



Dokonale utesnený

Pri stavbe rodinného domu je čoraz aktuálnejšia téma šetrenia energií. Aby počas prevádzky energeticky pasívneho domu bola strata tepla čo najmenšia a energia čo najefektívnejšie využitá, významnú úlohu zohráva vzduchotesný obal domu.

Text: Inéz BÚCI, Foto: profimedia.sk, iEPD, archív firiem Createrra, Makrowin a max 15

Vzduchotesnosť obvodového plášťa zabráni únikom tepla alebo chladu a pomocou riadeného vetrania zaisťuje hygienicky optimálnu výmenu vzduchu. Najprísnejší parameter vzduchotesnosti sa vyžaduje od objektu postaveného v energeticky pasívnom štandarde. Dosiahnutie jej hodnoty $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ je pre mnohých investorov a realizačné firmy doslova adrenalínová záležitosť. Prinášame vám preto užitočné informácie a skúsenosti odborníkov z praxe, ktoré môžu cestu k vášmu energeticky pasívnemu domu uľahčiť.

Dobrá vzduchotesnosť je synonymom kvalitnej stavby, zabezpečuje budove nízku energetickú náročnosť, dlhšiu život-

nosť jej konštrukcií a zvyšuje aj účinnosť zabudovaného vetracieho zariadenia. Významným spôsobom ovplyvňuje náklady na prevádzku domu, nech je už postavený v akomkoľvek štandarde a z akéhokoľvek materiálu.

Meranie je potrebné

Akú vzduchotesnosť stavba vykazuje, ukáže Blow-door test. Základná hodnotiacia veličina je intenzita výmeny vzduchu netesnosťami obvodového plášťa za hodinu pri umelo vytvorenom rozdieli tlaku medzi exteriérom a interiérom 50 Pa. V energeticky pasívnom dome je prípustná nekontrolovaná

výmena vzduchu netesnosťami maximálne $0,6 \text{ h}^{-1}$. Blow-door test exaktne zistí parameter tesnosti objektu, preto sa oplatí realizovať ho ešte v štádiu pred uvedením budovy do prevádzky a prekrytím vzduchotesnej roviny.

Priebeh merania

Budova má pred začatím testu metódou B uzavreté okná a vonkajšie dvere. Ak ešte nie sú v obvodovom plášti budovy dokončené všetky detaily, ako napríklad komín, vodovod, prípadne električka, musia byť prestupy „obálkou“ dočasne utesnené. Meranie metódou A prebieha pri reálnych podmienkach, aké budú v dome počas užívania. To znamená, že digestor, komínové a vetracie prieduchy sa uzatvárajú len prevádzkovými klapkami.

Meranie prebieha v dvoch fázach: pri vytvorení podtlaku a pretlaku 50 Pa . Výslednú hodnotu určí počítač spríemernovaním výsledkov oboch meraní. Po skončení merania je vyhotovený záverečný protokol, kde sú zaznamenané namerané hodnoty a ich porovnanie s požadovanými hodnotami. Celý test trvá 3 až 5 hodín a vyjde vás na 300 až 400 eur.

Lokalizácia netesností

Detekciu problémových stykov a netesných miest možno urobiť niekoľkými spôsobmi. Najjednoduchší je pomocou navlhčených rúk alebo pomocou dymovej tyčinky. Touto metódou sa však nedá zistiť, aká je rýchlosť prúdenia vzduchu netesnosťami obvodovej konštrukcie. Štandardná metóda je detekcia pomocou anemometra, ktorý meria rýchlosť prúdenia vzduchu na mieste jeho priloženia. Využívaná je aj identifikácia miesta netesnosti termovíziou alebo ultrazvukom.



1 Blow-door test: Na vchodové alebo balkónové dvere sa pomocou rámu upevní neprievzdušná látka, do ktorej otvoru sa osadí špeciálny ventilátor. Jeho otáčky sú počítačom riadené tak, aby sa v meranej budove dosiahol požadovaný podtlak alebo pretlak. Každá netesnosť v obvodovom plášti budovy, ktorou uniká vzduch, núti ventilátor zvýšiť objemový prúd vzduchu – otáčky. *Makrowin*
2 Hodnota intenzity výmeny vzduchu pri tlakovom rozdiel 50 Pa prezrádza, do akej miery je dom vzduchotesný. Zistené netesnosti sa následne hľadajú napríklad pomocou anemometra. Meria rýchlosť prúdenia vzduchu na danom mieste.





