) zdiva můžeme vždy užít postupů podle základní normy ČSN EN 1996-1-1.

Pro jednoduché stavby můžeme postupovat ve výpočtech tzv. zjednodušenou metodou podle normy ČSN EN 1996-3, ale za dodržení v této normě uvedených podmínek. Pokud stavba podmínky nesplňuje, je třeba postupovat podle základní normy ČSN EN 1996-1-1.

- **PEVNOSTI ZDIVA**

Pevnost zdiva v tlaku je vždy dána pevností zdících prvků a malty. Pevnost zdících prvků určujeme z pevností stanovených podle norem řady ČSN EN 771 a pevnosti malty podle její pevnostní značky.

Zdící prvky se pro statické hodnocení zařazují do kategorií a do skupin. Existují dvě kategorie a čtyři skupiny zdících prvků.

- **Kategorie zdících prvků**

Kategorie postihují úroveň kontroly při výrobě zdících prvků. Jsou uvedeny v materiálových normách, pro betonové prvky v normě ČSN EN 771-2. Standardní výrobky se zajištěnou stejnou kvalitou výroby jsou zařazeny v **1. kategorii**. Do této kategorie patří **tvárnice LIVETHERM** a jejich zařazení je deklarováno výrobcem.

- **Zařazení do skupiny**

Do skupin se zdící prvky zařazují podle geometrického provedení, zejména podle počtu a umístění dutin v základní hmotě výrobku. Rozlišujeme 4 skupiny lišící se procentuálním podílem dutin ve výrobku. Od plných cihel až po výrazně děrované cihly svisle anebo vodorovně. Všechny **tvárnice LIVETHERM** jsou zařazeny **do skupiny 2**. V této skupině jsou zařazeny výrobky s procentuálním počtem dutin do 55 procent objemu.

Zařazení do skupin uvádí pro konkrétní výrobek výrobce.

- **Charakteristické a návrhové pevnosti zdiva v tlaku**

Pro výpočty svislé únosnosti zdiva v tlaku se uvažuje tzv. **návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku f_d** . Vychází z charakteristických pevností zdiva v tlaku f_k a dílčího součinitele materiálu γ_M .

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

Význam symbolů:

- f_d návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku
- f_k charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku
- γ_M dílčí součinitel materiálu

- **Hodnoty charakteristické pevnosti**

Hodnoty charakteristické pevnosti zdiva v tlaku určíme následovně:

- udává ji výrobce
 - hodnota je uvedena v tabulce v příloze normy ČSN EN 1996-3
 - a pokud tomu tak není, použije se tabulka z normy pro výpočet
- V Tab. 2 jsou tučně vyznačeny řádky k použití pro zdivo LIVETHERM.

Obecný vzorec	$f_k = K * f_b^a * f_m^b$
Pro obyčejnou maltu a lehkou maltu	$f_k = K * f_b^{0,7} * f_m^{0,3}$
Pro maltu pro tenké spáry - skupina 2	$f_k = K * f_b^{0,85}$
f_b normalizovaná pevnost zdícího prvku v tlaku f_m pevnost malty pro zdění v tlaku Součinitel K - konstanta dle materiálů a skupin : při zdění na maltu tloušťky 10 mm ...0,45 : při zdění na tenkovrstvou maltu ...0,65	

Tab. 2 - Charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku

Pro výpočet charakteristické pevnosti v tlaku potřebujeme znát výchozí normalizovanou pevnost zdícího prvku v tlaku f_b a pevnost malty f_m . Stanovení pevnosti f_b udává výrobce nebo ji lze vypočítat dle normy z tzv. průměrné pevnosti v tlaku f_u , stanovené ze zkoušek a z velikosti cihel.

- **Hodnota dílčího součinitele materiálu**

Hodnota dílčího součinitele materiálu γ_M závisí na kvalitě zdíčního prvku, způsobu výpočtu (běžný nebo zjednodušený výpočet) a na použitém druhu malty. Průmyslově vyráběnou maltu dodávanou v pytlích na stavbu uvažujeme jako maltu návrhovou.

Národní příloha k Eurokódu 6 uvádí hodnoty v Tab. 3. Zařazení do kategorie deklaruje výrobce, pro zdící prvky LIVETHERM jde o kategorii I.

Pro přesné metody výpočtu ČSN EN 1996-1-1	
zdící prvky kategorie I a návrhová malta	2,0
zdící prvky kategorie I a předpisová malta	2,2
zdící prvky kategorie II	2,5
Pro zjednodušené metody výpočtu ČSN EN 1996-3	
zdící prvky kategorie I - většina výrobků v ČR	2,2
zdící prvky kategorie II	2,5

Tab. 3 - Dílčí součinitel γ_M

- **GEOMETRICKÉ VLIVY**

- **Tloušťka nosných stěn**

Tloušťka stěn je udána volbou betonových tvárníc. Pro nosné vnitřní stěny užíváme tloušťek 175 mm, 200 mm, 240 mm a 300 mm.

Pro nosnou obvodovou zeď v systému LIVETHERM je tloušťka jednotná 400 mm. Z toho tloušťka nosné části uvažované do výpočtů je 240 mm.

Minimální tloušťka nosné stěny je normativně doporučena národní přílohou normy na alespoň **140 mm**. To odpovídá při dodržení štíhlostního poměru 15, výšce 2100 mm.

Tloušťka stěn je upravena Eurokódem EC8 **v seismických oblastech** České republiky na min. **240 mm**. Návrhu objektů v seismických oblastech je věnován samostatný text.

- **Štíhlost stěny**

Štíhlost stěny, tj. poměr výšky a tloušťky stěny, vychází obvykle pro objekty při světlé výšce 3 metry do hodnoty 15.

