

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

**KATEDRA MECHANIKY- ODDĚLENÍ STAVITELSTVÍ**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Energetická a konstrukční koncepce pro zateplovací systém**

Vypracovala:

Bc. Barbora Havlíčková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Kesl

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Energetická a konstrukční koncepce pro zateplovací systém“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a za použití odborné literatury, kterou jsem uvedla v seznamu použité literatury.

V Plzni dne 20. 12. 2017

.....

Bc. Barbora Havlíčková

### **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Petru Keslovi za odbornou pomoc a cenné rady nejen při vedení mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala ostatním členům katedry mechaniky za získané znalosti ve stavebním oboru. A v neposlední řadě své rodině za celkovou podporu v průběhu studia.

V Plzni dne 20. 12. 2017

Bc. Barbora Havlíčková

**Anotace**

Cílem této práce je především se podrobně seznámit s vývojem konstrukčních systémů panelových soustav, které byly stavěny na území Československa v letech 1953 až 1992. Dále s jejich vadami a poruchami, které vznikaly a vznikají zejména nedostačujícími tepelně technickými vlastnostmi.

Na základě tohoto zjištění jsou provedeny výpočty za pomoci programů TEPLO 2010, AREA 2010 a následně vytvořen návrh koncepce zateplení konkrétního panelového bytového domu typu PS 69.

Výkresová část je vytvořena v programu ArchiCAD 16.

**Klíčová slova:** panelový systém, tepelně technické požadavky, vada, porucha, systém ETICS

**Annotation**

The aim of this thesis is to get acquainted in detail with the development of panel system buildings which were built in Czechoslovakia in 1953 and 1992. There is also a description of their defects and malfunctions that originated and originates mainly from inadequate heat and technical characteristics.

Based on Findings proposition, the calculations are created with the help of programs HEAT 2010 AREA 2010 and subsequently developed a draft concept of thermal insulation for particular block of flats type PS 69.

The drawings are created in ArchiCAD 16.

**Key words:** panel systems, thermal technical requirements, defect, failure, ETICS

## Obsah

Úvod .....	8
Panelové systémy .....	9
Vývoj konstrukčních systémů panelových soustav .....	11
Obvodové stěnové konstrukce systémů panelových soustav .....	12
Vývoj konstrukčních dílců .....	12
Přehled soustav panelových domů .....	12
Stavební soustavy G .....	12
Stavební soustavy HK 60 a HK 65 .....	15
Stavební soustavy T 06 B .....	17
Stavební soustavy T 08 B .....	22
Stavební soustava VVÚ-ETA .....	24
Stavební soustava PS 69 .....	26
Stavební soustava Larsen & Nielsen .....	30
Stavební soustava B 70 .....	32
Stavební soustava BA NKS .....	35
Stavební soustava NKS-G .....	37
Stavební soustavy HKS 70 .....	37
Stavební soustava P 1.11 .....	38
Stavební soustava P 1.21 .....	40
Vývoj oken .....	40
Tepelně technické vlastnosti .....	42
Šíření tepla .....	42
Vedení – kondukce .....	42
Proudění – konvekce .....	43
Sálání – radiace .....	43
Prostup tepla konstrukcí .....	43
Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce .....	44
Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce .....	44
Vliv tepelných mostů a tepelných vazeb .....	45
Šíření vlhkosti konstrukcí .....	46
Kritická vnitřní povrchová teplota konstrukce $\theta_{si,cr}$ .....	47
Teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi}$ .....	47
Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ .....	48
Zkondenzovaná vodní pára v konstrukci .....	48
Vlhkost .....	49

Vývoj tepelně technických požadavků konstrukcí.....	50
Tepelný odpor konstrukce – R (m <sup>2</sup> K/W).....	50
Tepelně technické požadavky před rokem 1962.....	50
Tepelně technické požadavky po roce 1962 .....	50
Tepelně technické požadavky po roce 1964 .....	51
Tepelně technické požadavky po roce 1977 .....	51
Tepelně technické požadavky po roce 1994 .....	52
Současné tepelně technické požadavky.....	52
Vývoj od roku 2000 po současnost.....	52
Vady a poruchy.....	54
Tepelně technické vady a poruchy .....	54
Plísňe a vlhkost .....	54
Stavebně technické řešení.....	55
Provádění.....	55
Užívání a údržba .....	56
Obvodové stěny.....	57
Jednovrstvé dílce .....	57
Sendvičové obvodové dílce .....	59
Atikové konstrukce .....	60
Zateplování obvodových stěn .....	64
Rozdíl mezi kontaktním zateplovacím systémem a odvětrávaným systémem.....	64
Systém ETICS .....	64
Minerální vata .....	65
Polystyren.....	65
Omítka .....	65
Zateplování lehkých obvodových panelů (rozpon 4,8 m) .....	66
Odvětrávaný systém.....	66
Požárně bezpečnostní řešení.....	66
Okna .....	67
Zásady užívání objektu po zateplení .....	68
Závěr .....	70
Seznam obrázků .....	71
Použitá literatura.....	72
Seznam příloh.....	73

## Úvod

Jak již téma diplomové práce napovídá, zabývala jsem se při jejím zpracování zejména konstrukčními systémy panelových soustav a návrhem kontaktního zateplovacího systému panelových domů.

V textové části jsem popisovala konstrukční systémy, které byly používány na území Československa v letech 1953 až 1992. Rozdělila jsem ji na čtyři hlavní kapitoly, přičemž první se týká panelových systémů, ve druhé se zabývám tepelně technickými vlastnostmi, třetí pojednává o vadách a poruchách těchto soustav a čtvrtá se zabývá kontaktním zateplovacím systémem.

V části analytické vytvářím energetické štítky a další tepelně technická posouzení jednak na původní panelovou soustavu, dále pak na tři varianty systému zateplení. Varianta A se zabývá zateplením o tloušťce převážně 100 mm, varianta B o tloušťce převážně 160 mm a varianta C o tloušťce převážně 120 mm. Varianta A je navržena v návaznosti na požadované normové hodnoty, varianta B na doporučené normové hodnoty a varianta C je výsledkem porovnávání hodnot a celkového ekonomického řešení.



## Panelové systémy

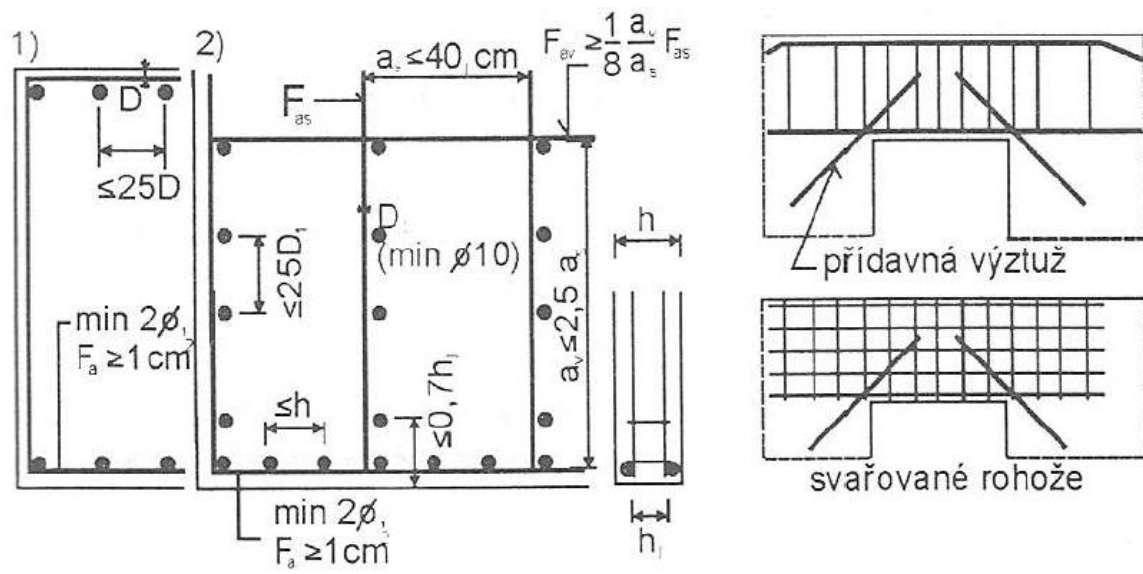
Panelový systém neboli panelová soustava sestává z prefabrikovaných velkorozměrových prvků. Tyto prvky mohou být betonové nebo železobetonové. Nejrozšířenějším případem je příčný systém, ale může se objevit i podélný nebo obousměrný. Prostorová tuhost a stabilita je zajištěna propojením nosných stěn s železobetonovou stropní deskou.

Důležitým prvkem panelového systému jsou styky. Velkorozměrové prvky tvoří nosné stěny a dodávají systému poměrně slušnou tuhost. Statická účinnost je v panelovém systému dána styky. Styky nosných i obvodových stěn se stopní konstrukcí by měly být schopny přenášet všechna namáhání způsobená zatěžovacími účinky. Pokud styky tato namáhání v pořádku přenesou, není pak ze statického hlediska velký rozdíl mezi konstrukcí prefabrikovanou a monolitickou.

Další důležitou charakteristikou panelové soustavy jsou modulové vzdálenosti jednotlivých plošných prefabrikovaných prvků. Je to z důvodu efektivity jak výroby, tak i montáže. Pro příčné systémy byla osová vzdálenost stěn 2,4 až 7,2 m. Protože menší i větší prvek má na staveništi v podstatě stejnou pracnost, nejideálnější bylo mít šířku stěnového dílce rovnou hloubce místnosti, aby se omezilo zbytečné stykování z estetických i funkčních důvodů. Samozřejmě muselo být bráno v potaz dopravování prvků na staveniště a možnosti zdvihacích mechanismů.

Panelové stěnové dílce byly vyráběny ve skladebných tloušťkách od 120 mm po 200 mm, byly buď plné, nebo vylehčené kruhovými svislými dutinami. Jejich celkové rozměry byly omezeny možností dopravy a zdvihacích mechanismů. Všechny dílce byly opatřeny zvedacími háky. Používaly se dílce do hmotnosti 5 tun.

Stěnové dílce jsou buď plné, nebo s dveřním otvorem. Na obrázku je znázorněno schéma vyztužení panelu.



Obrázek 1- Schéma vyztužení panelu [4]

## Vývoj konstrukčních systémů panelových soustav

Vývoj konstrukčních systémů panelových domů se začal projevovat v padesátých letech 20. století. Klasické zdící materiály a technologie byly nahrazeny prefabrikovanými bloky a celostěnovými dílci. Hlavní výhodou prefabrikace byla rychlá výstavba, možnost stavět i v zimním období a za klimaticky nevhodných podmínek.

První panelové domy z celostěnových dílců v Československé republice byly typu G. Byly vyvinuty v Ústavu pro zprůmyslnění stavebnictví a postaveny v Gottwaldově. Jednalo se o variantu G 40, ze které se postupným zlepšováním vyvinula varianta G 57. Tato varianta byla schválena jako celostátní a v různých obměnách používána až do roku 1973. U obou variant se jednalo o malorozponové systémy.

Vývojovým odbočením byly skeleto-panelové systémy. V Gottwaldově G 58 a G 59, v Plzni PL 60 a PL 62.

Z hlediska architektonického, dispozičního i konstrukčního vývoj panelových soustav pokračoval. V roce 1960 a 1962 se jednalo o soustavy HK 60 a HK 65, které byly velkorozponové.

Koncem 50. let a v 60. letech byly v panelových soustavách uplatňovány i organické materiály (vznikající jako odpad při zemědělské výrobě). Příkladem je pazdeří a sláma. Dále byly uplatňovány materiály, které se v danou dobu vyskytovaly v dané lokalitě. Šlo například o křemelinu a keramzit (regionální soustavy typu T 06 B).

Další z u nás rozšířených systémů jsou soustavy T 06 B a T 08 B. Jedná se o příčný systém, rozdíl je v modulové skladbě. Právě tyto soustavy se regionálně lišily použitými materiály na obvodové plášti. Například soustava T 06 B – jihočeská varianta - s křemelinovým obvodovým pláštěm, jejíž výstavba byla započata v roce 1964. Koncem 80. let ji nahradila soustava PS 69 – jihočeská varianta - s keramickým obvodovým pláštěm. Soustava T 08 B byla po roce 1970 nahrazována soustavou VVÚ ETA.

Celkově se dá říci, že výstavba panelových domů na našem území probíhala v letech 1957 až 1992, největší intenzita proběhla v 70. a 80. letech 20. století. V daném období bylo postaveno přes 80. tisíc panelových domů. Většina domů bylo čtyř až osmi podlažních, méně dvanácti podlažních. V těchto domech se nacházelo více jak jeden milion bytů.

## **Obvodové stěnové konstrukce systémů panelových soustav**

Panelové soustavy prošly jako každá jiná konstrukce svým vývojem. Ze skladebně konstrukčního hlediska je rozdělujeme na jednovrstvé a vícevrstvé (tzv. sendvičové).

Jednovrstvé dílce jsou z jednoho materiálu, který splňuje jak tepelně izolační funkci, tak samozřejmě funkci nosnou. Povrch takového dílce je chráněn omítkou jak z exteriéru, tak z interiéru. Exteriérová omítka tvoří současně pohledovou vrstvu.

Vícevrstvé dílce jsou z více vrstev, kde každá vrstva plní jinou funkci. Běžná skladba takové dílce je: vnitřní nosná vrstva, tepelně izolační vrstva a vnější ochranná moniérka. Tepelně izolační vrstvu tvořil převážně pěnový polystyren, u některých systémů byly použity i plynosilikátové nebo keramické tvarovky. V takových případech se někdy jednalo o stěnu dvouplášťovou, přičemž obvodový obkladový dílec tvořil funkci ochrannou a tepelně izolační. Nosnou funkci tvořila vnitřní nosná stěna. Oba pláště byly spřaženy.

## **Vývoj konstrukčních dílců**

Prvotně se na panelových domech používaly tzv. panelobloky (zpravidla na výšku podlaží), dále parapetní dílce kombinované s meziokenními sloupky. Tyto typy byly postupně nahrazovány celostěnovými obvodovými dílci (soustavy typu G) a kompletizovanými dílci (BA-NKS), do kterých byly okenní výplně osazovány už v panelárnách. Panelové systémy T 06 B, T 08 B a VVÚ-ETA se skládají z pásů parapetních dílců, které tvoří parapet a současně nadpraží okenních výplní. Mezi ně se vkládaly okenní výplně a neprůsvitné meziokenní vložky.

## **Přehled soustav panelových domů**

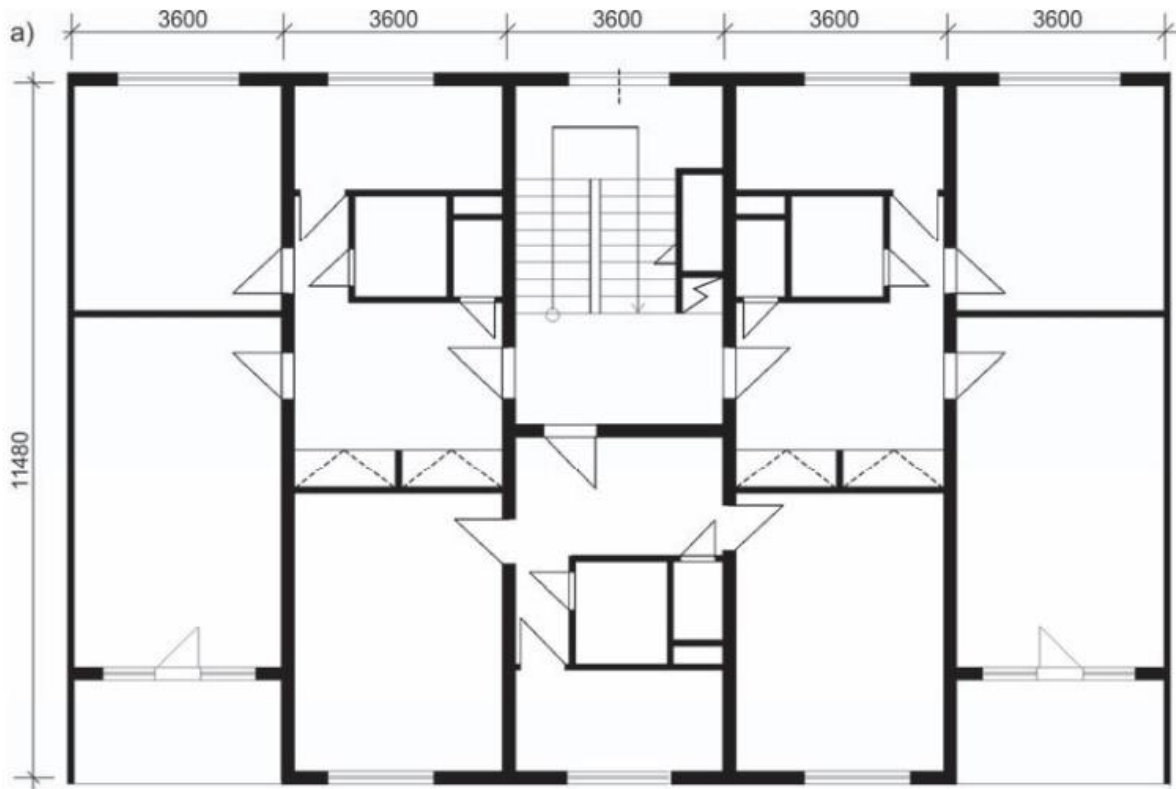
### Stavební soustavy G

Jak již bylo napsáno výše, první montovaný stěnový příčný systém byl vyvinut v Gottwaldově. Byl to výsledek snahy o levnou, zprůmyslněnou a hlavně rychlou výstavbu velkého množství bytových jednotek. Soustavy nesly označení např. G 32, G 40 a G 57. Označení „G“ znamenalo místo původu vzniku, tudíž Gottwaldov. Dvojčíslí pak označovalo počet bytů v typovém domě. Pro dvojčíslí 32 to byl čtyřpodlažní objekt se čtyřmi vchody a dvěma byty na podestě, pro dvojčíslí 40 to byl objekt pětipodlažní se čtyřmi vchody a dvěma byty na podestě. Varianta G 57 byla vypracována jako prototyp

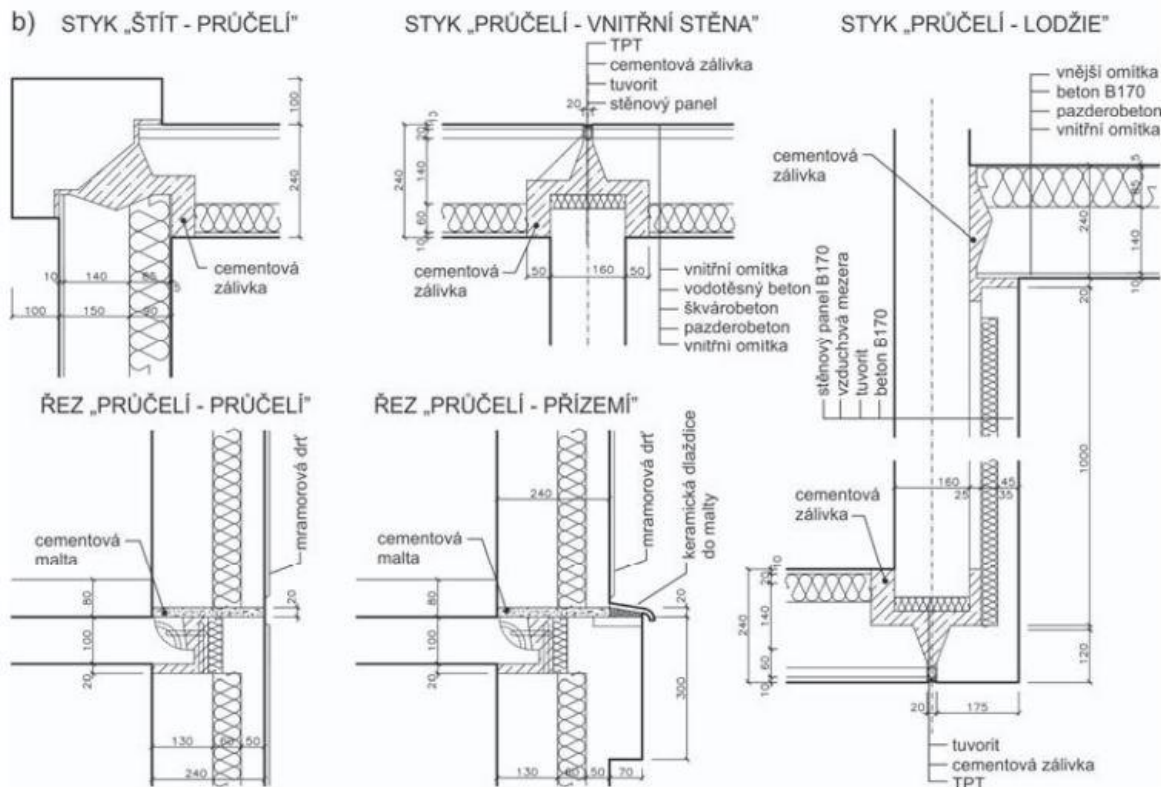
pro větší celostátní série s různou výškou zástavby a označení 57 symbolizovalo rok začátku realizace. Pozdější varianty nesly označení např. G 57-A nebo G 57-III.

