

Ing. Miloš Rehberger, Ph.D.

## **Provětrávané fasády**

Vícevrstvé fasádní konstrukce s provětrávanou vzduchovou mezerou

Tato kniha ani žádná její část nesmí být kopírována, rozmnožována ani jinak šířena bez písemného souhlasu vydavatele.



© Ing. Miloš Rehberger, Ph.D.

© EEZY Publishing, s.r.o.

Vydalo nakladatelství EEZY Publishing, s.r.o.,  
Vyšehrad Garden  
Na Pankráci 322/26, 140 00 Praha 4

**[www.eezy.cz](http://www.eezy.cz)**

ISBN 978-80-908638-3-5

Ing. Miloš Rehberger, Ph.D.

# Provětrávané fasády

Vícevrstvé fasádní konstrukce s provětrávanou vzduchovou mezerou

# Obsah

<b>OBVODOVÝ PLÁŠŤ BUDOVY JAKO POJEM A ZAŘAZENÍ JEHO KONSTRUKCE DO AKTUÁLNÍHO KONTEXTU DOBY</b> .....	13
<b>1. HISTORIE VÝVOJE, CESTA K PROVĚTRÁVANÝM FASÁDÁM</b> .....	16
1.1. Základní dělení konstrukcí obvodových plášťů .....	16
1.2. Jednovrstvá homogenní konstrukce obvodového pláště .....	17
1.3. Vývojová větev oddělení plášťů jednovrstvé homogenní konstrukce .....	20
1.4. Kontaktní zateplovací systémy ETICS .....	21
1.5. Kompaktní vícevrstvé konstrukce obvodových plášťů s tepelnou izolací vloženou mezi vnitřním a vnějším pláštěm .....	24
1.6. Problematika provozní energetické náročnosti panelových bytových domů na konci 80. let 20. století – cesta k provětrávaným fasádám ve stínu úrovně stavební techniky 80. let .....	26
1.7. Dvoupplášťové konstrukce obvodových plášťů s provětrávanou mezerou jako difúzně otevřené konstrukce obvodových plášťů .....	29
1.7.1. Úvod .....	29
1.7.2. Typická skladba dvoupplášťové konstrukce obvodového pláště s provětrávanou mezerou .....	30
1.8. Výhody dvoupplášťové konstrukce obvodového pláště s provětrávanou mezerou .....	44
1.9. Nevýhody dvoupplášťové konstrukce obvodového pláště s provětrávanou mezerou .....	47
<b>2. LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA KONSTRUKCE OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ S PROVĚTRÁVANOU MEZEROU</b> .....	50
2.1. Existence tuzemských technických norem pro konstrukce obvodových plášťů s provětrávanou mezerou .....	50
2.2. Příklady zahraničních regulativů pro konstrukci obvodových plášťů s větranou mezerou .....	51
2.2.1. FVHF – Fachverbandes Vorgehängte Hinterlüftete Fassaden .....	51
2.3. Základní kategorie požadavků z hlediska základní řady tepelně technických norem řady ČSN 73 0540 .....	52
2.4. Aerodynamické požadavky na konstrukci obvodových plášťů .....	55
2.5. Hydrodynamické požadavky na konstrukci obvodových plášťů .....	56
2.6. Požadavky z hlediska požární bezpečnosti .....	58
2.6.1. Obecně .....	58
2.6.2. Materiálové a konstrukční požadavky z hlediska požární bezpečnosti .....	60
2.6.3. Požární bezpečnost provětrávaných obvodových plášťů dle DIN .....	61
2.7. Akustické požadavky na konstrukci obvodových plášťů .....	61
2.8. Statické požadavky na konstrukci obvodových plášťů .....	64



**EJOT**



# CROSS -| - FIX

## Nová flexibilita ve fasádním designu

### Udržitelné obklady estetických fasád

Podkonstrukce CROSSFIX® byla vyvinuta, aby byly splněny požadavky architektů, investorů a výrobců, kteří kladou důraz na udržitelnost, ochranu životního prostředí, flexibilitu a nejvyšší požadavky bezpečnosti.

Nerezová ocel již dávno nahradila hliník z hlediska hospodárnosti a ekologie, zejména pak díky snížení produkce CO<sub>2</sub>.

Kromě toho vykazují konzoly CROSSFIX® z nerezové oceli extrémně vysokou nosnost

a díky nižší tepelné vodivosti dosahují výrazně lepší tepelné bilance celého systému.

CROSSFIX® tím umožňuje nejen značné materiálové úspory, ale snižuje také stavební a montážní náklady.

Z hlediska požární bezpečnosti je nerezová ocel nejodolnější z používaných materiálů a splňuje tak nejvyšší požadavky na požární ochranu.

[www.ejot.cz/crossfix](http://www.ejot.cz/crossfix)



<b>3. KATEGORIZACE OKRAJOVÝCH PODMÍNEK PRO NÁVRH OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ S PROVĚTRÁVANOU MEZEROU</b> .....	66
3.1. Vnější podmínky expozice z hlediska tepelné techniky .....	66
3.1.1. Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období .....	67
3.1.2. Návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období .....	68
3.1.5. Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu .....	73
3.1.6. Referenční klimatický rok .....	73
3.1.7. Tepelný tok mezi fasádou a oblohou jako důležitý parametr hodnocení konstrukce provětrávané fasády v zimním období .....	74
3.1.8. Závěr pro stanovení vnějších podmínek expozice z hlediska tepelné techniky .....	75
3.2. Vnitřní podmínky expozice z hlediska tepelné techniky .....	75
3.2.1. Návrhová vnitřní teplota v zimním období .....	75
3.2.2. Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu .....	76
3.2.3. Závěr pro stanovení vnějších podmínek expozice z hlediska tepelné techniky .....	76
3.3. Standardní postup posouzení a možná metodika podrobnějšího posouzení provětrávané fasády .....	77
3.3.1. Zásady standardního postupu posouzení provětrávané fasády .....	77
3.3.2. Nabídka možné metodiky podrobnější analýzy provětrávané fasády .....	85
<b>4. PŘÍKLADY TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ S PROVĚTRÁVANOU MEZEROU</b> .....	110
4.1. Provětrávaná fasáda s představeným vnějším pláštěm z keramických zdících prvků ....	110
4.1.1. Vnitřní nosný plášť .....	111
4.1.2. Tepelně izolační souvrství .....	112
4.1.3. Vnější představený plášť a jeho kotvení k nosné konstrukci vnitřního pláště .....	113
4.2. Obklad z keramických tvarovek .....	124
4.3. Kamenné obklady .....	139
4.4. Keramické deskové obklady .....	146
4.5. Velkoplošné obklady z konglomerovaných desek .....	150
4.6. Skleněné obklady a lepení obkladů k nosné podkonstrukci .....	162
4.7. Plechové obklady .....	164
4.8. Provětrávaná fasáda bez spár .....	180
4.9. Dřevěná fasáda se skrytým kotvením .....	190
<b>5. ZÁVĚR</b> .....	194
5.1. Doporučení z hlediska konstrukčních charakteristik provětrávané fasády .....	195
5.2. Doporučení z hlediska materiálových charakteristik provětrávané fasády .....	197
5.2. Poznámky k tvorbě projektové dokumentace obvodových plášťů .....	198
5.3. Závěrečné shrnutí .....	200
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	209
Ing. Miloš Rehberger, Ph.D. ....	213

