

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



ŘEŠENÍ BÍLÉ VANY

Water-tight basement floor

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Tereza Holubová

Vedoucí práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE****I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE**Příjmení: Holubová Jméno: Tereza Osobní číslo: 468302Zadávající katedra: 11133Studijní program: Stavební inženýrství B3651Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb**II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI**Název bakalářské práce: Řešení bílé vanyNázev bakalářské práce anglicky: Water-tight basement floor

Pokyny pro vypracování:

Konstrukční řešení zadaného objektu, předběžný statický návrh, odborná studie na téma bílé vany

Návrh bílé vany zadaného objektu

Výkresová dokumentace (schématické výkresy tvaru vybraných podlaží, výkres výtuzte suterénu)

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.Datum zadání bakalářské práce: 26. 2. 2020Termín odevzdání bakalářské práce: 17. 5. 2020*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*_____
Podpis vedoucího práce_____
Podpis vedoucího katedry**III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ**

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání_____
Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 24. 5. 2020

.....
Tereza Holubová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivě Broukalové, Ph.D. a externím inženýrům za cenné připomínky a především ochotu, trpělivost a rady pro řešení bakalářské práce i přes veškeré nepříznivé podmínky.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na technologii bílé vany s následným podrobným návrhem podzemního podlaží bytového domu. První část práce je věnována problematice bílých van s popisem postupu při návrhu dle jednotlivých evropských směrnic a jejich porovnání. Dalšími tématy, kterými se práce zabývá jsou výpočet a omezení šířky trhlin, těsnění spár a prostupů a sanace těchto konstrukcí. V druhé části bakalářské práce je proveden předběžný statický výpočet nosných konstrukcí objektu společně s podrobným návrhem spodní stavby. Nedílnou součástí práce je přiložená výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bílá vana, vodonepropustný beton, vynucené přetvoření, šířka trhlin, těsnění spár

ABSTRACT

The bachelor's thesis is focused on the technology of a white tank with the subsequent detailed design of the underground floor of an apartment building. The first part of the work is devoted to the issue of so-called white tanks with a description of the process of designing according to individual European guidelines and their comparison. Other topics that the work deals with are: the calculation and reduction of crack widths, sealing of joints and penetrations and rehabilitation of these structures. In the second part of this bachelor's thesis, a preliminary static calculation of the load-bearing structures of the building has been performed together with a detailed design of the substructure. An integral part of the work is the attached drawing documentation.

KEY WORDS

White tank, waterproof concrete, forced deformations, crack width, joint sealing

Obsah:

ÚVOD	8
1. BÍLÁ VANA	9
1.1 Vodonepropustný beton	10
2. PODKLADY PRO NÁVRH A PROVÁDĚNÍ BÍLÉ VANY	12
2.1 Návrh konstrukce dle TP ČBS 02	12
2.1.1 Klasifikace	12
2.1.2 Zatížení	16
2.1.3 Dimenzování	17
2.2 Návrh konstrukce dle TP ČBS 04	19
2.2.1 Klasifikace	21
2.2.2 Dimenzování	23
3. OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN	24
3.1 Výpočet šířky trhlin	24
3.2 Omezené přetvoření základové desky	26
3.3 Omezené přetvoření stěny	29
4. TĚSNĚNÍ SPÁR A PROSTUPŮ	32
4.1 Druhy spár a jejich těsnění	32
4.1.1 Těsnění spár dle TP ČBS 02	34
4.1.2 Těsnění spár dle TP ČBS 04	35
4.1.3 Těsnící prvky	36
4.2 Těsnění prostupů	39
5. SANAČNÍ OPATŘENÍ PORUCH BÍLÝCH VAN	41
5.1 Plošné průsaky	41
5.2 Průsaky trhlínami a pracovními spárami	41
ZÁVĚR	43
SEZNAM LITERATURY	45
PŘÍLOHY	47
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	47

ÚVOD

Konstrukce bílé vany je v dnešní době jeden z nejvíce využívaných způsobů těsnění spodní stavby proti prostupu vody. Její správná funkce spočívá nejen v dodržení technologického postupu při realizaci, ale především v jejím návrhu, který je z důvodu splnění předepsaných požadavků omezen několika podmínkami. V České republice se z důvodu chybějící jednotné normy pro návrh bílých van užívají evropské směrnice.