Pro stanovení štíhlostního poměru uvažujeme s tzv. efektivní tloušťkou stěny t_{ef} , což představuje převažující, zaručenou nebo výpočtem stanovenou tloušťku zdiva. Výška zdiva (obr. 6) se uvažuje od spodní vodorovné konstrukce, tj. základů nebo stropní konstrukce, po spodní líc horní stropní nebo střešní konstrukce. Tato výška se násobí podle uložení hlavy stěny součinitelem pro redukci výšky stěny. Hodnoty součinitele jsou v Tabulce 24.

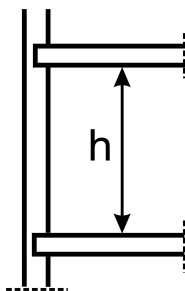
Štíhlostní poměr navrhujeme obvykle do hodnoty 15, kdy není nutno do dalšího výpočtu zahrnovat vliv dotvarování a smršťení zdiva. **Štíhlost zdiva** lze volit dle ČSN EN 1991 **až po poměr 27**. Pro velmi zjednodušené metody výpočtu dle ČSN EN 1996-3 je poměr předepsán do 21.

- **Výška stěny**

Výšku stěny h uvažovanou mezi vodorovnými nosnými konstrukcemi násobíme součinitelem podle provedení stěny a jejího opření v hlavě dle Tab. 4.

Stěna tvoří krajní podporu stropní konstrukce, která je vetknutá do stěny např. věncem, konstrukce je vodorovně tuhá (železobetonová)	1,00
Stěny při vetknuté tuhé stropní konstrukci, která je průběžná přes stěnu	0,75
Kloubově podepřené stěny stropní konstrukcí, např. uložení dřevěných stropů ztužených vzájemně vodorovně anebo uložených na 2/3 tloušťky stěny	1,00
Jednotraktové objekty při poddajném opření střechy nebo stropu	1,50
Vícetraktové objekty při poddajném opření střechy	1,25
Není-li zhlaví stěny opřeno	2,00

Tab. 4 - Součinitele pro redukci výšky stěny



Obr. 3 - Výška h pro štíhlostní poměr stěn

- **ZATÍŽENÍ ZDIVA**

- **Zatížení zdiva**

Zatížení zdiva stanovujeme z projektu stavby podle zásad a norem uvedených v podkapitole 4.2 ZATÍŽENÍ.

- **Účinky zatížení**

Základní otázkou pro statický výpočet zdiva je působení svislého a vodorovného zatížení na zdivo. Musíme určit nejen velikost zatížení, ale i hodnotu výstřednosti (excentricity) působícího zatížení. Zajímá nás tudíž poloha výslednice vůči středu zdiva (těžišti průřezu zdiva, svislé ose zdiva). Mohou nastat následující případy:

a) Na zdivo působí jen svislé zatížení. Jde například o váhu zdiva nad posuzovaným průřezem. Výstřednost není popsitelná nebo je menší než hodnota 5 % tloušťky zdiva. V tomto případě uvažujeme vždy s výstředností, a to s hodnotou 0,05 t.

b) Výstřednost působící síly odpovídá výslednici svislých sil s polohou mimo těžiště stěny. Toto excentrické působení výslednice způsobuje například osazení prostě uložených stropních konstrukcí na zdivo.

c) Výstřednost vychází z ohybového momentu od stropní konstrukce. Je podílem momentu a svislé síly. Velikost momentu je třeba ale určit zvláštním statickým rozbořem a výpočtem. Tento model odpovídá osazení železobetonových monolitických stropů na celou tloušťku zdiva nebo téměř na jeho celou tloušťku.

d) Výstřednost vychází z účinků vodorovného zatížení na zdivo. Zde jde opět o podíl momentu a svislé síly. Vodorovné zatížení je účinkem větru nebo jiného působícího zatížení, například od krovu.

- NÁVRHOVÁ SVISLÁ ÚNOSNOST ZDIVA V TLAKU**

Návrhová svislá únosnost zdiva v tlaku představovaná silou N_{Rd} ze statického výpočtu je určujícím činitelem únosnosti daného prvku a její velikost porovnáváme s velikostí působícího zatížení N_{Ed} . Pro jeden prvek zdiva (zeď, pilíř) posuzujeme nejméně tři místa po výšce:

- v hlavě zdiva
- v polovině výšky nebo ve 2/5 výšky zdiva
- v patě zdiva

Rozhoduje nejnižší ze spočtených hodnot, tj. nejmenší svislá únosnost.

Pro únosnost zdiva jsou rozhodující účinek vzpěru (štíhlost zdiva) a účinek excentricity zatížení.

Při výpočtech, podle zjednodušených postupů, nám budou vycházet také nižší únosnosti zdiva v tlaku oproti standardním metodám dle ČSN EN 1991-1-1. Toto je dáno právě zjednodušujícími předpoklady výpočtu. Rychlejší a zjednodušeným postupem ověříme zdivo s určitou vyšší bezpečností. Proto tyto metody jsou určeny spíše pro předběžné návrhy, ověření výpočtů, pro návrh hlavních stěn pro projektovou dokumentaci jednoduchým staveb ke stavebnímu povolení nebo pro ohlášení a obecně pro jednoduché případy konstrukcí.