# Úvod

Předkládaná publikace se věnuje problematice dvouplášťových konstrukcí fasád s provětrávanou mezerou, zjednodušeně řečeno provětrávaným fasádám, které jsou v praxi (vedle vícevrstevných kompaktních konstrukcí obvodových plášťů a lehkých obvodových plášťů) jedněmi ze tří nejběžnějších typů fasádních konstrukcí. Konstrukce provětrávané fasády poskytuje architektovi volnost materiálového, tvarového a estetického řešení, a také široké spektrum barevného libreta. Tento typ konstrukce obvodového pláště si sebou nese mnoho zjednodušujících faktů, jež jsou v běžné stavební praxi chápány téměř axiomatically. Na druhé straně se objevuje řada odborných prací a analýz, které konstrukce provětrávaných fasád hodnotí z řady hledisek: z hlediska čistě architektonického, nebo stavebně technického, konstrukčního a materiálového, nebo také z hlediska energetického. Publikace, kterou otevíráte, je určena nejen odborné veřejnosti, architektům, projektantům, investorům a výrobcům materiálových a systémových řešení běžně užívaných v konstrukcích obvodových plášťů s provětrávanou mezerou, ale také laické veřejnosti. Především majitelům a uživatelům staveb, jejichž převážnou část obvodového pláště tvoří dvouplášťová konstrukce s provětrávanou mezerou.

# Obvodový plášť budovy jako pojem a zařazení jeho konstrukce do aktuálního kontextu doby

Technický termín „obvodový plášť budovy“ obecně zahrnuje všechny materiály a konstrukce, které člověk použil při jakémkoliv stavbě - počínaje nejjednoduššími, čistě utilitárními druhy budov a konče nejnáročnějšími architektonickými díly. Architektura a stavitelství patří mezi lidské činnosti, se kterými přicházíme do každodenního styku. Zabezpečovaly a stále zabezpečují jeden ze základních požadavků přežití a existence člověka vůbec. Vytvářejí prostory, ve kterých se člověk ukrývá před nepříznivými vlivy okolního prostředí.<sup>1</sup>

**Nejobecnější definici obvodového pláště lze shrnout takto:** Obvodové pláště se definují jako stavební konstrukce tvořící vnější obálku budovy, chránící vnitřní prostředí před nepříznivými vlivy prostředí vnějšího. Pojmy „vnitřní“ a „vnější“ však vždy závisí na volbě kritérií, jež je popisují. Architektura, jako subjekt vnějšího prostoru, má i své prostory vnitřní a tyto prostory se od prostoru vnějšího liší pouze svým ohraničením. Toto ohraničení je vytvořené fyzickými prvky různého charakteru, v různé poloze vůči sobě i vůči takto utvářenému prostoru. Tyto prvky, které utvářejí vnitřní prostor, pak lze podle jejich pozice vůči člověku, nacházejícímu se v daném prostoru, rozdílně klasifikovat. Buď jako ty, které jsou v horizontální poloze nad a pod vnitřním prostorem, nebo ty, které se nacházejí v poloze vertikální a vytvářejí materializované ohraničení, které jsme zvyklí obecně nazývat obvodovým pláštěm nebo fasádou.<sup>2</sup>

**Nejdůležitějšími faktory, spolupůsobícími navzájem a podílejícími se na tvorbě obvodového pláště, jsou:**

- **funkční požadavky**, které bychom v dnešní době obecně definovali základními legislativními požadavky shrnutými ve Stavebním zákoně (mechanická odolnost a stabilita, požární bezpečnost, hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí, bezpečnost při užívání stavby a úspora energie a tepelná ochrana), přičemž se tyto požadavky dají zobecnit do hledisek staticko – mechanických, stavebně fyzikálních, bezpečnostních a architektonicko – estetických;

- **ekonomicko-společenské požadavky**, které v dnešní době odrážejí jak požadavky investora a budoucího uživatele na ekonomii a standard projektu, tak zájmy zhotovitele na celkové ekonomii realizace díla za účelem generování zisku a dosažení dostatečné reference, vedoucí k dalšímu vzestupu podnikatelské činnosti;

- **fyzikální vlastnosti materiálů a úroveň technického rozvoje stavební techniky**, přičemž toto hledisko dále zohledňuje nejen funkčnost a ekonomizaci uvedené výše, ale také hledisko realizační. Obvodový plášť prioritně vyjadřuje architektonické ztvárnění stavby, ale musí přitom být konstrukčně jednoduchý, zhotovitelný ze snadno dostupných materiálů, snadno montovatelný i demontovatelný, ideálně nezávisle na hlavní nosné konstrukci stavby.<sup>3</sup>

Obvodový plášť, mimo již uvedené, tvoří dominantní výrazový prostředek ve struktuře architektonického díla. Spolu s konstrukcemi výplní otvorů se výraznou měrou podílí na tvorbě vnitřního prostředí tím, že chrání budovu a její vnitřní prostor před účinky vnějšího prostředí. Obvodový plášť svým estetickým účinkem rozhodujícím způsobem ovlivňuje architektonický výraz budovy. Tektonika uspořádání jednotlivých částí konstrukce jako celku a konstrukční možnosti

1 PUŠKÁR, Anton: *Obvodové pláště budov - fasády*. Bratislava, Jaga, 2002. ISBN 80-88905-72-9, s. 11

2 PUŠKÁR, Anton: *Obvodové pláště budov - fasády*. Bratislava: Jaga, 2002. ISBN 80-88905-72-9, s. 1

3 PUŠKÁR, Anton: *Obvodové pláště budov - fasády*. Bratislava: Jaga, 2002. ISBN 80-88905-72-9, s. 37-100



materiálů, z nichž je obvodový plášť složen, významně působí na jeho výraz a vzhled. Obvodový plášť, jako vyjádření statických vlastností hmoty a konstrukce, souvisí z hlediska estetiky s konstrukčním uspořádáním a volbou skladby jednotlivých konstrukčních prvků mezi sebou.

Období, ve kterém se nacházíme, umožňuje aplikaci aktuálního stavu vývoje stavební techniky pro návrhy a realizaci konstrukcí obvodových plášťů, splňujících nejnáročnější požadavky z hlediska stavební fyziky obecně. Především je splňují z hlediska tepelné techniky a efektivní aplikace požadavků energetické soběstačnosti staveb, ale také aktivního přístupu v oblasti údržby a rekonstrukce staveb.

Vývoj jednoznačně směřuje k trvalé udržitelnosti rozvoje architektury a stavitelství, jehož základem by mělo být odstranění zdánlivého paradoxu, že tím není myšlen pouhý růst kvantity, který je v prostředí konečných zdrojů neudržitelný. Především by se mělo jednat o rozvoj kvality lidského života, včetně jeho nároků, a technologických řešení. Je zajímavé, že tyto principy byly vytýčeny již v 70. letech 20. století (viz např. SCEP = Study of critical environmental problems, Massachusetts Institute of Technology, 1972; nebo též IPAT/Impact = Population x Affluence x Technology, Ehrlich a Holdren, 1972) a jsou v dnešní době známé, nikoliv však běžně a obecně rozšířené. Odrazem aktuálního vývoje v této oblasti je na druhé straně i fakt, že z hlediska udržitelného rozvoje ve stavebnictví se předkládaná publikace nachází v období, kdy je mimo jiné k 1. lednu 2022 původní řada norem ČSN EN 15643-1-5 „Udržitelnost ve výstavbě“ zrušena a nahrazuje se normou ČSN EN 15643 „Udržitelnost ve výstavbě – Rámec pro posuzování budov a inženýrských staveb“ ve znění prosinec 2021. Hlavní dopady ČSN EN 15643 v novém znění jsou pak v souladu s cíli, vytyčenými Organizací spojených národů (OSN) v rámci United Nations Sustainable Development Goals (SDG), které představují následující dílčí charakteristiky (obr. 1):



