

Nízkoteplotné vykurovanie a vysokoteplotné chladenie kapilárnymi rohožami

Tento progresívny sálavý systém sa začína vďaka svojim výhodám presadzovať na trhu.

Ing. Michal Krajčík, PhD., Ing. Anton Matejčík

M. Krajčík pôsobí na Katedre TZB Stavebnej fakulty STU v Bratislave. A. Matejčík je konateľom spoločnosti Infraclima, s. r. o.

Recenzoval: prof. Ing. Dušan Petráš, PhD.

Jedným zo súčasných trendov pri navrhovaní systémov techniky prostredia pri nových a veľmi dobre tepelne izolovaných budovách je využívanie veľkoplošných systémov. Viac než polovica tepelnej energie sa pri nich odovzdáva sálaním.

► Existuje viacero dôvodov, prečo tieto systémy postupne nahrádzajú tradičné konvekčné systémy. Patria medzi ne vysoký tepelný komfort a zdravotné výhody či teplota vykurovacieho/chladiaceho média blízka teplote vzduchu v miestnosti, ktorá umožňuje využívanie nízkopotenciálnych zdrojov energie ako energia prostredia a slnečná energia. Jedným z takýchto progresívnych sálavých systémov, ktorý sa začína presadzovať na trhu, je vykurovanie a chladenie kapilárnymi rohožami.

Nízkoteplotné vykurovanie

Pod pojmom nízkoteplotné vykurovanie sa rozumejú systémy sálavého vykurovania, ktoré využívajú vodu ako vykurovacie médium. Pomerne veľká plocha, z ktorej sa odovzdáva tepelná energia do vykurovaného priestoru, umožňuje, že teplota vykurovacej vody je výrazne nižšia než pri klasickom konvekčnom vykurovaní vykurovacími telesami, keď je teplota teplotonosnej látky niekoľkonásobne vyššia ako teplota vzduchu vo vykurovanom priestore. Vďaka nízkym teplotám je sálavé vykurovanie vhodné na kombináciu s nízkoteplotnými zdrojmi energie, medzi ktoré patria aj obnoviteľné zdroje energie ako slnečná energia či energia prostredia. Sálavé vykurovanie možno realizovať ako podlahové, stenové alebo stropné, prípadne ako ich kombináciu. Podľa normy STN EN 15377-1 [1] sa odporúča maximálna teplota podlahy v bytovej oblasti do 29 °C, pri podlahovom vykurovaní po okrajoch miestnosti do 35 °C, pri stenovom vykurovaní približne do 45 °C a pri stropnom vykurovaní približne do 32 °C. Zatiaľ čo pri podlahovom

vykurovaní vychádza tento limit z požiadavky na tepelnú pohodu v oblasti chodidiel, pri stropnom vykurovaní vychádza z požiadavky na predchádzanie asymetrii radiačnej teploty a pri stenovom vykurovaní je hlavným kritériom riziko popálenia – povrchová teplota, pri ktorej človek začína pociťovať bolesť, je v rozpätí 42 až 45 °C. Maximálna kapacita na vykurovanie je pri podlahe približne 100 W/m², pri stene 160 W/m² a pri strepe 40 až 50 W/m². Profesor Olesen [2], jeden z priekopníkov sálavého vykurovania, uvádza množstvo výhod sálavého vykurovania/chladenia, ako sú schopnosť samoregulácie (vykurovací/chladiaci výkon sa zvyšuje s rozdielom teplôt medzi teplotou povrchu a teplotou miestnosti), ďalej nízke straty pri rozvode tepla/chladu a vysoká účinnosť zdroja tepla. Pri chladení ide o vysokú účinnosť tepelného čerpadla alebo chillera či o pasívne chladenie pomocou zemného výmenníka tepla. Jednou z najdôležitejších výhod sálavého vykurovania je homogénne tepelné prostredie.