Textová část práce se kromě popisu principu a užití bílé vany, příp. funkce samotného betonu jako vodonepropustného materiálu, věnuje především představení jednotlivých směrnic. Na základě jejich požadavků je stanovena limitní hodnota šířky trhlin, která je při návrhu stěžejním faktorem pro spolehlivě fungující konstrukci po celou dobu její životnosti. Ke vzniku trhlin dochází v důsledku působení přímých a nepřímých zatížení. Jejich šířku lze následně stanovit s pomocí podrobného výpočtu, který je dán příslušnou českou normou. Důležitou kapitolou práce je také popis možných způsobů těsnění veškerých spár a prostupů.

Předmětem druhé části bakalářské práce je zpracování předběžného statického návrhu nosných konstrukcí bytového objektu s následným podrobným návrhem spodní stavby – bílé vany. Spodní stavba je navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti (omezení šířky trhlin) s přihlédnutím k podmínkám dané směrnice. Nedílnou součástí statického výpočtu je přiložená výkresová dokumentace.

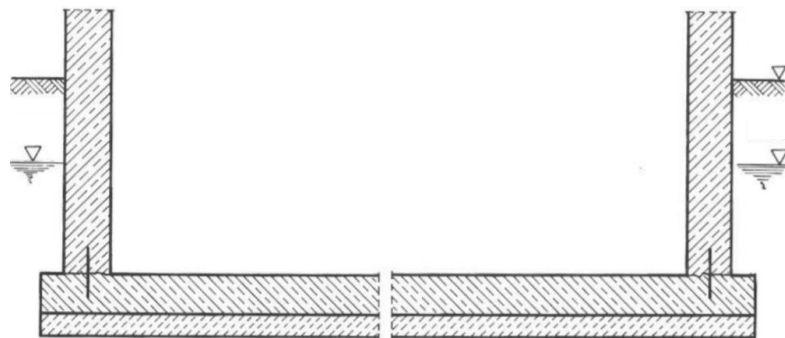
Cílem této práce je představení metodiky návrhu bílých van dle jednotlivých evropských směrnic. Aplikace nově získaných poznatků je následně demonstrována na běžném příkladu z praxe.

1. BÍLÁ VANA

Pojmem „bílé vany“ se označují vodonepropustné betonové konstrukce, které kromě nosné funkce plní též funkci těsnící proti prostupu vody bez použití dalších hydroizolačních vrstev. Toto označení se objevilo v 80. letech 20. století v Německu (německy Weiße Wannen), kde se zmíněná technologie uplatnila při realizaci suterénů fungujících na principu kompaktních vodonepropustných konstrukcí bez dodatečných hydroizolací.

Pro zajištění správné funkce konstrukce, tedy její vodonepropustnosti, se kromě standardního návrhu (MSÚ, MSP a trvanlivosti) řeší specifické detaily jako jsou vznik trhlin v betonu, těsnění spár a prostupů či zpracování a ošetřování betonu. V neposlední řadě je důležité zmínit i vhodný výběr zhotovitele, který společně s projektantem stojí za úspěšnou a kvalitní realizací. I přesto však musíme počítat s faktem, že za určitých podmínek a určitého způsobu užití vnitřních prostor je povolen průsak určitého množství vody (neplatí pro těsněné spáry).

Technologie bílých van je využívána u mnoha druhů staveb, jejichž vnitřní prostory chráníme před vodou či vlhkostí z vnějšího okolí. Jedná se především o objekty s podzemními podlažími užívanými jako garáže, sklady či prostory pro domovní techniku. Dále jsou to průmyslové stavby (přesněji kolektory či strojovny) a dopravní stavby – tunely, galerie s otevřenou konstrukcí a jiné. Stejný princip je aplikován i u vodohospodářských staveb, avšak u některých typů konstrukcí se snažíme zamezit průniku vody z vnitřního prostoru do vnějšího, tedy obráceně.