**Obr. 1 - Udržitelnost ve výstavbě – Rámec pro posuzování budov a inženýrských staveb / The icons of the United Nations Sustainable Development Goals (SDG).**

(Zdroj: ČSN EN 15643, prosinec 2021, s. 8)

Tyto cíle jsou mimo jiné sledovány i pracovní skupinou Udržitelnost, ustavené Českou komorou architektů (ČKA). Pracovní skupina Udržitelnost v dubnu 2021 vydala sedm tezí ČKA pro udržitelnou architekturu, popisující možnosti a úkoly, které čekají lidskou společností v tématu udržitelnosti a které se úzce týkají profese architekta. Udržitelností v architektuře je myšlena dlouhodobá udržitelnost, přínosnost a návratnost investic do proměny prostředí a minimalizace negativních dopadů na okolí s plným vědomím omezování energetické náročnosti staveb, využívání obnovitelných zdrojů, šetření vodou, zajištění zdravého a užitelsky příjemného životního



**Obr. 2 - Deset hlavních tezí, vedoucích k nízké spotřebě energie.**

(Zdroj: TLUSTÝ 2021, 7 tezí ČKA k udržitelnosti, s. 2, <https://www.cka.cz/cs/cka/kontakty/pracovni-skupiny/ps-udrizitelnost>)

Uvedené teze jsou úzce svázány jak se zájmovým územím výstavby, tak s technologiemi, zajišťujícími kvalitu vnitřního prostředí stavby. Obvodový plášť se tak stává hlavním nositelem zodpovědnosti za kvalitu vnitřního prostředí stavby, energetickou náročnost jejího provozu a v konečném důsledku spokojenosti uživatele s výsledkem realizace stavby.

Účelem však není pouhá koncentrace na hlavní problém energetické náročnosti budov a dodržení základních hygienických požadavků na kvalitu vnitřního prostředí, odrážejících se i v problematice návrhu obvodových plášťů budov. Z hlediska dlouhodobé ekonomie je třeba konstrukce obvodových plášťů ošetřit ve smyslu prodloužení jejich životnosti, a to v kombinaci s dosažením jejich dlouhodobé estetiky bez rizika rychlého stárnutí stavebních materiálů a stavebních konstrukcí použitých k realizaci. To může v dlouhodobém horizontu vést ke zlepšení estetiky vnějšího prostředí a zvýšení společenské úrovně místa. Pro návrh a realizaci takových konstrukcí obvodových plášťů je ovšem nutné jít pod jejich povrch a snažit se pochopit procesy, které v těchto konstrukcích probíhají.

Tato publikace jde pod povrch úzkého segmentu konstrukcí obvodových plášťů a snaží se pochopit a specifikovat stavebně-fyzikální procesy, jež mají vliv na jejich správnou funkci a trvanlivost v čase.

Konstrukce provětrávaných fasád se v běžné projekční praxi navrhují převážně na základě empirických zkušeností projektanta, samozřejmě při respektování aktuálních legislativních požadavků tepelné technických, akustických, požadavků požární bezpečnosti a také mechanické odolnosti a stability, vše s přihlédnutím k maximálnímu možnému snížení investičních nákladů na realizaci navržené konstrukce.

Tento způsob návrhu je ve velké většině úspěšný, navržená konstrukce splňuje legislativní požadavky a je realizována s optimalizovanými investičními náklady. Mezi návrhem projektanta a vlastní realizací stojí zhotovitel konstrukce, který konstrukci přizpůsobí svým zvyklostem a komponentům, jež zamýšlí zabudovat. Zhotovitel předkládá k odsouhlasení dílenskou dokumentaci (je-li tato požadována), nebo pouze vytyčí zásady realizace konstrukce v Technologickém postupu, který většinou doplní jednoduchými schématy typových detailů. Na hlubší zkoumání navrhované konstrukce většinou není čas a téměř nikdo jej v běžné projekční praxi neprovádí. Řešení případných následných reklamačních případů je pak problematické, dochází při něm k přenosu zodpovědnosti mezi jednotlivými subjekty projekčního procesu a většina reklamačních kauz nakonec skončí vzájemnou dohodou všech účastníků a opravou konstrukce ze strany zhotovitele.

# 1. HISTORIE VÝVOJE, CESTA K PROVĚTRÁVANÝM FASÁDÁM

## 1.1. Základní dělení konstrukcí obvodových pláštů

Z konstrukčního hlediska lze jednotlivé konstrukční typy obvodových pláštů rozdělit takto:

- jednovrstvé „homogenní“ konstrukce obvodových pláštů;
- přechodová varianta víceplášťové konstrukce obvodového pláště se vzduchovou mezerou nenapojenou na vnější/vnitřní prostředí;
- kompaktní vrstvené sendvičové konstrukce obvodových pláštů;
- dvouplášťové konstrukce obvodových pláštů s provětrávanou mezerou jako difúzně otevřené konstrukce;
- lehké obvodové pláště na metalicko-chemické nebo přírodní bázi;
- dvojitě fasády;
- novodobé konstrukce obvodových pláštů (např. aktivní fotovoltaické fasády, vegetační zelené fasády apod.).

Každá z uvedených konstrukcí má své charakteristické vlastnosti, vyplývající z historie vývoje stavební techniky a stavební fyziky. Vývoj konstrukcí obvodových pláštů probíhal v podstatě dvěma cestami:

**a) První linií byla cesta zlepšování kvalitativních charakteristik stavebních materiálů používaných pro realizaci konstrukcí obvodových pláštů:**

- Tato linie se uplatňovala jak ve vývoji klasických obvodových pláštů realizovaných vyzdíváním z kusových staviv, tak v následném vývoji tepelně izolačních materiálů tzv. nového typu, které následně vedly k realizaci obvodových pláštů na způsob kombinace materiálů a jejich vrstvení, až směrem k homogenním vícevrstevným konstrukcím.

- Tepelně-technické vlastnosti čistého obvodového zdiva brzy přestaly vyhovovat běžnému použití. Ve druhé polovině 20. století začaly být vyvíjeny tepelně izolační tvarovky, splňující tehdejší tepelně-technické požadavky. Dochází k poznání, že tloušťka zdiva není dána pouze požadavkem statickým – únosnost zdiva, ale závisí také na tepelně-technických požadavcích, vztažených na konstrukci obvodové stěny.

- Mnoho stavebních materiálů, které vyhovují na pevnost a únosnost (např. kámen, prostý beton, železobeton, hutný keramický střep atd.), je dobrými vodiči tepla. Proto při svém použití v obvodových konstrukcích nemohou plnit tepelně-izolační funkci bez toho, že by docházelo k neúměrnému zvětšení celkové tloušťky obvodové konstrukce. To má vliv na úbytek užitné plochy, resp. stěnové konstrukce mají větší nárok na zastavěnou plochu.

**b) Druhou linií tvoří cesta kombinace různých materiálů a jejich vrstvení:**

- Dochází k oddělení funkce statické pro nosnou konstrukci obvodových pláštů a jejího doplnění o vrstvy řešící funkci tepelně izolační. Tato linie následně vede k realizaci sendvičových konstrukcí, ať již kontaktních konstrukcí, kdy se jedná o kompaktní souvrství, nebo k realizaci obvodových pláštů, kdy se vybrané vrstvy začínají oddělovat od sebe navzájem.

