

# VYUŽITIE TECHNOLOGIE BIELEJ VANE PRI VÝSTAVBE MALÝCH REZIDENČNÝCH STAVIEB

*Matej Špak<sup>1</sup>*

V zhoršených základových pomeroch, kde je napr. vysoká hladina spodnej vody, pôsobenie tlakovej vody, prípadne výskyt agresívnej vody v prostredí podlažia, je možné účinne a efektívne využiť tzv. technológiu bielej vane. Biele vane sa v súčasnosti úspešne využívajú hlavne pri stavbách väčšieho rozsahu, akými sú napr. veľké obytné, administratívne a obchodné objekty, prípadne objekty pre priemyselnú výrobu a skladovanie. Technológia bielej vane je však vhodná aj pre stavby menšieho rozsahu, prípadne aj malé rezidenčné stavby, akými sú napr. rodinné domy. V článku je popísaný návrh a realizácia bielej vane v rámci výstavby rodinného domu. Na zhotovenie konštrukcií bol pritom použitý špeciálne navrhnutý betón s obsahom netradičných vlákien na báze čadiča.

## **1 Biela vaňa**

Pojem biela vaňa vychádza zo základnej definície tohto typu konštrukcie. V zmysle smernice pre biele vane je termín „biela vaňa“ definovaný ako železobetónový podzemný priestor obytných a priemyselných stavieb, kde má betón popri nosnej funkcii aj úlohu tesnenia proti podzemnej a zemnej vlhkosti [1]. Znamená to teda, že takáto podzemná konštrukcia nie je dodatočne izolovaná proti vode a vlhkosti tradičnými materiálmi (fólia, asfaltové pásy, hydroizolačný náter, a pod.), ktoré sú väčšinou tmavej farby. Aby bolo možné zabezpečiť splnenie požiadavky vodotesnosti konštrukcie je potrebné okrem mechanickej odolnosti uvažovať aj s odolnosťou konštrukcie proti prieniku vody a vlhkosti do a cez konštrukciu. Medzi základné predpoklady pre dosiahnutie požadovanej kvality bielej vane patria dostatočná kvalita a hrúbka betónu, ktoré zabezpečia jeho vodonepriepustnosť bez ohľadu na veľkosť hydrostatického tlaku. Ďalším predpokladom je zabezpečenie obmedzenia vzniku trhlín, a to použitím vhodných konštrukčných, technologických a výrobných opatrení. Významnú úlohu hrá aj množstvo a rozmiestnenie výstuže, ktorou sa dá kontrolovať rozvoj trhlín, pričom cieľom nie je úplne zamedziť ich vzniku, ale obmedziť predovšetkým ich šírku. Medzi základné prvky charakterizujúce bielu vaňu patrí aj možnosť dodatočného utesnenia trhlín a škár, v prípade, že cez ne po zhotovení presakuje voda.

### **1.1 Požiadavky na konštrukciu**

Pri návrhu bielej vane je potrebné zvažovať viacero faktorov, ktoré zohľadňujú podmienky funkčnosti budúcej konštrukcie. Základné požiadavky na trvanlivosť betónovej konštrukcie, zloženie a vlastností použitého betónu a požiadavky na zhotovovanie betónovej konštrukcie sa zabezpečia splnením príslušných technických noriem, predovšetkým STN EN 1992-1-1, STN EN 206 a STN EN 13670 [2,3,4].

---

<sup>1</sup> Ing. Matej Špak, PhD. mult., BetónRacio, s.r.o., Skladová 2, 917 01 Trnava, pracovisko Veľký Šariš Železničná 9, 082 01 Veľký Šariš, tel.: +421 918 863077, mail: spak@betonracio.sk

Okrem týchto požiadaviek je pri bielej vani potrebné zaistiť aj ďalšie špecifické požiadavky, ktoré vyplývajú z jej špecifickej funkcie vodotesnosti. Na základe hydrogeologického prieskumu sa určí vplyv prostredia, predovšetkým výskyt a parametre podzemnej vody (hydrostatický tlak, výška a kolísanie hladiny spodnej vody, chemické zloženie vody atď.), ktorá má zásadný vplyv na návrh konštrukcie a typu betónu. Výsledný návrh parametrov konštrukcie a zloženia betónu závisí aj od podmienok pôsobenia podzemnej vody, na základe ktorých sa stanoví trieda namáhania (tlaková, priesaková voda, zemná vlhkosť a pod.) a taktiež od triedy využívania konštrukcie, teda prípustnosť, resp. neprípustnosť priesaku vody v kvapalnej forme.