Vysokoteplotné chladenie

Pod pojmom vysokoteplotné chladenie sa rozumejú systémy sálavého chladenia, ktoré využívajú vodu ako chladiace médium. Pomerne veľká plocha, z ktorej sa chlad odovzdáva, umožňuje len o niekoľko stupňov nižšiu teplotu chladiaceho média, ako je teplota vzduchu v chladenom priestore. Ten istý sálavý systém možno pritom využívať na vykurovanie, a zároveň chladenie. Pri určení minimálnej teploty podlahy sa obvyčajne vychádza z požiadaviek na tepelnú pohodu chodidiel, preto sa podľa normy STN EN

15377-1 [1] odporúča minimálna teplota podlahy 19 °C. Pri stenovom a stropnom chladení sa odporúča minimálne 17 °C, čo sa pri štandardných podmienkach považuje za najnižšiu prípustnú teplotu, pri ktorej nastane kondenzácia na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií. V režime chladenia má strop maximálny chladiaci výkon 100 W/m², zatiaľ čo pri podlahe je to približne 40 W/m² a pri stene 70 W/m². Špeciálny prípad nastáva pri slnečnom žiarení priamo na chladiacu podlahu, keď jej chladiaca kapacita môže prekročiť 100 W/m². Podľa Babiaka a kol. [3] je práve toto dôvod, prečo sa podlahové chladenie stále viac využíva v priestoroch s veľkými zasklenými plochami, ako sú letiská, átriá alebo vstupné haly. Podlahový systém sa postará o väčšinu citelného tepla, zatiaľ čo vzduchotechnika sa postará o viazané teplo.

Typy sálavých systémov

V závislosti od konštrukcie sa podľa normy STN EN 15377-1 [1] rozlišuje niekoľko typov sálavých systémov:

Sálavé panely zavesené pod stropom

Ide o sálavé panely zavesené pod stropom na závesoch, na ktorých sú pripevnené rúrky (zvyčajne vyrobené z medi alebo ocele). Takéto zavesené panely sú vhodné najmä vo veľkých priestoroch, ako sú veľkoplošné kancelárie či sklady.

Systémy s rúrkami tepelne izolovanými od stavebnej konštrukcie

Existuje niekoľko typov sálavých systémov izolovaných od stavebnej konštrukcie budo-

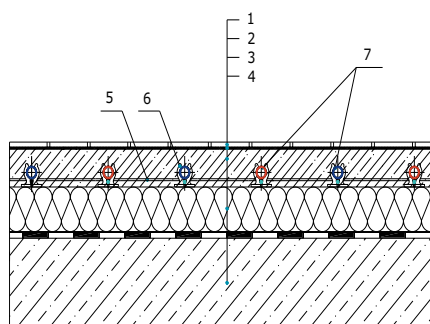
vy. Podľa typu a umiestnenia rúrok to môžu byť napríklad systémy:

- s rúrkami zabudovanými v roznášačej vrstve,
- s rúrkami zabudovanými mimo roznášačej vrstvy,
- s rúrkami zabudovanými v drevenej konštrukcii,
- s rúrkami s veľmi malým prierezom (kapilármi) zabudovanými v omietke.

Príklad systému s rúrkami zabudovanými v roznášačej vrstve je na obr. 1.

Systémy s rúrkami zabudovanými v stavebnej konštrukcii

Charakteristickými znakmi týchto systémov sú kontakt rúrok so stavebnou konštrukciou budovy a akumulácia tepla v stavebnej kon-



Obr. 1 Systém s rúrkami v roznášačej vrstve (mokrý systém)
 1 – podlahová krytina; 2 – stavebné lepidlo; 3 – cementový poter; 4 – polystyrén na podlahové vykurovanie/hydroizolácia; 5 – podkladový betón; 6 – prirodzený terén; 7 – oceľová sieťovina; 8 – plastová príchytka na oceľovú sieťovinu; 9 – rúrky podlahového vykurovania. Zdroj: Jozef Bugáň

štrukcii. Rozlišujeme dva typy takýchto systémov:

- systém s rúrkami zabudovanými v masívnej betónovej konštrukcii,
- systém s kapilárnymi rúrkami zabudovanými na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie.

Príklad systému s rúrkami v masívnej betónovej konštrukcii pred betonážou je na obr. 2.