- POSTUP NAVRHOVÁNÍ ZDIVA**
- Metodický postup pro navrhování a posuzování svislé stěny**

a) Zatížení

zatížení na 1 m ² stropní konstrukce	<i>stálé zatížení (váha konstrukce)</i>
	<i>užitné zatížení na podlahách</i>
	<i>váha příček</i>
zatížení na 1 běžný metr stěny - převod pomocí zatěžovací šířky nebo statickým výpočtem stropu	
zatížení od vlastní váhy stěny	
zatížení od střešní konstrukce	
součet účinků na stěnu, u průběžné stěny na 1 metr stěny	

b) Návrh a posouzení stěny

stanovení rozměrů	<i>t_{ef} - tloušťka stěny bez omítek</i>
	<i>h - světlá výška stěny</i>
	<i>b - šířka stěny</i>
materiál	<i>výpočet charakteristické hodnoty f_k nebo převzetí hodnoty z materiálů výrobce</i>
	<i>stanovení dílčího součinitele vlastností materiálu γ_M</i>
	<i>výpočet návrhové hodnoty f_d</i>
geometrie konstrukce	<i>stanovení plochy stěny A</i>
	<i>stanovení výšky h včetně redukčního součinitele</i>
	<i>štíhlostní poměr h_{ef} / t_{ef}</i>
rozhodnutí o výpočtové metodě	<i>dle ČSN EN 1996-1-1 – standardní výpočet</i>
	<i>nebo zjednodušený výpočet dle ČSN EN 1996-3</i>
	<i>a kontrola podmínek pro zjednodušení</i>
posouzení zdiva	<i>stanovení součinitele Φ nebo c</i>
	<i>výpočet únosnosti stěny</i>

- Popis postupu pro standardní výpočet dle ČSN EN 1996-1-1

a) Stanovení hodnot geometrie, pevnosti a zatížení	
1.	kvalita zdiva a jeho pevnostní značka (viz charakteristická pevnost zdiva)
2.	tloušťka zdiva t , která je u jednovrstvých konstrukcí shodná s t_{ef} , např. 240 mm
3.	výška zdiva a vzpěrná délka na základě typu podepření v patě a hlavě
4.	zatížení na stěnu od horních podlaží (stěny a stropy)
5.	zatížení od stropní konstrukce
6.	zatížení od věnce, průvlaků v úrovni stropu
7.	zatížení od stěny pod stropem pro posuzovaný průřez, tj. ve 2/5 výšky a pro celou výšku
8.	náhodnou excentricitu e_a
9.	excentricita od zatížení (moment/svislá síla) $e_d = M/N_{Ed}$
10.	excentricita od horizontálního zatížení e_h
11.	excentricita od vlivu smršťování e_k , kterou lze při štíhlosti do 15 uvažovat rovnou 0
12.	celková excentricita e_i v hlavě (patě) zdiva jako $e_i = e_d + e_a$
13.	celková excentricita e_{mk} normálové síly působící ve střední pětině výšky stěn nebo $e_{mk} = e_d + e_a + e_k$
14.	velikost excentricit e_i a e_{mk} porovnáme s hodnotou rovnou 0,05 t . Excentricita musí být větší nebo použijeme excentricitu na úrovni 0,05 t .
b) Výpočet	
15.	stanovení charakteristické pevnosti
16.	nebo výpočet charakteristické pevnosti pro zdivo ze skupiny 1 nebo 2 (beton a tenkovrstvé spáry), $f_k = K * f_b^{0,85}$ (0,8 nebo 0,85)
17.	určení součinitele Φ_i a Φ_m Součinitel Φ_i je určen pro výpočet nosnosti v patě a hlavě zdiva bez účinku vzpěru. Zahrnuje vliv výstřednosti od svislého a vodorovného zatížení a imperfekcí. Součinitel Φ_m je určen pro výpočet nosnosti po výšce zdiva za účinku vzpěru. Zahrnuje vliv výstřednosti od svislého a vodorovného zatížení a imperfekcí. Do výpočtu se užije vždy jen jeden ze součinitelů: součinitel $\Phi_i, \dots, \Phi_i = 1 - 2 * (e_i / t)$ součinitel Φ_m, \dots určíme výpočtetně dle normy nebo z tabulek pro $K_e = 1000$ dle poměru e_{mk}/t a štíhlostního poměru h_{ef}/t_{ef}
18.	stanovení návrhové pevnosti zdiva $f_d = f_k / \gamma_M$
19.	určení plochy zdiva $A = b * t_{ef}$
20.	výpočet únosnosti zdiva (síla N_{Rd}) a její porovnání se zatížením (N_{Rd} musí být větší než síla od zatížení N_{Ed})

v patě, v hlavě stěny:	$N_{Rd} = A * \Phi_i * f_d$
po výšce stěny:	$N_{Rd} = A * \Phi_m * f_d$

Význam symbolů:

- N_{Rd} návrhová únosnost stěny namáhané svislým zatížením
- A plocha zdiva
- Φ_i zmenšující součinitel v patě a hlavě stěny
- Φ_m zmenšující součinitel v polovině výšky stěny
- f_d návrhová pevnost zdiva

- **Zjednodušené metody výpočtu svislé únosnosti zdiva v tlaku**

Existují dvě zjednodušené metody výpočtu zdiva, řekli bychom jednoduchá a ještě více zjednodušující. Jejich použití je omezeno počtem podlaží objektu, rozpětím a dalšími technickými podmínkami. Ta nejjednodušší metoda (dle ČSN EN 1996-3, příloha A) platí pro objekty do tří podlaží.

Postup výpočtu uvedený dále v textu je shodný pro obě metody, změny pro oba postupy jsou uvedeny v textu.

a) Postup dle ČSN 1996-3 pro objekty s omezenou výškou a rozpětím traktů

Všeobecné podmínky pro zjednodušené konstrukce budovy jsou limitující pro použití zjednodušené metody výpočtu. Musíme proto stavbu navrhovat v daných limitech nebo prověřit, zda stavba limity splňuje.