#### Nejrozšířenější varianta G 57

- Modulová vzdálenost příčných stěn 3 600 mm
- Konstrukční výška podlaží 2 850 mm
- Nosné vnitřní konstrukce
  - Škvárobetonové panely tl. 200 mm
  - Betonové panely tl. 200 mm
  - Stropní ŽB plné dílce tl. 100 mm
- Nosné štítové stěny
  - Celostěnové vícevrstvé dílce tl. 240 mm ve skladbě venkovní omítka, nosná betonová, železobetonová nebo škvárobetonová vrstva tl. 140 mm, pazderobeton tl. 85 mm, vnitřní omítka
  - Celostěnové sendvičové dílce tl. 240 mm ve skladbě venkovní železobetonová vrstva 50 mm, tepelně izolační vrstva (skelná vata nebo mofoterm) v tl. 60 mm, vnitřní nosná železobetonová vrstva tl. 130 mm; štíty byly u většiny staveb dodatečně zatepleny přizdíváním izolační přizdívkou z pórobetonových tvárnic tl. 70 mm
- Obvodový plášť průčelí
  - Samosnosný (částečně nosný) sestavený z celostěnových dílců tl. 240 mm ve dvou variantách jako u štítových stěn, pouze s menší tl. pazderobetonu (60 mm) a větší tloušťkou omítek
- Lodžie
  - Zapuštěné, ocelové zábradlí s drátkosklem, lodžiová podélná stěna shodná jako stěna štítová nebo lehké dřevěné konstrukce
- Schodiště
  - Dvouramenné, montované
- Příčky
  - ŽB tl. 80 mm
- Bytová jádra
  - Lehké sendvičkové konstrukce se stěnami ze sololitu a jádra z lisovaného papíru



Obrázek 2- Půdorys soustava G 57 [4]

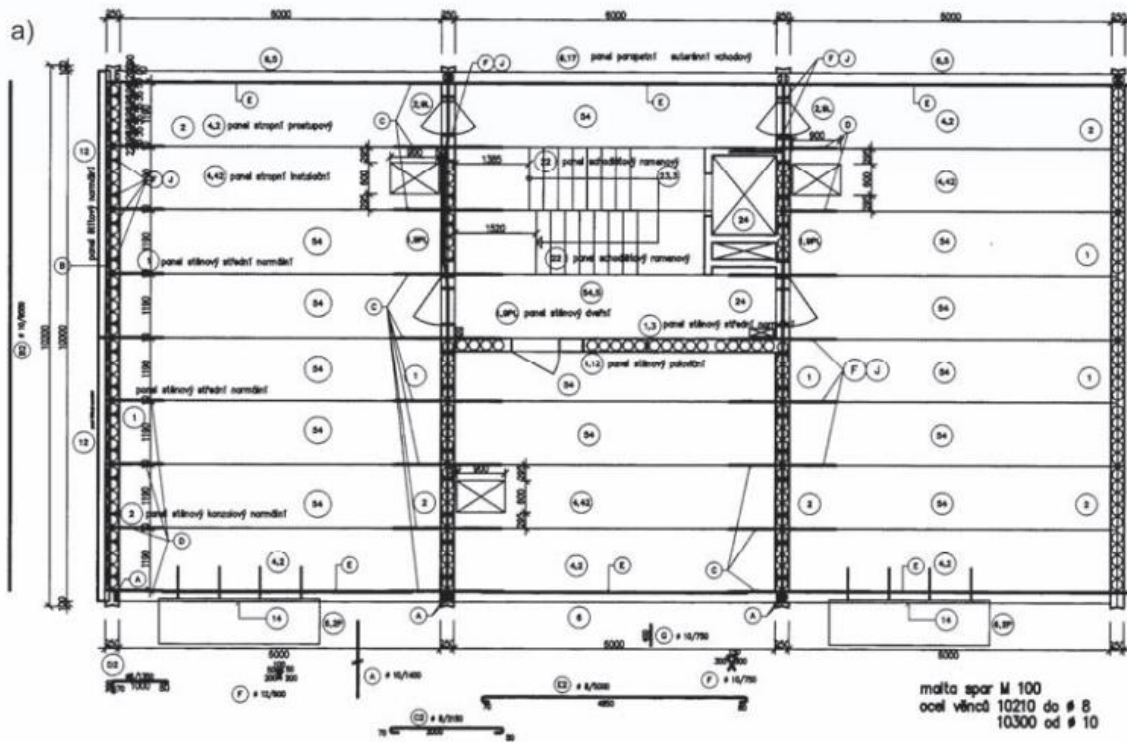


Obrázek 3 - detaily soustava G 57 [4]

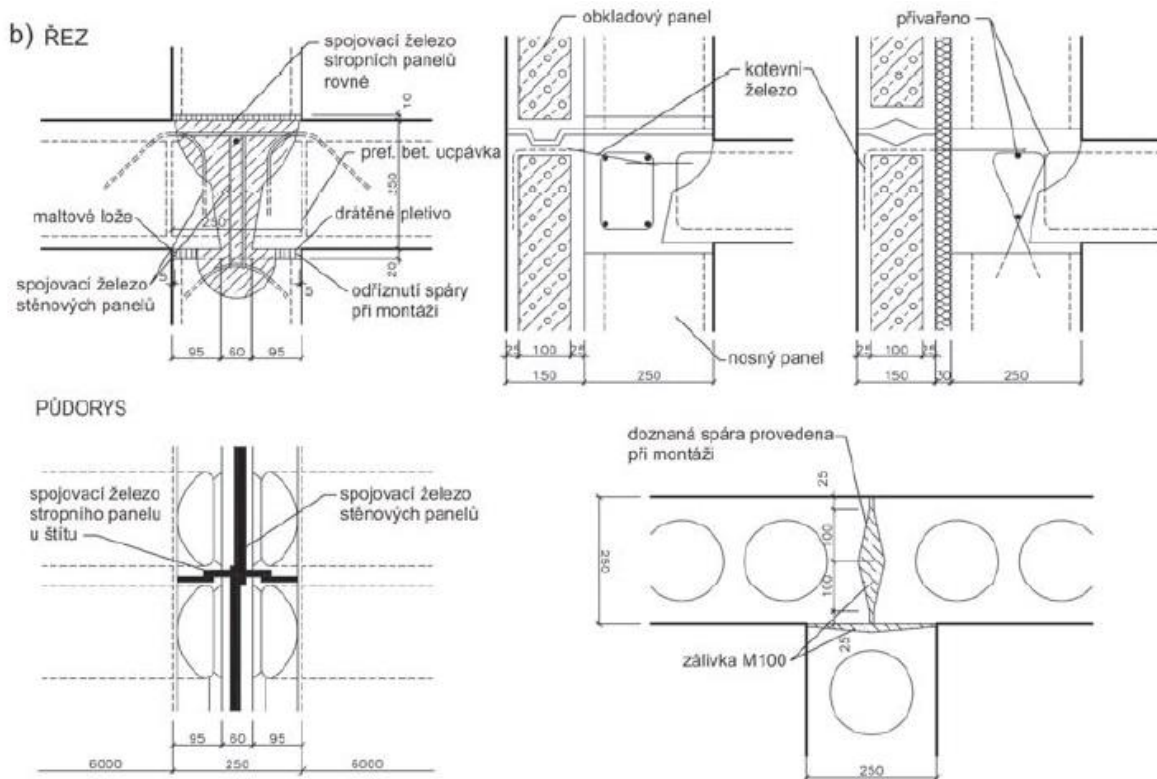
### Stavební soustavy HK 60 a HK 65

Soustava H 60 byla vyvinuta ve východočeském kraji jako experiment. Jedná se o předchůdce stavební varianty T 06 B. Soustavy HK 60 se stavěly v letech 1959 až 1967. Od roku 1965 se na základě zkušeností soustava vylepšila a nesla označení HK 65. Výška zástavby až 17 podlaží. Jedná se o velkorozpornové příčné systémy.

- Modulová vzdálenost příčných stěn 6 250 mm a 3 250 mm
- Konstrukční výška podlaží 2 850 mm
- Nosné vnitřní konstrukce
  - Stěny z celostěnových železobetonových dutinových panelů tl. 250 mm z betonu B 250 (B 330) mají dutiny průměru 190 mm (excentricky umístěné o 5 mm z osy panelu), krajní stěnové panely jsou o 300 mm delší než vnitřní, v kraji u obvodového pláště mají vytvořeno zhlaví s drážkou pro uložení obvodového panelu, skladebné šířky 1 200 mm a 2 400 mm
  - Stropní železobetonové dutinové dílce tl. 250 mm z betonu B 250 mají podélné dutiny a šikmá čela, v horní polovině s větším sklonem čela. Stropní panely jsou vzájemně spojeny v místě závěsných ok spojovací výztuží průměru 12 mm, věncová výztuž je tvořena dvěma profily N10. Charakteristický svislý styk je tvořen hladkou styčnou plochou stěnového panelu
- Nosné štítové stěny
  - Železobetonové dílce a samonosné sendvičové panely tl. 200 mm
- Obvodový plášť průčelí
  - Parapetní panely tl. 200 mm, meziokenní vložky tl. 200 mm



Obrázek 4 - Půdorys soustavy HK 60 [4]



Obrázek 5 - Detaily soustavy HK 60 [4]



Stavební soustavy T 06 B

Od roku 1965 se začaly konstrukční systémy panelových soustav používat celostátně. Z celostátních variant jsou nejrozšířenější T 06 B a T 08 B. U soustavy T 06 B nebyl obvodový plášť součástí typizovaného návrhu projektu a vznikl zde tedy prostor pro krajské varianty. Většinou se používaly materiály v kraji lehce dostupné. Krajské varianty se netýkaly čistě jen materiálů, ale i konstrukčních dílců. V podstatě se dá říci, že u soustav T 06 B můžeme vidět parapetní panely, celostěnové panely, meziokenní vložky, dále panely vrstvené i jednovrstvé. Soustava T 06 B je malorozponová, s rozponem 3,6 m, což je převzato už ze systému G 57. Jedná se o optimální modul, ze kterého se dá snadno poskládat dostačující dispozice a zároveň se nekladou vysoké požadavky na montážní prostředky.

T 06 B – Středočeská varianta

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| – Výška zástavby                    | – 4, 8 a 13 podlaží  |
| – Modulová vzdálenost příčných stěn | – 3 600 mm   |
| – Konstrukční výška podlaží         | – 2 800 mm   |
| – Nosné vnitřní konstrukce          | – stěny z železobetonových nebo betonových celostěnových dílců s konstrukční výztuží tl. 150 mm (řadové domy) nebo 200 mm (věžové domy); stropní železobetonové plné dílce tl. 120 mm  |
| – Nosné štítové stěny               | – jednovrstvé celostěnové keramzitbetonové dílce tl. 310 mm  |
| – Obvodový plášť průčelí            | – jednovrstvé celostěnové nenosné keramzitbetonové dílce tl. 270 mm; sendvičové celostěnové samonosné dílce tl. 320 mm; jednovrstvé parapetní křemelinové dílce tl. 200 mm, zavěšené na příčných nosných stěnách; sendvičové parapetní železobetonové dílce tl. 200 mm, zavěšené na příčných nosných stěnách; meziokenní vložky z dřevěných trámů a desek s tepelnou izolací |
| – Lodžie                            | – zapuštěné nebo polozapuštěné, balkony zavěšené   |
| – Spodní stavba (suterén)           | – montovaná  |
| – Schodiště                         | – dvouramenné, montované   |
| – Příčky                            | – železobetonové dílce tl. 60 mm a 80 mm   |

- Bytová jádra - B 3 a B 10 M
- Střecha - plochá jednoplášťová nebo dvouplášťová
- Realizace budov se zapuštěným suterénem montovaným (5 NP) nebo částečně zapuštěným suterénem montovaným (5, 9, 14 NP)

#### T 06 B – Severočeská varianta – zobrazeny odlišnosti od středočeské

- Nosné vnitřní stěny – betonové (u vyšších budov železobet.) tl. 140 mm
- Nosné štítové stěny – vrstvené celostěnové dílce tl. 320 mm s tepelnou izolací z plynosilikátu; sendvičové celostěnové železobetonové dílce tl. 290 mm s tepelnou izolací z polystyrenu
- Obvodový plášť průčelí – samonosné vrstvené celostěnové dílce tl. 240 mm s tepelnou izolací z plynosilikátu; sendvičové celostěnové železobetonové dílce tl. 220 mm (240 mm) s tepelnou izolací z polystyrenu
- Schodiště – 14podlažní věžový dům stavěný podle typového projektu má jednoramenné ocelové schodiště
- Střecha – plochá jednoplášťová s tepelnou izolací z plynosilikátových tvárníc nebo panelů, později dvouplášťová, tvořená železobetonovými deskami s tepelnou izolací z minerálních rohoží

#### T 06 B – Jihočeská varianta – zobrazeny odlišnosti od středočeské

- Nosné vnitřní konstrukce – nosné stěny z železobetonových plných panelů o tloušťce 140 mm z betonu B II (B 170) nebo B III (B 250); stropní dílce jsou železobetonové plné tloušťky 120 nebo 140 mm
- Obvodový plášť průčelí – dvouvrstvé parapetní keramické dílce tl. 300 mm; jednovrstvé parapetní křemelinové dílce tl. 200 mm, zavěšené na příčných nosných stěnách
- Štítové stěny – křemelinové panely tloušťky 200 mm, zavěšené na železobetonové panely tl. 140 mm, keramické panely tl. 300 mm
- Balkony – zavěšená ocelová konstrukce (keramický obvodový

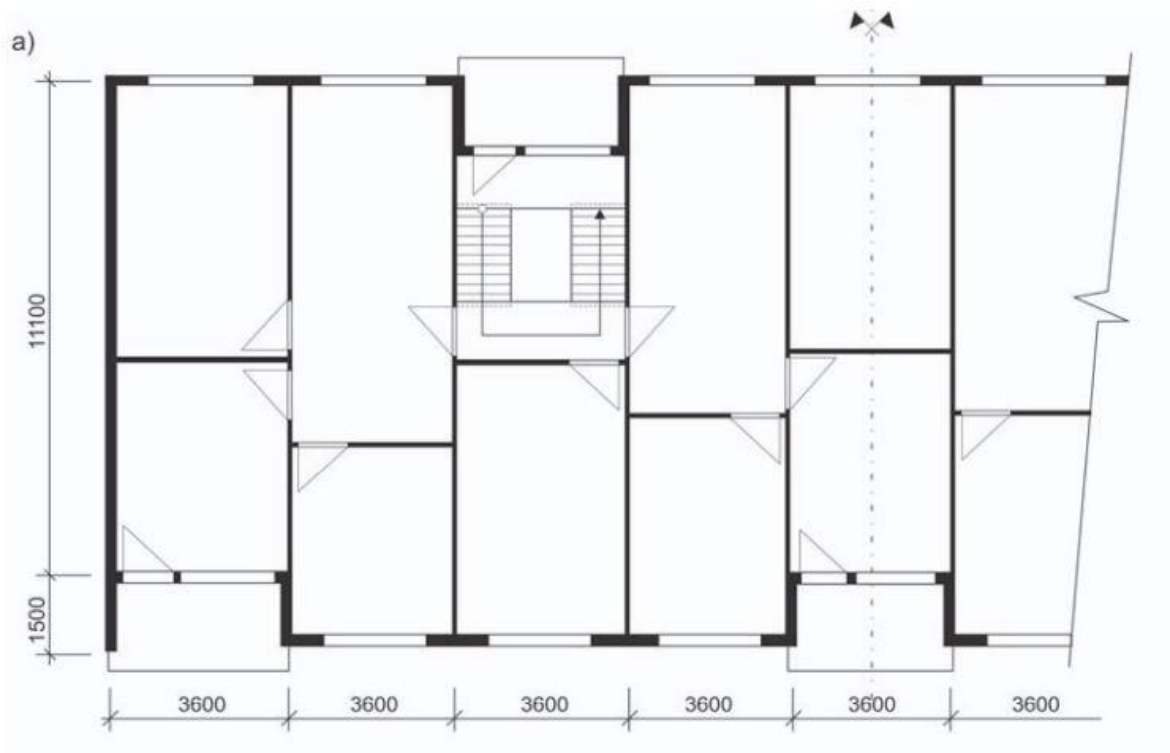
plášť) nebo vykonzolovaná (křemelinový obvodový plášť) železobetonová deska šířky 3 600 mm.

#### T 06 B – Západočeská varianta – Karlovy Vary – zobrazeny odlišnosti od středočeské

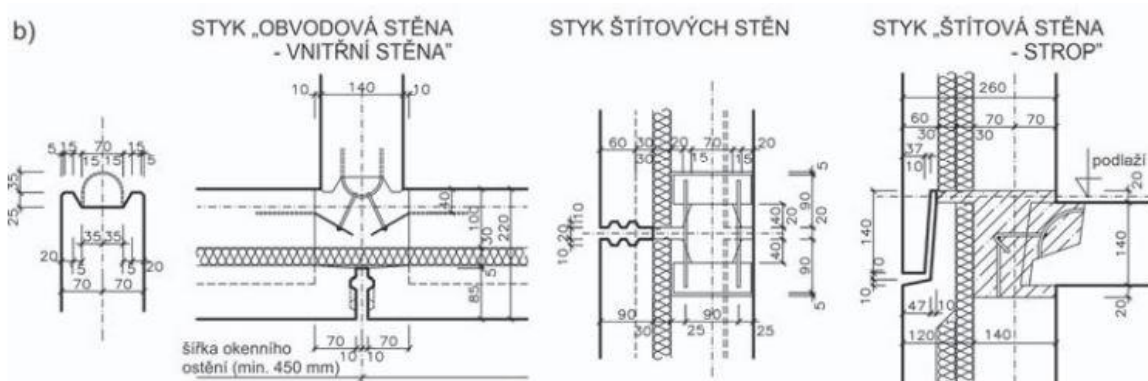
- Nosné vnitřní konstrukce
  - stěnové dílce tl. 150 mm pro příčné nosné stěny, stěny podélné zavětrovací a stěny štítové (pro dvouplášťové řešení štítů) tl. 150 mm, beton třídy III (B 250); stropní dílce jsou železobetonové, plné tl. 120 mm, od roku 1980 tl. 150 mm
- Obvodový plášť
  - podélné celostěnové keramzitbetonové fasádní prvky tl. 320 mm jsou nesené ocelovými konzolami, nejsou samonosné

#### T 06 B – Západočeská varianta – Plzeň – zobrazeny odlišnosti od středočeské

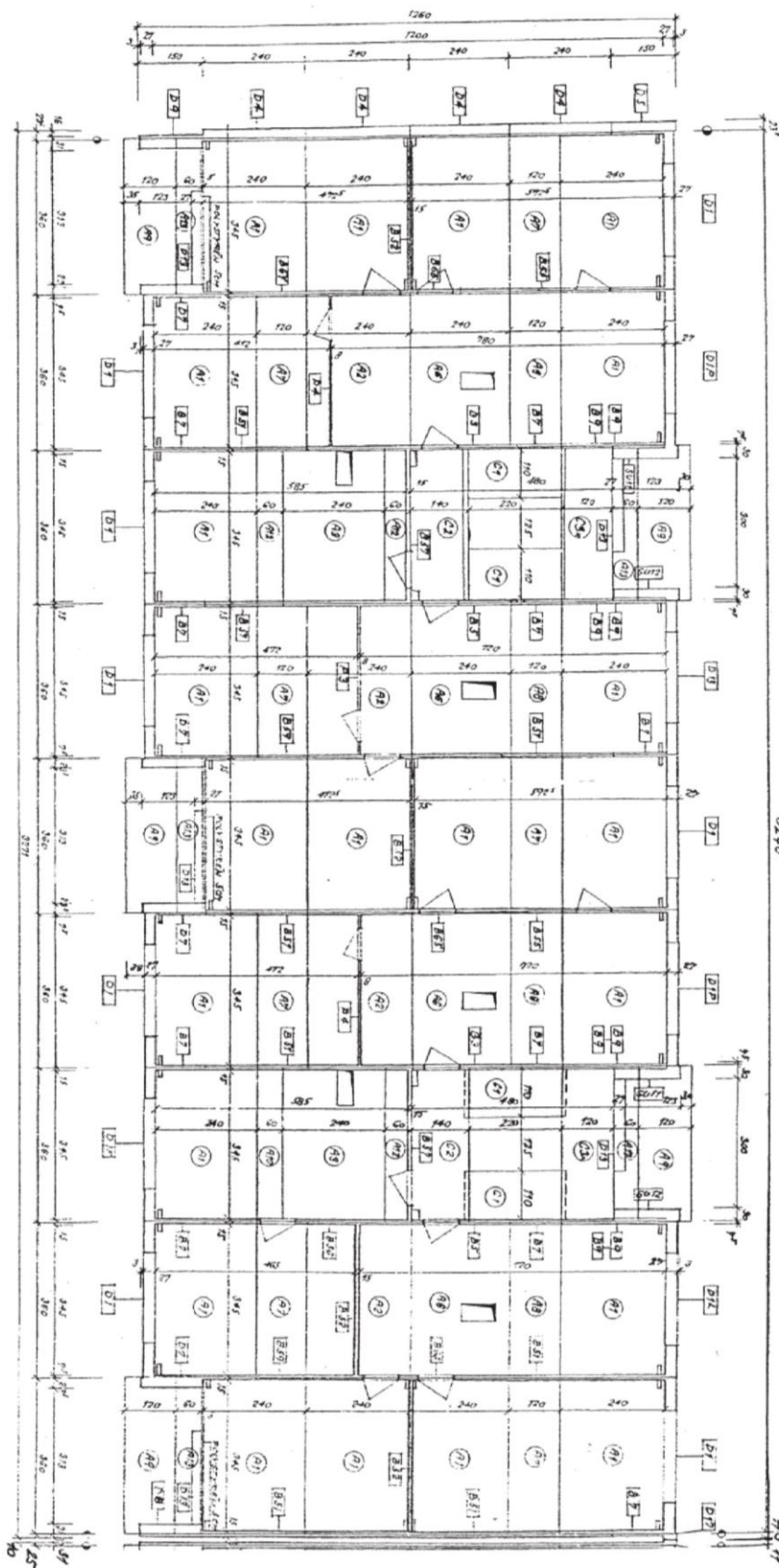
- Obvodový plášť
  - předsazený obvodový plášť KMV celostěnový, u deskových budov jako skládaný z parapetních pásů a meziokenních vložek
- Štítové panely
  - jsou jednovrstvé z keramzitbetonu tl. 290 mm, bez povrchových úprav; u bodových a řadových domů obvodový plášť ze zavěšených panelů z keramzitbetonu tl. 250 mm bez povrchových úprav