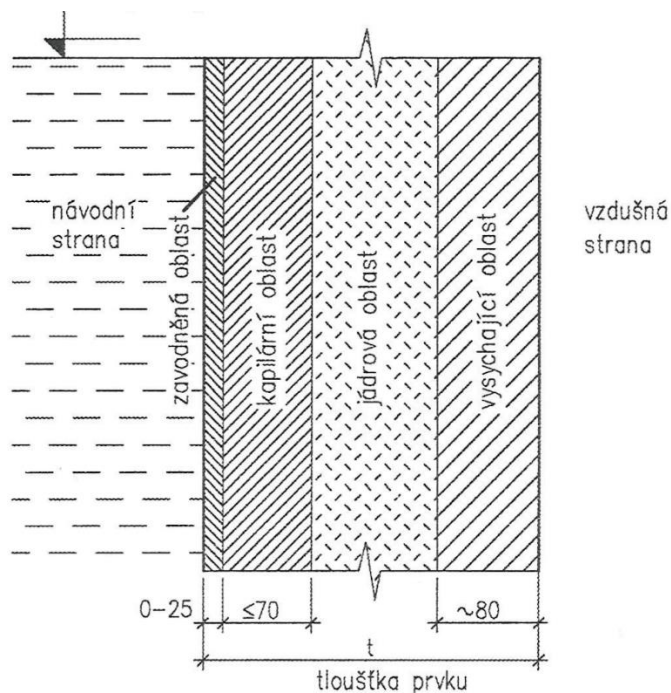


Obr. 1 Bílá vana [2]

1.1 Vodonepropustný beton

Beton je porézní materiál obsahující mikropóry a mikrokapiláry vznikající v důsledku zpracování betonu, resp. odpařování přebytečné vody. Vzhledem k tvorbě těchto pórů je zřejmé, že (v praxi běžně používané) označení samotného betonu jako vodotěsného, tedy nepropouštějícího vodu, není zcela pravdivé. Této schopnosti bychom docílili pouze s povrchovou úpravou, tzv. sekundární ochranou (hydroizolace apod.). Díky struktuře lze tedy beton považovat za materiál, do kterého tlaková voda pronikne pouze do určité hloubky, avšak dále neprosakuje. Zmíněnou vlastnost označujeme jako vodonepropustnost.

Působením jednostranného tlaku vody dochází k transportu vody betonovým prvkem, v němž je tak možné rozlišit čtyři oblasti (viz Obr. 2). Zavodněná oblast, vznikající na návodní straně, je vodou plně nasycená zóna, do které voda proniká hydrostatickým tlakem, přesněji permeací. Hloubka této oblasti se uvažuje maximálně 25 mm a závisí převážně na výšce vodního sloupce a kvalitě (složení) betonu. Navazující oblastí je tzv. kapilární oblast, jejíž hloubka dosahuje – i přes dlouhodobé působení velkého tlaku vody – maximálně 70 mm. Důvodem je schopnost samotěsnění betonu v důsledku interakce cementového gelu a prosakující vody. U druhého líce prvku se nachází poslední oblast označovaná jako vysychající. Z té se uvolňuje vlhkost z betonu do okolního prostoru difúzí vodních par a její hloubka činí cca 80 mm. Střední oblast nazýváme jádrovou.



Obr. 2 Oblasti prvku z vodonepropustného betonu [2]

Pro stanovení vodonepropustnosti betonu postupujeme dle ČSN EN 12390-8 [10]. Zkouška probíhá po dobu 72 hodin, kdy na zkušební těleso (válec, krychle nebo hranol o stáří minimálně 28 dnů, s délkou hrany nebo průměrem 150 mm) z jedné strany působí vodní tlak o hodnotě 500 kPa. Po zkušební době se těleso vyjme, kolmo na zatěžovanou plochu rozlomí a určí se maximální hloubka průsaku, která se běžně požaduje maximálně 50 mm.