- Tepelně-izolační funkci plní materiály porézní nebo vrstvy tepelné izolace, aplikované na vnějším povrchu nosné konstrukce.

- Dochází k realizaci vrstvených obvodových pláštů, při jejichž navrhování byla dodržována jednoduchá konstrukční zásada: tepelný odpor vrstev řazených směrem z interiéru do exteriéru má růst a jejich difúzní odpor klesat.

Aplikace výše uvedené jednoduché zásady vede k eliminaci kondenzace vodních par uvnitř konstrukce, obvodová stěna dobře akumuluje teplo, vyrovnává teplotní rozdíly mezi interiérem a exteriérem a způsobuje fázový posun mezi teplotní amplitudou v exteriéru a ve vnitřním prostředí. Nicméně požadavek na klesající difúzní odpor směrem k exteriérové straně konstrukce výrazným způsobem omezuje výběr materiálů, majících vliv na architektonické a estetické působení obvodového pláště. Většina materiálů splňujících estetické požadavky má vysoký difúzní odpor a vysokou tepelnou vodivost, a působí tak nepříznivě na tepelně – vlhkostní stav konstrukce obvodového pláště jako celku. Na základě poznání zákonitostí stavební fyziky a tepelné techniky dochází k oddělení povrchové vrstvy fasády, řešící estetiku a architektonický výraz, od vrstev podkladních a funkčních z hledisek statiky a tepelně izolačního. Vzniká tak **dvouplášťová difúzně otevřená konstrukce**, kdy je mezi vnější a vnitřní plášť vkládána **provětrávaná vzduchová mezera**, napojená na vnější prostředí. Tato konstrukce je předmětem předkládané publikace.

- Samostatnou linii vývoje obvodových plášťů staveb pak tvoří lehké obvodové pláště na metalicko-chemické nebo přírodní bázi, jež se dále vyvíjejí do novodobých konstrukcí lehkých obvodových plášťů, dvojitých fasád apod.

## 1.2. Jednovrstvá homogenní konstrukce obvodového pláště

Při rozvoji architektury a stavitelství hrála dominantní roli bezpečnost a obranyschopnost sídel, která dala vzniknout monumentálním stavbám fortifikačním, palácovým, klášterním a sakrálním. Tyto typy staveb pak ovlivnily technologii stavitelství na dlouhou dobu dopředu. Nejčastěji využívanými stavebními materiály se v důsledku toho stala kusová staviva – kámen a cihla, které na našem území založily dlouhodobou tradici. Byť z dnešního energetického pohledu pro naše klima nejsou v oboru konstrukcí obvodových plášťů zcela vhodné. Tento směr rozvoje architektury a stavitelství zákonitě vedl k energeticky velmi náročnému výrobnímu procesu nejen ve vlastní konstrukci obvodových plášťů, ale i v oblasti zakládání staveb, získávání a zpracování stavebních materiálů a při vlastním užívání a provozu staveb.

Oproti prehistorickým konstrukcím tak vzniká obvodový plášť, který lze systematicky zařadit jako jednovrstvou homogenní konstrukci, realizovanou jako zděnou z kusových staviv. Tento typ obvodového pláště se stává dominantní konstrukcí ještě i na přelomu 19. a 20. století.

Nejčastějším způsobem výstavby v tomto časovém období byl stěnový systém z masivního nosného zdiva. Již na přelomu 19. a 20. století se však projevuje snaha o oddělení funkce nosné a výplňové, a to např. kombinací zdících materiálů u nosných pilířů z cihel a malt vyšších pevností a výplňového zdiva z cihel s lepšími izolačními vlastnostmi (např. v oblasti parapetních částí výplní otvorů).

Obvodové pláště starších domů byly realizovány ze smíšeného zdiva z cihel a lomového kamene. Později se kámen používal jen na podružné konstrukce, např. na suterénní části staveb. V nadzemních částech staveb byl pak obvodový plášť vyzdíván z plných pálených cihel. Tloušťky stěn byly proměnné a lišily se podle podlažnosti staveb. Jako ekvivalent nejmenší možné tloušťky obvodového zdiva nejvyššího podlaží z důvodu promrzání byla používána minimální tloušťka zdiva 450 mm z cihel plných pálených a směrem dolů se zvětšovala s ohledem na statiku obvodové stěny a její vazby na vodorovné nosné konstrukce. Základní rozměry stěn se řídily ustanoveními stavebních řádů.

V tomto směru byly názorným příkladem předpisy stavebních řádů pro tloušťky zděných stěn podporujících stropní konstrukce z valených kleneb, jako např.:

- Tloušťky stěn v přízemí vícepodlažních obytných budov, na nichž byly uloženy valené klenby nad přízemím, se rovnaly tloušťkám stěn předepsaným ve stavebních řádech. Bylo-li nad přízemím jen jedno podlaží, potom bylo nutno z pohledu kompenzace vodorovných sil vyvolaných klenbovým působením zvětšit tloušťku opěrných stěn o 150 mm.

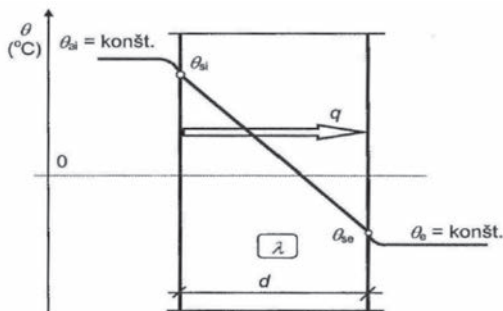
- Tloušťka opěrných stěn půlkruhových valených kleneb v přízemních jednopodlažních budovách se měla rovnat nejméně 1/6 rozpětí klenby.

- Tloušťka opěrných stěn segmentových kleneb se vzepětím větším než 1/4 rozpětí klenby se měla rovnat 1/5 rozpětí klenby, u kleneb se vzepětím 1/6 rozpětí klenby pak měla být tloušťka stěny rovnající se 1/6 rozpětí klenby.

- Byla-li výška stěny k patce klenby větší než 3 m, zvětšovaly se uvedené tloušťky opěrných stěn o 1/8 až 1/10 výšky stěny.

Smyslem takových opatření bylo, aby výslednice šikmé podporové reakce v patě klenby a svislé síly od vlastní tíhy zděné stěny působily ve stěně s příslušnou excentricitou.