Dušan MAJER

odborník na drevené okná pre EPD
certifikovaný konzultant pre pasívne domy
www.makrowin.sk

„Vyrobiť okno vhodné pre energeticky pasívny alebo nízkoenergetický dom stojí nemálo úsilia. Preto je z funkčného aj ekonomického hľadiska rovnako dôležité aj jeho správne zabudovanie: s minimálnymi tepelnými mostami a dôsledným napojením na vzduchotesnú rovinu. Podcenenie ktoréhokoľvek z množstva detailov významne ovplyvní spoľahlivosť, životnosť a tepelno-technické parametre zabudovaného okna.“



Peter JACKANIN

odborník na energetickú a technologickú
optimalizáciu budov
www.max15.sk

„Dosahnúť parametre energeticky pasívneho domu nie je také jednoduché, ako si myslia niektorí investori alebo realizačné firmy. Aj drobná chyba sa rafinovane vypomstí. Predstavený dom je obývaný od januára 2008. Blow-door test vzduchotesnosti metódou B mal v roku 2007 bez akýchkoľvek úprav hodnotu $0,17 \text{ h}^{-1}$, po drobnej úprave dokonca hodnotu $0,11 \text{ h}^{-1}$. Približne po ročnej prevádzke tohto domu sme urobili Blow-door test vzduchotesnosti metódou A. Boli sme zvedaví, ako sa na tesnosti domu prejaví ‚usadenie‘ prevádzkových klapiek vzduchotechniky, digestora, krídel okien aj celej konštrukcie – obzvlášť po víchrici, ktorá v marci 2008 v tejto lokalite dosahovala v nárazoch rýchlosť vyše 130 km/h . Hodnota $0,22 \text{ h}^{-1}$ nameraná metódou A je veľmi dobrá aj preto, že sme drevostavbu nestavali z panelov, ale z kusových prvkov na stavenisku. Vzhľadom na to, že ‚nás baví vedieť‘, absolvuje tento dom ešte minimálne jedno meranie po ďalších približne 3 rokoch prevádzky.“

Na skúsenosti z praxe nám odpovedal odborník na drevené okná pre EPD a certifikovaný konzultant pre pasívne domy Dušan MAJER a odborník na energetickú a technologickú optimalizáciu budov Peter JACKANIN:

S akými príčinami netesnosti obvodového plášťa sa v praxi najčastejšie stretávate?

DM: Najčastejšie to býva nevhodne naprojektovaná vzduchotesná rovina, dokonca aj absencia vzduchotesnej roviny. Príčinou netesnosti objektu je aj použitie nevhodného tesniaceho materiálu a nesprávne, respektíve nedostatočné prelepenie spojov parobrzdý alebo parozábrany. Lacná hliníková páska určite nie je na tento účel dostatočným riešením. Ďalej netesnosti vznikajú pri realizácii vzduchotesnej roviny:

- nedokonalé alebo žiadne napojenie parozábrany na murivo
- absencia omietok pod sadrokartónom
- nenapojenie vzduchotesnej roviny o podlahu
- nesprávna montáž okien a ich nenapojenie na vzduchotesnú rovinu



PJ: Keďže potenciálne príčiny netesnosti obvodového plášťa dôverne poznáme, vieme si so vzduchotesnosťou poradiť. Ak však môžeme vysloviť názor, asi najčastejšou príčinou netesnosti stavieb na Slovensku je skutočnosť, že v stavebnej praxi sa jej ešte stále neprisudzuje potrebná dôležitosť. Chýba tu, česť výnimkám, remeselný fortieľ s dôrazom na kvalitu každého detailu. Príčinou môže byť aj tlak na cenu zo strany investora alebo neúcta k práci predošlej profesie. V stavbe aj malého rodinného domu, najmä ak je použitý ľahký konštrukčný systém, sú tých detailov tisíce, preto výsledky meraní nie vždy potešia. Približne pred 4 až 5 rokmi boli investori konfrontovaní so skutočnosťou, že stavebné profesie sa nemali kde naučiť nové postupy práce. V súčasnosti už nie je dôvod takúto neznalosť tolerovať. Treba povedať, že stavebná prax sa v tomto vyvíja pozitívne.