Všeobecné podmínky pro zjednodušené konstrukce budovy
výška budovy nad úrovní terénu nesmí přesáhnout výšku h_m
rozpětí stropní konstrukce uložené na stěnách nesmí přesáhnout 7,0 m
rozpětí střešní konstrukce uložené na stěnách nesmí být větší než 7,0 m, kromě případu, kdy byla použita lehká příhradová střešní konstrukce, u které nesmí rozpětí přesáhnout 14,0 m
světlá výška podlaží nesmí přesáhnout 3,2 m; pokud však není celková výška budovy větší než 7,0 m, může být světlá výška přízemí 4,0 m
charakteristické hodnoty nahodilých zatížení působících na stropní a střešní konstrukce nesmí být větší než 5,0 kN/m ²
stěny jsou ve vodorovném směru kolmo ke své rovině bočně podepřeny stropními a střešními konstrukcemi, a to buď přímo těmito konstrukcemi, nebo pomocí vhodných konstrukčních opatření, např. větrovými nosníky s dostatečnou tuhostí podle 8.5.1.1 EN 1996-1-1:2005
stěny jsou ve svislém směru souosé po celé své výšce
úložná délka stropní a střešní konstrukce je alespoň 0,4 t , kde t je tloušťka stěny, ale ne méně než 75 mm
součinitel dotvarování zdiva nepřesahuje 2,0
tloušťka stěny a pevnost zdiva v tlaku musí být kontrolovány v úrovni každého podlaží, pokud nejsou tyto hodnoty u všech podlaží stejné

Jednodušší je metoda výpočtu nevyztužených stěn jednoduchých staveb s nejvýše třemi nadzemními podlažími.

b) Zjednodušený postup dle ČSN EN 1996-3, příloha A, pro jednoduché stavby do tří podlaží

Pro použití této zjednodušené metody uvedené v ČSN EN 1996-1-3 opět platí stejné podmínky jako pro posouzení svislých stěn zjednodušeným způsobem. Stavba ale musí splňovat přísnější rozměry a limity:

Všeobecné podmínky pro použití této zjednodušené metody výpočtu
budova má nejvýše 3 nadzemní podlaží
stěny jsou bočně podepřeny stropními a střešními konstrukcemi ve vodorovném směru, kolmo k rovině stěny, a to buď přímo stropními a střešními konstrukcemi tuhými ve své rovině, nebo pomocí vhodných konstrukčních opatření, např. větrovými nosníky s dostatečnou tuhostí
úložná délka stropní nebo střešní konstrukce na stěně se rovná nejméně 2/3 tloušťky stěny, ne však méně než 85 mm
světlá výška podlaží nepřesahuje 3,0 m
minimální půdorysný rozměr budovy se rovná nejméně 1/3 výšky budovy
charakteristické hodnoty nahodilých zatížení působící na stropní a střešní konstrukci nejsou větší než 5,0 kN/m ²
maximální světlé rozpětí kterékoliv stropní konstrukce je 6,0 m
maximální světlé rozpětí střešní konstrukce je 6,0 m, s výjimkou případu použití lehké střešní konstrukce, u které nesmí světlé rozpětí překročit 12,0 m
štíhlostní poměr h_{ef} / t_{ef} u vnitřních a vnějších stěn není větší než 21
kde
h_{ef} je vzpěrná výška stěny podle 4.2.2.4 ČSN EN 1996-3 - výšky podlaží a uložení stropů
t_{ef} je účinná tloušťka stěny stanovená podle 4.2.2.3 ČSN EN 1996-3

Poznámka

Při navrhování daných objektů je potřeba upravit uložení stropů tak, aby vyhovovalo podmínkám výpočtu, tzn. ustanovením v normách. Osazení stropní konstrukce alespoň na dvě třetiny tloušťky stěny není pro stavební praxi a zvyklosti firem obvyklé a je potřeba toto od projektu zajistit a na stavbě dodržet. Nutno řešit také doplnění věnce v úrovni stropu.

Postup návrhu a výpočtu

Nejprve určíme metodu výpočtu. **Prověříme podmínky** pro použití zjednodušené metody normy nebo metody podle Přílohy A a určíme, které metodě objekt vyhovuje. Poté postupujeme tak, že určíme:

1) kvalitu zdiva a jeho pevnostní značku

např. P10

2) tloušťku zdiva t , která u jednovrstvých konstrukcí je shodná s t_{ef}

např. 240 mm

3) výšku zdiva h a vzpěrnou výšku zdiva h_{ef} na základě typu podepření v patě a hlavě

Pro většinu konstrukcí budov užíváme vzpěrnou výšku rovnou světlé výšce podlaží zvětšenou o tloušťku podlahy. Jedná se tak o rozměr mezi horním povrchem nosné stropní konstrukce *pod stěnou* a dolním povrchem horní stropní nosné konstrukce *nad stěnou*. Obvykle uvažujeme následující:

- : 2800 mm při výšce cihel 200 mm
- : 2750 mm při výšce cihel 250 mm

Norma připouští i zkrácení vzpěrné výšky na hodnotu **0,75 h** při spojitě průběžné stropní konstrukci nebo i další případy řešené pomocí součinitele (podrobněji viz ČSN 1996-3).

4) zatížení na stěnu od horních podlaží (stěny a stropy)

součet váhy stěny, stropních a střešních konstrukcí a nahodilého zatížení nad místem výpočtu

5) zatížení od stropní konstrukce

účinek zatížení na stěnu od váhy stropní konstrukce a užitého zatížení

6) zatížení od věnce, průvlaků v úrovni stropu

váha konstrukcí

7) zatížení od stěny pod stropem pro posuzovaný průřez, tj. v 1/2 nebo 2/5 výšky a pro celou výšku

8) součet zatížení - hodnota svislé síly N_{Ed}

u zjednodušené metody neurčujeme její výstřednost

9) stanovení hodnoty K z normy pro betonové tvárnice a tenké spáry

(počítáme-li charakteristickou pevnost)

10) určení nebo výpočet charakteristické pevnosti f_k pro zdivo

11) určení součinitele Φ_s anebo c_A pro postup podle přílohy A

Součinitele jsou určeny pro výpočet nosnosti v patě, hlavě zdiva nebo po výšce zdiva za účinku vzpěru. Zahrnují vliv výstřednosti od zatížení a imperfekcí.