Vykurovanie a chladenie kapilárnymi rohožami

Jedným z progresívnych systémov sálavého vykurovania a chladenia, ktorý v poslednom čase získava na popularite, je systém využívajúci kapilárne rúrky zabudované na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie. Systém je tvorený hustou sieťou kapilár (s rozstupom 3 cm a vonkajším priemerom len 3,5 mm), ktoré tvoria kapilárne rohože. Detail kapilárnej rohože je na obr. 3: kapiláry sa napájajú na rozvodné potrubie a sú pokryté sklotextílnou sieťou, ktorá zachytáva ťahové napätie v rovine kapilárnej rohože. Ku kapilárnej rohoži je pripevnený rebřík, ktorý zabezpečuje pravidelné rozstupy kapilárnych rúrok a zároveň slúži na kotvenie rohože k podkladu.

Kapilárne rohože sú obvykle oddelené od stavebnej konštrukcie tepelnou izoláciou, možno ich však aplikovať aj priamo na stavebnú konštrukciu budovy. Oddelením kapilárnych rohoží od stavebnej konštrukcie sa „nasmeruje“ tepelný tok do priestoru, zároveň takéto odizolovanie spolu s umiestnením rohože v omietke na vnútornom povrchu



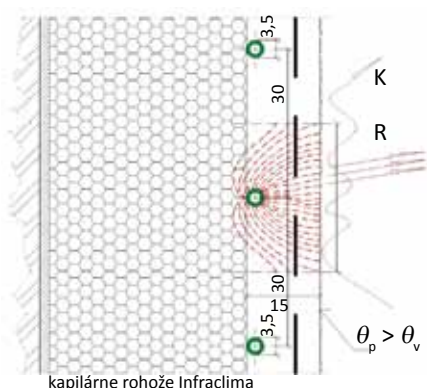
Obr. 2 Systém s rúrkami zabudovanými v masívnej betónovej konštrukcii pred betonážou [4]



Obr. 3 Detail kapilárnej rohože: kapilárne rúrky napojené na rozvodné potrubie sú pokryté sklotextílnou sieťou. Na rohoži je pripevnený rebřík na zabezpečenie pravidelných rozstupov

Tab. 1 Základné charakteristiky prezentovaných budov s kapilárnymi rohožami

Miesto	Typ budovy	Úžitková plocha	Zdroj tepla	Teplotný spád – vykurovanie		Zdroj chladu	Teplotný spád chladenie		Motivácia investora
				projektovaný	prevádzkový		projektovaný	prevádzkový	
Poprad	administratívna	2 224 m ²	solárne kolektory, tepelné čerpadlo	27/24 °C	24/22 °C	pasívne chladenie (studňa), tepelné čerpadlo	19/22 °C	21/23 °C	úspora energie (peňazí), výnosy z prenájmu priestoru, výkonnosť zamestnancov
Námestovo	rodinný dom	287 m ²	solárne kolektory, tepelné čerpadlo	26/23 °C	24/22 °C	pasívne chladenie (zemný kolektor), možnosť zapojenia tepelného čerpadla	20/23 °C	21/23 °C	maximálna úspora energie, komfort, nenáročná údržba, minimálne nároky na obsluhu
Breza	rodinný dom	210 m ²	solárne kolektory, kotol na tuhé palivo	32/28 °C	28/24 °C	pasívne chladenie (studňa)	19/23 °C	zatiaľ nie je v prevádzke	vysoký komfort, dobrý pomer ceny a výkonu, nízka teplota vykurovacej vody vďaka solárnemu systému
Galanta	rodinný dom	309 m ²	tepelné čerpadlo, príprava na solárny systém	34/30 °C	29/25 °C	pasívne chladenie (zemný kolektor), možnosť zapojenia tepelného čerpadla	17/21 °C	18/22 °C	vykurovanie aj chladenie jedným systémom, snaha vyhnúť sa víreniu prachu, prievanu



Obr. 4 Detail inštalácie kapilárnych rohoží

umožní rýchlu reakciu systému na zmeny tepelnej straty, resp. tepelnej záťaže. Schéma inštalácie kapilárnej rohože je na obr. 4. Vľavo na obrázku je znázornená stavebná konštrukcia, ku ktorej je pripojená tepelná izolácia z polystyrénu s hrúbkou 3 cm, k tepelnej izolácii sú ukotvené kapilárne rohože zabudované vo vnútornej omietke.