Tloušťka stěny se podle německé [3] i rakouské [1] směrnice stanovuje v závislosti na působícím tlaku vody. Uvažujeme-li působení malého tlaku, udává nám německá směrnice minimální tloušťku 200 mm, v případě rakouské směrnice je to pak 300 mm. S ohledem na několikaleté zkušenosti s realizací vodonepropustných konstrukcí je nutné podotknout, že minimální tloušťka uvedená v německé směrnici není dostačující. Za vhodnější hodnotu považujeme 250 mm.

Základním technologickým parametrem, který ovlivňuje vodonepropustnost betonu, je množství záměsové vody, resp. vodní součinitel. S jeho zvyšující se hodnotou narůstá množství kapilárních pórů, které jsou částečně spojitě, a ovlivňují tak transport vody prvkem. Z toho důvodu je doporučeno uvažovat vodní součinitel menší než 0,45. Důležitou roli samozřejmě hraje také dokonalé zpracování a hutnění betonu, který musí být následně ošetřován po dobu minimálně 14 dnů.

2. PODKLADY PRO NÁVRH A PROVÁDĚNÍ BÍLÉ VANY

Česká republika dosud nedisponuje normou pro návrh a provádění bílé vany. Výjimkou je norma pro nádrže na kapaliny a zásobníky ČSN EN 1992-3 [11], která je však svým zněním velmi specifická. Pro návrh se nabízí použití evropských směrnic, které byly vydány v návaznosti na příslušné národní normy. Jedná se o překlad německé směrnice včetně komentáře pod označením TP ČBS 04 – Vodonepropustné betonové konstrukce [2], příp. překlad rakouské směrnice pod označením TP ČBS 02 – Bílé vany – Vodonepropustné betonové konstrukce [1]. Principem těchto směrnic, které budou blíže představeny v dalších kapitolách, je zatřídění konstrukce do specifických tříd zohledňujících druh konstrukce, účel stavby a parametry vnějšího prostředí. Možnost kombinace norem z jednotlivých souborů je nepřípustná, pokud to není výslovně povoleno.

2.1 Návrh konstrukce dle TP ČBS 02

Aplikací českého překladu rakouské směrnice (viz [1]) pro řešení bílé vany klademe důraz na hospodárnost návrhu, která závisí na předpokladu vzniku závad na vodonepropustnosti betonové konstrukce. Ty se mohou projevit jako vlhká místa na povrchu konstrukce, nebo jako trhliny, jimiž prosakuje voda. Při kvalitním návrhu a provedení jsou náklady na sanační opatření mnohonásobně nižší než v případě neefektivního návrhu s vyššími požadavky na vodonepropustnost.

2.1.1 Klasifikace

Výhodou směrnice je její jednoduchost a srozumitelnost. Díky tomu je investor po konzultaci s projektantem schopen na základě účelu objektu stanovit třídu požadavků (viz Tab. 1), která je svázána se specifikací vzhledu vnitřního povrchu betonu v závislosti na průsaku vody z vnějšího prostředí a užití vnitřního prostoru konstrukce. Tyto požadavky na vodonepropustnost vnějších stěn, základových desek a stropů jsou pak rozděleny do pěti tříd (A_1 až A_4 spolu se zvláštní třídou A_s), kde třídu A_4 je možné použít pouze u vnějších prvků dvouplášťových konstrukcí a třídu A_s jen ve zvláštních případech.