12) pro součinitel Φ_s pro zjednodušenou metodu dle ČSN 1996-3

Součinitel zahrnuje vliv počáteční výstřednosti, výstřednosti od zatížení, vliv působení vzpěru a účinky dotvarování

pro vnitřní stěny: $\Phi_s = 0,85 - 0,0011 (h_{ef} / t_{ef})^2$

pro vnější stěny: nejmenší hodnota z výpočtu pro vnitřní stěny a výrazu $\Phi_s = 1,3 - (l_{t,ef} / 8)$, který závisí na typu uložení stropní konstrukce

pro prosté uložení stropu je hodnota $l_{t,ef} = 1$

pro vnější stěny posledního podlaží (tj. roh stropu a stěny) užíváme $\Phi_s = 0,4$

13) stanovení návrhové pevnosti zdiva $f_d = f_k / \gamma_m$

Hodnota součinitele γ_m je pro zjednodušenou metodu dána národní přílohou normy a je 2,2 pro použití návrhové malty.

14) určíme plochu zdiva A

pro stěnu: součin tloušťky t a šířky průřezu zdiva b .

Při obvyklém výpočtu na 1 běžný metr zdiva užíváme hodnotu odpovídající tloušťce zdiva.

pro pilíř: součin tloušťky t a délky zdiva b

15) výpočet únosnosti zdiva (síla N_{Rd}). Platí pro zjednodušenou metodu dle normy ČSN EN 1996-3.

pro zjednodušenou metodu:	$N_{Rd} = A * \Phi_s * f_d$
---------------------------	---

Význam symbolů:

- N_{Rd}** návrhová únosnost stěny namáhané svislým zatížením
- A** zatížená plocha vodorovného průřezu stěny, bez plochy všech otvorů
- Φ_s** zmenšující součinitel
- f_d** návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku

15)a výpočet únosnosti zdiva (síla N_{Rd}). Platí pro zjednodušenou metodu dle normy ČSN EN 1996-3, Příloha A. Pro zjednodušený postup pro objekty do tří podlaží platí následující vztah.

pro zjednodušenou metodu: dle Přílohy A	$N_{Rd} = c_A * f_d * A$
--	--

Význam symbolů:

- N_{Rd}** návrhová únosnost stěny namáhané svislým zatížením
- c_A** hodnoty zmenšovacího součinitele jsou přímo dány normou
= 0,50 pro $h_{ef} / t_{ef} \leq 18$
= 0,36 pro $18 < h_{ef} / t_{ef} \leq 21$
- f_d** návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku
- A** zatížená plocha vodorovného průřezu stěny, bez plochy všech otvorů

Tento postup je velmi jednoduchým a rychlým posudkem nosnosti stěny. Platí však pouze pro uvedené, nejvýše třípodlažní objekty a popsané omezení v jejich provedení nosné konstrukce uvedené v normě s přísnějšími podmínkami než-li předchozí metoda. Ostatní jednotlivé veličiny pro výpočet jsou shodné jako u předešlé metody.

16) Porovnání únosnosti zdiva, tj. vypočtené síly (N_{Rd}) a se silou od zatížení (N_{Ed}).

Síla z výpočtu musí být větší než síla od zatížení nebo jí nejvýše rovna

$N_{Rd} > N_{Ed}$
--

• KRITICKÁ MÍSTA NÁVRHU ZDIVA

Kritickými pro nosnou zděnou konstrukci jsou následující místa stavby, kde musíme staticky prověřit účinky zatížení na zdivo:

- pilíře středních stěn s koncentrací silného zatížení
- pilíře obvodových stěn
- místa s koncentrací zatížení, např. pod průvlaky
- zdivo oslabené otvory, nikami a prostupy
- zdivo výrazně oslabené drážkami a záseky od instalací
- suterénní zdivo zatížené tlakem zeminy
- zdivo s bočním zatížením - např. výplňové zdivo zatížené větrem
- nadezdívka pod krovem
- samostatně stojící stěny - zatížení větrem
- přerušení zdiva komíny nebo jinými konstrukcemi

4.3.2 PŘEKLADY

4.3.2.1 PLATNÉ NORMY

ČSN EN 845-2	Specifikace pro pomocné výrobky pro zděné konstrukce Část 2: Překlady
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Tab. 5 - Přehled norem

4.3.3 STROPY, LIVETHERM STROP

4.3.3.1 PLATNÉ NORMY

ČSN EN 1992-1-2	Navrhování betonových konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 15037-1	Betonové prefabrikáty - Stropní systémy z trámů a vložek Část 1: Trámy
ČSN EN 15037-2	Betonové prefabrikáty - Stropní systémy z trámů a vložek Část 2: Betonové stropní vložky
ČSN EN 13791	Posuzování betonu v konstrukcích
ČSN EN 13670	Provádění betonových konstrukcí
ČSN EN 206-1	Beton - výroba, ukládání, hodnocení
ČSN EN 10080	Ocel pro výztuž do betonu

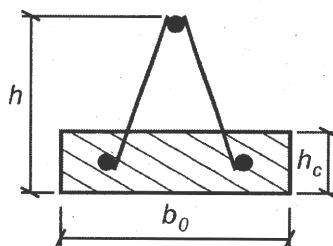
Tab. 6 - Přehled norem

4.3.3.2 TERMINOLOGIE

Vysvětlení základních pojmů:

trám

Tyčový nosný prvek malého průřezu, který je vyroben z betonu a je částečně prefabrikovaný.