Vysoká hustota kapilár umožňuje vyšší tepelný, resp. chladiaci výkon na štvorcový meter inštaláčnej plochy, než je to pri tradičnom rúrkovom sálavom systéme. Kapilárne rohože možno zároveň inštalovať na viac povrchov naraz (podlaha, strop aj steny), čo umožňuje teplotu vody v rúrkach blízku teploty vzduchu v miestnosti. Tým sa tento systém stáva vhodným na kombinovanie s nízkoteplotnými zdrojmi energie. Výhodou celoplošnej inštalácie na podlahu, strop aj steny je rovnomerné „osálenie“ užívateľa v interiéri, čím sa dosiahne veľmi homogénne tepelné prostredie.

Hoci sa kapilárne rohože plnia vodou, ktorá sa môže ohrievať akýmkoľvek zdrojom tepla (kotel na plyn, drevené pelety, uhlie, solárny systém, tepelné čerpadlo), najmä pri použití tepelného čerpadla a solárneho systému dokáže systém s kapilárnymi rohožami vyťažiť z dostupnej slnečnej energie a energie prostredia maximum. Tepelné čerpadlá dosahujú pri nižšom rozdieli teploty primárnej vody na vstupe do tepelného čerpadla a vy-

kurovacej vody na výstupe z tepelného čerpadla (W10/W25°) vyšší výkon (COP), než je to pri bežných čerpadlách (W10/W50°C), zatiaľ čo solárny systém získava z difúzneho žiarenia dostatok tepelnej energie aj pri chladnom počasí – samozrejme, za predpokladu, že nie je zasnežený.

Charakteristickým znakom kapilárnych systémov s celoplošnou inštaláciou je, že miestnosti sa správajú ako veľké výmenníky tepla. Chlad zo studených miestností, resp. teplo z prehriatych miestností sa odovzdá cez celoplošný kapilárny systém teplovýmennnej kvapaliny – vode v kapilárach. Táto voda z rôznych miestností sa v strojovni zmieša a opäť sa rozvádza do miestností, pričom chladnejšie miestnosti sa týmto dokurujú a prehriate miestnosti sa chladia. Takto v praxi nastáva prirodzená zónová regulácia, v rámci ktorej sa južné miestnosti dochladzujú severnými a severné miestnosti sa dokurujú južnými – ide o tzv. neutrálny režim. Tento efekt možno využiť najmä v administratívnych budovách či pri lokálnych zdrojoch tepla, ako sú napríklad serverovne, kozuby či kachle. Najmä počas prechodných období sa dá neutrálnym režimom do veľkej miery nahradiť zdroj tepla a chladu.

Príklady aplikácií vykurovania a chladenia kapilárnymi rohožami

Základné charakteristiky prezentovaných budov s inštalovaným systémom kapilárnych rohoží sú uvedené v tab. 1. V opise sú uvedené projektované teplotné spády na vykurovanie aj chladenie i prevádzkové teplotné spády. Prevádzkový teplotný spád predstavuje skutočný teplotný spád, pri ktorom systém v súčasnosti funguje. Pri všetkých uvádzaných objektoch platí, že prevádzkový teplotný spád je priaznivejší ako projektovaný teplotný spád, a to aj pri extrémnych klimatických podmienkach v zime.

Celoplošná inštalácia v polyfunkčnej budove EAST Point Poprad

Táto aplikácia predstavuje príklad celoplošnej inštalácie, pri ktorej sa kapilárne rohože in-

štalovali do podlahy, stropov aj obvodových stien. Objekt predstavuje štvorpodlažnú, z väčšej časti administratívnu budovu po celkovej rekonštrukcii. Obvodové steny sú z tehlového muriva Porotherm, izolované izoláciou z minerálnej vlny s hrúbkou 150 mm, vykurovaná/chladená podlahová plocha je 2 224 m². Ako zdroj tepla slúžia solárne kolektory a tepelné čerpadlá voda – voda a vzduch – voda. Chladenie je pasívne, pričom chlad sa získava zo studne. Ako doplnkový zdroj chladu pri veľkej tepelnej záťaži slúži tepelné čerpadlo vzduch – voda. Časť priestorov je obsadená zamestnancami investora, zvyšok priestorov bude slúžiť na prenájom. Hlavnou motiváciou investora pri inštalácii systému s kapilárnymi rohožami boli úspora energie na prevádzkových nákladoch (a súčasne aj vyššie zisky z prenájmu) a vnútorné prostredie s vysokou mierou komfortu, ktoré umožňuje zamestnancom podávať vysoký výkon. Pohľad na polyfunkčnú budovu je na obr. 5. Pohľad na kapilárne rohože inštalované v podlahe, stene a strope je na obr. 6.