Obrázek 6 - Půdorys T 06 B [4]



Obrázek 7 - Detaily T 06 B [4]

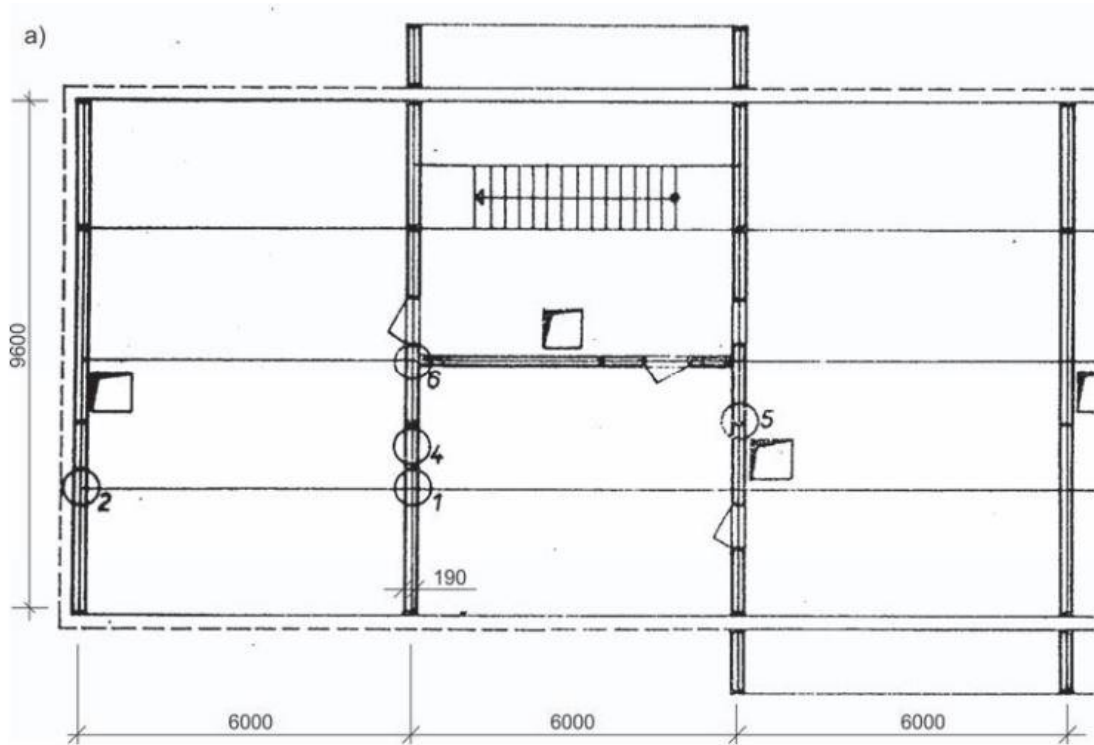


Obrázek 8 - T 06 B [4]

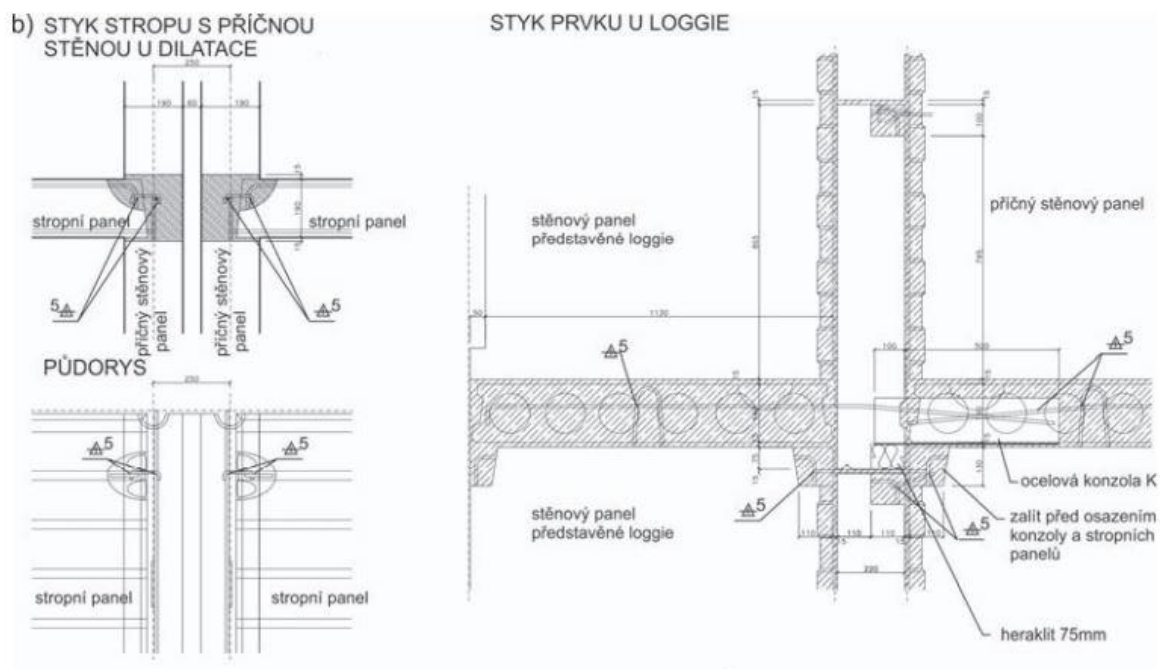
Stavební soustavy T 08 B

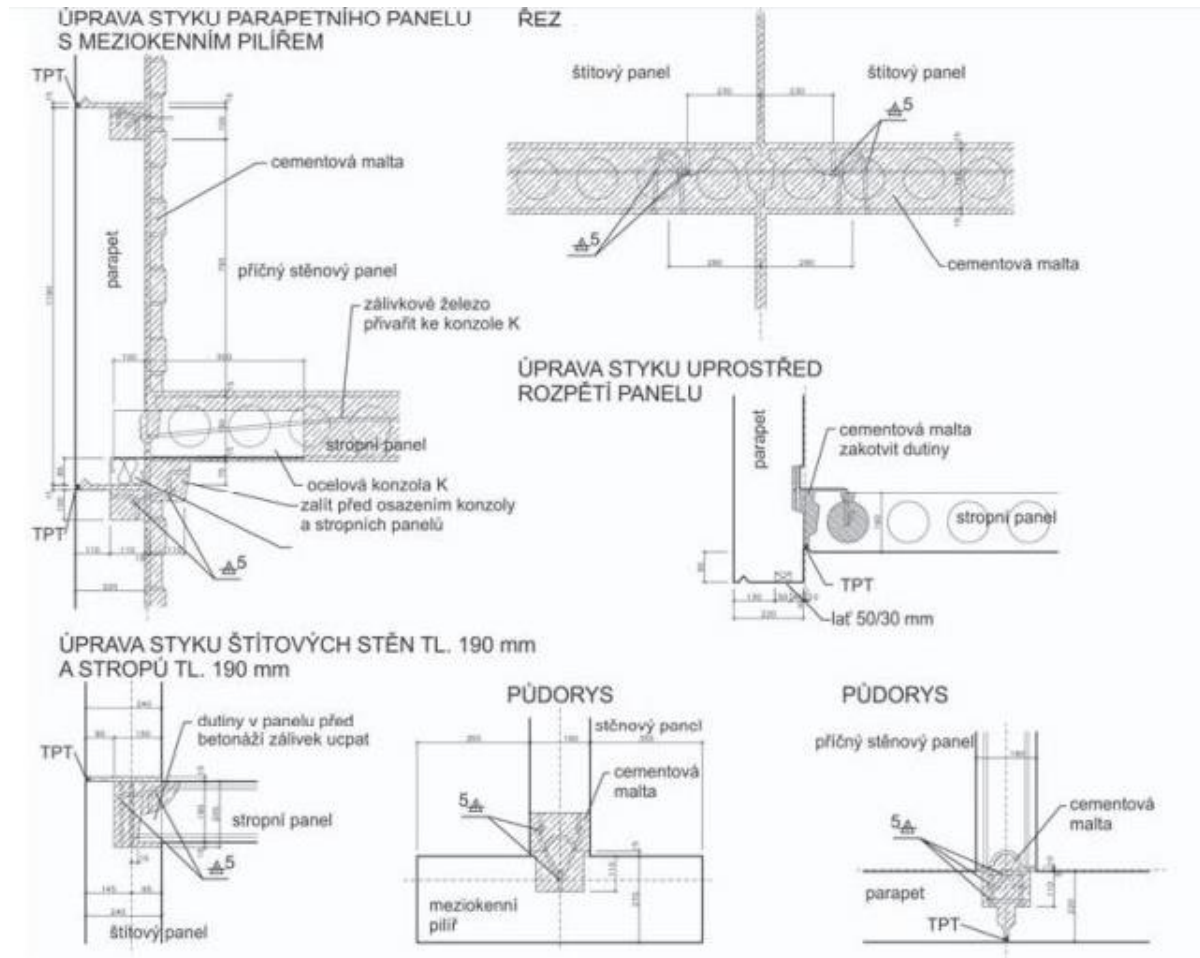
Stavební soustavy T 08 B vznikaly souběžně s malorozponovou soustavou T 06 B, ale u soustavy T 08 B se jedná o velkorozponovou. Vycházela ze soustav HK, které byly prováděny v Hradci Králové. Soustava T 08 B je k vidění nejvíce v Praze (Invalidovna), ale najdeme ji i v severních a středních Čechách. Realizovala se od let šedesátých, až do počátku osmdesátých let. Od konce sedmdesátých let byla nahrazena (hlavně v Praze a středních Čechách) novou konstrukční soustavou s názvem VVÚ-ETA.

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| – Výška zástavby                    | – 4 a 8 podlaží (řadové domy)<br>10 a 12 podlaží (domy věžové)   |
| – Modulová vzdálenost příčných stěn | – 6 000 mm   |
| – Konstrukční výška podlaží         | – 2 800 mm   |
| – Nosné vnitřní konstrukce          | – stěny z celostěnových železobetonových nebo betonových dílců s konstrukční výztuží tl. 190 mm<br>stropní předpjaté železobetonové dutinové dílce tl. 190 mm                          |
| – Nosné štítové stěny               | – celostěnové dílce keramobetonové tl. 340 mm<br>celostěnové třívrstvé sendvičové dílce tl. 240 mm (v pozdějších letech výstavby)  |
| – Obvodový plášť průčelí            | – sendvičové parapetní železobetonové dílce tl. 190 mm<br>meziokenní vložky sendvičové tl. 190 mm<br>jednovrstvé celostěnové spínané pórobetonové dílce (v pozdějších letech výstavby) |
| – Lodžie                            | – předsazené nebo zapuštěné, zábradlí ocelové nebo železobetonové  |
| – Spodní stavba (suterén)           | – snížené montované technické podlaží  |
| – Schodiště                         | – jednoramenné, montované, dvakrát lomené  |
| – Příčky                            | – třískové desky; pórobetonové dílce tl. 80 mm<br>sádrokarton; zděné příčky tl. 100 mm a 125 mm  |



Obrázek 9 - Konstrukční řešení T 08 B [4]





Obrázek 10 - Detaily T 08 B [4]

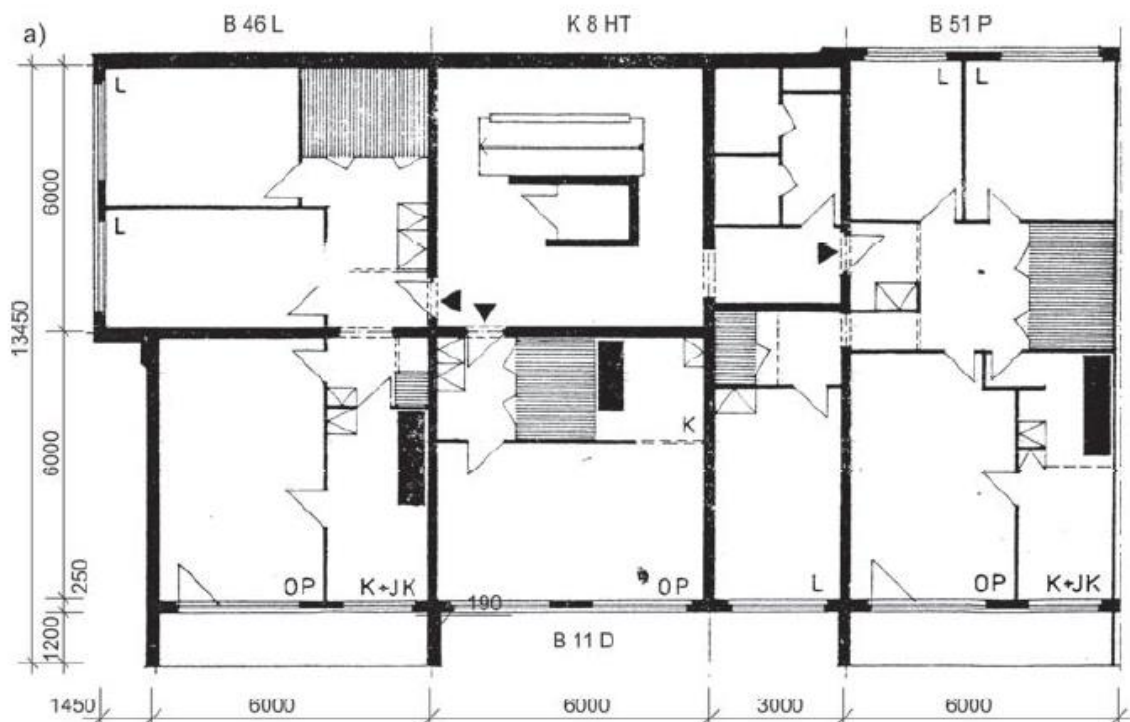
### Stavební soustava VVÚ-ETA

Stavební soustava VVÚ-ETA byla vhodná zejména pro řadové a bodové domy o výšce 4 až 12 podlaží. Vycházela ze soustavy T 08 B. Jednalo se o soustavu dvojmodulovou, kde převažoval velkorozponové modul. Rovněž se jednalo o příčný nosný systém. Stavební soustavu VVÚ-ETA najdeme hlavně v Praze a středních Čechách. Byla používána od konce sedmdesátých let až do počátku let devadesátých. V té době byla její výroba ukončena.

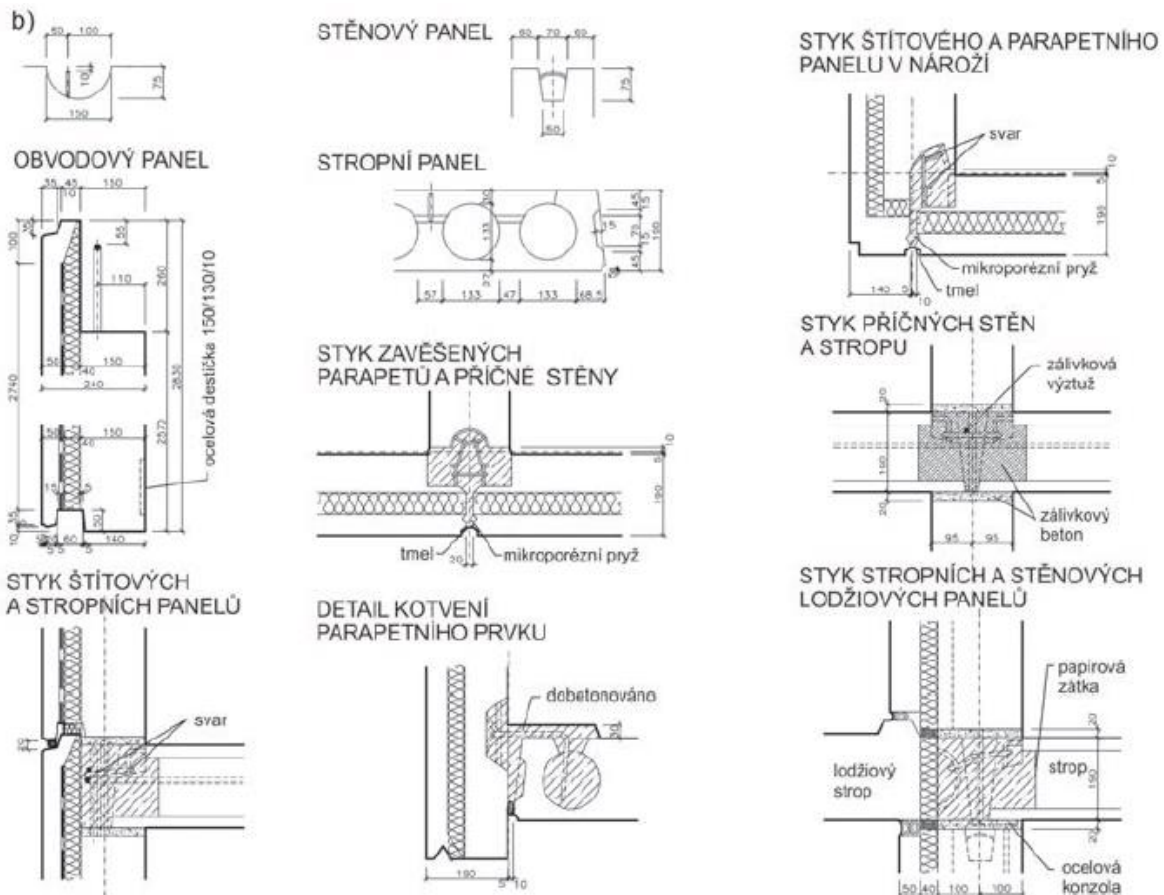
- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| – Výška zástavby                    | – 4, 8 a 12 podlaží (řadové i bodové domy)  |
| – Modulová vzdálenost příčných stěn | – 3 000 mm a 6 000 mm   |
| – Konstrukční výška podlaží         | – 2 800 mm  |
| – Nosné vnitřní konstrukce          | – stěny z celostěnových železobetonových dílců tl. 190 mm<br>stropní předpjaté železobetonové dutinové dílce tl. 190 mm |



- Nosné štítové stěny
  - celostěnové sendvičové dílce tl. 290 mm ve skladbě vnější železobetonová vrstva 60 (50\*) mm, polystyren 80 (40\*) mm a vnitřní nosná železobetonová vrstva tl. 150 mm
- Obvodový plášť průčelí
  - celostěnové spínané pórobetonové dílce celostěnové sendvičové dílce tl. 240 ve skladbě vnější železobetonová vrstva 60 (50\*) mm, polystyren 80 (40\*) mm a vnitřní nosná železobetonová vrstva tl. 100 mm
- Lodžie
  - předsazené a zapuštěné, zábradlí ocelové a železobetonové
- Schodiště
  - jednoramenné nebo dvouramenné montované
- Příčky
  - železobetonové dílce tl. 60 mm
  - pórobetonové dílce tl. 60 mm



Obrázek 11 - Konstruktivní řešení VVÚ – ETA [4]



Obrázek 12 - Detaily VVÚ – ETA [4]

### Stavební soustava PS 69

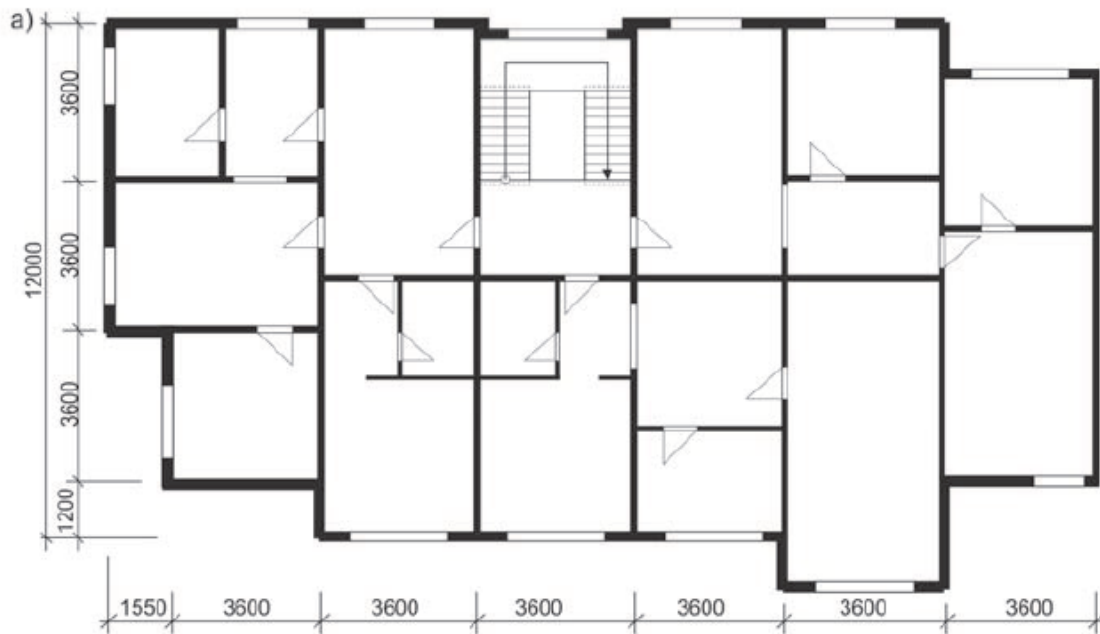
Soustava PS 69, jak již název napovídá, byla používána od roku 1969. Revizí prošla až v roce 1982, kvůli požadavkům nové technické normy. Potom se její značení pozměnilo na PS 69/2. Soustava PS 69 byla používána v západních a jižních Čechách. Soustava byla vhodná jak pro řadové, tak pro bodové domy o čtyřech až čtrnácti podlažích. Lodžie se používaly nejčastěji polozapuštěné, v jihočeské variantě se používaly ocelové zavěšené balkony. Střecha se používala plochá dvouplášťová. Původní tepelná izolace střechy byla 80 mm. Po revizi došlo k jejímu navýšení z 80 mm na 120 mm, ve druhé teplotní oblasti na 130 mm. V horských oblastech na Šumavě se plochá střecha nepoužívala. Zastřešení bylo řešeno sedlovou střechou s dřevěným krovem.