Obr. 4 - Trám

železobetonový trám

Trám, jehož podélná výztuž je z betonářské oceli a tvoří hlavní výztuž stropního systému.

samonosný trám

Trám ze železového betonu, který zajišťuje únosnost stropního systému nezávisle na ostatních částech stropního systému.

trám po spřažení

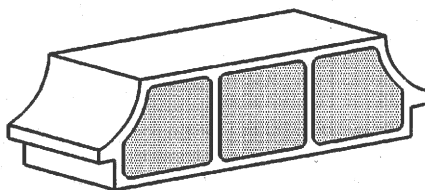
Trám ze železového betonu, který spolu s monolitickým betonem a případně spolu s vložkami, zajišťuje únosnost stropní konstrukce.

vložka

Prvek vyrobený z mezerovitého betonu, který se vkládá mezi trámy.

částečně spolupůsobící vložka

Vložka, která se podílí na přenášení zatížení do trámů (označovaná jako SR). Vložka může ve spojení s monolitickým betonem přispívat k výsledné únosnosti systému. Horní příruba sama o sobě nemůže v hotovém stropním systému fungovat jako tlačná deska.



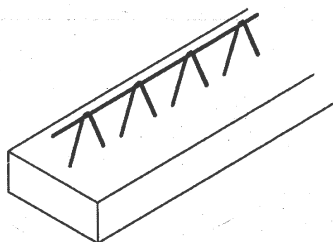
Obr. 5 - Částečně spolupůsobící vložka

podélně děrovaná vložka

Vložka, u které jsou osy děrování rovnoběžné s trámem.

spřahovací výztuž

Výztuž zakotvená na obou stranách styku mezi trámem a monolitickým betonem. Tvoří ji diagonály příhradového nosníku.



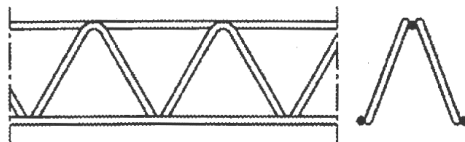
Obr. 6 - Spřahovací výztuž

smyková výztuž

Výztuž, která obvykle svírá s podélnou osou trámů úhel od 45° do 90°.

příhradový nosník

Třírozměrná ocelová konstrukce obsahující horní pás, více spodních pásů a spojitě diagonály, které jsou přivařeny nebo mechanicky spojeny s pásy.



Obr. 7 - Příhradový nosník

stropní systém z trámů a vložek

Stropní konstrukce, kterou tvoří rovnoběžné trámy a mezi ně umístěné vložky a monolitická nadbetonávka, která spolupůsobí jako tlačенá deska.

tlačенá deska

Tlačенá horní část průřezu nosné stropní konstrukce. Tvoří ji roznášecí deska spojená se žebrem.

roznášecí deska

Železobetonová monolitická deska vytvořená po celé ploše konstrukce k roznosu soustředěných zatížení přes žebra, nebo aby přenesla ohybové momenty v desce mezi žebry.

4.3.3.3 MATERIÁLY

Beton trámů	min. C20/25
Beton zálivek	min. C20/25
Betonářská výztuž	B500 (10 505, Bst 500)
Hlavní nosná výztuž	horní Ø 10 mm, dolní Ø 6 až 20 mm
Spřahovací a smyková výztuž	- diagonály příhradových nosníků (Ø 6 mm) - musí být zaručena pevnost svarového spoje (garantováno výrobcem)

Tab. 7 - Materiály

4.3.3.4 TYPOLOGIE STROPNÍCH SYSTÉMŮ Z TRÁMŮ A VLOŽEK

- **STROPNÍ SYSTÉMY SE SPOJITOU NADBETONÁVKOU S ČÁSTEČNĚ SPOLUPŮSOBÍCÍMI VLOŽKAMI**

Pro zařazení stropní konstrukce do této kategorie je nutno dodržet níže uvedené parametry:

- osová vzdálenost trámů ≤ 700 mm
- nadbetonování nad vložkou ≥ 40 mm
- deklarovaná únosnost v protlačení za ohybu vložek $\geq 2,0$ kN

Všechny stropní konstrukce systému LIVETHERM STROP tyto podmínky splňují.

- **POUŽITÍ SÍTÍ V NADBETONÁVCE**

Pokud jsou dodrženy níže uvedené parametry, není nutné horní nadbetonávku vyztužit svařovanou sítí nebo příčnými výztužnými pruty a lze ji nahradit výztužnými vlákny např. polypropylénovými.

- užité zatížení $\leq 2,50$ kN/m²
- světlé rozpětí stropu $\leq 6,00$ m

Pokud alespoň jeden z těchto parametrů není dodržen, musí být nadbetonávka v příčném směru vyztužena pruty nebo svařovanou sítí kolmo na rozpětí trámů o minimální ploše 0,5 cm²/m.

4.3.3.5 VÝPOČETNÍ POSTUPY PRO NAVRHOVÁNÍ STROPNÍCH KONSTRUKCÍ

Pro navrhování těchto typů stropních konstrukcí je nutno použít výše uvedených norem ČSN EN. Tyto normy uvádí principy a požadavky na bezpečnost, použitelnost a trvanlivost stropních konstrukcí. Výpočty jsou založeny na použití metody mezních stavů ve spojení s metodou dílčích součinitelů. Norma ČSN EN 1992-1-1 spolu s normami ČSN EN 15037-1 a ČSN EN 15037-2 jsou určeny pro přímé použití při návrhu nových stropních konstrukcí typu LIVETHERM STROP společně s normami pro zatížení ČSN EN 1990, ČSN EN 1991 a normami pro jednotlivé materiály nosných konstrukcí stavby ČSN EN 1992, ČSN EN 1993, ČSN EN 1994, ČSN EN 1995, ČSN EN 1997, ČSN EN 1998 a ČSN EN 1999.