## **1.2 Požiadavky na betón**

Aby bola zabezpečená vodonepriepustnosť betónu, musí obsahovať čo najmenšie množstvo otvorených pórov, teda pórov, ktoré sú kapilárne spojené a umožňujú vnútorný transport kvapalnej vody. V zmysle normy STN EN 12390-8 sa za vodonepriepustný betón považuje taký betón, ktorého max. priesak tlakovou vodou pri skúške nepresiahne 50 mm [5]. Takáto hodnota max. priesaku sa dá bezpečne dosiahnuť pri  $v/c \leq 60$  mm. V smernici SmeBV [1] je pre konštrukcie s min. hrúbkou podľa tab. 3.3 smernice a s triedou namáhania 1 predpísaný  $v/c \leq 0,55$ . V smernici sú uvedené min. hrúbky konštrukcie steny a základovej dosky, a to v závislosti od triedy namáhania a od metódy zhotovenia. Pre konštrukciu zhotovenú z monolitického betónu pri triede namáhania 1 je to min. 240 mm pre stenu a 250 mm pre základovú dosku.

Na zvýšenie vodonepriepustnosti betónu je okrem čo najnižšieho  $v/c$  vhodné použiť aj špeciálne prímеси a prísady. Vhodné sú predovšetkým prímеси, ktoré znižujú objem pórov a zlepšujú pórovú štruktúru betónu, resp. prímеси s funkciou sekundárnej kryštalizácie.

Na obmedzenie vzniku trhlín je vhodné použiť cement s pomalým vývojom hydratačného tepla, resp. kombináciou vhodného cementu a prímеси. V takom prípade sa dá lepšie zabezpečiť rovnomerné tuhnutie a tvrdnutie betónu a výrazne tak obmedziť vznik a šírku trhlín spôsobených zmrašťovaním. Nevyhnutné je taktiež dodržiavať vhodný spôsob spracovania a ošetrovania betónu.

## **2 Betón pre bielu vaňu**

Na mieru navrhnutý betón pre bielu vaňu bol aplikovaný na konštrukcii základovej dosky a obvodovej steny 1. PP objektu rodinného domu. Celková plocha zhotovenej základovej dosky bola cca 100 m<sup>2</sup> a pohľadová plocha obvodovej steny vrátane otvorov cca 102 m<sup>2</sup> (výška steny 2,70 m).

Pre danú stavbu rodinného domu bola na základe podmienok pôsobenia podzemnej vody určená trieda namáhania 1. Vzhľadom na to, že sa jedná o objekt určený na bývanie a v suteréne sú plánované aj obytné priestory, bola pri návrhu uvažovaná trieda využívania A. V statickom návrhu bola zvolená základová doska hr. 300 mm a steny 1. PP taktiež hr. 300 mm.

### **2.1 Použité materiály a zloženie betónu**

Nevyhnutnými požiadavkami na betón pre bielu vaňu je maximalizovanie hutnosti betónu, resp. obmedzenie množstva a veľkosti pórov betónu a taktiež minimalizovanie hydratačného tepla pre obmedzenie vzniku a šírky trhlín. Pre dosiahnutie nízkeho hydratačného tepla a jeho pomalého vývoja bol použitý cement CEM III/A 32,5 R (CRH, Turňa nad Bodvou) v kombinácii s pomerne vysokým

množstvom prímiesi, popolčeka do betónu podľa STN EN 450-1 (Ferroenergy, Košice-Šaca). Touto kombináciou sa zabezpečil priaznivý priebeh hydratácie betónu. Pre obmedzenie vzniku mikrotrhlín na povrchu betónu a zároveň zvýšenie ťahovej pevnosti betónu bola použitá rozptýlená výstuž vo forme vlákien na báze čadiča BASALT FIBER BF 13 - 12p (Orlimex). Jedná sa o vlákna s dĺžkou 12 mm a základným priemerom 13  $\mu\text{m}$ . Použitie vlákien malo pozitívny vplyv aj na mechanické parametre a hutnosť betónu. Ako plnivo bolo použité prírodné hutné ťažené kamenivo (Geča), a to vo frakciách 0/4, 4/8 a 8/16. Aby bola dosiahnutá vhodná spracovateľnosť a aby sa dosiahla požadovaná kvalita povrchov betónových konštrukcií, betón bol navrhnutý v konzistencii S4. Vzhľadom na vzdialenosť stavby od betonárne, navrhovaný spôsob spracovania čerstvého betónu (pumpovanie, vibrovanie) a tvarové charakteristiky konštrukcií bola požiadavka na dobu spracovania min. 90 min. Preto bola použitá plastifikačná prísada na báze PCE Berament HT5621 (BetónRacio, Trnava), ktorá v kombinácii s ostatnými zložkami vytvorila optimálnu zmes. Výsledná špecifikácia betónu bola nasledovná:

SmeBV - C 25/30 (56) – XA1, XC3 (SK) – CI 0,2 –  $D_{\text{max}}16$  – S4  
 – max. priesak 50 mm podľa STN EN 12390-8.