- Výška zástavby – 5 až 9 a 13 podlaží
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 2 400 mm a 3 600 mm, později 4 800 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových dílců tl. 150 mm

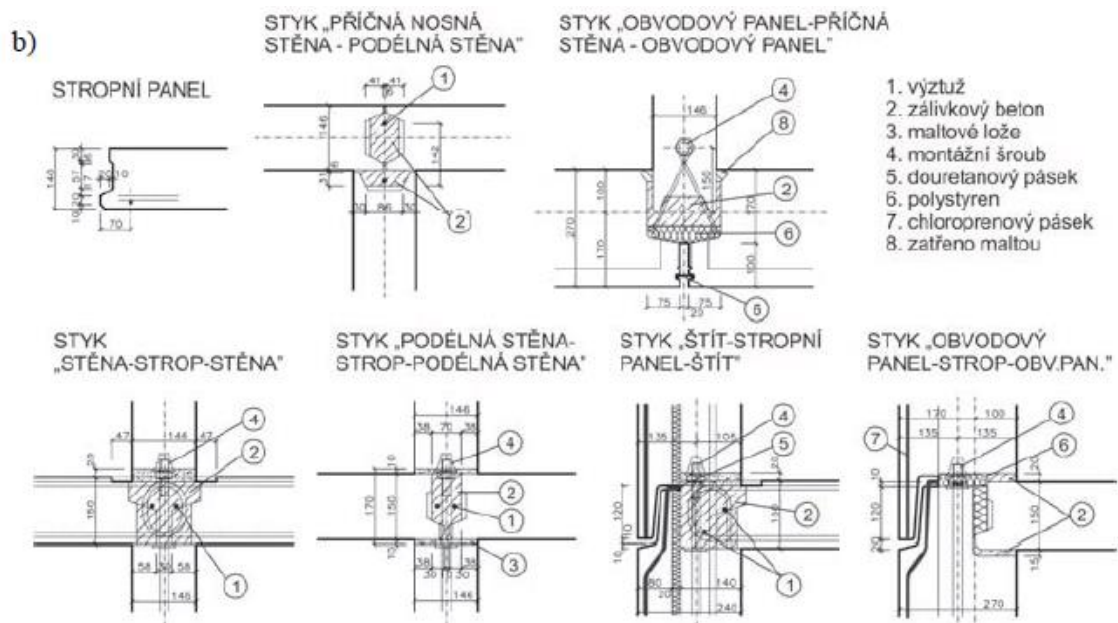
- Nosné štítové stěny
  - Obvodový plášť průčelí
  - Balkony (lodžie)
  - Spodní stavba (suterén)
  - Schodiště
  - Příčky
  - Střecha
- stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
  - celostěnové kompletizované sendvičové dílce tl. 290 mm
  - parapetní kompletizované keramické dílce tl. 350 mm
  - ocelové zavěšené, později nahrazeny předsazenými lodžiami
  - montovaná
  - montované dvouramenné železobetonové, v modulu 3 600 mm
  - železobetonové tl. 80 mm, částečně z desek Orlen tl. 50 mm
  - dvouplášťová – horní část je z keramických panelů na spádových klínech

Velmi rozšířenou je také varianty západočeská. Od klasického typu panelové soustavy PS 69 se liší zejména tímto:

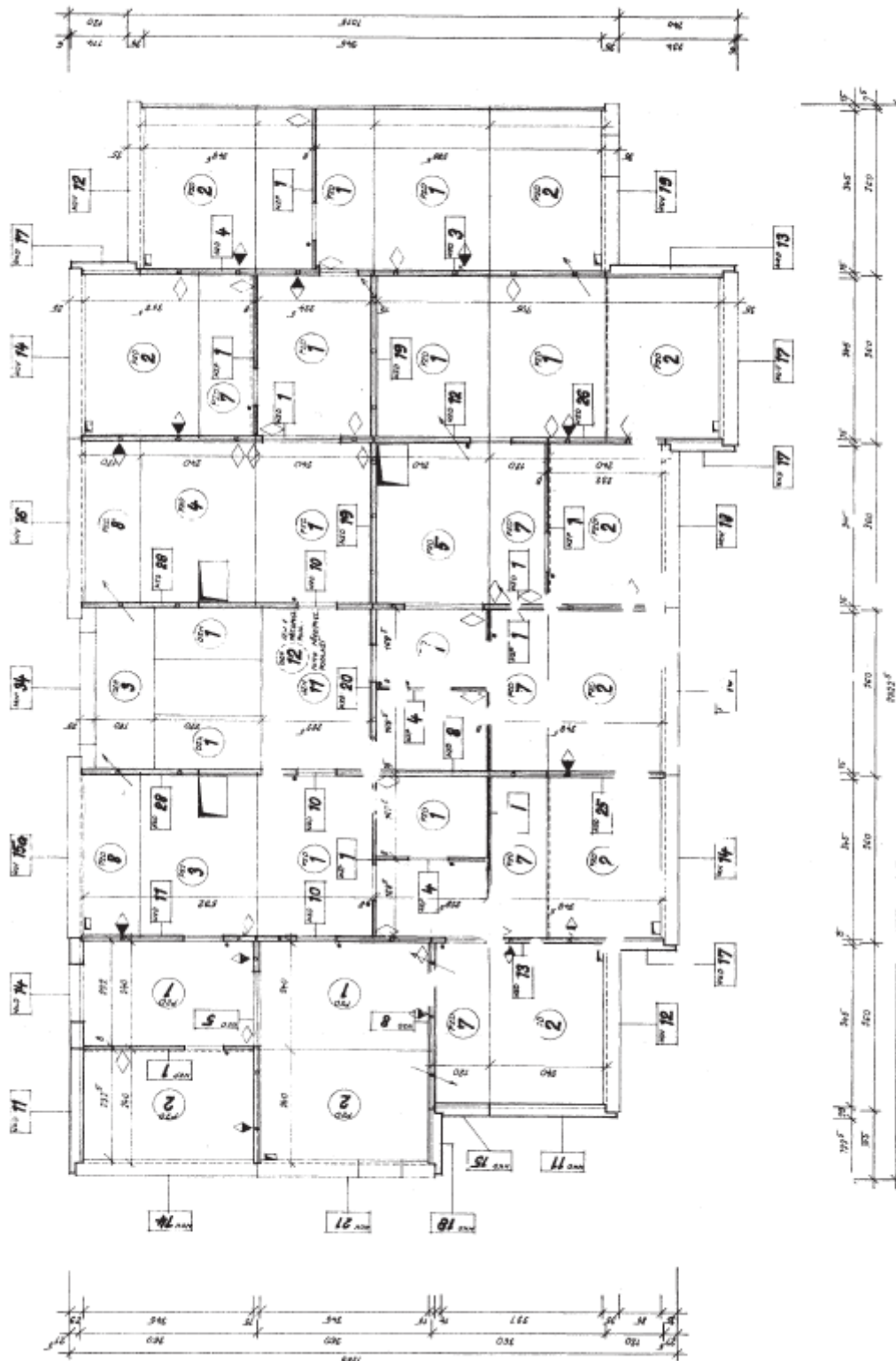
- Nosné vnitřní konstrukce
  - Nosné štítové stěny
  - Obvodový plášť průčelí
  - Lodžie
  - Příčky
  - Střecha
- stěny jsou z železobetonových dílců tl. 140 mm
  - jsou sendvičové dílce tl. 240 mm, později 300 mm
  - jednovrstvý celostěnový keramzitbeton tl. 270 mm a nebo parapetní jednovrstvý keramzitbeton tl. 270 mm v kombinaci s meziokenními vložkami
  - polozapuštěné nebo zapuštěné, lodžiové stěny jsou tvořeny dřevěnou rámovou konstrukcí tl. 150 mm
  - sádrokartonové tl. 86 mm
  - dvouplášťová – horní část je z železobetonových spojitých desek tl 80 mm na spádových klínech



Obrázek 13 - Konstrukční řešení PS 69 [4]



Obrázek 14 - Detaily PS 69 [4]

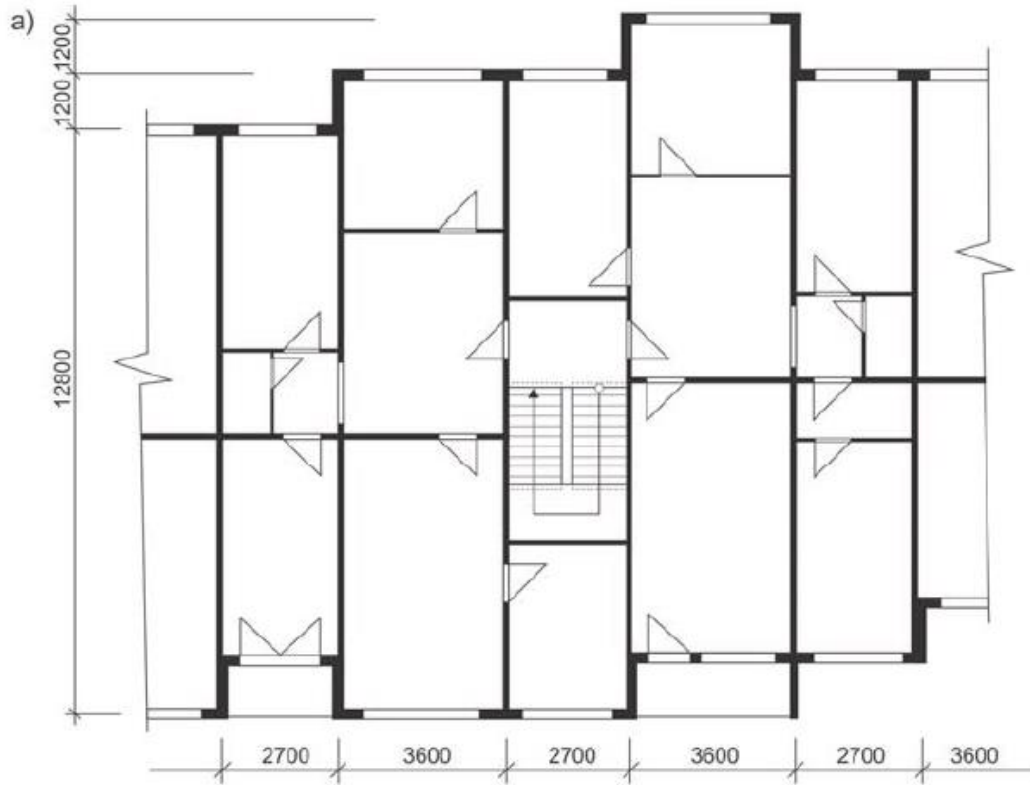


Obrázek 15 - PS 69 [4]

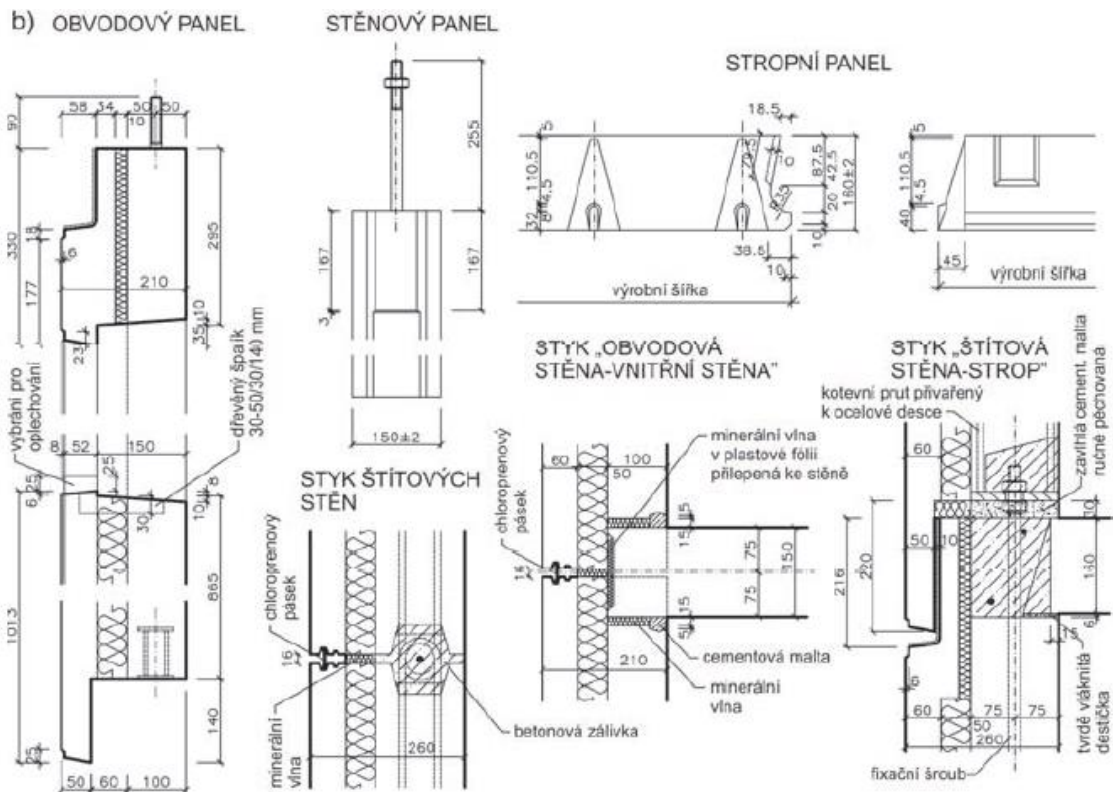
### Stavební soustava Larsen & Nielsen

Stavební soustava Larsen & Nielsen byla používána souběžně se soustavou VVÚ-ETA. Licence na soustavu byla zakoupena od Dánů a byla určena výhradně pro Prahu, kde v roce 1974 začala její plošná realizace. Ke změnám v soustavě došlo až po změně tepelně technické normy. Soustava se prováděla ve třech modulech, 2,4 m, 3,6 m a 4,8 m. Jednalo se o soustavu příčných a podélných nosných stěn. Stavěly se jak řadové, tak i bodové domy. Používaly se výhradně lodžie. Balkóny se nepoužívaly.

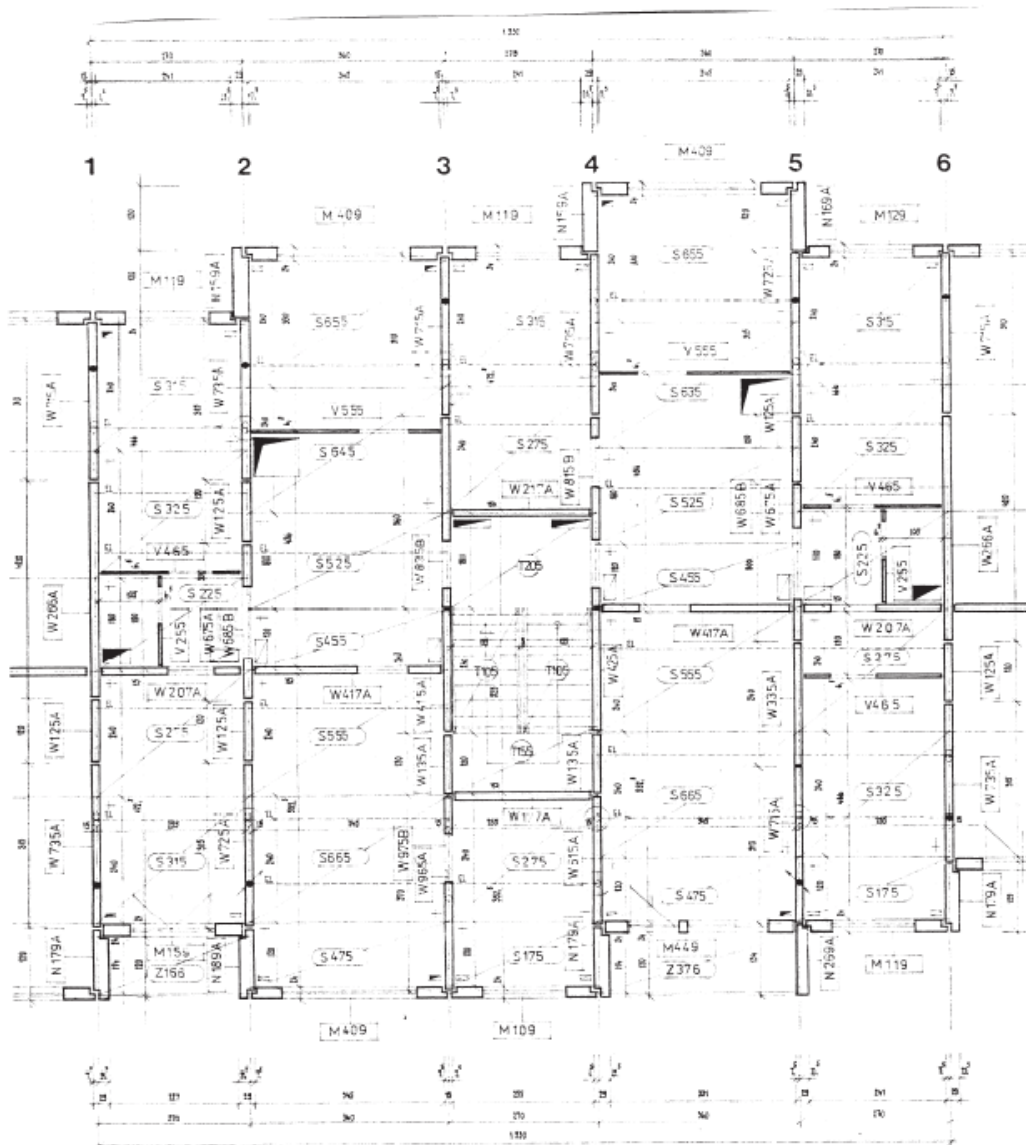
- Výška zástavby – do 12 podlaží (řadové i bodové domy)
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 2 400 mm, 3 600 mm a 4 800 mm (1. aplikace)  
2 700 mm, 3 600 mm a 4 500 mm (2. aplikace)
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových nebo betonových dílců s konstrukční výztuží tl. 150 mm stropní plné železobetonové dílce tl. 160 mm
- Nosné štítové stěny – celostěnové železobetonové sendvičové tl. 260 mm (290 mm v 2. aplikaci) ve skladbě vnější železobetonová vrstva tl. 60 mm, pěnový polystyrén tl. 50 mm (80 mm v 2. aplikaci) a vnitřní železobetonová vrstva tl. 150 mm
- Obvodový plášť průčelí – celostěnové sendvičové dílce tl. 210 mm (1. aplikace) a 240 mm (2. aplikace); vodorovné i svislé spáry suché a větrané
- Lodžie – předsazené a zapuštěné
- Schodiště – dvouramenné montované
- Příčky – železobetonové dílce tl. 65 mm



Obrázek 16 - Konstruktivní řešení Larsen & Nielsen [4]



Obrázek 17 - Detaily Larsen & Nielsen [4]



Obrázek 18 - Larsen &amp; Nielsen [4]

### Stavební soustava B 70

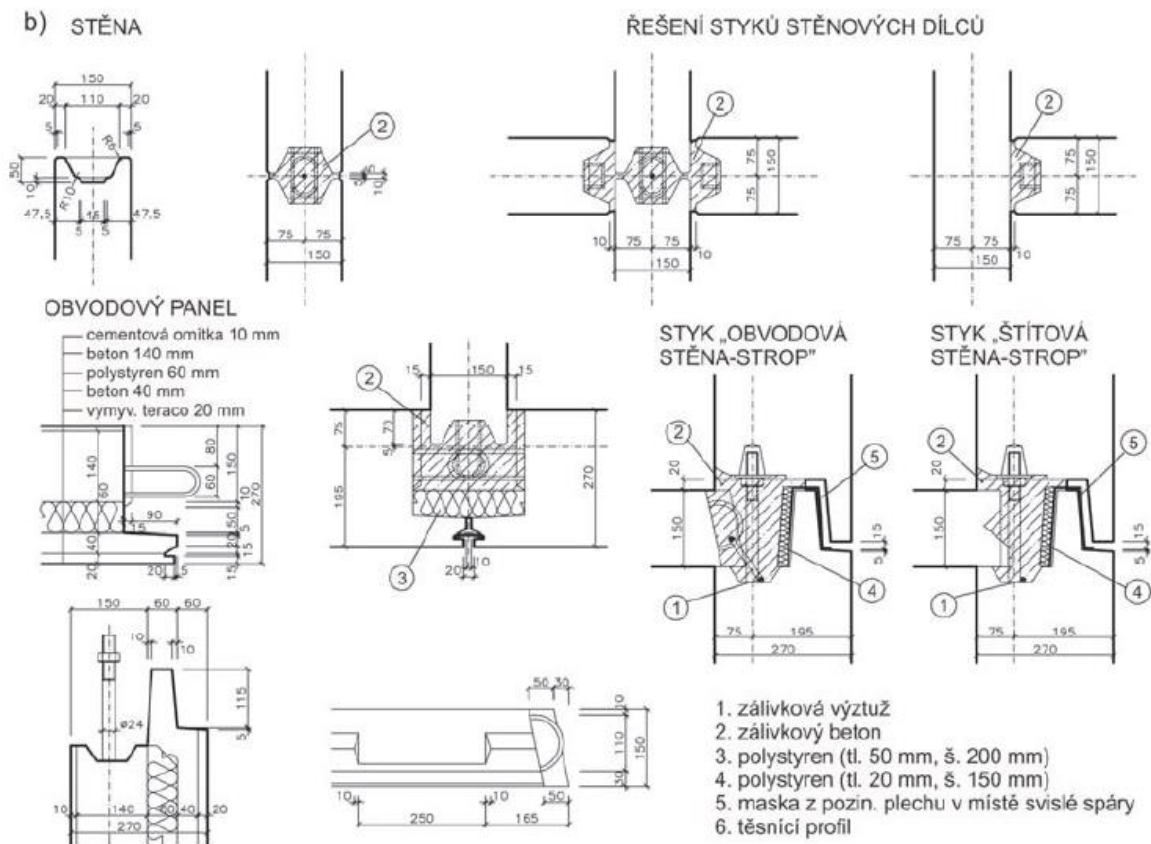
Stavební soustava B 70 byla vyvinuta v Brně na objednávku SSSR. Byla určena výhradně pro jihomoravský kraj, ale uchytila se i v kraji severočeském. Jednalo se o malorozponovou soustavu, která byla realizována podobně jako Larsen & Nielsen od poloviny sedmdesátých let. Rovněž prošla počátkem osmdesátých let revizí kvůli tepelně technické normě. Po revizi se soustava začala drobně objevovat i v jihočeském a severomoravském kraji. Soustava se prováděla ve třech modulech, 2,4 m, 3,6 m a 4,8 m. Jednalo se o soustavu příčných a podélných nosných stěn. Vhodná jak pro bytové domy řadové, tak bodové, ale i strukturální s členěným půdorysem. U stavební soustavy B 70 se mohou vyskytovat jak lodžie, tak balkóny. Balkóny jsou však méně časté a objevují se pouze v jihomoravském kraji.