A) METODICKÝ POSTUP PRO NAVRHOVÁNÍ A POSUZOVÁNÍ STROPNÍ KONSTRUKCE PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

Tento postup lze použít pro předběžný odhad použití daného typu konstrukce. Definitivní návrh a posouzení stropní konstrukce musí provést autorizovaný statik.

Návrh se provádí z tabulek únosnosti stropních konstrukcí zpracovaných výrobcem. Hodnoty v tabulkách zahrnují jak mezní stavy únosnosti, tak i mezní stavy použitelnosti. Tabulky jsou omezeny pouze na rovnoměrné zatížení. Pro předběžný návrh potřebujeme znát světlý rozpon (vzdálenost líců podpor) a celkové (součet) charakteristické a návrhové zatížení bez vlastní hmotnosti stropu na 1 m² stropní konstrukce.

Stanovení zatížení

1) Zatížení na 1m ² stropní konstrukce	
stálé	podlahy, omítky, podhledy, příčky apod.
proměnné	užitné, sníh, vítr, přemístitelné příčky
Vlastní tíha stropní konstrukce je již v tabulkových hodnotách únosnosti zohledněna. Charakteristické zatížení určíme z příslušných norem zatížení. Pro stanovení návrhových zatížení použijeme součinitele zatížení pro stálá zatížení 1,35 a pro proměnná zatížení 1,50.	
2) Určení návrhové světlosti nosníků (vzdálenost líců podpor)	
3) Volba tloušťky stropní konstrukce (dle katalogu výrobce 200 mm, 250 mm, 300 mm)	
4) Při vyšších hodnotách zatížení volit zdvojené nebo ztrojené trámce	
5) Předběžné ověření únosnosti	
charakteristické zatížení (kN/m ²)	≤ hodnota z tabulek (q-g ₀) _k (kN/m ²)
návrhové zatížení (kN/m ²)	≤ hodnota z tabulek (q-g ₀) _d (kN/m ²)

Příklad

Popis: Kancelářské prostory, světlost 5,50 m.

Proměnné:	užitné	q _k = 2,50 kN/m ²	γ _Q = 1,50	q _d = 3,75 kN/m ²
Stálé:	podlaha + omítka	g _k = 2,00 kN/m ²	γ _G = 1,35	g _d = 2,70 kN/m ²
Celkem:		4,50 kN/m ²		6,45 kN/m ²

Navrženo ST-S21 = 580/1208/	
4,50 < 4,84	VYHOVUJE
6,45 < 6,96	VYHOVUJE

B) METODICKÝ POSTUP PRO NAVRHOVÁNÍ A POSUZOVÁNÍ STROPNÍ KONSTRUKCE PODROBNÝ NÁVRH

Tento postup je obecný a lze použít pro definitivní návrh a posouzení daného typu konstrukce. Musí být proveden autorizovaným statikem nebo je v rámci servisních služeb provede výrobce stropních konstrukcí.

Návrh se provádí běžnými metodami podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti. Vstupní hodnoty konstrukce pro výpočet (beton, výztuž, tvar průřezu a polohy výztuže jsou obsaženy v podkladech výrobce). Základní návrh se provádí dle normy ČSN EN 1992-1-1, speciální požadavky jsou uvedeny v normách ČSN EN 15037-1 a ČSN EN 15037-2.

Výpočet lze provádět běžnými postupy za použití softwaru pro trémové železobetonové konstrukce.

Všeobecně

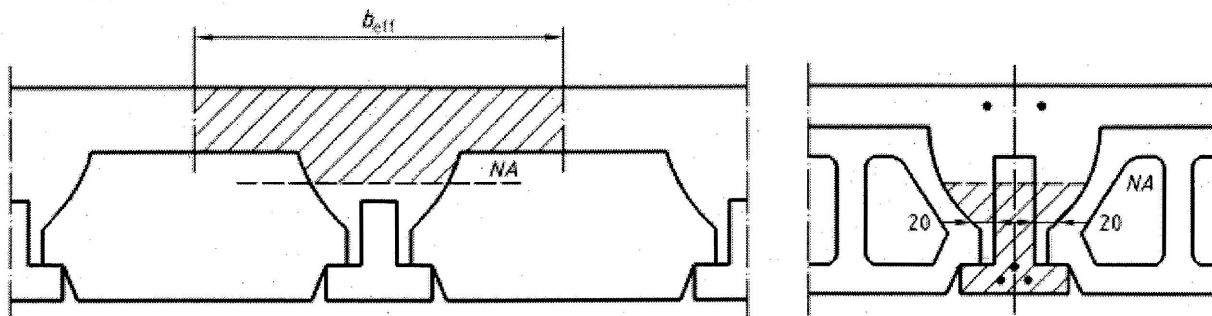
- spojitosti nad podporou se nevyužívá s výjimkou koncových konzol (prostý nosník, nosník s převislým koncem)
- účinné rozpětí se uvažuje minimálně světlost + 50 mm

Vzdorující průřez

Účinná šířka spolupůsobící desky b_{eff} se ve výpočtu uvažuje jako vzdálenost mezi osami vložek po stranách trámu nebo vícenásobných trámů. Tvar spodní části průřezu je dán obrysem vložek a spodní prefa částí trámu.

Návrhová hodnota ohybového momentu

Hodnota M_{Rd} se stanoví dle ČSN EN 1992-1-1 čl. 6.1. Spolupůsobení vložek se ve výpočtu neuvažuje.