Z uvedenej špecifikácie vyplýva, že konečná charakteristická pevnosť má byť dosiahnutá po 56 dňoch. Na základe špecifikácie a požadovaných parametrov betónu a plánovanému spôsobu jeho spracovania bola následne navrhnutá a overená receptúra. Návrh zloženia betónu vychádzal z doterajších skúseností s podobným typom betónu vyrábaného z rovnakých zložiek. Vodný súčiniteľ navrhnutého betónu je 0,56, avšak bez uvažovania vplyvu popolčeka, keďže v súčasnosti platné normy neuvádzajú k-hodnotu pre popolček použitý s cementom CEM III/A (je potrebné aplikovať ekvivalentnú koncepciu posúdenia vlastností kombinácií cementu a prímiesi). Dlhoročné skúsenosti z výroby však potvrdzujú pozitívne výsledky viacerých výskumov z oblasti spolupôsobenia popolčeka s troskou (ternary cementitious system). V tabuľke 1 je uvedené navrhované zloženie betónu podľa uvedenej špecifikácie a z vyššie popísaných zložiek.

Tabuľka 1: Návrh zloženia betónu

Zložka	Cement	Prímies	Voda	Prísada	Vlákná	Kamenivo
Druh	CEM III/A 32,5 R	Popolček do betónu	-	Berament HT5621	BF 13-12p	Geča
Množstvo [kg/m <sup>3</sup> ]	270	70	159	1,9	1,0	1850

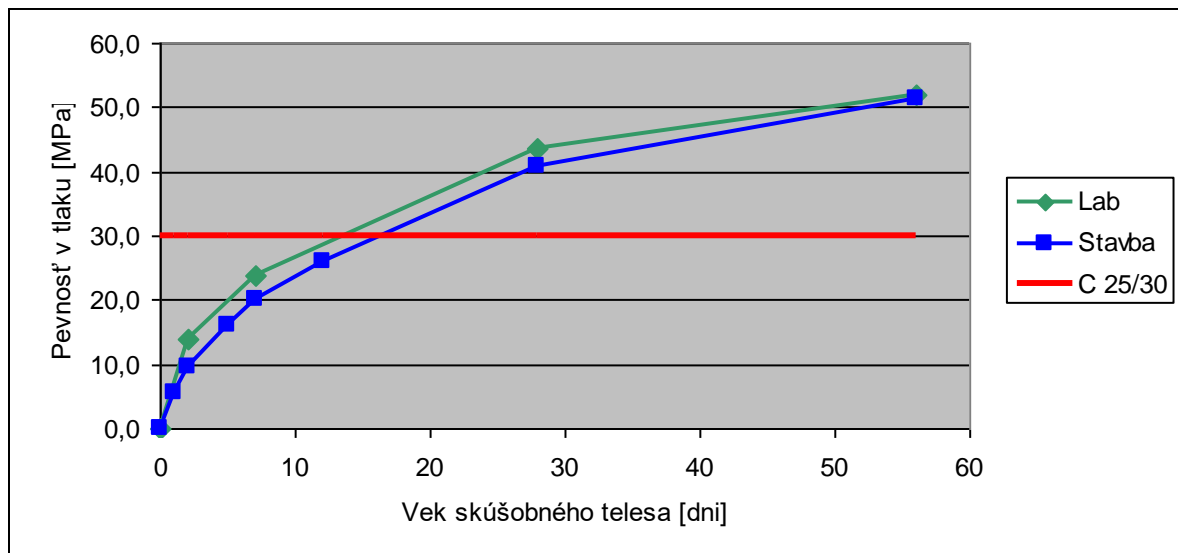
## 2.2 Overenie vlastností betónu

Podľa navrhutej receptúry bol v laboratóriu pripravený betón a vyskúšané jeho základné vlastnosti. Na čerstvom betóne bola skúšaná konzistencia a jej zmena v čase a objemová hmotnosť ČB. Na zatvrdnutom betóne bola skúšaná pevnosť v tlaku po 2, 7, 28 a 56 dňoch, objemová hmotnosť ZB vo vysušenom stave, nasiakavosť a odolnosť proti priesaku tlakovej vody.