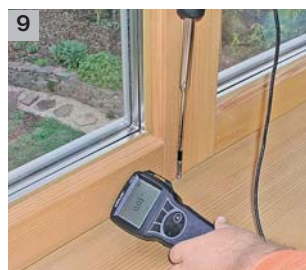
Ako najlepšie týmto chybám predísť? Ak sa už vyskytnú, dajú sa dodatočne odstrániť?

DM: Ako som už spomenul, základom je správne navrhnutá vzduchotesná rovina, následne je to kvalita realizácie a jej



3 Tento energeticky pasívny dom s difúzne otvorenou obálkou je postavený z dorastajúcich prírodných materiálov. Povrch vzduchotesnej obálky nie je materiálovo homogénny. Okrem silikátových omietok a výplní otvorov ju tvorí prevetrávaná fasáda, korkové dosky a na streche pálená krytina. *max15*

4 Protokol Blow-door testu, realizovaného metódou A možno považovať za objektívny certifikát kvality výkonov všetkých profesií podieľajúcich sa na výstavbe.



5 Digestor býva Achillovou pätou každého objektu. „Pre elimináciu netesnosti sme ho ešte pred zabudovaním konštrukčne upravili, a tak sme vedome oželeli jeho záruku od výrobcu,“ spomína Peter Jackanin.

6+7 Dvere na terasu boli počas prevádzky namáhané viac ako vchodové dvere – používali sme ich ako otvárate aj výklopné. Ako ukazujú merania, ich tesnosť bola dlhodobo spoľahlivá.

8 Maximálnu pozornosť treba venovať rozvodom elektriny. Predovšetkým v konštrukciách, ktoré nie sú difúzne otvorené.

9 Dvoje dvojkridlové okná bez stredového stĺpika napriek tomu, že sa im venovala pri montáži rovnaká pozornosť, dosahovali odlišné parametre. Na tejto fotografii je tesnejšie z nich.

10 Na celkovom zhoršení výsledku vzduchotesnosti sa významným spôsobom podieľalo práve toto okno. Pozitívom je, že dokážeme tento parameter významne zlepšiť, tak ako na predošlom okne.

11 Spoľahlivú tesnosť prevádzkových klapiek vzduchotechnickej jednotky a celého systému preukázala aj nameraná hodnota na anemometri.

12 Pod tieto parametre tesnosti dutín stúpacích rozvodov vody a kanalizácie sa podpísala odvetrávacia hlavica. Významne sa podieľala na celkovom výsledku vzduchotesnosti objektu. *max15*



13

- 13** Kľúčom na zaistenie optimalizácie priebehu výstavby a úspešné dosiahnutie energeticky pasívneho štandardu je detailné vypracovanie projektovej dokumentácie. Pasívny dom vo Frankfurte, projekt Ing. Ľubica Šimkovicová, *IEPD*
- 14** Detail správne zrealizovaného prestupu káblov cez vzduchotesnú rovinu, *Createra*
- 15** Príklad funkčného napojenia okna s izolačným trojsklom na vzduchotesnú rovinu obvodového plášťa, *Illbruck*



14



15

neustála kontrola. Treba si uvedomiť, že každé prerušenie vzduchotesnej roviny spôsobuje netesnosť, cez ktorú vniká do konštrukcie teplý vzduch. Ten v nej následne skondenzuje. Málokto si uvedomuje, že cez špáru širokú 1 milimeter a dlhú 1 meter môže za určitých podmienok – rozdielov teplôt v interiéru a exteriéri – v konštrukcii skondenzovať až 360 g vody za deň. Ak sa netesnosť vo vzduchotesnej rovine detekuje včas, vo väčšine prípadov ju možno dodatočne odstrániť.

PJ: Stotožňujem sa s názorom, že základným predpokladom dostatočnej tesnosti stavby je okrem kvalifikovaného projektanta aj permanentná kontrola jednotlivých etáp výstavby stavebným dozorom. Žiaľ, kontrola je veľmi často škrtaná nákladová položka. Pritom je nepochybné, že dominantný podiel na žiaducom parametri vzduchotesnosti môžu mať všetky profesie realizačnej firmy. Pri práci musia dbať v prvom rade na kvalitu, nie na kvantitu. Ani rýchlosť výstavby nesmie byť prioritou. Len kvalitné detaily môžu tvoriť kvalitný celok. Ak investori šetria na nesprávnom mieste, teda na kontrole, s veľkou pravdepodobnosťou si „predplácajú“ vážne problémy.