Tab. 1 Třídy požadavků na vodotěsnost vnějších stěn, základových desek a stropů podle [1]

Třída požadavků	Zkrácené označení	Popis povrchu betonu	Posouzení vlhkých míst	Přípustná vadná místa (vlhká místa, trhliny atd.) na povrchu betonu	Dodatečná opatření	Příklady použití	Konstrukce
A _s Zvláštní třída	Zcela suché	Žádná vizuálně patrná vlhká místa (tmavé zbarvení)			Stavebně fyzikální vyšetření a temperování/klimatizování prostoru je bezpodmínečně nutné	Sklady zboží, které je zvlášť citlivé na vlhkost	2)
A ₁	Z větší části suché	Vizuálně patrná jednotlivá vlhká místa (max. matné tmavé zbarvení)	Po plošném dotyku suchou rukou nejsou patrné žádné stopy po vodě	Na 1 ‰ povrchu sledované konstrukce mohou být vlhká místa. Proužky vody vysychají po max. 20 cm	Je nutné stavebně fyzikální vyšetření, v jehož důsledku může být potřebné temperování/klimatizace prostoru (např. při dlouhodobém pobytu lidí)	Dopravní stavby s vysokými požadavky, místnosti pobytu, sklady, domovní sklepy (skladovací prostory), domovní technické prostory se zvláštními požadavky	2), 3)
A ₂	Lehce vlhké	Vizuálně a dotykem patrná jednotlivá lesklá (vlhká) místa na povrchu	Není možné změřit množství odtékající vody. Po dotyku ruky jsou rozeznatelné stopy vody.	Je přípustné 1 ‰ vlhkých míst na celém povrchu betonového dílu. Jednotlivé proužky vody, které na povrchu betonu vysychají.	Ve zvláštních případech může být potřebné temperování/klimatizování	Garáže, prostory s domovní technikou (např. kotelny, kolektory), dopravní stavby	2), 3)
A ₃	Vlhké	Kapkovitý výskyt vody s tvorbou proužků vody	Množství odtékající vody lze měřit v zachytných nádobách	Pro stěny, podlahové desky a podzemní stěny platí: max. množství vody na jedno chybné místo, resp. běžným pracovní spáry podzemní stěny nesmí překročit 0,2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny smí být v průměru max. 0,01 l/h ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Garáže (s dodatečnými opatřeními, např. odvodňovací žlabů) atd.	2), 3)
A ₄	Mokré	Jednotlivá mokvající místa s výskytem vody, pro podlahové desky, stěny a podzemní stěny	Množství odtékající vody lze měřit v zachytných nádobách	Maximální množství vody na jedno vadné místo nesmí překročit 2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny nesmí v průměru překročit 1 l/h. ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Vnější skořepina dvouplášťových konstrukcí	3)

¹⁾ Tento průměr se počítá jen z průniku vody z vnějšku smáčené plochy stěny mezi hladinou návrhového stavu vody a spodní hranou posuzované části konstrukce.

²⁾ Bílé vany ve smyslu této směrnice.

³⁾ Souvislé podzemní stěny podle ÖVBB-směrnice.

K určení tlaku podzemní vody slouží pět tříd (w_0 až w_4), které jednotlivě vymezují výšku vodního sloupce podzemní vody (viz Tab. 2). V případě návrhu základové desky je vodní sloupec uvažován od spodního líce betonové konstrukce, u svislých stěn pak od její paty. Navrhujeme-li objekt s vícepodlažními stěnami, lze konstrukci zohlednit odstupňováním dle jednotlivých podlaží.

Maximální hodnotu hladiny podzemní vody, která je definována jako výška vodního sloupce působící na konstrukci v době minimálně několika desítek dnů, stanovíme na základě vyhotoveného inženýrskogeologického průzkumu. V situaci, kdy dojde ke zvýšení hladiny podzemní vody v řádu pouze několika dnů (což je obvyklý případ dočasné tlakové vody zadržované ve zpětných zásypech kolem konstrukce), není nutné uvažovat plnou výši vodního sloupce. Mimořádné stavy vody jako stoleté povodně apod. je možné zanedbat.