Výsledky skúšok podľa predpokladu dosiahli očakávané hodnoty. Konzistencia meraná skúškou sadnutím kužeľa čerstvého betónu bola po zamiešaní 200 mm (stupeň S4), po 30 min. 180 mm, po 60 min. 170 mm a po 90 min. 160 mm. Objemová hmotnosť čerstvého betónu bola 2360 kg.m<sup>-3</sup>.

Pevnosť v tlaku po 2 dňoch tvrdnutia bola 13,9 MPa, po 7 dňoch 23,8 MPa, po 28 dňoch 43,7 MPa a po 56 dňoch 52,1 MPa. Podobný trend priebehu nárastu

pevností v tlaku sa potvrdil aj na vzorkách odobratých na stavbe počas realizácie. V grafe na obr. 1 je znázornený časový priebeh vývoja pevnosti v tlaku pre vzorky pripravené v laboratóriu a vzorky odobraté zo stavby. Z výsledkov je zrejmé, že zloženie betónu bolo mierne predimenzované, keďže projektovaná pevnostná trieda betónu C 25/30 bola s veľkou rezervou prekonaná už po 28 dňoch. Z časových dôvodov však nebolo možné danú receptúru ďalej optimalizovať.



Obr. 1: Časový vývoj pevnosti v tlaku betónu

Objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu vo vysušenom stave bola  $2\,263\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nasiakavosť zatvrdnutého betónu bola 3,73 %. Práve v prípade nasiakavosti boli pred realizáciou najväčšie obavy o dosiahnutie priaznivých výsledkov, keďže pri bežných betónoch vyrobených z rovnakých zložiek dosahuje nasiakavosť dlhodobé hodnoty okolo 5 %. Maximálny nameraný priesak tlakovou vodou na daných vzorkách bol 12/9/8 mm pre jednotlivé skúšobné telesá. Tieto hodnoty zodpovedajú, resp. sú o niečo lepšie v porovnaní s podobným betónom s použitím popolčeka. Vzhľadom na projektovanú kryciu hrúbku výstuže 30 mm je hodnota dosiahnutého priesaku plne dostačujúca.

Použitie čadičové vlákna vďaka svojim parametrom (veľký špecifický povrch, chemická rezistencia, teplotná stálosť a pod.) spolu s vhodným plastifikátorom umožnili pripraviť pomerne hutný betón (objemová hmotnosť ZB o cca 2,5 % vyššia oproti porovnateľnému betónu bez vlákien), čo sa prejavilo na zvýšenej odolnosti proti priesaku tlakovej vody, zníženej nasiakavosti a zvýšenej pevnosti v tlaku, a to bez toho, aby nepriaznivo ovplyvnili spracovateľnosť čerstvého betónu.

### 3 Konštrukcia bielej vane

#### 3.1 Návrh a príprava

Stavba rodinného domu sa nachádza v Košickej kotline v dolnej časti údolia východného toku rieky Torysa. Podlažie v danej lokalite je tvorené prevažne ílovcami a ílmi a je preto pomerne málo únosné (predpokladaná únosnosť 80 – 100 kPa). Stavba sa nachádza v miernom svahu cca 7-8°. Z hľadiska nepriepustnosti je podľa smernice pri triede zaťaženia 1 a spôsobe zhotovovania monolitickou konštrukciou odporúčaná min. hrúbka základovej dosky 250 mm a hrúbka steny 240 mm. Pri návrhu boli zohľadnené aj technologické parametre zhotovovania konštrukcie, predovšetkým spôsob debnenia, parametre a poloha výstuže a spôsob ukladania

betónu. Vzhľadom na zlé základové pomery a ďalšie uvedené faktory bola navrhnutá základová doska s hrúbkou 300 mm a steny 1. PP s hrúbkou taktiež 300 mm. Betón bol dodávaný z betonárne CRH Prešov – Haniska, pričom dopravná vzdialenosť bola cca 17 km, bez zvláštnych dopravných obmedzení.