Nejstarším a nejpoužívanějším kusovým stavivem byla pálená keramika ve formě různých cihel, tvárnic a zdících prvků různých tvarů. Nejpoužívanějším materiálem byla klasická plná



**Obr. 3 - Schématické znázornění charakteristického průběhu teplot jednovrstvou homogenní konstrukcí obvodového pláště.**

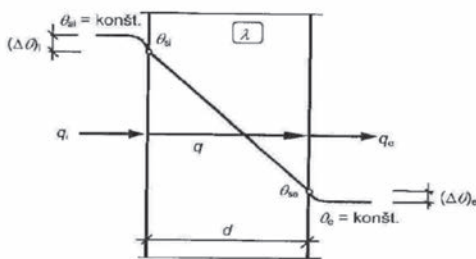
(Zdroj: CHMÚRNÝ, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 52)

pálená cihla, jejíž součinitel tepelné vodivosti se dle objemové hmotnosti pohyboval okolo hodnoty  $\lambda = 0,65 \text{ W/mK}$ . Hodnota součinitele tepelné vodivosti klasického zdiva z plných pálených cihel se pak dle použitých malt a dosažených hodnot praktické vlhkosti zdiva pohybovala v hodnotách  $\lambda = 0,8$  až  $0,86 \text{ W/mK}$ . Onen ekvivalent tloušťky zdiva min. 450 mm z cihel plných, odolný proti promrzání, byl výsledkem empirických zkušeností a stal se dlouhodobým standardem tepelně technických vlastností obvodové stěny na našem území. Další vlastnosti konstrukce se nehodnotily, uvedený ekvivalent se z dnešního pohledu vztahoval pouze na hodnotu tepelného odporu obvodové stěny, který se

pohyboval v referenčních hodnotách  $R = 0,52$  až  $0,56 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Tyto jednovrstvé homogenní konstrukce obvodových plášťů se z hlediska stavení fyziky a tepelné techniky vyznačují charakteristickým průběhem rozložení teplot a tlaků vodní páry. Předpokládán je ustálený teplotní stav, jednovrstvá homogenní konstrukce odděluje vnější a vnitřní prostředí, dochází k tepelnému toku od vyšší teploty k teplotě nižší. Teploty v jednotlivých bodech konstrukce jsou pouhou funkcí polohy těchto bodů uvnitř konstrukce (obr. 3). Hustota tepelného toku, který přes konstrukci projde, je přímo úměrná rozdílu teplot a závisí na tepelně technických vlastnostech konstrukce. V zimním období za předpokladu  $\theta_{ai} > \theta_{oe}$  je průběh tepelného toku směrem z interiéru do exteriéru. Vnitřní povrchová teplota konstrukce  $\theta_{si} < \theta_{ai}$ , vnější povrchová teplota je  $\theta_{se} > \theta_{oe}$ .

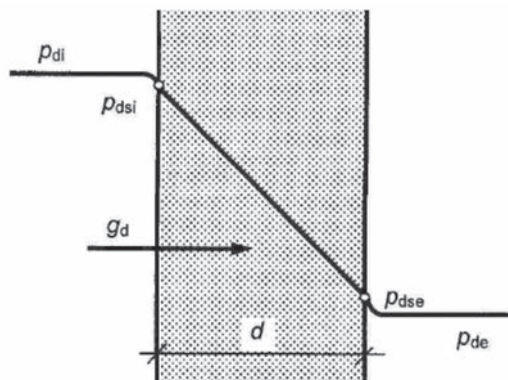
Na obou stranách konstrukce pak dochází k přestupu tepla mezi povrchem konstrukce a okolním vzduchem. K přestupu nedochází za předpokladu vyrov-



**Obr. 4 - Schématické znázornění průběhu teplot jednovrstvou homogenní konstrukcí obvodového pláště s vlivem přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce.**

(Zdroj: CHMÚRNÝ, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 59)

nání teploty povrchu a teploty okolního vzduchu. Na vnitřní straně konstrukce dochází k přestupu tepla vlivem přirozeného proudění vzduchu a sálání v důsledku výměny tepla obvodové konstrukce a ostatních stavebních konstrukcí. Na vnější straně pak v důsledku proudění vzduchu vlivem větru a sáláním mezi povrchem konstrukce a oblohou, popřípadě sousedními budovami a přilehlým terénem. Přestup tepla je charakterizován součinitelem přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $h_{si}$  ( $W/m^2K$ ) a součinitelem přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $h_{se}$  ( $W/m^2K$ ), jejichž hodnoty závisí na teplotě vzduchu a teplotě povrchu konstrukce, drsnosti povrchu, pohltivosti tepelného záření konstrukcí, rychlosti a směru proudění vzduchu a směru tepelného



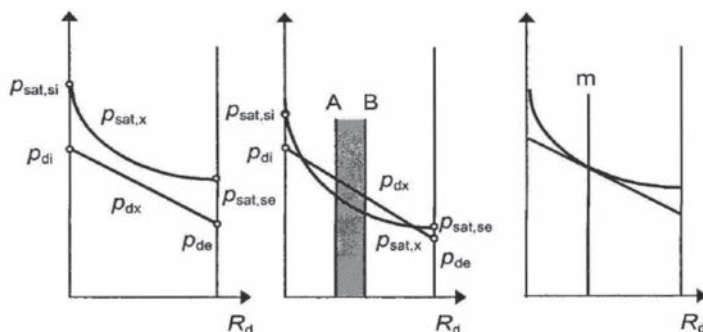
**Obr. 5 - Schématické znázornění průběhu difúze vodních par jednovrstvou homogenní konstrukcí obvodového pláště, s vlivem přestupu vodní páry na vnitřní a vnější straně konstrukce.**

(Zdroj: CHMÚRNY, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 180)

proto zobrazit obdobným způsobem (obr. 5).

Za určitých podmínek může uvnitř konstrukce dojít ke kondenzaci difundující vodní páry. Ke kondenzaci dojde v případě, že parciální tlak vodní páry v místě „x“  $p_{dx}$  je větší než parciální tlak nasycené vodní páry  $p_{sat,x}$  ( $p_{dx} > p_{sat,x}$ , viz obr. 6).

Případný vznik kondenzace vodních par uvnitř stavební konstrukce může být příčinou kolizních jevů. Ke kondenzaci může nejčastěji docházet v povrchových vrstvách konstrukce nebo na přechodech mezi jednotlivými materiály (jednovrstvá



**Obr. 6 - Schématické znázornění průběhu parciálních tlaků vodní páry jednovrstvou homogenní konstrukcí obvodového pláště bez kondenzace a s kondenzací.**

(Zdroj: CHMÚRNY, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 181)

homogenní konstrukce jako taková neexistuje, konstrukce zděná z kusových staviv je aglomerovanou konstrukcí složenou jak z vlastních zdících prvků a pojiva/malty, tak jsou její povrchy omítány).

### 1.3. Vývojová větev oddělení plášťů jednovrstvé homogenní konstrukce

Tepelně-technické vlastnosti čistého obvodového zdiva brzy přestaly vyhovovat běžnému použití. Po druhé světové válce dochází k zúžení sortimentu používaných zdících prvků kusových staviv. Těžišťe nadále bylo v používání plných pálených cihel, dutinových tvárnic a tvárnic z lehčených betonů, nejčastěji ze škvárobetonu, a tvárnic ze struskové pemzy. Vznikají první typizované zděné bytové domy, např. tzv. „dvouletky“.

V polovině 20. století dochází k poznání, že tloušťka zdiva není dána pouze na základě požadavku statického (únosnosti zdiva), ale závisí také na tepelně-technických požadavcích, vztažených na konstrukci obvodové stěny. Tyto postupy, realizované u ploch výplňového zdiva, se však i nadále řídily zmíněným ekvivalentem minimální tloušťky zdiva z plných pálených cihel 450 mm, resp. zdivo, nejčastěji z dutých cihel nebo tvárnic (keramických i z lehčených betonů), muselo z hlediska tepelně izolační schopnosti odpovídat vlastnostem stěny z cihel plných pálených tloušťky 450 mm.