- Výška zástavby – 4 a 8 podlaží (řadové domy); 12 podlaží (bodové domy)
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 2 400 mm, 3 000 mm a 4 800 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových nebo betonových dílců s konstrukční výztuží tl. 150 mm stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
- Nosné štítové stěny – celostěnové železobetonové sendvičové tl. 290 mm ve skladbě vnější železobetonová vrstva tl. 60 mm, pěnový polystyrén tl. 80 mm a vnitřní železobetonová vrstva tl. 150 mm
- Obvodový plášť průčelí – celostěnové sendvičové dílce tl. 290 mm ve stejné skladbě jako nosné štítové stěny
- Lodžie – podélné kompletizované dřevěné lodžiové stěny v modulu 4 800 mm
- Příčky – železobetonové dílce tl. 80 mm
- Výtahové šachty – prostorové železobetonové dílce
- Střecha – dvouplášťová, ve složení: minerální plst' tl. 100 mm, střešní trámký, střešní desky železobetonové, živičná krytina, po revizi tepelně technické normy, počátkem 80. let byla zvětšena tloušťka tepelné izolace na min. 140 mm



Obrázek 19 - Konstrukční řešení B 70 [4]

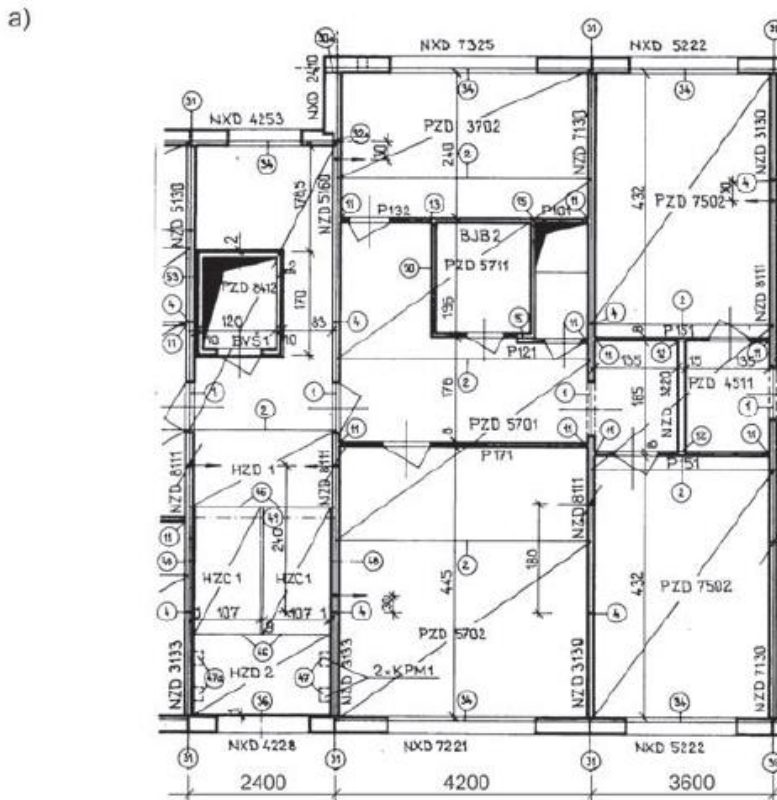


Obrázek 20 - Detaily B 70 [4]

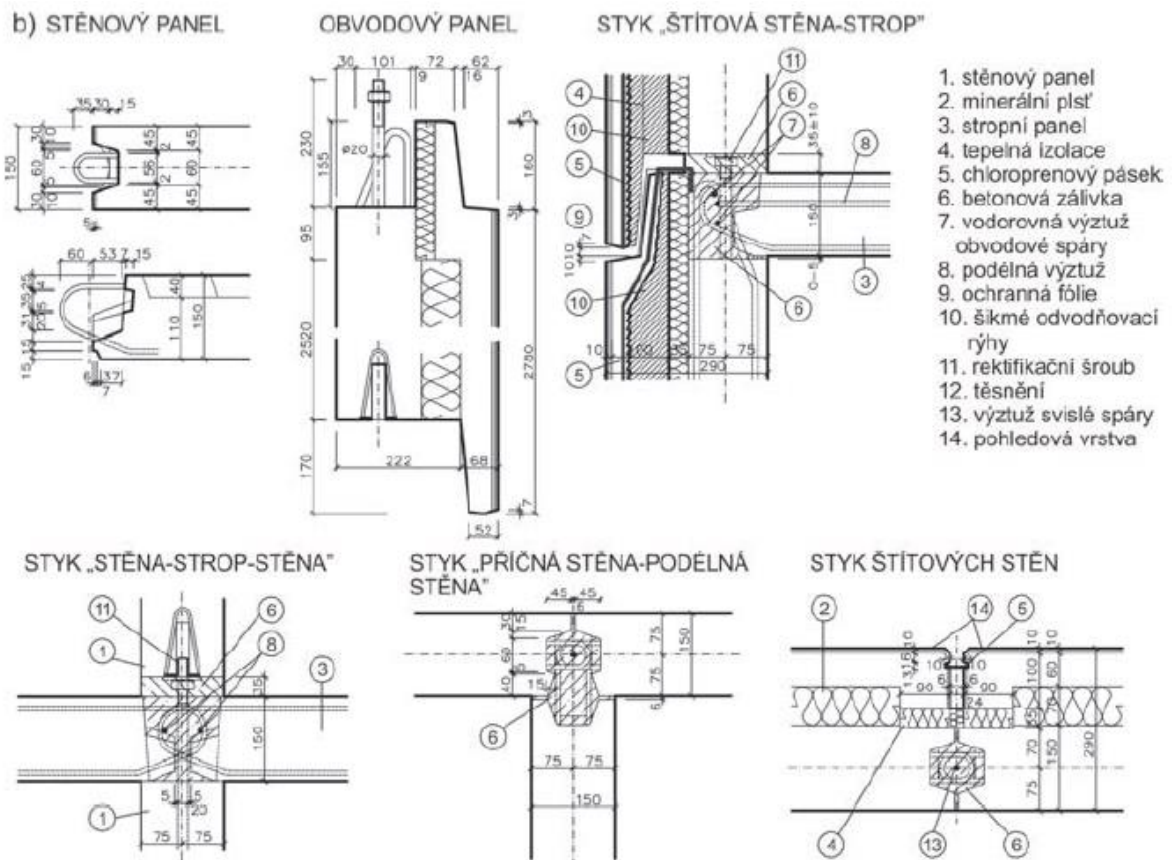
### Stavební soustava BA NKS

Původem bratislavská soustava BA NKS se ujala i v Čechách, konkrétně v severočeském kraji v letech 1976 až 1985 a v kraji jihočeském koncem sedmdesátých let. Soustava BA NKS se prováděla ve třech modulech, 2,4 m, 3,0 m a 4,2 m. Jednalo se o soustavu příčných a podélných nosných stěn. Vhodná jak pro bytové domy řadové, tak bodové. Lodžie se používaly výhradně zapuštěné, a to v modulech 4,2 m.

- Výška zástavby – 4 a 8 podlaží (řadové domy); 12 podlaží (bodové domy)
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 2 400 mm, 3 000 mm a 4 200 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových nebo betonových dílců s konstrukční výztuží tl. 150 mm stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
- Nosné štítové stěny – celostěnové železobetonové sendvičové tl. 290 mm ve skladbě vnější železobetonová vrstva tl. 60 mm, pěnový polystyrén tl. 80 mm a vnitřní železobetonová vrstva tl. 150 mm
- Obvodový plášť průčelí – celostěnové sendvičové dílce tl. 290 mm ve stejné skladbě jako nosné štítové stěny
- Lodžie – podélné kompletizované dřevěné lodžiové stěny v modulu 4 200 mm
- Příčky – železobetonové dílce tl. 80 mm
- Výtahové šachty – prostorové železobetonové dílce
- Střecha – dvouplášťová, ve složení: minerální plst' tl. 100 mm, střešní trámký, střešní desky železobetonové, živičná krytina, po revizi tepelně technické normy, počátkem 80. let byla zvětšena tloušťka tepelné izolace na min. 140 mm



Obrázek 21 - Konstrukční řešení BA NKS [4]

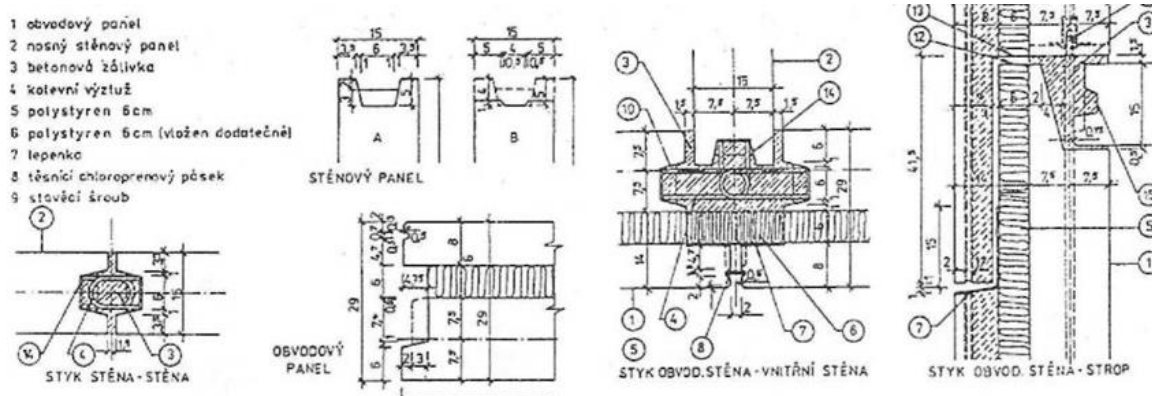


Obrázek 22 - Detaily BA NKS [4]

### Stavební soustava NKS-G

Stavební soustava NKS-G se objevovala na severu jihomoravského kraje v letech 1973 až 1977, kdy byla nahrazena soustavou P1.11. Soustava je řešená jako kombinace příčných a podélných stěn. Soustava se prováděla ve čtyřech modulech, 2,4 m, 3,0 m, 3,6 m a 4,2 m. Rovněž se používala jak pro domy řadové, tak bodové.

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| – Výška zástavby                    | – max. 8 podlaží pro řadové i bodové domy   |
| – Modulová vzdálenost příčných stěn | – 2 400 mm, 3 000 mm, 3 600 mm a 4 200 mm   |
| – Konstrukční výška podlaží         | – 2 800 mm  |
| – Nosné vnitřní konstrukce          | – stěny z celostěnových železobetonových tl. 150 mm<br>stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm |
| – Nosné štítové stěny               | – sendvičové železobetonové stěny tl. 290 mm<br>s 60 mm pěnového polystyrenu                        |
| – Obvodový plášť průčelí            | – sendvičové železobetonové stěny tl. 290 mm<br>s 60 mm pěnového polystyrenu                        |
| – Lodžie                            | – částečně zapuštěné  |

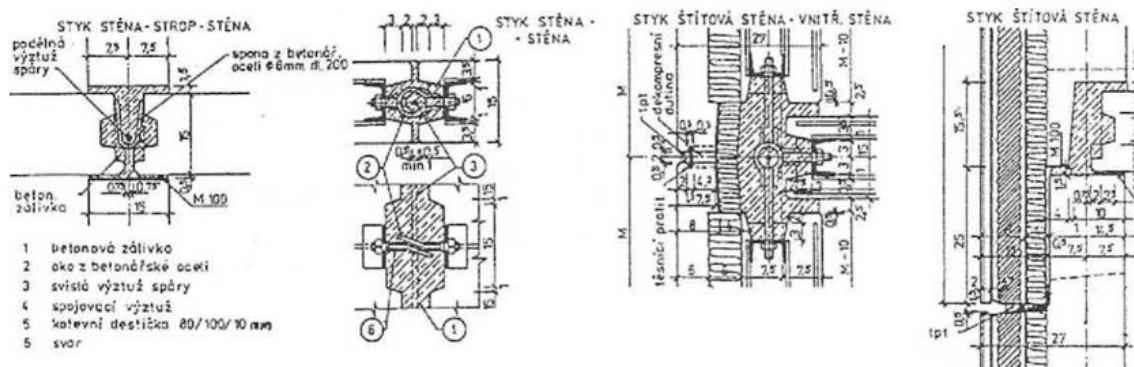


Obrázek 23 - Detaily NKS-G [4]

### Stavební soustavy HKS 70

Pro východočeský kraj byla určena malorozponová soustava HKS 70. Podobně jako předchozí varianty začala její realizace v první polovině sedmdesátých let a až do zpřísnění tepelně technické normy zůstala nezměněna. Poté, po roce 1982, se uplatňovala ve verzi HKS 70-E. Soustava se původně prováděla ve dvou modulech, 3,6 m a 4,2 m. Jednalo se o soustavu příčných a podélných nosných stěn. Vhodná pro bytové domy řadové. Lodžie se používaly výhradně zapuštěné.

- Výška zástavby – 4 - 8 podlaží pro řadové domy
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 3 600 mm a 4 200 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových tl. 150 mm  
stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
- Nosné štítové stěny – sendvičové železobetonové stěny tl. 270 mm  
s 60 mm pěnového polystyrenu
- Obvodový plášť průčelí – sendvičové železobetonové stěny tl. 270 mm  
s 60 mm pěnového polystyrenu
- Lodžie – zapuštěné
- Střecha – plochá s min. sklonem, před revizí jednoplášťová,  
po revizi dvouplášťová s izolací z minerální vlny o tl. 120 mm



Obrázek 24 – Detaily HKS 70 [4]

### Stavební soustava P 1.11

Jednalo se v podstatě o stavební soustavu P 1.1, která se měla používat celostátně. Hodně vycházela ze zkušeností se soustavami typu NKS v různých krajích. Hlavní odlišností od předchozích soustav je zahrnutí obvodového pláště do stavební soustavy. Podle použití obvodových plášťů vzniklo zpřesnění názvů, a to:

*P 1.11* – soustava se sendvičovým obvodovým pláštěm

*P 1.12* – soustava s keramzitbetonovým obvodovým pláštěm (variata se pouze připravovala, k její realizaci už nedošlo)

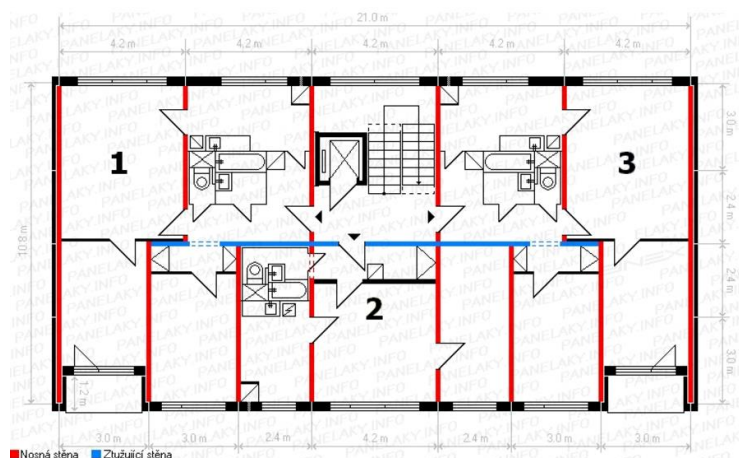
P 1.13 – soustava s pórobetonovým obvodovým pláštěm (variata se pouze připravovala, k její realizaci už nedošlo)

P 1.14 – soustava pro Slovensko.

Během osmdesátých let vznikaly další varianty. Byla to verze P 1.21 pro Severní Čechy a pro Moravu byly připraveny verze P 1.31 – P 1.33, ale ty už se nerealizovaly.

Původní soustava P 1.11 se prováděla hlavně na Moravě, najdeme ji ale i v Praze. Realizace byla zahájena na sklonku sedmdesátých let a trvala až do let devadesátých, kdy byla výstavba panelových domů celkově ukončena. Soustava se prováděla ve třech modulech, 2,4 m, 3,0 m a 4,2 m. Jednalo se o soustavu příčných nosných stěn. Stavěly se jak řadové, tak i bodové domy.

- Výška zástavby – 4 - 12 podlaží pro řadové domy, 12 podlaží pro bodové domy
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 2 400 mm, 3 000 mm a 4 200 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových tl. 150 mm  
stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
- Nosné štítové stěny – sendvičové železobetonové stěny tl. 300 mm  
s 80 mm pěnového polystyrenu
- Obvodový plášť průčelí – sendvičové železobetonové stěny tl. 300 mm  
s 80 mm pěnového polystyrenu
- Lodžie – téměř zapuštěné
- Střecha – plochá s min. sklonem, jednoplášťová



Obrázek 25 - Konstrukční řešení P1.11 [9]

### Stavební soustava P 1.21

Jak již bylo napsáno výše, tato soustava se prováděla v severních Čechách, a to od roku 1984 až do celkového konce výstavby panelových domů. Jednalo se o sestavu příčných nosných stěn se dvěma hlavními a dvěma vedlejšími moduly. Hlavní moduly byly 3,0 m a 4,2 m, vedlejší 1,8 m a 2,4 m. Soustava se používala pro řadové i bodové panelové domy s lodžie v modulech 3, 0 m a 4,2 m.

- Výška zástavby – 4 - 12 podlaží pro řadové domy, 12 podlaží pro bodové domy
- Modulová vzdálenost příčných stěn – 3 000 mm a 4 200 mm
- Konstrukční výška podlaží – 2 800 mm
- Nosné vnitřní konstrukce – stěny z celostěnových železobetonových tl. 150 mm  
stropní plné železobetonové dílce tl. 150 mm
- Nosné štítové stěny – sendvičové železobetonové stěny tl. 300 mm  
s 80 mm pěnového polystyrenu
- Obvodový plášť průčelí – sendvičové železobetonové stěny tl. 300 mm  
s 80 mm pěnového polystyrenu
- Lodžie – téměř zapuštěné
- Střecha – plochá s min. sklonem, jednoplášťová s vrstvou  
pěnového polystyrenu 100 mm, dvouplášťová  
s vrstvou minerálně vláknité izolace 120 mm

### **Vývoj oken**

Od počátku výstavby panelových domů byla do nadzemních podlaží osazována okna dřevěná, zdvojená. Jednalo se o dvě sešroubovaná okenní křídla zasazená do jednoho okenního rámu. Balkónové sestavy byly prováděny na obdobném principu. Zasklení oken bylo obyčejným taženým sklem bez povrchových úprav.

Vyvíjela se nejen výška oken, ale i způsob otevírání. Výška oken byla na počátku 1,35 m a postupem času se přes 1,5 m zvýšila až na 1,65 m. Okna byla zprvu pouze otevíravá, později také otočná a kyvná. V některých případech byly okna doplňována samostatnými křídly, otevíravými a sklápěcími. Členění oken bylo jak jednokřídlové, tak dvoukřídlové i tříkřídlové. Kování zajišťovalo pouze přitažení okenních křídel k rámu. Okna se dle typu soustavy osazovala buď do celostěnových panelů nebo do parapetních



panelů v doplnění meziokenních vložek. Do celostěnových panelů se okna zasazovala už při výrobě panelu ve výrobě.