### 3.2 Realizácia

Pred betónovaním samotnej základovej dosky bola zhotovená podkladová vrstva z betónu tr. C 16/20, aby bol podklad pod doskou rovný a súdržný. Ílové podložie totiž nebolo možné počas jarných daždivých dní z dôvodu tvorby blata a rozplavovania podložia udržať spôsobilé na pokládku výstuže a následného betónovania základovej dosky. Štrkový podsyp je pri ílových pôdach nevhodný, kvôli zadržiavaniu vody a obmedzenej schopnosti jej odtečenia, resp. vsiaknutia do podložia. Medzi podkladovým betónom a základovou doskou bola uložená separačná fólia, aby nedochádzalo k odčerpávaniu vody z uloženého betónu do podkladovej vrstvy, a tým k jeho rýchlemu vysychaniu.

V mieste napojenia steny na základovú dosku bola nanosená špeciálna izolačná flexibilná stierka. Pracovná špára medzi základovou doskou a stenou bola opatrená izolačným plechovým pásom s asfaltovou povrchovou úpravou. Na sekundárne zabezpečenie tesnosti spoja konštrukcií sa ďalej odporúča použiť injektážna hadička, cez ktorú je v prípade potreby (napr. lokálny priesak cez spoj) možné injektovať netesnosť. Možnosť dodatočného utesnenia netesností patrí medzi základné predpoklady správnej funkcie bielej vane počas jej životnosti. V prípade popisovaného projektu však injektážna hadička nebola použitá, a to vzhľadom na hrúbku konštrukcií a dvojitú izoláciu pracovnej škáry, ktorá dostatočne zabezpečuje jej vodonepriepustnosť. Na obr. 2 je znázornená konštrukcia základovej dosky pred uložením betónu a po zabetónovaní, vrátane tesniaceho pásu a izolačnej vrstvy v mieste styku dosky a steny.



Obr. 2: Tesniaci plechový pás pred realizáciou dosky (vľavo) a po realizácií (vpravo)

Podobne ako pri realizácií podkladového betónu a základovej dosky, aj v prípade stien bolo na zhotovenie konštrukcií použité systémové debnenie. Vzhľadom na pomerne veľkú hrúbku stien (300 mm) ostal aj pri hrúbke krycej vrstvy 30 mm dostatočný priestor na komfortné ukladanie a zhutňovanie uloženého betónu. Nastavenie konzistencie čerstvého betónu v triede S4 (s už pridanými čadičovými vláknami) umožnilo bezproblémové ukladanie a zhutňovanie betónu. Jednoduchou úpravou zloženia možno dosiahnuť aj ľahko zhutniteľný betón, čo by ešte zvýšilo komfort spracovania betónu. Všetky konštrukcie boli zhotovované pomocou pumpy

a zhutňované ponorným vibrátorom. Takto bolo možné vytvoriť kompaktné, hutné a homogénne konštrukcie s požadovanou odolnosťou proti priesaku vody.



Obr. 3: Príprava výstuže a debnenia nosnej steny (vľavo) a hotová ŽB stena (vpravo)

Na obr. 3 je znázornená príprava debnenia a výstuže nosnej steny a taktiež hotová ŽB stena. Na prepojenie nadväzujúcich konštrukcií základov boli použité vylamovacie dielce.

#### 4 Záver

Biele vane sú nepochybne perspektívnou variantou zhotovovania podzemných konštrukcií pozemných stavieb aj v prípade malých rezidenčných stavieb, akými sú napr. aj rodinné domy. Pre vyššiu časovú a hlavne nákladovú efektívnosť je však potrebné optimalizovať zloženie betónu. Využitím progresívnych materiálov, akými sú čadičové vlákna a ich vhodnej kombinácií so špeciálne navrhnutými betónmi je možné dosiahnuť nadpriemerné parametre bielej vane pri súčasnom znížení nákladov, čo je nevyhnutný krok k výraznejšiemu rozšíreniu technológie do segmentu malých rezidenčných stavieb. Už pri návrhu je však potrebné zohľadňovať spolu konštrukčné riešenie bielej vane, zloženie a parametre betónu ako aj spôsob jeho spracovania.

#### Literatúra

- [1] *Smernica pre vodonepriepustné betónové konštrukcie – biele vane. SKSI (2012)*
- [2] *STN EN 1992-1-1+A1: Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy (Konsolidovaný text) (2015)*
- [3] *STN EN 206+A1: Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda (2017)*
- [4] *STN EN 13670: Zhotovovanie betónových konštrukcií (2010)*
- [5] *STN EN 12390-8: Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 8: Hĺbka presiaknutia tlakovou vodou (2011)*