K vylehčení zdiva a zlepšení jeho tepelně izolačních vlastností se kromě používání materiálů s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi využívaly např. i různé vazby zdiva. Dutiny ve zdících prvcích tak vytvářely buď průběžné kanálky, nebo izolované komůrky. Vylehčování zdiva obvodových plášťů se při současném zachování jeho tepelně izolačních vlastností řešilo i vkládáním vzduchových dutin, nenapojených na vnitřní či vnější prostředí. Tloušťka takových vzduchových dutin byla obvykle na čtvrt nebo na půl cihly a dutiny zůstávaly buď prázdné (jako vzduchové dutiny) nebo se zaspávaly např. škvárou. Tak vzniká víceplášťová konstrukce obvodového pláště, ve které dochází k oddělení jednotlivých plášťů vzduchovou mezerou, prozatím však nenapojenou na vnitřní ani vnější prostředí. Jako u každé vrstvené konstrukce, i u těchto prvních víceplášťových konstrukcí, je rizikovým jevem problém kondenzace difundující vodní páry, a to jak v jejich vrstvách povrchových, tak na rozhraní jednotlivých materiálů. V tehdejší době jsou však znalosti principů stavební fyziky prakticky neznámé, takže nejsou tato rizika a z nich vyplývající kolizní stavy analyzována a řešena.<sup>4</sup> Paralelně s vývojem konstrukcí obvodových plášťů tak dochází k vývoji tepelně technických vlastností konstrukcí (Tab. 1 až 3):

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U W/(m <sup>2</sup> .K)
Do roku 1920	– zdivo smíšené z cihel a kamene v různém poměru a v různých tloušťkách	1,6 až 1,1
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 450mm	1,4
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 600mm	1,1
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 900mm	0,8

**Tab. 1 - Orientační hodnoty součinitele prostupu tepla pro konstrukce nosných obvodových stěn staveb do roku 1920.**

(Zdroj: BĀČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury - novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 162)

4 BĀČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury - novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 162 - 165

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U
		W/(m <sup>2</sup> .K)
1921–1945	– zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 200 až 300 mm	1,0 až 1,4
	– zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 300 mm	1,1 až 1,5
Po 1945	– v poválečném období zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 250 až 500 mm	1,6 až 0,8
	– v poválečném období zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 400 mm	1,6 až 0,8

**Tab. 2 - Orientační hodnoty součinitele prostupu tepla pro konstrukce obvodových stěn staveb od roku 1921 do roku 1945.**

(Zdroj: BÁČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury - novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 163)

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U
		W/(m <sup>2</sup> .K)
Po 1945	v poválečném období zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 250 až 500 mm	1,6 až 0,8
	v poválečném období zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 400 mm	1,6 až 0,8
1961–1980	zdivo z porobetonu tl. cca 300 mm	1,3 až 1,5
	keramický panel tl. 250 až 300 mm bez tepelné izolace	1,6 až 1,9
	železobetonový panel sendvičový tl. 190 až 240 mm	1,0 až 1,1
Po roce 1980	zdivo z porobetonových tvárníc tl. 400 mm	0,7
	panel z lehkého betonu tl. cca 350 mm	0,9
	keramický panel tl. 300 mm s tepelnou izolací	0,8
	železobetonový panel sendvičový tl. cca 300 mm	0,6

**Tab. 3 - Orientační tepelně technické parametry pro konstrukce obvodových stěn staveb po roce 1945.**

(Zdroj: BÁČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury - novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 164)

## 1.4. Kontaktní zateplovací systémy ETICS

Tyto konstrukce jsou výsledkem druhé linie vývoje obvodových pláštů, která v konstrukcích obvodových pláštů kombinuje různé materiály a řadí je na základě jednoduchého konstrukčního principu z pohledu stavební fyziky: „Tepelný odpor vrstev směrem z interiéru do exteriéru má růst a jejich difúzní odpor klesat“. Aplikace této jednoduché zásady vede k eliminaci kondenzace vodních par uvnitř konstrukce, obvodová stěna dobře akumuluje teplo, vyrovnává teplotní rozdíly mezi interiérem a exteriérem a způsobuje příznivý fázový posun mezi teplotní amplitudou v exteriéru a ve vnitřním prostředí. Požadavek na klesající difúzní odpor směrem k exteriérové straně konstrukce však výrazným způsobem omezuje výběr materiálů, majících vliv na architektonické řešení a estetické působení obvodového pláště.

V důsledku vývoje tepelných izolací tzv. nového typu tak vznikají konstrukce obvodových pláštů s kontaktním zateplovacím systémem, aplikovaným přímo na nosné konstrukci obvodového pláště. Dnes jsou známé pod zkratkou ETICS (External Thermal Insulation Composite System). Tento typ obvodového pláště postupně dosahuje masivního rozšíření v důsledku poměrně jednoduché aplikace jak u novostaveb, tak u zateplování obvodových pláštů staršího stavebního



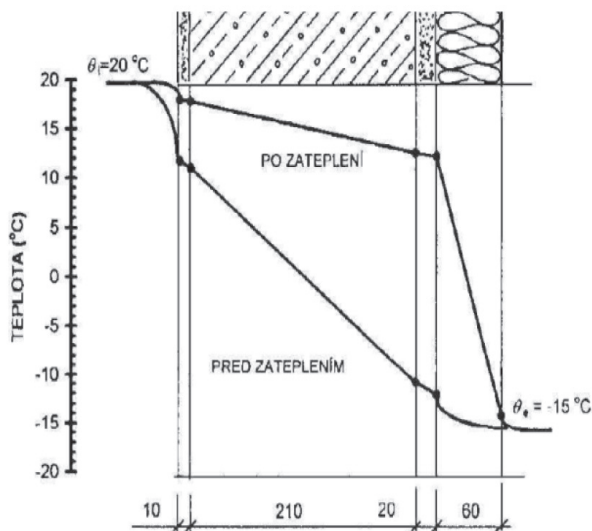
fondu. Další důvody jsou ekonomické – ve srovnání s ostatními konstrukčními variantami obvodových plášťů nadále vychází výhodněji, zejména z důvodu ceny vstupních materiálů a nižší pracovní. Při splnění tepelně technických požadavků také zabírá menší zastavěnou plochu než klasický jednovrstvý homogenní obvodový plášť. Na druhou stranu neposkytuje z architektonického hlediska dostatečnou variabilitu a širší spektra estetického působení, výsledkem je poměrně uniformní působení obvodového pláště.

Obecným omezením architektonického výrazu takového obvodového pláště je širší barevného spektra a povrchové struktury omítkového systému, který tvoří vnější povrch fasády.

Přes všechny klady i zápory tyto konstrukce obvodových plášťů již delší dobu tvoří výrazný segment stavební výroby. Vzhledem k tomu, že jsou to konstrukce, které byly realizovány v západní Evropě již v 60. letech 20. století,

je v dnešní době dostatek zkušeností, vedoucích k jejich neustálému vývoji, ale také k jejich cyklické údržbě a renovaci. S ohledem na své stáří se v současnosti staly předmětem diskusí o přístupech k jejich sanacím a rekonstrukcím.

Z hlediska tepelné techniky mají i tyto konstrukce charakteristický průběh teplot, který lze nejlépe ilustrovat na srovnávacím schématu konstrukce obvodového pláště se zateplením a bez zateplení (obr. 7). Stejně jako jednovrstvé homogenní konstrukce obvodových plášťů popisované výše, mají i vrstvené konstrukce realizované s kontaktními zateplovacími systémy ETICS svá úskalí, spočívající v udržení ideálního vlhkostního stavu v důsledku difúze vodních par. Typově se nejedná o difúzně otevřené konstrukce a bezproblémový průchod difundující páry konstrukcí obvodového pláště zá-



**Obr. 7 – Schématické znázornění charakteristického průběhu teplot konstrukcí obvodového pláště bez a se zateplením na její vnější straně.**

(Zdroj: CHMÚRNY, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 80)

visí na mnoha faktorech. Vhodným materiálovým řešením konstrukce včetně povrchových úprav počínaje, kvalitou provedení a zajištěním dostatečného větrání pobytových prostor konče.