Ochrana osazovací spáry měla probíhat dle návrhu tak, že spára mezi panelem a rámem okna bude vyplněna dvěma skelnými provazci. Zprvu se neuvažovalo pružné utěsnění spáry ani z vnitřní ani z vnější strany, později se na vnější straně začaly používat těsnící tmely a pryžové profily. Spára, která vznikla na vnitřní straně okna byla pouze přelištována. Celkově byla kvalita provedení těsnění velmi nízká a postupem času začalo docházet k ochlazování ostění, nadměrné průvzdušnosti a v neposlední řadě i tvorbě plísní. Spáry mezi okenními křídly a rámem okna zprvu nebyly těsněny, později se spáry osazovaly dodatečně kovovými profily, později pryžovými a polyuretanovými profily. Nízká kvalita nebo i absence těsnění často způsobovala nadměrné větrání v bytových jednotkách.

## Tepelně technické vlastnosti

Na otázku, proč jsou vlastně tepelně technické požadavky tak důležité, nám odpovídají následující odstavce z ČSN 73 0540.

Dodržení tepelně technických požadavků zajišťuje zejména prevenci tepelně technických vad a poruch budov, tepelnou pohodu uživatelů, ochranu zdraví a zdravých životních podmínek a požadovaný stav vnitřního prostředí pro užívání a technologické procesy a základ nízké energetické náročnosti budov. [1]

Dodržení tepelně technických požadavků se požaduje po dobu ekonomicky přiměřené životnosti konstrukcí a budov, při jejich běžné údržbě a při působení běžně předvídatelných vlivů. [1]

### Šíření tepla

Aby mohlo docházet k šíření tepla prostředím, musí být na různých místech prostředí rozdílná teplota. Teplota má tendenci se vyrovnávat. Znamená to, že teplo z míst s vyšší teplotou samovolně postupuje do míst s nižší teplotou.

K šíření tepla může docházet třemi způsoby. Je to vedení, proudění a sálání.

#### Vedení – kondukcce

K vedení neboli kondukcce, dochází zejména v pevných látkách. Jedná se o přenos tepelné energie ve směru klesající teploty. Uskutečňuje se ve chvíli, kdy dochází k dotyku dvou těles rozdílných teplot.

Základní hodnota, kterou potřebujeme znát při počítání:

#### Součinitel tepelné vodivosti

$\lambda$  (**W/(mK)**), schopnost stejnorodého, isotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Je dán vztahem:

$$\lambda = \frac{q}{-\text{grad } \theta}$$

kde

$q$  je vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudícího stejnorodým isotropním materiálem ( $W/m^2$ )

$\text{grad } \theta$  je gradient teploty ( $K/m$ )

Schopnost látky vést teplo se zvyšuje, když se zvyšuje součinitel tepelné vodivosti.

### Proudění – konvekce

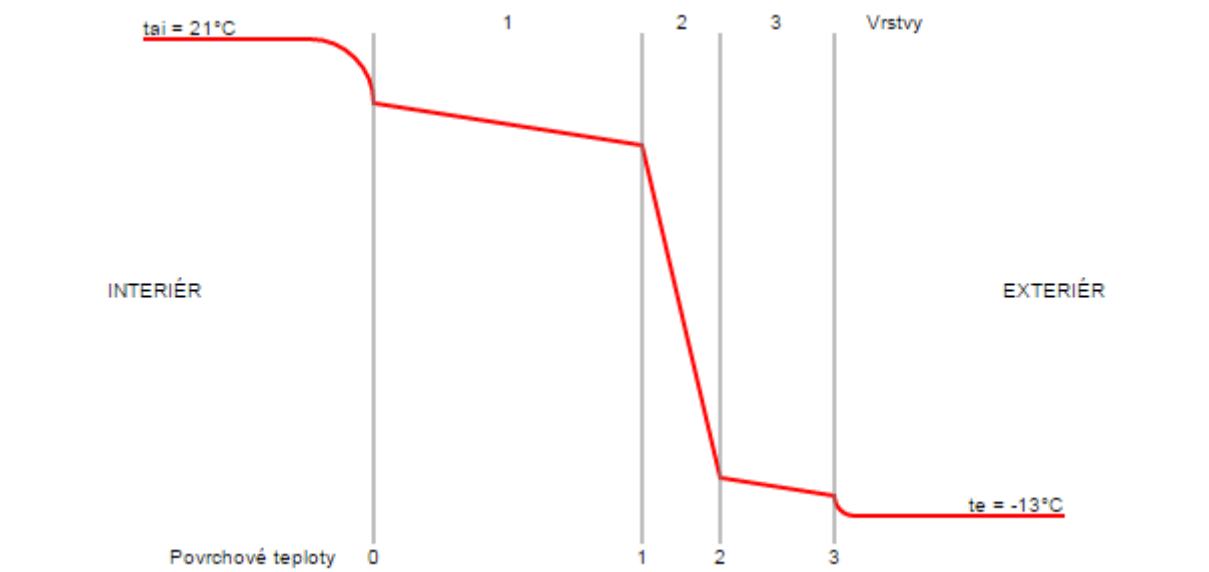
K proudění neboli konvekci, dochází pouze v kapalinách a plynných látkách. Konvekce spočívá v tom, že se částice látek hýbají a přenášejí přitom teplo. Lokální zahřátí nebo zchlazení látky spustí přemísťování částic, čímž se vyrovnává teplota látek.

### Sálání – radiace

K sálání neboli radiaci, dochází nezávisle na tom, zda jsou tělesa oddělena látkovým prostředím nebo vakuem. Jedná se v podstatě o elektromagnetického záření, které umožňuje přenos tepla. Někdy se sálání označuje i jako tepelné záření.

## Prostup tepla konstrukcí

Prostup tepla konstrukcí popisuje výměnu tepla, ke které dochází mezi povrchem konstrukce a vzduchem. Pokud je tento rozdíl teplot roven nule, to znamená, že jsou teplota stěny a teplota vzduchu vyrovnané, k prostupu nedochází.



Obrázek 26 - Náčrt průběhu teplot v konstrukci - ŽB, polystyren, ŽB [11]

Další důležitá veličina, která charakterizuje výměnu tepla mezi vzduchem a povrchem konstrukce se nazývá *součinitel přestupu tepla*.

Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

$h_{si}$  ( $W/(m^2K)$ ), je definován vztahem:

$$h_{si} = \frac{q}{\theta_{ai} - \theta_{si}}$$

kde

$q$  je hustota tepelného toku ( $W/m^2$ )

$\theta_{ai}$  je teplota vnitřního vzduchu ( $^{\circ}C$ )

$\theta_{si}$  je vnitřní povrchová teplota konstrukce ( $^{\circ}C$ )

Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce

$h_{se}$  ( $W/(m^2K)$ ), je definován vztahem:

$$h_{se} = \frac{q}{\theta_{se} - \theta_{ae}}$$

kde

$q$  je hustota tepelného toku ( $W/m^2$ )

$\theta_{ae}$  je teplota venkovního vzduchu ( $^{\circ}C$ )

$\theta_{se}$  je vnější/venkovní povrchová teplota konstrukce ( $^{\circ}C$ )

Hodnoty, které udává součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce a součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce, jsou v závislosti na teplotě a drsnosti povrchu konstrukce, teplotě a rychlosti a směru proudění vzduchu, docela proměnlivé. Proto pro výpočty používáme konstantní parametry, které nám simulují standardní situace.

Když se teplo šíří hmotnou vrstvou konstrukce dochází ke kondukcí. Důležitou veličinou je tedy součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ , díky kterému dochází k výměně tepla mezi vnitřním a vnějším povrchem konstrukce. Součinitel tepelné vodivosti ovlivňuje několik faktorů. Jako například pórovitost, objemová hmotnost, hustota, vlhkost a teplota. I v tomto případě používáme pro výpočty konstantní parametry. Aby byla co nejpřesnější i veličina součinitel přestupu tepla  $U_T$ , popřípadě tepelný odpor  $R_T$ , musíme ve výsledných výpočtech přestupy tepla uvažovat. Dostaneme se tedy k výslednému vztahu pro:

Součinitel přestupu tepla  $U_T$  ( $W/(m^2K)$ )

$$U_T = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}}$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

kde

$R_T$  je odpor konstrukce při prostupu tepla  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$R_{si}$  je odpor při přestupu tepla konstrukce na vnitřní straně konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$R_{se}$  je odpor při přestupu tepla konstrukce na vnější straně konstrukce  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$R$  je tepelný odpor konstrukce nebo jejího charakteristického výseku  $[(m^2 \cdot K)/W]$

$h_{si}$  je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně  $[W/(m^2 \cdot K)]$

$h_{se}$  je součinitel přestupu tepla na vnější straně  $[W/(m^2 \cdot K)]$

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti  $[W/(m \cdot K)]$

$d$  je tloušťka vrstvy  $[m]$

### Vliv tepelných mostů a tepelných vazeb

Tepelné mosty v rámci energetického hodnocení budov můžeme rozdělit na dva typy:

- Tepelné mosty v konstrukci – často jen tepelné mosty
- Tepelné vazby

Důležitou veličinou, která souvisí s tepelnými mosty, je tepelný tok.

Tepelný tok – Teplo přenesené plochou za jednotku času.

Tepelný most vzniká v místě, kde dojde ke změně hustoty tepelného toku.

Tepelné mosty se vyskytují zpravidla v obvodových konstrukcích. Jsou to taková místa, ve kterých je výrazně změněn tepelný odpor. Změny tepelného odporu konstrukce může být způsobena změnou tloušťek vrstev materiálů nebo přímo změnou materiálu (odlišná tepelná vodivost).

Tepelné mosty v konstrukci lze rozdělit do třech kategorií, liniové, bodové a ostatní.

*Liniové* – lze popsat dvourozměrným teplotním polem

*Bodové* – nelze popsat dvourozměrným teplotním polem

*Ostatní* – lze rozložit na bodové a liniové

Tepelné vazby souvisí s odlišným tepelným tokem na rozhraní mezi dvěma a více konstrukcemi. Jedná se například o kouty, rohy nebo napojení stropní konstrukce, obvodové stěny a vnitřní nosné stěny.

Vliv tepelných mostů a tepelných vazeb zohledňujeme při počítání průměrného součinitele prostupu tepla. U každé budovy by se k zohledňování mělo přistupovat individuálně.

Výpočty vlivů tepelných mostů jsou poměrně náročné a zabývají se jimi specialisté. Pro jednoduchý hrubý odhad se používají následující hodnoty:

- *Konstrukce téměř bez tepelných mostů*  $\Delta U_{TM} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- *Konstrukce s mírnými tepelnými mosty*  $\Delta U_{TM} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- *Konstrukce s běžnými tepelnými mosty*  $\Delta U_{TM} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- *Konstrukce s výraznými tepelnými mosty*  $\Delta U_{TM} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Vliv všech tepelných vazeb v rámci jedné budovy současně lze odhadnout i pomocí zvýšení měrné tepelné ztráty prostupem tepla. A to o hodnotu  $\Delta H_{TV}$ .

Hodnotu  $\Delta H_{TV}$  potom vnášíme do výpočtu dle následující tabulky.

$$H_T = \sum(A_i \cdot U_i \cdot b_i) + \Delta U_{TV}$$

- *Budova typová či opakovaná s mírnými tepelnými vazbami*  $\Delta U_{TV} = 0,05 \cdot A \text{ W/K}$
- *Budova s běžnou úrovní tepelných vazeb mezi konstrukcemi*  $\Delta U_{TV} = 0,10 \cdot A \text{ W/K}$
- *Budova s výraznými tepelnými vazbami mezi konstrukcemi*  $\Delta U_{TV} = 0,20 \cdot A \text{ W/K}$

## Šíření vlhkosti konstrukcí

Vodní páry vyskytující se ve vzduchu mají schopnost procházet stavebními konstrukcemi. Pokud mezi dvěma prostředími s různými parciálními tlaky vodních par oddělenými pórovitou látkou dojde k přenosu vlhkosti, nastává jev, který se nazývá difuze. Pohyb vodních par jde z míst s vyšším tlakem do míst s nižším tlakem. V některých případech, za určitých teplotních a tlakových podmínek dojde v materiálu ke kondenzaci vodních par. U vícevrstvých konstrukcí je kondenzace nebezpečná, protože jeho důsledkem bývá znehodnocení konstrukčních prvků (např. koroze) a hygienické nedostatky (např. plísně).

Ve stavebních konstrukcích se vyskytují mikrokapiláry a makrokapiláry. V České Republice se pro hodnocení vlhkosti ve stavebních konstrukcích používají difuzní konstanty.

### „Faktor difuzního odporu $\mu$ “

Faktor difuzního odporu vyjadřuje relativní schopnost materiálu propouštět vodní páry difuzí. Je poměrem difuzního odporu materiálu a difuzního odporu vrstvy vzduchu o téže tloušťce, při definovaných podmínkách.“ [5]

„Součinitel difuze vodní páry  $\delta_D$ “

Součinitel difuze vodní páry vyjadřuje schopnost materiálu propouštět vodní páru difuzí.“ [5]

Dalšími činiteli, se kterými souvisí růst plísní a celkově hygienické nedostatky jsou *rosný bod* a *nejnižší vnitřní povrchová teplota*.

Rosný bod neboli teplota rosného bodu, je taková teplota, při níž relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %. Jinými slovy můžeme říci, že jde o teplotu, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami.

Pokud teplota klesne pod teplotu rosného bodu, dojde zpravidla ke kondenzaci.

V panelových soustavách může být dobrým indikátorem zvýšené vlhkosti v místnosti okno.

Respektive zarosené okno. Zasklení má oproti sendvičové stěně malé tepelně izolační schopnosti, jsou chladnější, jejich teplota klesá pod teplotu rosného bodu a nastává kondenzace.

Kritická vnitřní povrchová teplota konstrukce  $\theta_{si,cr}$ 

Teplota, při které při definované teplotě vnitřního vzduchu  $\theta_{si}$  a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i$  nabývá relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_{si}$  v těsné blízkosti povrchu (v mezní vrstvě) hodnoty kritické relativní (povrchové) vlhkosti  $\varphi_{i,cr}$ , např.  $\varphi_{i,cr} = 100\%$  u výplní otvorů a  $\varphi_{i,cr} = 80\%$  u stavebních otvorů. Je to teplota, při které poměr částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodní páry v mezní vrstvě bezprostředně u povrchu konstrukce je vyšší nebo roven hodnotě 1,0 pro výplně otvorů a 0,8 pro ostatní konstrukce. [1]

Teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$ 

vliv konstrukce a přestupů tepla v daném místě vnitřního povrchu na vnitřní povrchovou teplotu nezávisle na teplotách přilehlých prostředí; je doplňkem poměrného teplotního rozdílu vnitřního povrchu a je definován poměrem rozdílu mezi vnitřní povrchovou teplotou a teplotou venkovního vzduchu a rozdílu mezi teplotou vnitřního vzduchu a teplotou venkovního vzduchu; je definován vztahem:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 1 - \xi_{Rsi}$$

kde

$\theta_{si}$  je nejnižší vnitřní povrchová teplota [°C]

$\theta_{ai}$  je teplota vnitřního vzduchu [°C]

$\theta_e$  je teplota venkovního vzduchu [°C]

$\xi_{Rsi}$  je poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu [-] [1]

**Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{R_{si,cr}}$** 

$f_{R_{si,cr}}$  [-], teplotní faktor vnitřního povrchu pro nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce, je definován vztahem:

$$f_{R_{si,cr}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e}$$

kde

$\theta_{si}$  je nejnižší vnitřní povrchová teplota [°C]

$\theta_{ai}$  je teplota vnitřního vzduchu [°C]

$\theta_e$  je teplota venkovního vzduchu [°C] [1]

**Zkondenzovaná vodní pára v konstrukci**

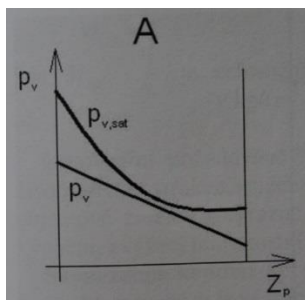
Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce nenastává, když  $M_c=0$ , to znamená, že pro každé místo v konstrukci je splněna podmínka:

$$p_x = p_{sat,x}$$

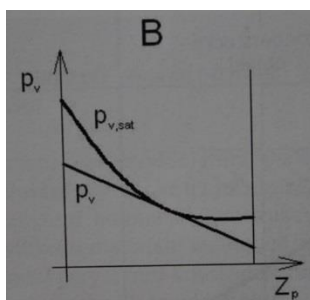
kde

$p_x$  je částečný tlak vodní páry v místě  $x$  [Pa]

$p_{sat,x}$  je částečný tlak nasycené vodní páry v místě  $x$  [Pa]

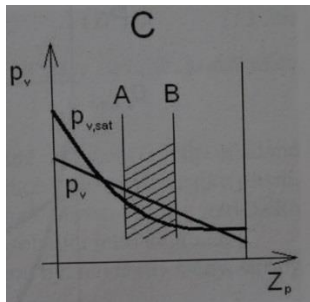


Obrázek 27 - nedochází ke kondenzaci [5]



Obrázek 28 - dochází ke kondenzaci v ploše [5]





Obrázek 29 - dochází ke kondenzaci [5]

## Vlhkost

Vlhkost uvnitř konstrukce vede občas až k destrukci dané konstrukce. Mezi její projevy patří jak koroze, týkající se zejména ocelových prvků kotevních, osazovacích a spojovacích, tak hniloba, která napadá zabudované prvky na bázi dřeva. Dalšími projevy jsou pozměněné vlastnosti stavebních materiálů. Vlivem vlhkosti se daným materiálům zvyšuje tepelná vodivost, a tudíž se zvyšuje i spotřeba energie na vytápění. Na druhou stranu se zvýšením tepelné vodivosti snižuje vnitřní povrchová teplota, a to má za následek kondenzaci.

Zvýšená vlhkost uvnitř konstrukce způsobuje zvýšení hmotnosti daných materiálů a zvýšení namáhání spojovacích prvků. Další negativní dopad je, že se vlhkost nestíhá absorbovat a hromadí se na vnitřním povrchu konstrukcí.

Jednou z příčin vlhkosti ve stavebních konstrukcích je kondenzace vodní páry. Kondenzace vodní páry se hodnotí kritickým množstvím kondenzátu. Jestliže zkondenzované množství překročí absorpční schopnost materiálu, pak kondenzát vyteče. Další hodnotící faktor je bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti během modelového roku. Ta rovněž spočívá v absorpční schopnosti materiálu, kondenzát se buď během roku postupně vypaří, nebo se hromadí, dokud nevyteče.

Další příčinou bývá obvykle spárová průvzdušnost. Jedná se zejména o osazovací spáry otvorů (okna, lodžiové sestavy), ale i spáry lodžiových stěn a meziokenních vložek.

Příčina nemusí být vada vnesená do konstrukce, ale může to být i porucha vzniklá v průběhu užívání. Jedná se například o porušení hydroizolace spodní stavby nebo střechy. Následné zatékání do konstrukcí způsobí vlhkost.

### Vývoj tepelně technických požadavků konstrukcí

S postupem času docházelo i k definování a přirozenému zpřísnování tepelné technických požadavků na obvodové konstrukce.

#### Tepelný odpor konstrukce – $R$ ( $m^2K/W$ )

Tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Je-li známa hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, povrchy kolmé na směr tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné (planparalelní vrstva) a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tepelný odpor definován vztahem:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Kde

$d$  je tloušťka vrstvy; tloušťka vrstvy v konstrukci [m];

$\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [ $W/(m \cdot K)$ ]

#### Tepelně technické požadavky před rokem 1962

Tepelný odpor konstrukce se počítal z prosté skladby – nezahrnoval se vliv tepelných mostů. Požadavek byl definován pro konstrukci jako celek – ne pro její nejméně příznivou část. Požadavek pro vnější stěny byl minimálně tepelně izolační ekvivalent zdiva tloušťky 450 mm z plných pálených cihel.

Tepelný odpor konstrukce $R_N$	
Konstrukce	( $m^2K/W$ )
Vnější stěna	0,55
Plochá střecha	0,70
Strop nad suterénem	0,57

#### Tepelně technické požadavky po roce 1962

V roce 1962 byla schválena česká technická norma ČSN 73 0540, která byla v roce 1964 nahrazena zpřesněným zněním. Tato norma platila téměř beze změn až do roku 1977. Požadavek na tepelný

odpor konstrukce už nebyl definován pro konstrukci jako celek, ale minimální hodnotu tepelného odporu musely vykazovat všechny části konstrukce. Tedy i kritická místa v konstrukci, což jsou skoro vždy oblasti tepelných mostů. Pro tepelné mosty však platilo snížení požadavku, požadovalo se u nich pouze zajištění vnitřní povrchové teploty nad rosným bodem.

Rosný bod neboli teplota rosného bodu, je taková teplota, při níž relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %. Jinými slovy můžeme říci, že jde o teplotu, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami. Pokud teplota klesne pod teplotu rosného bodu, dojde zpravidla ke kondenzaci.

<b>Tepelný odpor konstrukce <math>R_N</math></b>		
Konstrukce	( $m^2K/W$ )	( $m^2K/W$ )
Teplovní oblast	I. ( $-15^\circ C$ )	II. ( $-18^\circ C$ )
Vnější stěna	0,52	0,56
Plochá střecha	0,95	1,03
Strop nad suterénem	0,65	0,82

#### Tepelně technické požadavky po roce 1964

Jak již bylo uvedeno výše, v roce 1964 došlo ke zpřísnění požadavků.