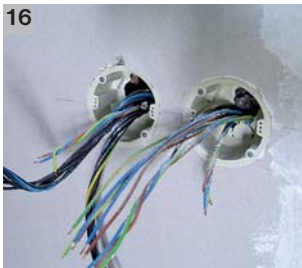
A na druhú časť otázky, či je možné chyby odstrániť, môžem povedať, že vo väčšine prípadov áno. Základný predpoklad je však nielen včasná diagnostika, ale aj následná vôľa na repasáciu zistených netesností. Objektívne treba povedať, že čoraz viac investorov a dodávateľov si už uvedomuje, že vzduchotesnosť nie je len fyzikálna, ale aj ekonomická kategória. To, že merná potreba tepla je priamo závislá od nameranej hodnoty vzduchotesnosti, dokazuje spomenutá stavba, ktorá bude mať dlhodobo nižšie nároky na zabezpečenie tepelného komfortu, nebude vyžadovať žiadne sanácie a jej životnosť bude takmer neobmedzená.

Stretli ste sa už s takými vážnymi pochybeniami pri realizácii vzduchotesnosti obvodového plášťa, ktorých dôsledky sa už nedali po odhalení Blow-door testom odstrániť, a teda objekt nedosiahol očakávaný pasívny štandard? O aké chyby išlo?

DM: Žiaľ, áno. Pôvodne deklarovaný nízkoenergetický objekt sme mali otestovať. Vzduchotesná rovina bola umiestnená nesprávne a už v projekte bolo naplánované jej prerušenie.

V ďalších prípadoch mala v masívnom konštrukčnom systéme vzduchotesnú rovinu tvoriť omietka. Najčastejší defekt v týchto stavbách bola absencia omietok pod sadrokartónom. Investori aj realizačné firmy šetřili na nesprávnom mieste. Keďže sme Blow-door test urobili vo fáze, keď profesie v interiéroch finišovali s dokončovacími nátermi, o odstránenie zistených netesností už nebol záujem a z hľadiska na ďalšie nemalé náklady ani finančné prostriedky.

PJ: Ja som sa s takýmto prípadom nestretol. Ako dokazujú naše fotografie na predchádzajúcej strane, dosahujeme hod-



16 Príklad jednej z najčastejších chýb: Ak je vzduchotesná rovina hneď za sadrokartónovou doskou, pri inštalácii štandardných inštalračných škatúľ prichádza k narušeniu vzduchotesnej roviny so všetkými negatívnymi dôsledkami.

17 Nesprávna montáž okna a jeho nenapojenie v spodnej časti na vzduchotesnú rovinu.

18+19 Vo všeobecnosti sa OSB doska považuje za spoľahlivú parozábranu. No, žiaľ, nie každá, čo dokumentujú aj fotografie spoločnosti Trinity consulting. Po prelepení OSB dosky fóliou veľkosti 50 x 50 cm sa vo fólii urobil otvor asi 0,8 x 1,2 cm. Pri vytvorení podtlaku 50 Pa bolo prúdenie vzduchu cez tento otvor šokujúcich 5,76 m/s!

20 Príklad nesprávneho prelepenia fólie, ktorá mala tvoriť vzduchotesnú rovinu.

noty hlboko pod prípustný parameter pre EPD. To dokazuje, že keď dvaja robia to isté, nie je to to isté. Keďže sa však pán Majer dostatočne obšírne vyjadril k chybám stavieb, upriamil by som pozornosť vašich čitateľov na často zanedbávanú oblasť výstavby. Vzduchotesnosťou sa totiž, česť výnimkám, zväčša nezaoberajú investori ani ich dodávatelia, ktorí rekonštruujú bytové stavby. Nedá mi nespomenúť katastrofálnu montáž pri výmene okien v panelovom dome pred jeho zateplením na jar tohto roka. Investorka, keďže nebola odborne zdatná, urobila veľmi správne rozhodnutie. To jej ušetrilo množstvo peňazí, starostí a nepochybne aj zdravotných problémov. Pred omietnutím montážnych škár ma požiadala o overenie správnosti montáže. Okrem toho, čo som mal možnosť vidieť, bolo pre mňa šokujúce, že dodávateľská firma ma