Na vnitřní straně zateplené konstrukce dochází ke zvýšení povrchové teploty. Zjednodušeně lze říci, že čím vyšší je hodnota tepelného odporu konstrukce, tím vyšší je její vnitřní povrchová teplota.

Tím se ovšem mění i stav vnitřního prostředí, kvalifikovaný součtovou teplotou místnosti, operativní teplotou a účinnou teplotou. Dochází ke snížení součinitele přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $h_{si}$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ), což vede v případě mobilizace rozestavěného blízko obvodových stěn místnosti k zabránění cirkulace vzduchu a omezení sálání vnitřního povrchu stěny s povrchy ostatních stavebních konstrukcí. Snížení hodnoty  $h_{si}$  má za následek zvýšení hodnoty  $R_{s,i}$ , klesá povrchová teplota stěny, ta začíná vlhnout a výsledkem může být i růst plísni na vnitřním povrchu zateplené konstrukce. K tomuto jevu dochází u konstrukcí s tepelným odporem  $R \leq 0,7$  ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ )<sup>5</sup>. Taková konstrukce se nenachází v ideálním tepelně vlhkostním stavu.

5 CHMÚRNY, Ivan: *Stavebná tepelná technika - Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava, STU Bratislava. ISBN 978-80-227-4147-7, s. 81



**Obr. 8 - Kolizní jev jako výsledek snížení hodnoty  $h_{si}$  vlivem zateplení obvodové stěny v kombinaci s nedostatečnou cirkulací vzduchu a sálání vnitřního povrchu obvodové stěny kvůli přistavenému nábytku.**

(Zdroj: archiv autora)

u staveb nově navrhovaných, tak u staveb stávajících, realizovaných s tloušťkou tepelné izolace odpovídající dnes již neplatným normovým požadavkům, popřípadě objektů potýkajících se s poruchami, jež jsou projevem nedostatečného řešení tepelných mostů nebo celkové nestability systému ETICS. Jedná se o poměrně velký rozsah konstrukcí. Do roku 2003 bylo u nás provedeno pomocí ETICS zateplení přibližně 25 mil. m<sup>2</sup> fasád, z nichž některé již v roce 2003 vykazovaly poruchy a vady způsobené nesprávným postupem montáže nebo použitím nekvalitních komponentů<sup>6</sup>. Mezi nejzávažnější poruchy ETICS patří ztráta stability systému, kdy ETICS není schopen odolávat působení sání větru a dochází ke ztrátě adheze k povrchu podkladu a uvolňování mechanického kotvení (obr. 9). Příčiny je nutno hledat v nesoudržném, nerovném a nesprávně ošetřeném podkladu, ve výběru, kvalitě a způsobu aplikace mechanického kotvení, v nedostatečné kvalitě a ploše lepicí hmoty, v nesprávném postupu lepení desek tepelné izolace apod.

Samostatnou kapitolou je pak sanace nestabilního systému ETICS či jeho posílení v důsledku zvýšení tepelně izolační schopnosti konstrukce obvodového pláště formou zdvojování systémů ETICS. Pro tyto postupy existují systémová řešení vybraných výrobců (např. certifikovaný systém STX.THERM SANA), aplikace má však své zásady a úskalí.

Výsledkem jsou pak případy nesplněných očekávání stavebníků a architektů, případy poruch nebo dokonce pozvolných či náhlých kolapsů konstrukcí ETICS.

Podobným negativním projevem kolizních stavů těchto konstrukcí je růst plísní a výskyt mikroorganismů na vnějším povrchu konstrukce. Tento fakt lze vztáhnout k malé tepelné kapacitě povrchu konstrukcí ETICS v kombinaci se změnami ve skladbě znečištění ovzduší (snížení prašnosti a obsahu síry vlivem odsíření elektráren, zvýšení obsahu dusíku vlivem zvýšení automobilové dopravy, změny mikroklimatu vlivem většího podílu zeleně a jejího zavlažování v blízkosti staveb, apod.), jakož i změnami v architektuře obvodových plášťů (malé přesahy říms a klempířských prvků, syté barevné odstíny fasád s malým koeficientem tepelné odrazivosti, apod.)<sup>6</sup>. Svůj podíl má i zanedbaná periodická kontrola stavu konstrukcí.

Provádění kontaktních zateplovacích systémů ETICS aktuálně také naráží na technický vývoj v oblasti kotevních technik. Je to důsledek stále se zvyšujících normových požadavků na hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  (W/m<sup>2</sup>K), a to jak

6 LORENC, Petr: Zkušenosti z dlouhodobého ověřování životnosti ETICS. TZBinfo.cz [online]. Topinfo, 5. 1. 2010 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/6159-zkusenosti-z-dlouhodobeho-overovani-zivotnosti-etics>

7 KLÁSEK, Jiří: Nové možnosti oprav nestabilních ETICS a zdvojování ETICS. Tzbinfo.cz [online]. Topinfo, 13. 10. 2013 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/10444-nove-moznosti-oprav-destabilnich-etics-a-zdvojovani-etics>



**Obr. 9 - Količní jev ztráty stability ETICS v důsledku sání větru jako výsledek nesprávné aplikace lepení desek tepelné izolace.**

(Zdroj: KLÁSEK 2013, *Nové možnosti oprav nestabilních ETICS a zdvojování ETICS*. <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/10444-nove-moznosti-oprav-destabilnich-etics-a-zdvojovani-etics>)

## 1.5. Kompaktní vícevrstvé konstrukce obvodových plášťů s tepelnou izolací vloženou mezi vnitřním a vnějším pláštěm

Vícevrstvé konstrukce obvodových plášťů s tepelnou izolací vloženou mezi vnitřním a vnějším pláštěm jsou typickými konstrukcemi panelové výstavby. První panelové domy vznikaly mezi světovými válkami v Holandsku, Německu a ve Francii. Byly považovány za levné sociální bydlení a v západní Evropě se stavěly cca do sedmdesátých let. V zemích bývalého východního bloku se panelová výstavba velmi rozšířila. Panelová sídliště se stávala chloubou socialismu, prefabrikace probíhala mimo oči veřejnosti, výstavba byla ve srovnání s původními zděnými konstrukcemi z kusových staviv velmi rychlá. První panelové domy v ČR byly postaveny v roce 1956, obrovský rozmach začal na konci 50. let a přetrvával až do let devadesátých. Panelové domy byly navrhovány na životnost kolem 30 – 40 let, ale po revitalizaci mohou sloužit další desítky let. Obvodový plášť panelových domů (parapetní panely, lodžiové panely a panely štítových stěn) byl tvořen jednak jednovrstvými panely z různých typů lehčených betonů tl. 270 mm, nebo vrstvenými panely ve skladbě: nosná železobetonová vrstva 150 mm – uzavřená vzduchová mezera 15 mm – vnější plášť z keramzitbetonu tl. 200 mm, nebo kompaktními sendvičovými panely ve skladbě: nosná železobetonová vrstva tl. 150 mm – tepelně izolační vrstva – betonová krycí vrstva tl. 70 mm. Do roku 1979 se používala tloušťka tepelné izolace 40 mm, po roce 1979 tl. 80 mm.<sup>8</sup>

Materiálem tepelné izolace byly desky z pěnového polystyrenu, později desky z minerálních rohoží. Oba železobetonové pláště byly přes vrstvu tepelné izolace propojeny nerezovými spo-

<sup>8</sup> BĀČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury: novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 88 - 101

Stavební soustava	Hodnoty pro obestavěný prostor 200 m <sup>3</sup>
	potřeba tepla (MWh)
	původní řešení
T06 B KV západočeská	12,3
T06 B – Vč východočeská	9,54
T06 BD – 78 severočeská	10,74
T06 B – OL severomoravská	10,7
T06 B – KDU jihomoravská	9,27
T06 B – PSBU jihomoravská	9,38
T08 B – 78 severočeská	9,59
OP 1.11 ČSR	9,77
VVÚ ETA Praha	8,1
B70/R jihomoravská	8,99

**Tab. 4 - Potřeba tepla na vytápění vybraných stavebních soustav panelových bytových domů.**

(Zdroj: BĀČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury: novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 162)

nami. Doplňkovými částmi obvodového pláště pak byly neprůsvitné a neprůhledné části ploch výplň otvorů – meziokenní vložky.