Inštalácia v podlahe a strope, rodinný dom v Námestove

Novostavba trojpodlažného rodinného domu postaveného na pôvodnej základovej doske má obvodové murivo z tvárnice Ytong Lambda. Vykurovaná/chladená podlahová plocha má rozlohu 287 m². Ako zdroj tepla slúžia tepelné čerpadlo zem – voda a solárny systém. Chladenie je pasívne, pričom chlad sa získava zo zemného kolektora. V prípade potreby možno na chladenie využiť tepelné čerpadlo zem – voda. Výhodou takéhoto systému je, že v zime sa zo zeminy odoberá teplo, čím sa zemina ochladzuje a tak sa pripravuje na letnú prevádzku. Naopak, v lete sa prebytočné teplo do zeminy ukladá a zemina sa regeneruje, vďaka čomu obsahuje dostatok tepla na zimnú prevádzku. Hoci stropy a podlahy sú v tomto prípade zapojené osobitne (z dôvodu možnosti vykurovať podlahou a chladiť stropom), pri prevádzke sa z hľadiska komfortu a ekonomiky ukázalo ako najvýhodnejšie ponechať všetky okruhy otvorené. Tak sa dosiahli minimálne zmeny



Obr. 5 Polyfunkčná budova EAST Point Poprad



Obr. 6 Kapilárne rohože inštalované v podlahe, stene a strope, polyfunkčná budova EAST Point



Obr. 7 Rodinný dom v Námestove



Obr. 8 Kapilárne rohože inštalované v podlahe a strope, rodinný dom v Námestove

teploty vykurovacieho/chladiaceho média počas roka. Motiváciou investora na inštalovanie kapilárnych rohoží boli maximálne úspory energie a komfort, zásadnou bola požiadavka na nenáročnú údržbu systému a jednoduchú reguláciu s minimálnymi nárokmi na obsluhu. Pohľad na rodinný dom je na obr. 7. Pohľad na kapilárne rohože inštalované v podlahe a v strope je na obr. 8.

Inštalácia v podlahe, rodinný dom v Breze

Novostavba trojpodlažného rodinného do-

mu s obytným podkrovím v Breze na Orave má vykurovanú/chladenú podlahovú plochu 210 m². Obvodové steny sú z tvárnic Ytong, zateplené 10-centimetrovou izoláciou z polystyrénu. Ako zdroj tepla na vykurovanie slúžia kotol na pevné palivo a solárny systém. Chladenie domu je pasívne, so studňou ako zdrojom chladu. Aj počas letnej prevádzky dokáže podlahový systém zabezpečiť komfortné vnútorné prostredie, čiastočne aj vďaka vysokému chladiacemu výkonu pri priamom slnečnom žiarení na podlahu. V kúpeľni sú ka-

pilárne rohože uložené okrem podlahy aj v strope, aby sa v zime dosiahol požadovaný vysoký tepelný výkon pri nízkej teplote vykurovacej vody. Motiváciou investora pri investícii do kapilárnych rohoží bola najmä vysoká kvalita vnútorného prostredia pri dobrom pomere ceny a výkonu. Zároveň požadoval čo najnižšiu teplotu podlahy (okolo 25 °C) v zime, vhodnú na využitie solárnej energie na dokurovanie. Pohľad na rodinný dom je na obr. 9. Pohľad na kapilárne rohože uložené v podlahe je na obr. 10.



Predplatné **43%** so zľavou

Predplaťte si časopis TZB HAUSTECHNIK a ušetríte až 43 % z predajnej ceny.

získajte dokonalý prehľad
o dianí na trhu

A) predplatné TZB Haustechnik, 5 čísel
cena: 7,50 € (5 časopisov × 1,50 €)
Zľava 35 % z maloobchodnej ceny.

B) predplatné TZB Haustechnik, 10 čísel
cena: 13,00 € (10 časopisov × 1,30 €)
Zľava 43 % z maloobchodnej ceny.