7+ pre vzduchotesnosť

- ✓ **Úspora energie:** S ohľadom na novelizáciu nariadenia o úspore energie a európske normy DIN 4108-7 a STN EN 13465 [7] je dobrá vzduchotesnosť budovy nevyhnutnou požiadavkou. Aj pri veľmi dobre zaizolovanom dome dochádza k určitým stratám energie netesnosťami v obvodovom plášti. Porovnanie vplyvu vzduchotesnosti na energetickú efektívnosť „štandardných“ a energeticky pasívnych budov ukázali, že parameter vzduchotesnosti budovy sa podieľa aj viac ako 40 percent na výške nákladov za energiu na vykurovanie.
- ✓ **Lepšia tepelná izolácia:** Dobre navrhnutá a precízne zrealizovaná vzduchotesná rovina a z exteriérovej strany vetrotesná rovina obvodovej konštrukcie budovy zlepšuje účinnosť tepelnej izolácie. V zimnom období chráni pred chladom, v letnom pred horúčavou.
- ✓ **Ochrana pred tvorbou kondenzátu v obvodovej konštrukcii:** Skondenzovaná vlhkosť v obvodovom plášti budovy významne zhoršuje jeho tepelnoizolačné vlastnosti. Okrem toho defekty vo vzduchotesnej vrstve môžu spôsobiť vážne stavebné poruchy predovšetkým v konštrukciách, ktoré sú z exteriérovej strany nepriepustné. Na to sú citlivejšie stavby z dorastajúcich prírodných materiálov, v ktorých skondenzovaná vlhkosť znižuje životnosť konštrukcie. Nepochybne lepšie sa vedú s kondenzátom vyrovnáť – bez ohľadu na zvolený konštrukčný systém a použitý materiál – difúzne otvorené konštrukcie.
- ✓ **Lepšia kvalita vzduchu:** V kvalitne postavenom objekte s riadeným vetraním je v interiéri podstatne čistejší vzduch ako v exteriéri. Každá netesnosť, každá škára v obvodovom plášti budovy jeho kvalitu v interiéri zhoršuje.
- ✓ **Koniec prievanu:** Netesnosť v obvodovom plášti stavby sa môže prejavovať napríklad studeným „tornádom“ z elektrickej zásuvky alebo spod parapetov okien. Ťažší studený vzduch, ktorý takto vnikol do interiéru, sa pohybuje pri podlahe a spôsobuje v oblasti nôh tepelný diskomfort.
- ✓ **Účinnejšia vzduchotechnika:** Netesnený obal budovy zhoršuje účinnosť vzduchotechniky a rekuperačnej jednotky. Pri zásadných netesnostiach môže byť výkon rekuperácie nedostatočný.
- ✓ **Akustická pohoda:** Hluk z exteriéru dokáže preniknúť dovnútra aj cez tie najmenšie štrbiny. Kvalitné utesnenie domu prináša domácim ďalší bonus – žiaduci akustický komfort.



opakovane presviedčala o zbytočnosti zabezpečenia vzduchotesnej a vetrotesnej roviny. Vraj to cenu plastových okien len zbytočne predražuje a počas ich praxe mal takúto požiadavku len jeden nomenovaný ministerský úradník. Keď som sa odvolal na platnú normu (STN 73 3140) a žiadal okná demontovať, očistiť a osadiť správne, vysvitlo, že normu nepoznajú. Netušili ani, aké pásy treba použiť a kde ich môžu kúpiť. Rád by som dúfal, že si platnú normu už našudovali.

Na ktoré stavebné detaily treba klásť z hľadiska vzduchotesnosti najväčší dôraz?

DM: Ako už bolo viackrát spomenuté, najčastejšie sa netesnosti prejavujú v mieste prerušenia vzduchotesnej roviny – prestup komína, nesprávne osadenie okien, prestup vodovodných/kanalizačných potrubí alebo elektrickej prípojky, napojenie vzduchotesnej roviny na podlahu alebo murovanú nosnú konštrukciu.