Obr. 8 - Schéma k výpočtu ohybového momentu

Ověření únosnosti ve smyku

Smyková únosnost spřažených stropních systémů z trámů a vložek se ověřuje v několika oblastech. Při výpočtu vzdorující šířky se zohledňuje tloušťka příruby vložek hodnotou 10 mm. Ověřují se smyková napětí betonu ve všech úrovních betonu a pevnosti, které mohou přenést diagonály příhradového nosníku. Tomu odpovídají různé smykové pevnosti.

$$V_{cu} = 0,03 * f_{ck} * b * z$$

$$V_{c'u} = 0,03 * f_{ck} * b' * z$$

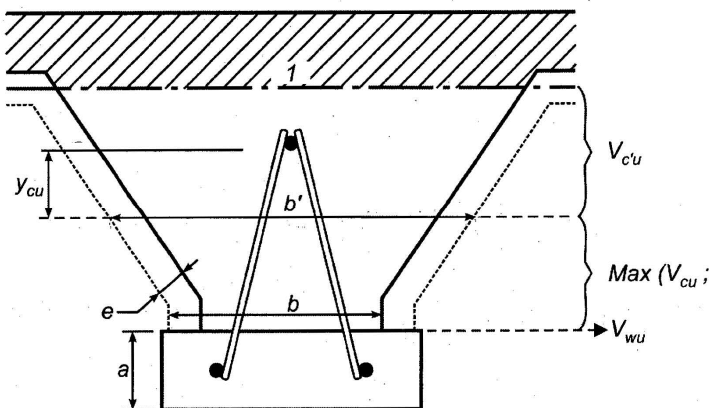
$$F_d = \min (A_d * f_{yk} / \gamma_s ; R / \gamma_s)$$

$$V_{wu} = 2 * F_d * \sin \alpha * z / s_d$$

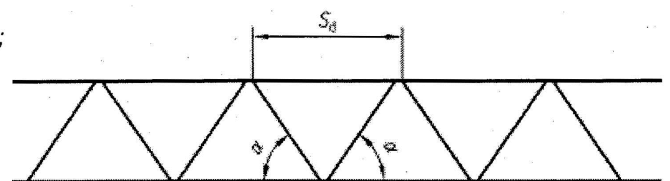
$$V_{du} = F_d * (\cos \alpha + \sin \alpha) * z / s_d + 0,35 * f_{ctk 0,05} * b * z$$

Význam symbolů:

- $V_{cu}, V_{c'u}$ smyková únosnost omezená smykovým napětím betonu žebra
- V_{wu} smyková únosnost omezená pevností svarů ve styčné ploše
- V_{du} smyková únosnost omezená pevností diagonál příhradového nosníku
- b nejmenší vodorovná šířka žebra navýšená o 20 mm (spolupůsobící šířka vložek)
- b' šířka žebra měřená $\gamma_{cu} = 20$ mm pod spodním povrchem horních prutů výztuže navýšená o 20 mm
- z rameno vnitřních sil v mezním stavu únosnosti $z = 0,9 d$
- d účinná výška průřezu
- f_{ck} charakteristická pevnost monolitického betonu v tlaku
- $f_{ctk 0,05}$ charakteristická pevnost betonu v tahu
- α úhel sklonu diagonál
- s_d vzdálenost diagonál
- A_d plocha diagonál
- f_{yk} mez kluzu oceli diagonál
- γ_s materiálový součinitel výztuže ($\gamma_s = 1,15$)
- R pevnost svarových spojů určená zkouškami



Obr. 9 - Schéma k únosnosti ve smyku



Obr. 10 - Schéma k únosnosti ve smyku

Omezení napětí a kontrola trhlin

Mezní stav použitelnosti vztahující se k omezení napětí a ke kontrole trhlin se posuzuje dle ČSN EN 1992-1-1 článek 7.2 a 7.3. Spolupůsobení vložek se ve výpočtu neuvažuje.

Kontrola průhybu

Ověření mezního stavu přetvoření stropních konstrukcí z trámů a vložek zahrnuje omezení aktivního průhybu za účelem předcházení poruch ve stavebních prvcích podporovaných stropní konstrukcí. Mezní hodnota aktivního průhybu je omezena na:

pro zděné příčky a křehké podlahové krytiny	L / 500
pro ostatní příčky a nekřehké podlahové krytiny	L / 350
pro střešní prvky	L / 250

Tab. 8 - Mezní hodnoty průhybu

Aktivní průhyb lze spočítat běžnými postupy s uvažováním vlivu dotvarování a smrštění železobetonového prvku. Pro speciální případy lze použít zjednodušené metody, které uvádí norma ČSN EN 15037-1.

4.3.3.6 ZVYŠOVÁNÍ ÚNOSNOSTI, KOMPENZACE PRŮHYBŮ

Pokud daná konstrukce či prvek nevyhoví z hlediska únosnosti nebo průhybů, lze použít následující opatření, která zvýší únosnost konstrukce a sníží aktivní průhyby.

- použití vyšší třídy betonu na monolitickou zálivku stropů, základní třída betonu doporučovaná výrobcem a požadovaná normou je C 20/25
- doplnění atypické tahové a tlakové výztuže (tlakovou výztuž lze doplnit i na stavbě, tahovou výztuž je nutno doplnit již ve fázi výroby trámců nebo s omezenou funkcí i na stavbě)
- použití vložek se zmenšenou osovou vzdáleností trámců (480 mm) nebo použít vícenásobné trámce (maximálně čtverné)
- použití větší hodnoty nadbetonování, a tím zvýšení účinné výšky průřezu
- při výrazném lokálním zatížení jednoho trámce použít příčné roznášecí žebro a zatížení přenést i na sousední prvky
- lokální zvýšení smykové únosnosti použitím stropních destiček místo stropních vložek
- využití standardní kompenzace průhybů provedením nadvýšení celé konstrukce (doporučená hodnota L / 300)**