<b>Tepelný odpor konstrukce <math>R_N</math></b>	
Konstrukce	( $m^2K/W$ )
Vnější stěna	0,70
Plochá střecha	1,28

#### Tepelně technické požadavky po roce 1977

<b>Tepelný odpor konstrukce <math>R_N</math></b>	
Konstrukce	( $m^2K/W$ )
Vnější stěna	0,95
Plochá střecha	1,80
Výplně z vytápěného do prostoru do venkovního prostředí	0,27

Tepelně technické požadavky po roce 1994

V roce 1994 byla schválena nová ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Funkční požadavky.

<b>Tepelný odpor konstrukce RN</b>				
Konstrukce	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)
	Požadované hodnoty		Doporučené hodnoty	
Teplotní oblast	I. (-15°C)	II. (-18°C)	I. (-15°C)	II. (-18°C)
Vnější stěna lehká	2,10	2,30	3,10	3,35
Vnější stěna těžká	1,85	2,00	2,70	2,90
Plochá střecha těžká	2,75	3,00	4,00	4,35
Strop nad suterénem	1,55	1,80	2,30	2,65

Současné tepelně technické požadavky

V současné době se tepelně technické požadavky na prostup tepla konstrukcí neuvádí pomocí veličiny tepelný odpor, ale pomocí součinitele prostupu tepla. Vztah mezi veličinami je popsán níže.

Součinitel prostupu tepla  $U_T$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] - celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředními vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce, je definován vztahem:

$$U_T = \frac{1}{R_t}$$

kde

$R_t$  je odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [m<sup>2</sup>·K/W]

Vývoj od roku 2000 po současnost

Následující tabulky znázorňují vývoj požadavků na součinitel prostupu tepla. Pro každou konstrukci je známa jak požadovaná, tak doporučená hodnota. Od roku 2011 jsou nově uvedeny doporučené hodnoty pro pasivní budovy.

po roce 2002

Součinitel prostupu tepla $U_N$		
Konstrukce	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Vnější stěna	0,30	0,20
Plochá střecha	0,24	0,16
Okna, dveře	1,80	1,20

po roce 2005

Součinitel prostupu tepla $U_N$		
Konstrukce	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Vnější stěna	0,30	0,20
Plochá střecha	0,24	0,16
Okna, dveře	1,70	1,20

po roce 2007

Součinitel prostupu tepla $U_N$		
Konstrukce	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Vnější stěna lehká	0,30	0,20
Vnější stěna těžká	0,38	0,25
Plochá střecha	0,24	0,16
Okna, dveře	1,70	1,20

po roce 2011

Součinitel prostupu tepla $U_N$			
Konstrukce	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Pasivní budovy
Vnější stěna lehká	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Vnější stěna těžká	0,30	0,25	0,18 až 0,13
Plochá střecha	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Okna	1,50	1,20	0,8 až 0,6
Dveře	1,7	1,2	0,9

## Vady a poruchy

### Tepelně technické vady a poruchy

Panelové soustavy byly primárně určeny pro bydlení. Navrhovány byly tudíž pro nepřerušované vytápění. Nepočítalo se však s přerušovaným vytápěním, ze kterého vyplývají některé vady a poruchy. V současné době brána je jako tepelně technická vada nadměrná spotřeba energie. Další projevy tepelně technických vad a poruch jsou pokles povrchové teploty a kondenzace vodních par. Tepelně technické vady a poruchy však nejsou jediným nedostatkem panelových soustav. Projevují se i vady a poruchy způsobené stavebně technickým řešením konstrukce, jejím provedením, užíváním i údržbou.

#### Plísně a vlhkost

Nadměrná spotřeba energie vychází z tehdejších nedostatečných požadavků na tepelný odpor jednotlivých konstrukcí (viz. Kapitola Vývoj tepelně technických požadavků konstrukcí). Častou tepelně technickou poruchou je výskyt plísně na vnitřním povrchu konstrukce. Tato porucha nejen že snižuje užitnou funkci bytu, ale je nebezpečná pro zdraví lidí. Může způsobit závažné alergické onemocnění.

Příčinou vzniku plísně je velký pokles povrchové teploty. Dříve se konstrukce navrhovaly tak, aby ke kondenzaci vodních par nedocházelo na vnitřním povrchu konstrukce. Požadována byla nejnižší vnitřní povrchová teplota těsně nad rosným bodem (při návrhové relativní vlhkosti vnitřního vzduchu 60%). Tato podmínka je však nedostačující, protože uvažuje pouze nepřerušované vytápění. Pokud došlo k výpadku vytápění, klesla vnitřní povrchová teplota pod rosný bod.

Právě pokles vnitřní povrchové teploty pod rosný bod způsobuje povrchovou kondenzaci vodních par. Na povrchu konstrukce se objeví vlhkostní mapy, které mohou mít za důsledek až úplnou degradaci povrchové úpravy konstrukce.

V nejchladnějším období v roce nastává pokles vnitřní povrchové teploty při nedostatečných tepelně izolačních vlastnostech konstrukce hlavně v místech tepelných mostů a tepelných vazeb. Týká se tedy převážně obvodových konstrukcí, ale může se objevit i u stěn, které přiléhají k nevytápěnému prostoru.

Vlhkost objevující se uvnitř konstrukce vede k hnití dřeva a jemu podobných prvků. Dále způsobuje korozi prvků z kovu. Takové poruchy mohou vést až k destrukci částí konstrukce nebo k destrukci celé konstrukce. Dále vlhkost uvnitř konstrukce způsobuje zvýšení spotřeby tepla na vytápění a vytváří optimální podmínky pro vznik a růst plísní. Materiály nezvládají zvýšenou vlhkost pojmout a nevsáknutá vlhkost se objevuje na vnitřním povrchu obvodové konstrukce. Nezanedbatelné je také navýšení hmotnosti stavebních materiálů a dochází tím ke zvyšování namáhání kotevních prvků. Příčinou vlhkosti uvnitř konstrukce může být právě kondenzace vodní páry, ale i porušení hydroizolační vrstvy (zatékání, vztlínání zemní vlhkosti).

### Stavebně technické řešení

Jak již bylo zmiňováno výše, dřívější nízké požadavky na tepelný odpor jednotlivých konstrukcí, tepelné vazby a výrazné tepelné mosty vedou k nadměrné spotřebě energie. Příčinou nízkých požadavků na tepelný odpor bylo primárně posuzování jednotlivých skladeb konstrukce podle její skladby, bez uvažování vlivů tepelných vazeb a tepelných mostů.

Jako další vady stavebně technického řešení bývá nevhodné řešení napojování obvodového a střešního pláště, vodorovných stropních panelů a obvodového pláště a detaily parapetů a ostění u oken. U napojování střešního a obvodového pláště nemívá atika dostatečnou tepelně izolační vrstvu. Tepelně izolační vrstva bývá někdy po obvodě panelu zeslabena, někdy je odsazena od okraje panelu, což vytváří průběžná betonová žebra. U ostění je problémová tepelná vazba mezi obvodovým panelem a tenkým okenním rámem. Další častou chybou bylo nenavázání tepelně izolační vrstvy (např. tepelně izolační vrstva v parapetech byla odskočená vůči tepelně izolační vrstvě meziokenních vložek). Všechny tyto vady mohou vést k již zmiňované vlhkosti na vnitřním povrchu konstrukce, uvnitř konstrukce a také vytvářejí optimální podmínky k výskytu plísní.

Střešní pláště byly řešeny rozdílně podle doby provádění a dané lokality. Mezi společné nedostatky většiny střešních panelových soustav bývá špatné řešení dilatačních spojů, nedostatečná hydroizolace a sklon střešních.

### Provádění

Na vzniku všech tepelně technických vad a poruch se velkou měrou podílejí právě nedostatky z výroby a z provádění.

Častým nedostatkem přímo z výroby je fakt, že skutečná objemová hmotnost je někdy výrazně vyšší. U některých prvků byla zjištěna objemová hmotnost až o 20 % vyšší, než bylo v návrhu. Důsledkem tohoto je ovlivněn i tepelný odpor takového výrobku. Je výrazně nižší, než se původně plánovalo.

Další chyba z výroby se vyskytovala u panelů se skladbou železobeton, pěnový polystyren, železobeton. Desky pěnového polystyrenu byly vyráběny v nevhodných rozměrech a docházelo tak k situacím, že se do některých míst polystyren vůbec nedostal. Do vzniklé dutiny se často dostalo cementové mléko, a nebo do ní zatekla přímo betonová směs. Vznikalo tak masivní železobetonové žebro, tudíž obrovský tepelný most.

Co se týče montáže, docházelo k chybám zejména v napojování jednotlivých panelových dílců a v napojování svislých a vodorovných konstrukcí. Další problematické detaily se týkají ostění a parapetů.

Další tepelný most a nepříznivou tepelnou vazbu v koutě pod střešinou způsobuje absence tepelné izolace v patě atiky i po obvodě střešiny. Ploché střešiny patří obecně k nejvíce problémovým částem

panelových soustav. Nedostatečným, nebo špatným provedením hydroizolace dochází k masivnímu zatékání do objektu. Tímto způsobená zvýšená vlhkost pak podporuje všechny dříve vyjmenované tepelně technické vady a poruchy a celkově negativně ovlivňuje život v objektu.

### Užívání a údržba

Jednou z důležitých věcí pro provoz jakéhokoli objektu je jeho správné užívání. Panelové soustavy byly vyvinuty zejména jako stavby pro bydlení.

Uživatel bytu by měl dát pozor zejména na přílišné přerušované vytápění, protože při něm dochází k poklesu vnitřní povrchové teploty. Dále na nedostatečné proudění vnitřního vzduchu podél obvodových konstrukcí, čímž se zvýší tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, což vede k poklesu vnitřní povrchové teploty. Nedostatečné proudění vnitřního vzduchu může způsobovat umístění nábytku příliš blízko obvodovým stěnám nebo celkové přeplnění bytu nábytkem. Častý nežádoucí vliv je nadměrná vlhkost vzduchu v místnosti. Vzniká několika způsoby nebo jejich kombinacemi. Je to dýchání přílišného počtu osob, nedostatečné odvětrávání při vaření, nedostatečné větrání nebo pěstování vysokého počtu rostlin s bohatou zálivkou. Obvodové konstrukce byly a jsou běžně dimenzovány (kromě koupelen) na relativní vlhkost vnitřního vzduchu 60 %. Překročení limitu může být pro stavební konstrukce nebezpečné, protože v takovém případě vznikají podmínky pro kondenzaci i při kvalitní obvodové konstrukci.

Neméně důležité než správné užívání je správná údržba. Sice správnou údržbou žádnou tepelně technickou vadu neodstraníme, ale na druhou stranu můžeme správnou údržbou předejít jejímu vzniku.

Mezi nevhodná údržbová opatření patří například vnější utěsňování spár mezi panely v případě, že je spára otevřena zevnitř. Pokud je taková spára utěsněna jen z vnějšku, vzduch z interiéru do ní pronikne a dochází ke kondenzaci vodní páry pod novým utěsněním.

Nevhodným způsobem jsou opravovány i střechy v případě zatékání. Na střechu se nanášejí další vrstvy izolace ve snaze zabránit zatékání bez ohledu na celkový difúzní odpor konstrukce. Zvyšováním difúzního odporu vzniká možnost kondenzace vodní páry a zvyšování vlhkosti uvnitř konstrukce střechy.



## Obvodové stěny

### Jednovrstvé dílce

Jednovrstvý dílec je obvykle z lehčeného materiálu, který zajišťuje nosnou i tepelně izolační funkci zároveň. V tloušťce průřezu je dominantní jeden materiál, který je doplněn pouze vnější a vnitřní krycí vrstvou.

U těchto dílců dochází k charakteristickým poruchám, které souvisí s napjatostními stavy v dílcích, které nastaly krátce po výrobě, ale i během užívání objektu působením kombinace různých zatížení. Další nevýhodou jednovrstvých dílců jsou nedostatečné tepelně izolační vlastnosti. Tento nedostatek se projevuje vznikem plísní, ale stojí za ním kondenzace vodních par na vnitřních površích.

### *Keramzitbetonové dílce*

Keramzitbetonové obvodové pláště se používaly především u systému T 06 B. Jednalo se o celostěnové dílce, které byly tvořeny porézním betonem z cementového pojiva a lehčeného keramzitbetonového plniva. Povrchy dílce tvořily vrstvy betonu. Dílce se vyráběly naležato a nebyla zaručena přesná tloušťka. Při vnějším a vnitřním povrchu měly betonové vrstvy tloušťku od 20 mm do 50 mm. Vyztužení bylo prováděno v keramzitbetonové vrstvě. Vnitřní a vnější vrstvy byly nevyztužené.

Příčinou častých poruch u těchto dílců je technologie výroby. Z hlediska modulu pružnosti a pevnosti je to kombinace dvou různých materiálů. Měkkého keramzitbetonu a tvrdých betonových vrstev betonu. Proces dotvarování a smršťování betonu při jeho tuhnutí a tvrdnutí vede ke vzniku trhlin. Trhliny vznikají v betonové vrstvě v místech, kde k vysychání docházelo rychleji, a proto zde vznikala největší tahová napětí, tedy při povrchu. Trhliny nebyly původně v celé tloušťce vrstvy, nýbrž vznikla plošná síť vlasových trhlin.



Obrázek 30 - Nepravidelné trhliny na vnějším povrchu [3]

V místech trhlin je průřez betonu dále oslabován, dochází zde k hromadění tahových napětí a následkem toho dochází k rozšiřování trhlin až na keramzitbetonové jádro.

Na základě vlivu vnějšího prostředí dochází v trhlínách ke kondenzaci difúzního toku vodních par, což vede k narušení vnějších nátěrů a ochranných vrstev. Dalším důsledkem trhlin je vnikání vlhkosti až do keramzitbetonové vrstvy.

Vhodným řešením povrchové ochrany je vnější kontaktní tepelně izolační systém s mechanickým kotvením pomocí talířových hmoždinek, které se kotví až do keramzitbetonové vrstvy. Pokud je stěna nadměrně porušena trhlínami, je vhodné nesoudržnou vrstvu odstranit a nahradit jiným vhodným způsobem.

Návrhu technického řešení oprav keramzitbetonových obvodových dílců vyžaduje pečlivý stavebně technický průzkum, protože se jedná o nestabilní konstrukci s nízkou pevností.

#### *Křemelinové dílce*

Křemelinové dílce se používaly především u soustavy T 06 B. Nejčastěji se objevují v jižních Čechách, kde byla křemelina cenově přijatelným materiálem. Technická způsobilost křemeliny jako stavebního materiálu však není dobrá. Při výrobě dílců docházelo k vadám a problémům, které zapříčinily vznik poruch na dílcích.

Beton z křemeliny, nebo samotná křemelina má poměrně nízkou pevnost, zejména tahovou. Navíc nebylo možné zajistit požadovanou kvalitu vstupních surovin a také se projevovala nehomogenita materiálu.

Následkem toho vznikaly poruchy. Především trhliny v parapetních dílcích. Křemelinové dílce se totiž převážně používaly na soustavy tvořené parapetním pásem a meziokenními sloupky.



Obrázek 31 - Svislá trhlina [3]



Obrázek 32 - Svislá trhlina [3]

Vznik trhlin byl častý a projevoval se v celé tloušťce průřezu. Jedním z vlivů příčin trhlin je tahové napětí, ale nelze opomenout ani smrštění a dotvarování. Dále nelze opomenout teplotní vlivy, proto je vhodné provést vnější tepelně izolační obklad (ETICS), čímž se výrazně zmírní účinky teplotních změn. Před provedením kontaktního tepelně izolačního pláště je třeba posoudit technický stav a případně zajistit stabilitu.

Jedním ze způsobů sanace křemelinových dílců je vložení smykové a tahové výztuže. To lze provést dodatečným vložním výztuže do vyfrézovaných drážek při vnějším povrchu.

### Sendvičové obvodové dílce

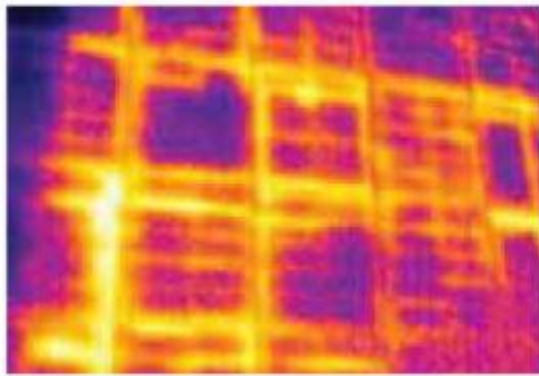
Sendvičové, neboli vícevrstvé dílce se od jednovrstvých liší tím, že vrstva tepelně izolační je z jiného materiálu, než vrstva nosná a ochranná. Obvyklá sestava se skládá z železobetonové vnitřní nosné vrstvy, vrstvy tepelné izolace a vnější železobetonové ochranné moniérky. Jako tepelná izolace byl používán převážně pěnový polystyren s tloušťkou 40 mm u starších soustav až po 80 mm u novějších soustav. Tloušťka polystyrenu se postupem času zvyšovala z důvodu zpřísnění tepelně izolačních požadavků na konstrukce. Někdy byl místo polystyrenu použit plynosilikát nebo keramické děrované bloky.

### *Sendvičové obvodové dílce s pěnovým polystyrenem*

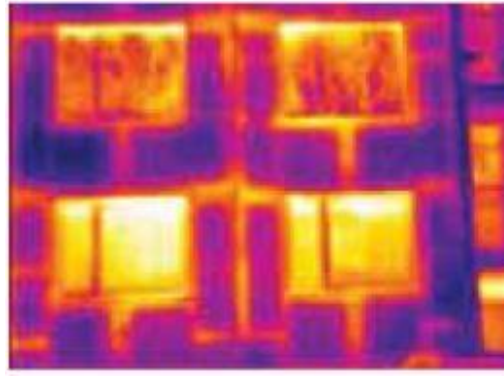
U vícevrstvých dílců je důležité propojení obou železobetonových částí. Způsob propojení ovlivňuje spolehlivost a poruchovost dílců, následně i celkovou životnost konstrukce. Spojovací prvky ovlivňují významně i tepelně izolační vlastnosti dílce.

Spojení vnější moniérky a vnitřní nosné vrstvy lze rozdělit na dva konstrukční případy.

Prvním případem je spřažení konstrukce spojovacími žebry. Jedná se o spojení pomocí betonových žeber po obvodu dílce. Betonová žebra však znamenala výrazný tepelný most a vedly k vzniku četných hygienických poruch.



Obrázek 33 - Termovize štítové stěny [3]



Obrázek 34 - Termovize průčelí domu [3]

Dalším problémem je nepružné spojení obou vrstev. Vnější vrstva je z hlediska teplotního mnohem více namáhána než vnitřní. Teplotní změny jsou jedním z hlavních zdrojů objemových změn stavebních materiálů. Pokud tyto objemové změny, zejména v obvodových dílcích, nejsou dovoleny, vznikají v dílcích napětí a ty pak vedou ke vzniku smykových a tahových trhlin po obvodu dílce a porušení betonového žebra.

Druhým případem je technicky vyspělejší spojení obou vrstev různými typy kotev, které přenášely smyková a tahová napětí. Kotvy byly navrhovány z antikorozi oceli, protože prostupovaly tepelně izolační vrstvou, ve které dochází ke kondenzaci vodní páry. Důležitým faktorem pro životnost spřažení je také kvalita oceli.

### **Atikové konstrukce**

Atika plní specifickou funkci. Jednak ohraničuje střešní plášť objektu, jednak svisle navazuje na obvodové konstrukce. Z tohoto důvodu vyplývá, že její technické řešení je úzce spjato s řešením obvodových dílců panelové soustavy. Důležitá je ale i technické řešení střešního pláště. Jedná-li se o jednoplášťovou střechu, plní atika pouze ohraničující funkci. U střechy dvouplášťové s provětrávanou mezerou se setkáváme se dvěma případy. V prvním případě, např. u některých soustav typu G, je na atikových dílcích po obvodu objektu uložen vrchní plášť nad provětrávanou mezerou. V druhém případě je vrchní střešní plášť podporován výhradně spádovými klíny, které zatěžují pouze nosné panelové dílce, nikoli dílce atikové.

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny příklady jednoplášťové střechy a oba typy střech dvouplášťových.



Obrázek 35 - Atika jednoplášťové střešní konstrukce [3]



Obrázek 36 - Atika podporující vrchní střešní plášť nad provětrávanou mezerou G 57 [3]



Obrázek 37- Atika dvouplášťové střešní konstrukce [3]

Z hlediska technického řešení obvodového pláště rozeznáváme více variant. Například u některých soustav T 06 B jsou atiky v průčelí objektu tvořeny z celostěnových dílců nejvyšších podlaží. V dalším

případě se jedná o samostatné celostěnové dílce, které jsou menší konstrukční výšky než klasický celostěnový dílec použit v jiných podlažích. Tyto dílce navazují na horizontální spáru v úrovni stropní konstrukce posledního podlaží. A v neposlední řadě soustavy, které mají tzv. řemenové pláště, mají takto řešeny i atikové dílce. Podobně jako dílce parapetní tvoří nadpraží otvoru v posledním podlaží.