Tab. 2 Třída tlaku vody podle [1]

Třída tlaku vody ¹⁾	Popis
w_0	Tlak vody 0,0 až 1,0 m
w_1	Tlak vody > 1,0 až 5,0 m
w_2	Tlak vody > 5,0 až 10,0 m
w_3	Tlak vody > 10,0 až 20,0 m
w_4	Tlak vody > 20,0 m

¹⁾ Ke stanovení tříd tlaku vody je třeba uvažovat tlak vody v úrovni spodní hrany posuzované konstrukční části. Za horní úroveň je třeba vzít hladinu navrhovaného stavu vody. U vysokých stěn je přípustné odstupňování tříd tlaku vody.

Konečnou fází klasifikace konstrukce je stanovení konstrukční třídy (Kon_s , Kon_1 a Kon_2), jež nám specifikuje požadavky na vodonepropustnost železobetonových prvků. Ty jsou zřejmé z tabulky (viz Tab. 3) uvedené ve směrnici [1] a obsahují informace o normalizovaném betonu pro danou konstrukční třídu, který v ČR nebyl zaveden, či další konstrukční požadavky (např. délky dilatačních a pracovních spár, těsnění těchto spár, doporučení pro návrh konstrukce a jiné). Určení této třídy provádíme pomocí grafu (viz Obr. 3) v závislosti na příslušné třídě požadavků a tlaku vody konstrukce. Z grafu je též možné vyčíst potřebnou třídu těsnícího pásu.

Tab. 3 Konstrukční třídy pro bedněné železobetonové stavební díly podle [1]

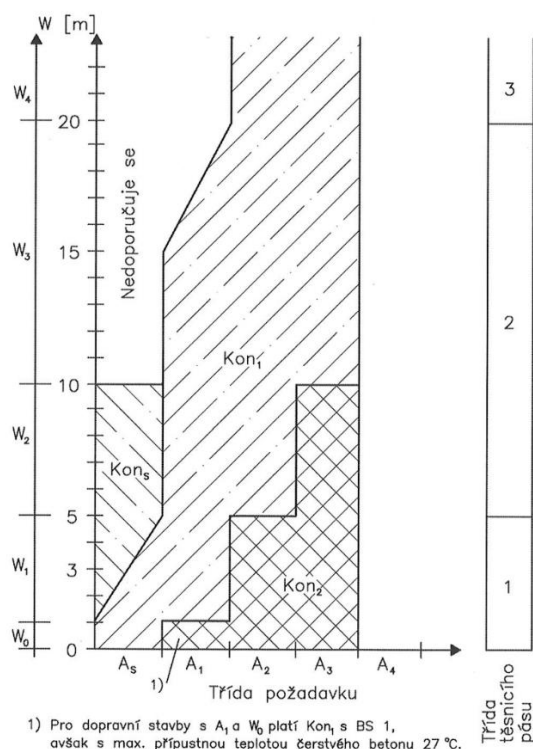
Konstrukční třída	Min. tloušťka stavebního dílu ^{1) 2)} [m]	Dimenzování na vynucenou namáhání	Dimenzování na zatížení	Normalizovaný beton	Další konstrukční požadavky
Kon _s zvláštní třída	≥ 0,45 ≥ 0,60 pro w2	viz Obr. 4/5	omezení šířky trhlin na ≤ 0,15 mm	BS 1	Max. délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: ≤ 15 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 10 m Je nezbytné zabudovat kluzné fólie pro separaci vnějšího a vnitřního pláště, eventuálně uvažovat o: <ul style="list-style-type: none"> předepnutí zdvojení těsnících pásů eliminaci skokových změn tloušťky/výšky konstrukce eliminaci překážek, které brání v pohybu konstrukce vůči okolnímu prostředí
Kon ₁	≥ 0,35 ≥ 0,60 pro w4	viz Obr. 4/6	omezení šířky trhlin na ≤ 0,20 mm	BS 1	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: 15 až 30 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce nahradit náběhy se sklonem cca 30°. Doporučuje se vložení separačních fólií. Doporučuje se určit teplotní pole. Pokud je konstrukční část provedena jako součást spřaženého systému (s těsným zazubením do vnější stěny), má být max. délka konstrukčních částí ≤ 40 m.
Kon ₂	≥ 0,30	viz Obr. 4/7	omezení šířky trhlin na ≤ 0,25 mm ⁴⁾	BS 2	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: 30 až 60 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Těsný kontakt s okolním prostředím je přípustný, při změnách tvaru průřezu nebo tuhosti konstrukce je ale vhodné uvážit možnost jejího rozdělení na menší části. Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce je vhodné eliminovat (náběhy se sklonem cca 30°, separací atd.). Doporučuje se určit teplotní pole.