PJ: Bez ohľadu na použitý konštrukčný systém môže každý konštrukčný spoj a prestup cez obvodový plášť pri nesprávnom návrhu a realizácii neprijemne prekvapiť. Je dôležité, aby sa každému detailu venovala rovnaká pozornosť bez ohľadu na jeho praconosť alebo finančnú náročnosť. Prax jednoznačne potvrdila, že dobrý parameter vzduchotesnosti závisí od starostlivo dodržiavanej technologickej disciplíny. Je nevyhnutné robiť výkony precízne a v správnom poradí. Rovnako dôležitá je aj motivácia na dosiahnutie prísnych parametrov EPD všetkými zainteresovanými a dôsledná kontrola všetkých fáz výstavby. Racionálne uvažujúci partneri vo výstavbe nepo-



21 Zaujímavosťou pasívneho domu v Kostolnej s nosnou konštrukciou z Ytongu je aplikácia vzduchotesnej roviny do exteriéru, $n_{50} = 0,37 \text{ h}^{-1}$, IEPD

22 Objekt materskej školy v Drážďanoch postavený v pasívnom štandarde, architekt Olaf Reiter, IEPD



kladajú precízny stavebný dozor, teda kontrolu, za šikanovanie. Kvalifikovaná kontrola nie je síce lacná a niekedy je aj neprijemná, avšak je to jednoznačne najrýchlejšia a najjednoduchšia možnosť veľa sa naučiť. Isto mi dáte za pravdu, že je rozumné, ak už ktokoľvek urobí chybu, aby ju urobil dvakrát – prvý a posledný.

V akej fáze výstavby je ideálny čas na absolvovanie Blow-door testu?

DM: Blow-door test sa vykonáva metódou A a B. Metóda B je prvá v poradí. Vykonáva sa počas výstavby, keď ešte môžu realizačné firmy prípadné netesnosti opraviť. Metóda A sa už vykonáva v prevádzkovom stave budovy. Okná, dvere a prevádzkové klapky sa zatvoria. Žiadne ďalšie opatrenia sa nevykonávajú. Pri tejto metóde sa už vo väčšine prípadov detekované netesnosti nedajú odstrániť.

PJ: Ja by som už len doplnil, že ak niektorí investori jeden z testov alebo dokonca oba odignorujú, usilujú sa šetriť. Prírodzene, je to šetrenie na nesprávnom mieste. Zastávam názor, aby sa prípadné defekty zistili a odstránili čo najskôr a čo najlacnejšie. Rozhodne skôr, ako by sa začali negatívne prejavovať počas prevádzky. Spoľahlivé zastavenie transportu vzdušnej vlhkosti do roviny izotermy rosného bodu v konštrukcii obvodového plášťa v obývanej stavbe – bez ohľadu na použitý konštrukčný systém – totiž nemusí byť jednoduchá ani lacná záležitosť.

Kto vykonáva skúšku vzduchotesnosti?

PJ: Dnes je na Slovensku už viacero podnikateľských subjektov, ktoré vlastnia potrebnú technológiu a vedú stavbu kvalifikovane otestovať. Spoločnosť max 15 spolupracuje so spoločnosťou Makrowin. Našu dôveru si získali už v roku 2005. Do stavieb zabudovávali svoje okná vzduchotesne v období, keď sa tomuto parametru na Slovensku neprikladala žiadna dôležitosť. Firma s takýmto kvalitatívnym a technologickým náskokom – ako jediný slovenský výrobca drevených okien je držiteľom certifikátu PHI Darmstadt, ktorý dokladuje ich vhodnosť na zabudovanie do EPD – má jednoznačne množstvo cenných skúseností. Ak to mám vyjadriť aj trochu inak – uľahčuje nám našu prácu.

DM: Môžem potvrdiť, že nie sme na Slovensku jediní, kto vie tesnosť stavby otestovať. Pôvodne sme túto službu mienili poskytovať našim zákazníkom, ktorí by tak dostali vo fáze merania metódou B garanciu, že sme im naše okná nielen vyrobili, ale aj nainštalovali technologicky správne a kvalitne. Verili sme, že nás naši zákazníci požiadajú aj o test metódou A. O niečo neskôr sme sa však rozhodli pomôcť zvyšovať kvalitu stavieb na Slovensku aj externým meraním. Uvedomili sme si, že len exaktná certifikovaná metóda merania čo najväčšieho množstva stavieb môže zlepšiť kvalitu projekčných aj realizačných subjektov. ■