Objednávky
tel.: 02/50 200 283
e-mail: predplatne@jaga.sk
web: www.casopitzb.sk/predplatne

poštová adresa:
JAGA GROUP, s. r. o.
Lamačská cesta 45, 841 03 Bratislava 42



Obr. 9 Rodinný dom v Breze



Obr. 10 Kapilárne rohože inštalované v podlahe, rodinný dom v Breze

Inštalácia v strope, rodinný dom v Galante

Dvojpodlažný rodinný dom v Galante predstavuje novostavbu s moderným terasovitým dizajnom. Obvodové murivo sa realizovalo pomocou strateného debnenia z tvárnic VELOX. Vykurovaná/chladiená podlahová plocha objektu má rozlohu 309 m². Zdrojom tepla je tepelné čerpadlo zem – voda, objekt má zároveň predprípravu na solárny systém. Chladenie je pasívne, pomocou zemného kolektora, v prípade potreby je pripravené tepelné čerpadlo zem – voda. Podobne ako pri rodinnom dome v Breze, aj tu sa využíva regenerácia zeminy. V zime sa zo zeminy teplo odoberá, takže zemina je už v lete dostatočne vychladená, zatiaľ čo v lete sa prebytočné teplo do zeminy akumuluje a tá sa regeneruje. Kapiláry sa inštalovali len v strope, čo umožnilo lepšie využitie plochy ako pri podlahovom systéme (na strope neprekáža žiadny nábytok) a zároveň výber ľubovoľnej podlahovej krytiny – hrubého koberca do spálne, drevenej podlahy do obývačky atď. V kúpeľniach sa stropný systém doplnil podlahovým systémom, aby sa v zime dosiahol požadovaný vysoký tepelný výkon. V prípade tohto rodinného domu investor kládol dôraz na možnosť vykurovať

aj chladit tým istým systémom počas celého roka pri veľmi nízkych prevádzkových nákladoch. Ďalším dôvodom bola snaha vyhnúť sa štandardnému spôsobu chladenia vzduchotechnikou a súvisiacim problémom, ako je vírenie prachu či prievan. Pohľad na rodinný dom je na obr. 11. Pohľad na kapilárne rohože uložené v strope je na obr. 12.

Záver

V čase rastúcich nárokov na energetické úspory a s tým spojenú tepelnú izoláciu budov a využívanie nízkoteplotných obnoviteľných zdrojov energie predstavujú sáľavé systémy progresívne riešenie, ktoré sa v stavebnej praxi uplatňuje v rastúcej miere a je reálny predpoklad, že sa podiel týchto systémov bude naďalej zvyšovať. Spomedzi sáľavých systémov je v ponuke viacero variantov, ktoré sa líšia či už umiestnením (podlaha, strop, stena, prípadne ich kombinácia), alebo technickým riešením (rúrky zabudované v roznášačej vrstve, tepelnej izolácii, betónovom jadre alebo v omietke na vnútornom povrchu). Medzi týmito variantmi predstavuje sáľavé vykurovanie pomocou kapilárnych rohoží pomerne nový systém, ktorý kombinuje výhody sáľavého vykurovania, ako sú homogénne tepelné prostredie a níz-

ke teploty vykurovacej/chladiacej látky vďaka malým rozstupom rúrok a veľkej teploty-mennej ploche, s výhodami konvekčného vykurovania, ako je rýchla odozva na zmeny v tepelnej bilancii priestoru vďaka umiestneniu vo vnútornej omietke a odizolovaniu od stavebnej konštrukcie.

Foto: archív autorov

Literatúra

1. STN EN 15377-1: 2009 Vykurovacie systémy v budovách. Projektovanie zabudovaných vodných systémov veľkoplošného vykurovania a chladenia. Časť 1: Určovanie projektovaného vykurovacieho a chladiaceho výkonu.
2. Olesen, W. B.: Radiant Floor Heating in Theory and Practice. ASHRAE Journal 7, 2002, s. 19 – 24.
3. Babiak, J. – Olesen, W. B. – Petráš, D.: Low Temperature Heating and High Temperature Cooling. Rehva: Rehva Guidebook No 7, Brusel, 2007.
4. Online: <http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/akustik/Projekte/Multifunktionale-Betondecke.html>
5. Technické podklady a fotodokumentácia firmy INFRAKLIMA, s. r. o.



Obr. 11 Rodinný dom v Galante



Obr. 12 Kapilárne rohože inštalované v strope, rodinný dom v Galante