¹⁾ Bez zohlednění statických, výrobně-technických a konstrukčních požadavků (viz bod 4).

²⁾ w1, w2, ... = třídy tlaku vody podle Tab. 3/3

³⁾ Při zvláštních opatřeních (např. předepnutí, současném vybetonování základových desek a stěn) mohou být realizovány i větší délky konstrukčních částí.

⁴⁾ Šířka trhlin < 0,25 mm uvedená v Tab. 3/2 odpovídá podle ÖNORM A 6403 (zaokrouhlování čísel) až do hodnoty w = 0,249 mm hodnotě w ≤ 0,2 mm požadované ÖNORM B 4700 v bodě 4.2.1.(3).



Obr. 3 Souvislost mezi třídou požadavků, tlakem vody a třídou těsnících pásů [1]

2.1.2 Zatížení

Při návrhu bílé vany je nutné uvažovat zatížení dle ČSN EN 1990 [12], které můžeme rozdělit na dvě základní skupiny – přímá a nepřímá zatížení.

Základní přímá zatížení si lze představit jako soustavu sil působících přímo na konstrukci. Radíme mezi ně zatížení vlastní tíhou, užité zatížení, popř. zatížení dopravou, zemním tlakem a tlakem vody. Specifikace zmíněných zatížení nalezneme v jednotlivých částech příslušné normy.

Při výpočtu zatížení zemním tlakem je třeba uvažovat především tlak zeminy v klidu (viz ČSN EN 1997-1 [13]). Působením podzemní vody je tento tlak zvětšený o hydrostatický tlak vody, jehož hodnotu stanovíme na základě ustálené hladiny podzemní vody. Důležité je věnovat pozornost možnému zvýšení hladiny způsobené přitékající vodou (srážkovou, puklinovou, ...) během výstavby. V případě, kdy k namáhání konstrukce přispívá zatížení dopravou, dochází ke zvýšení hodnoty zemního tlaku, který následně uvažujeme opět jako tlak v klidu – jednostranně i oboustranně. Nachází-li se stěna bílé vany v blízkosti stěny stavební jámy nebo skalní stěny, je třeba konstrukci vyšetřit na působení zatížení tlakem obvyklým u sil dle ČSN EN 1991-4 [14].

Nepřímá zatížení chápeme jako vynucená namáhání vyvolaná změnami teploty, smršťováním a dotvarováním betonu nebo sednutím, nadzvednutím a otočením konstrukce.

V běžných případech nebývá zatížení teplotou významné. Jedná-li se však o zvláštní situaci, stanovujeme teplotní účinky podle ČSN EN 1991-1-5 [15], která se svými údaji neliší od směrnice [1].

Budeme-li se zabývat smršťováním a dotvarováním betonu, použijeme ČSN EN 1992-1-1 [16]. Tato norma nám říká, že poměrné přetvoření od smršťování je součtem poměrného přetvoření od smršťování vysycháním a poměrného přetvoření od autogenního smršťování. Konečné hodnoty autogenního smršťování a smršťování vysycháním ovlivňuje pevnost betonu v tlaku, resp. složení betonové směsi, její hutnění a ošetřování, vlhkost a teplota prostředí nebo vložená výztuž.

Příznivý vliv dotvarování můžeme uvažovat při výpočtu vnitřních sil, které vznikly v důsledku dlouhodobých nerovnoměrných deformací vyvozených sednutím, nakloněním či nadzvednutím konstrukce, s pomocí redukčního součinitele 0,5.