V obálce budovy bylo velké množství tepelných mostů (v oblasti styku panelů obvodového pláště, nebo v návaznosti stropních konstrukcí na konstrukce obvodových stěn). Energetická náročnost panelových domů před revitalizací a aplikace úsporných opatření souvisí s jejich konstrukcí a celkovým řešením, přičemž významným faktorem je období vzniku panelového domu. Zásadním milníkem je rok 1979, kdy byla revidována tepelně technická norma ČSN 73 0540. Před touto novelizací lze odlišit sendvičové panely s vyšší kvalitou a panely z lehčeného betonu, jež měly horší kvalitu z hlediska tepelné techniky. Po novelizaci normy byly odchylky poměrně malé, konstrukce lze tedy z hlediska tepelné techniky považovat za podobné. Pro srovnání kvality panelové výstavby z hlediska energetické náročnosti byla společností EkoWATT provedena analýza sledované veličiny měrné potřeby tepla na vytápění EA (kWh/m<sup>2</sup>.a), která určuje kvalitu stavebního řešení konkrétní konstrukční soustavy a její vliv na následnou energetickou náročnost (Tab. 4).<sup>9</sup>

Jako u každé vrstvené konstrukce, byla i u těchto kompaktních vícevrstevných konstrukcí obvodových plášťů rizikovým jevem kondenzace difundující vodní páry, a to nejen ve vrstvách povrchových, ale i na rozhraní jednotlivých materiálů. Nosnou vrstvou obvodového pláště panelových domů byl železobeton, který vykazuje vyšší hodnoty difúzního odporu. Problematika kondenzace se tak úzce pojí s problematikou vnitřních povrchových teplot a s existencí bodových systémových tepelných mostů (propojení vnitřního a vnějšího pláště, spoje panelů mezi sebou, spoje sendvičových panelů obvodového pláště a panelů vodorovných nosných konstrukcí apod.).

<sup>9</sup> BĀČOVÁ, Marie: *Manuál energeticky úsporné architektury: novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3, s. 102

## 1.6. Problematika provozní energetické náročnosti panelových bytových domů na konci 80. let 20. století – cesta k provětrávaným fasádám ve stínu úrovně stavební techniky 80. let

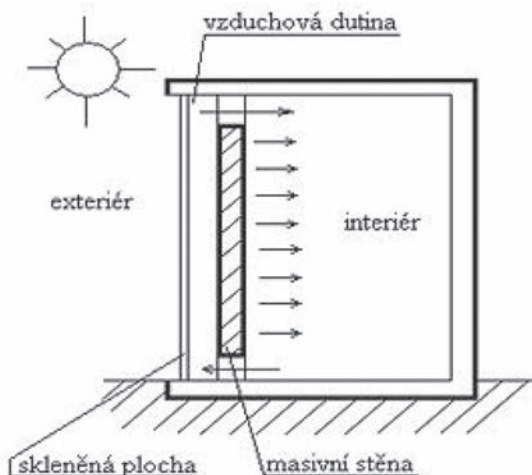
Vývoj energetické náročnosti budov v souvislosti s novelizací tepelně-technických norem se zabývala i řada prací v 2. polovině 80. let minulého století, kdy byly stanoveny požadavky na racionalizaci spotřeby paliv a energií v bytové výstavbě.<sup>10</sup> V tehdejší době byla důležitým spotřebitelem energetických zdrojů bytová výstavba, a to jak z pohledu vlastní investiční náročnosti výstavby samé, tak následnou spotřebou při užívání a provozu budov. V souvislosti s opatřeními ke snižování provozní energetické náročnosti (PEN) docházelo k revizím norem – např. v revizi ČSN 73 0540 z roku 1984 výrazně vzrostly nároky na požadované hodnoty součinitele prostupu tepla svislých stěnových konstrukcí a plochých střeš, ale byla zde také stanovena požadovaná hodnota spotřeby energie na vytápění  $EN = 9,3 \text{ MWh/byt/rok}$  (vztažená k tepelným ztrátám, stanoveným pro teplotu vnějšího vzduchu  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Tato hodnota však nebyla považována za konečnou. Na základě vyhlášení státního cílového programu SCP 02 Racionalizace spotřeby a využití paliv a energie měla být od roku 1991 dále snížena na hodnotu  $6,5 \text{ MWh/byt/rok}$  (tedy dále snížena téměř o 1/3). Kvůli tomu bylo předpokládáno, že musí dojít k rekonstrukcím a modernizaci již vybudovaných bytových domů, že ročně bude muset dojít k tepelné úpravě v řádu 100 000 byto-

vých jednotek, a bylo rozmyšleno, jakým způsobem má k těmto úpravám dojít.<sup>11</sup>

Byly provedeny analýzy poměrného rozdělení tepelných ztrát budovy – tedy rozdělení tepelných ztrát v budově dle jednotlivých typů konstrukcí. Obvodové stěny, resp. jejich neprůsvitné části, byly vyhodnoceny jako nositel zhruba 1/3 celkových tepelných ztrát konstrukcí budov.

V souvislosti se snižováním tepelných ztrát stavebních konstrukcí byla tedy věnována pozornost dodatečným tepelným izolacím prováděným na stávajících obytných domech. Důraz přitom měl být kladen především na zateplování panelových obytných budov – tedy fenomén, jež je znám i v současnosti a který se v dnešní době stává takřka většinou aplikací kontaktních zateplovacích systémů ETICS (External Thermal Insulation Composite System).

Ve druhé polovině 80. let minulého století však byla aplikace kontaktního zateplování ETICS kapitolou z říše sci-fi. Vědecké práce a odborný tisk sice již na konci 70. let referovaly o fenoménu izolačních dvojskel a trojskel v tehdejší NSR, nebo o experimentální výstavbě se sníženou spotřebou energie ve Velké Británii s využitím pasivního solární-



**Obr. 10 - Schéma funkce Trombeho stěny jako pasivního solárního prvku.**

(Zdroj: web)

10 VIKTORA, Jiří: *Energetická optimalizace při rekonstrukci a modernizaci obytných panelových objektů*. Praha, 1985. Kandidátská práce oboru Teorie konstrukcí pozemních staveb. ČVUT Fakulta stavební.

11 VIKTORA, Jiří: *Energetická optimalizace při rekonstrukci a modernizaci obytných panelových objektů*. Praha, 1985. Kandidátská práce oboru Teorie konstrukcí pozemních staveb. ČVUT Fakulta stavební.