Obrázek 38 - Dílec posledního podlaží budovy T 06 B současně tvořící střešní atiku [3]



Obrázek 39 - Atikový dílec nad štítovou stěnou [3]



Obrázek 40 - Atikové dílce řemenového obvodového pláště [3]

Atiky jsou zatěžovány nejen účinky silovými, u atik se jedná hlavně o vlastní tíhu a zatížení větrem, ale hlavně účinky nesilovými. V takovýchto případech se jedná hlavně o zatížení teplotou. K oslunění atikových konstrukcí dochází více než k oslunění jiných prvků panelové soustavy. V dopoledních hodinách dopadají sluneční paprsky na jiné místo atiky a pod jiným úhlem než v hodinách odpoledních. A jak již bylo zmíněno výše, účinky zatížení teplotou vedou k významným objemovým změnám. Další odlišností atiky od obvodových konstrukcí je fakt, že je z obou stran obklopena vnějším prostředím, a to ještě nesymetricky. Průběhy teplot v atikových konstrukcích jsou proto zcela odlišné od průběhů v ostatních konstrukcích. Důsledkem objemových změn střešního pláště, zvláště při špatném provedení dilatační spáry může být i namáhání atiky silami vodorovnými.

Dilatace mezi střešním pláštěm a atikovými dílci je velmi důležitá. V některých vážných případech, právě při absenci dilatace, docházelo až ke ztrátě stability dílců a následnému kolapsu. Na dilataci je třeba dát pozor i při opravách střech, nesmí dojít k zanešení dilatační spáry nepružným materiálem a znemožnit tak pohyb pláště.

U střech dvouplášťových nastává problém s dilatací hlavně v případech, kdy se používaly atikové dílce typu „Z“. Jednalo se o některé soustavy typu G, kde je na atikových dílcích po obvodu objektu uložen vrchní plášť nad provětrávanou mezerou. U takové konstrukce je dilatace velmi náročná a docházelo tak k častým poruchám.

Při rekonstrukcích a opravách atik a atikových dílců musí být dodržena zejména následující pravidla a technické principy. Střešní plášť a atika od sebe musí být odděleny dilatační vrstvou, a to až na konstrukci stropu. Dilatační vrstva musí být z pružného materiálu s dostatečnou poddajností. Tloušťka této vrstvy by měla vycházet z rozměrových změn, které se pro danou lokalitu předpokládají. Pro předcházení problémům s atikami může být vhodným řešením snížení teplotního namáhání. To může být sníženo aplikováním tepelné izolace. Dále je potřeba dbát na dostatečné kotvení dílců ke stropní nebo stěnové konstrukci a samozřejmě neopomenout revizi spár mezi jednotlivými dílci.

## Zateplování obvodových stěn

Důvodů k zateplování, tedy dodatečnému zvyšování tepelného odporu objektů, je více. Většina laiků se domnívá, že jde jen o úsporu energie na vytápění. Opak je pravdou. Úspora energie je pouze příjemný bonus. Hlavními důvody jsou celková ochrana jednotlivých konstrukcí a snaha o celkové zvýšení povrchových teplot jednotlivých konstrukcí.

U vytápěných domů se díky zateplování docílí stabilní teploty konstrukcí, což odstraní objemové změny. U nezatepleného domu může mít povrch konstrukce v zimním období teplotu kolem  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v letním období kolem  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přidáním zateplovacího systému se teplota ustálí na hodnotě okolo  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a právě díky tomu nedochází k téměř žádným objemovým změnám. Dům přestane prskat. Případné již vzniklé trhliny se ustálí a nevětšují, nové nevznikají.

Další věc, která v této souvislosti stojí za zmínku, je životnost budovy a životnost zateplovacího systému. U kontaktních zateplovacích systémů je zmiňovaná životnost 30 let, ale vzhledem k tomu, že se s masovým zateplováním začalo až po roce 2000, není tato informace prověřena praxí. Na druhou stranu například u cihelných domů se plánovala životnost 80 let, mnoho z nich však stojí již 150 i více let.

### Rozdíl mezi kontaktním zateplovacím systémem a odvětrávaným systémem

Pro zateplování stěn se používají dva druhy zateplení. Jedná se o vnější kontaktní zateplovací systém (ETICS) a odvětrávaný systém. Oba typy zateplení mají své výhody i nevýhody.

Systém ETICS spočívá v tom, že je tepelná izolace nalepena přímo na povrch konstrukce a na ní je pak provedena tenkovrstvá omítka s výztužnou tkaninou. Odvětrávaný systém je typ fasády, který umožňuje přístup vzduchu do zdiva. Je vhodný především pro objekty, které mají problémy s vlhkostí zdiva. Mezi obvodovou zdí a tepelnou izolací se zanechá mezera, která zajišťuje proudění vzduchu.

### Systém ETICS

*ETICS = external thermal insulation composite systems, tj. vnější kontaktní zateplovací systém*



K výhodám vnějšího kontaktního zateplovacího systému patří menší tloušťka při stejných tepelněizolačních vlastnostech, nižší pořizovací cena a menší tepelné mosty způsobené kotvícími prvky. Jeho nevýhodou jsou horší difúzní vlastnosti.

Jak již bylo uvedeno výše, systém ETICS spočívá v nalepení a přikotvení tepelné izolace k povrchu zateplované konstrukce. Na tepelnou izolaci se nanese lepidlo a omítka. Tato omítka může mít libovolnou barvu, nedoporučují se ovšem tmavé barvy, protože by způsobovaly větší zahřívání.

Před zahájením prací na zateplovaném objektu je nutné očistit a vyspravit podklad. Lepidlo se nanáší na 40% izolační desky. Dále se desky kotví mechanicky hmoždinkami – cca 6 až 10 ks/m<sup>2</sup>. osadí se dilatační, rohové, ukončující lišty, dále lišty kolem oken a na izolační desky se natáhne lepidlo a do něj se vtláčí armovací tkanina. Poté se provede penetrační nátěr a finální omítka.

Při zateplování je nutné volit jeden výrobcem certifikovaný systém. Při osazování desek se musí dodržet technologické postupy (tvar spár, počet hmoždinek, zesilování armovací výztuže kolem otvorů, v rozích apod.)

Izolantem v systému ETICS je buď minerální vata nebo polystyren.

#### Minerální vata

Minerální vata je vhodná na zateplování cihelných objektů ( je paropropustná). V konstrukci pak nedochází ke kondenzaci vodních par. Minerální vata je z výroby částečně hydrofobizovaná, ale je nutno ji skladovat v suchých prostorech. Fasádní minerální vatou se nesmí zateplovat soklové zdivo, konstrukce přiléhající k chodníku, balkónům apod. zde se musí použít nenasákový polystyren do výšky min. 300 mm.

#### Polystyren

Polystyren je levnější, proto se více používá, je vhodný na panelové domy, kde podklad tvoří betonové panely. Na cihelné zdivo se používá difúzně otevřený polystyren (šedý polystyren), který je však dražší.

#### Omítka

Povrchová omítka se dodává v několika materiálových variantách – silikonová, akrylátová a minerální (silikátová).

Povrchová omítka je u ETICS obvykle velmi slabá - tloušťka lepidla bývá cca 6 mm, omítka má pak tloušťku 1 až 4 mm. Podklad lepidla a omítky tvoří relativně měkká tepelná izolace. Proto je tento zateplovací systém velmi náchylný na mechanické poškození. Může jít o neopatrný pohyb v jeho blízkosti, větrem hnané kroupy, ale také třeba útok ptáků, kteří si myslí, že za dutým povrchem najdou potravu. Proto také některé firmy nabízejí možnost silnější omítky, jež je pak tak pevná, že ji nic neprorazí.

Tento druh omítky může mít téměř libovolnou barvu, ovšem na pěnový polystyrén se nedoporučují tmavší odstíny, neboť by se systém více zahříval a toto teplo by mohlo pěnový polystyrén poškodit.

Struktura omítky je obvykle tvořena většími zrnky obsaženými v omítkovině, které pak při zpracovávání omítky na ní mohou vytvořit různou strukturu

Na sokly se používají speciální omítkové směsi z drobných kamínků různých barev, jsou omítky o tloušťce 10 až 20 mm, které mají velmi vysokou mechanickou odolnost, existují také různé doplňkové profily, jež umožňují plastické ztvárňování fasád. Tyto profily jsou vyráběny z různých materiálů (pěnový polystyrén, polyuretan apod.) a jsou uzpůsobeny pro použití jako součást fasády. Těmito doplňky se mohou vytvářet římsy, šambrány i jiné plastické vzory.

ETICS je vhodný především na panelové domy, ale i na zděné domy, kde je jistota, že nedošlo k porušení izolace proti zemní vlhkosti a proti zemní vodě.

### Zateplování lehkých obvodových panelů (rozpon 4,8 m)

U lehkých fasádních panelů bude před zateplením zdemontováno oplechování ve vodorovné spáře v každém podlaží a dále budou zdemontovány svislé dřevěné lišty u přechodu lehkých panelů na fasádní ŽB panely a dřevěné lišty kolem oken. Kotvení izolace bude do nosného dřevěného roštu panelů – viz konstrukční část.

Před zahájením prací na zateplení budou lehké fasádní panely na bázi dřeva (rozpon 4,8m) sanovány: bude provedena demontováž vnějšího opláštění panelů, demontáž stáv. izolace, nátěr dřevěného rámu fungicidním přípravkem (případně jeho oprava). Poté bude do panelu vložena nová tepelná izolace a záklop z OSB desek v tl. 12 mm.

### **Odvětrávaný systém**

Požizovací cena odvětrávaného systému bývá obvykle větší než u kontaktního. Používá se zejména tam, kde jsou problémy s vlhkostí zdiva a nebo tam, kde se fasáda obkládá deskovým materiálem.

Princip odvětrávaného systému je, že tepelná izolace je připevněna na zateplovanou konstrukci. Pomocí kotev či jiných pomůcek je vytvořena vzduchová mezera mezi tepelnou izolací a povrchovou úpravou. Tato mezera musí být provětrávaná (při spodním i horním okraji).

Výhodou je, že pronikající vodní páry jsou provětrávací mezerou odvedeny mimo konstrukci. Nevýhodou je vyšší cena a možnost tepelných mostů u kotvení povrchové úpravy.

### **Požárně bezpečnostní řešení**

Zateplení objektu se řídí požárně bezpečnostními předpisy.

U objektů s požární výškou nad 22,5 m (úroveň podlahy v posledním NP) musí být izolantem výhradně minerální vata. U objektů s požární výškou mezi 12 a 22,5 m je nutné při zvolení izolantu z EPS dodržet požární pásy nad okny v šíři 900 mm a u založení nad terénem s izolantem z minerální vaty. Dále je

nutné použít minerální vatu kolem oken u únikové cesty (schodiště), a na všech vodorovných konstrukcích (spodní hrany lodžiových a balkónových desek, markýz, říms apod.

Je možné použít certifikovaný systém (obchodní označení TWINNER), kombinace nalepeného EPS a na venkovní straně minerální vaty, která splňuje požadavky požárních předpisů na zateplování.

V poslední době se na trhu objevily certifikované systémy protipožárního zabezpečení spočívající v instalaci protipožárních lišt kolem oken, a potom lze i objektů s požární výškou mezi 12 a 22,5 m použít jako izolant EPS.

## Okna

Součástí obvodových konstrukcí jsou okna. Je to konstrukce, která chrání interiér před povětrnostními vlivy a umožňuje větrání a osvětlení interiéru. Dále chrání osoby v interiéru před vypadnutím a chrání objekt před vniknutím nepovolaných osob z exteriéru.

Na okna je kladeno mnoho požadavků. Jsou zkoušena a hodnocena z několika hledisek. Výsledky hodnocení se poté porovnají s příslušnou normou a na základě toho se určí kvalita okna. Na výslednou kvalitu má vliv jak sklo, tak i okenní rám a jeho výztuha, okenní křídlo i kování. Splnění všech požadavků daných vyhláškami a normami se garantuje certifikátem o shodě a dalšími doklady.

Hodnocení, které vede k získání certifikátu, se provádí ve státní zkušebně. Hodnotí se například tyto vlastnosti:

- Součinitel prostupu tepla. Z hlediska tepelně izolačních požadavků se jedná o nejdůležitější parametr. Výrobci a prodejci oken často uvádějí ve svých materiálech pouze hodnotu součinitele prostupu tepla přes sklo, protože je nejpříznivější. K dosažení správné hodnoty součinitele prostupu tepla se však musí uvažovat i rám okna. Součinitel prostupu tepla sklem nese označení  $U_g$ , součinitel prostupu tepla rámem okna  $U_f$ . U výpočtu celkového součinitele prostupu tepla oknem se musí uvažovat obě hodnoty, ze kterých dostáváme hodnotu  $U_w$ .
- Nejnižší povrchová teplota.
- Míra pronikání chladného vzduchu do místnosti - průvzdušnost.
- Útlum hluku - neprůzvučnost. Okna mají největší vliv na zvukovou pohodu interiéru, protože okny vniká do místnosti nejvíce hluku z okolí.
- Riziko zatečení vody oknem při různě silném náporu větru – vodotěsnost.
- U vysokých budov a nebo v místech, kde dochází k silnému vanutí větrů – odolnost proti zatížení větrem.
- Odolnost proti svislému zatížení. Zkouška simuluje pověšení člověka na otevřené okno, zda by ho okno uneslo v případě zachycení při pádu.

- Odolnost proti nárazu měkkým a těžkým předmětem. Jedná se opět o simulaci pádu člověka, tentokrát směrem na okno.

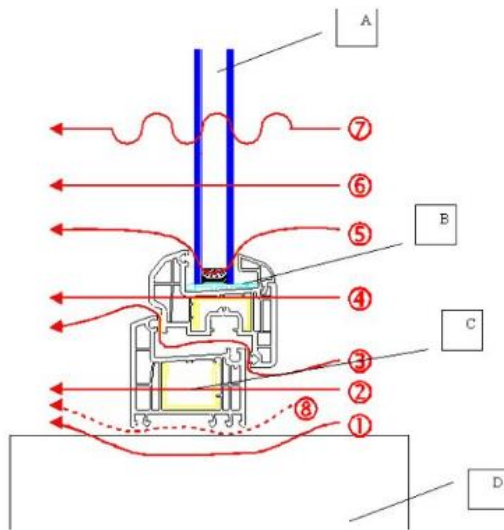


Schéma tepelných ztrát oknem u pětikomorového okna

A - zasklení, B - okenná křídlo, C - okenní rám, D - zdivo  
 1 - únik tepla tepelnou vazbou (tepelným mostem) ostěním okna  
 2 - únik tepla prostupem skrz okenní rám  
 3 - únik tepla infiltrací mezi okenním rámem a okenním křídlem  
 4 - únik tepla prostupem skrz okenní křídlo  
 5 - únik tepla tepelným mostem distančním rámečkem mezi skly  
 6 - únik tepla prostupem skrz zasklení  
 7 - únik tepla radiací skrz zasklení  
 8 - únik tepla infiltrací mezi ostěním a okenním rámem

Obrázek 41 - Schéma tepelných ztrát oknem [8]

## Zásady užívání objektu po zateplení

V obytných místnostech, zejména obývacích a dětských pokojích, má být teplota vzduchu od rána do pozdního večera 21°-22°C. V létě by teplota vnitřního vzduchu neměla přestoupit 26°C, v zimě by neměla klesnout pod 16°C.

Relativní vlhkost vzduchu by neměla přestoupit v obyč. prostorách 60% (rozhodně ne dlouhodobě), ale neměla by klesnout pod 40%. Za normálních okolností, není-li třeba jinak zvlášť intenzivně větrat, by rychlost vzduchu neměla překročit 0,2 m/s-1.

Hlavní příčinou výskytu plísně je samozřejmě nadměrná vlhkost. Důvodem výskytu plísně v bytu může být jeho nesprávné užívání. Člověk už jen tím že dýchá, vytváří velké množství vodní páry. Pokud k tomu přičteme vaření, žehlení, mytí podlah, koupání nebo jen zalévání květin, tak vzniká několik litrů vody denně, která se nám vznáší po bytě a může způsobit plíseň.

Na eliminaci plísní je jediná rada, větrat, čistit a vytápět. Byt se musí v každém ročním období alespoň třikrát denně pořádně vyvětrat - nejlépe právě po nějaké činnosti, která produkuje větší množství vodní páry, jako například koupel nebo vaření. V zimě také nezanedbávat topení, a to i když místnost příliš nepoužíváme. Také bychom neměli při ustavování nábytku zapomenout na to, že pokud umístíme nábytek těsně ke zdi, tak se za něj nemůže dostat vzduch, ale vlhkost a tudíž i v budoucnu plíseň ano. Pokud to jen jde, necháme mezi zdí a nábytkem několik centimetrů prostoru.

## Závěr

Cílem této práce bylo hlavně seznámení s konstrukčními systémy panelových soustav používaných na našem území v letech 1953 až 1992 a následné navržení konkrétního kontaktního zateplovacího systému.

Na základě prostudovaných materiálů jsem došla k závěru, že mnoho vad a poruch, které se na panelových domech objevují, jsou způsobeny nebo minimálně souvisejí s tepelně technickými nedostatky. Právě z toho důvodu byla tepelně technickým vlastnostem věnována rozsáhlá kapitola.

V analytické části byly podle záměru navrženy tři varianty kontaktního zateplení. Dle provedených energetických posouzení vyhovují současným normám a požadavkům všechny varianty. Mnou je k realizaci doporučena varianta C. Důvody jsou jak energetické, tak ekonomické.

Celkově jsem se při zpracování podkladů hodně naučila jak v oblasti tepelně technické, tak ve vypočítávání energetických štítků. Díky této práci se celkově změnil můj pohled na oblast energetické náročnosti budovy.

## Seznam obrázků

Obrázek 1- Schéma vyztužení panelu [4] .....	10
Obrázek 2- Půdorys soustava G 57 [4] .....	14
Obrázek 3 - detaily soustava G 57 [4].....	14
Obrázek 4 - Půdorys soustavy HK 60 [4].....	16
Obrázek 5 - Detaily soustavy HK 60 [4] .....	16
Obrázek 6 - Půdorys T 06 B [4] .....	20
Obrázek 7 - Detaily T 06 B [4] .....	20
Obrázek 8 - T 06 B [4] .....	21
Obrázek 9 - Konstrukční řešení T 08 B [4] .....	23
Obrázek 10 - Detaily T 08 B [4] .....	24
Obrázek 11 - Konstrukční řešení VVÚ – ETA [4] .....	25
Obrázek 12 - Detaily VVÚ – ETA [4] .....	26
Obrázek 13 - Konstrukční řešení PS 69 [4] .....	28
Obrázek 14 - Detaily PS 69 [4] .....	28
Obrázek 15 - PS 69 [4] .....	29
Obrázek 16 - Konstrukční řešení Larsen & Nielsen [4] .....	31
Obrázek 17 - Detaily Larsen & Nielsen [4].....	31
Obrázek 18 - Larsen & Nielsen [4] .....	32
Obrázek 19 - Konstrukční řešení B 70 [4] .....	34
Obrázek 20 - Detaily B 70 [4].....	34
Obrázek 21 - Konstrukční řešení BA NKS [4] .....	36
Obrázek 22 - Detaily BA NKS [4] .....	36
Obrázek 23 - Detaily NKS-G [4].....	37
Obrázek 24 – Detaily HKS 70 [4].....	38
Obrázek 25 - Konstrukční řešení P1.11 .....	39
Obrázek 26 - Náčrt průběhu teplot v konstrukci - ŽB, polystyren, ŽB.....	43
Obrázek 27 - nedochází ke kondenzaci [5].....	48
Obrázek 28 - dochází ke kondenzaci v ploše [5].....	48
Obrázek 29 - dochází ke kondenzaci [5] .....	49
Obrázek 30 - Nepravidelné trhliny na vnějším povrchu [3] .....	57
Obrázek 31 - Svislá trhlina [3].....	58
Obrázek 32 - Svislá trhlina [3].....	58
Obrázek 33 - Termovize štítové stěny [3].....	60
Obrázek 34 - Termovize průčelí domu [3].....	60
Obrázek 35 - Atika jednoplášťové střešní konstrukce [3] .....	61
Obrázek 36 - Atika podporující vrchní střešní plášť nad provětrávanou mezerou G 57 [3].....	61
Obrázek 37- Atika dvouplášťové střešní konstrukce [3].....	61
Obrázek 38 - Dílec posledního podlaží budovy T 06 B současně tvořící střešní atiku [3] .....	62
Obrázek 39 - Atikový dílec nad štítovou stěnou [3] .....	62
Obrázek 40 - Atikové dílce řemenového obvodového pláště [3] .....	62
Obrázek 41 - Schéma tepelných ztrát oknem [8] .....	68

## Použitá literatura

- [1] ČSN 73 0540-1 *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*
- [1] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- [1] ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- [1] ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*
- [2] *Konstrukce pozemních staveb 70* - Prof. Ing. Jiří Witzany, DrSc., Ing. Jan Pašek, Ph.D., Ing. Tomáš Čejka, Ph.D., Ing. Radek Zigler
- [3] *Obvodové konstrukce panelových budov* – Leoš Červenka
- [4] *Otvory v panelových domech* – Jiří Witzany, Jaromír Vrba, Václav Honzík
- [5] *Stavební tepelná technika a energetika budov* – Jiří Vaverka a kolektiv
- [6] *Tepelně technické vady a poruchy panelových budov a jejich sanace* – OPET CR
- [7] *Zateplení panelových domů G40/G57*
- [8] *Zateplování* – Roman Šubrt
- [9] <http://www.panelaky.info>
- [10] <https://atelier-dek.cz/rocnik-2007-258>
- [11] <http://www.tzb-info.cz>



## Seznam příloh

1. Výpočty energetických štítků původní panelové soustavy a variant A,B,C
2. Tepelně technická posouzení
3. Výkresová část – původní stav
4. Výkresová část – navrhovaný stav