2.1.3 Dimenzování

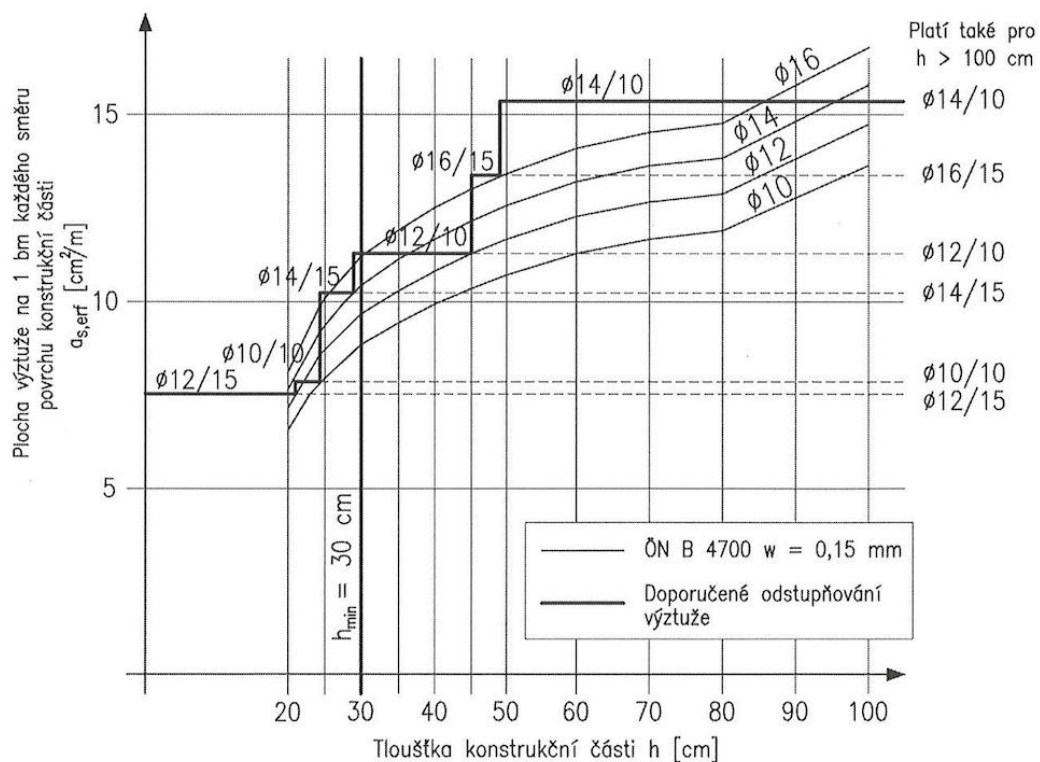
Jak již bylo zmíněno, koncepce bílé vany, přesněji její hydroizolační vlastnosti, závisí na vodonepropustnosti betonu a na nepřítomnosti trhlin, popř. jejich druhu a šířce. V současné době je i při sebelepším návrhu konstrukce obtížné dosáhnout úplné nepřítomnosti trhlin, avšak vhodným uspořádáním výztuže můžeme jejich vznik a charakter alespoň příznivě ovlivnit. Množství příslušné výztuže se během dimenzování stanoví prokázáním tří kritérií:

- prokázáním únosnosti (MSÚ);
- prokázáním použitelnosti (MSP) – omezením šířky trhlin „při převažujícím vlivu zatížení“;
- prokázáním použitelnosti (MSP) – omezením šířky trhlin „při převažujícím vynuceném namáhání“.

S pomocí aktuálně platných norem, u nás ČSN EN 1992-1-1 [16], je pro výpočet mezního stavu únosnosti třeba určit vnitřní síly od zatížení s uvažováním možných kombinací. Důležité je pamatovat, že ze zmíněných kombinací uvažujeme vždy tu nejnepříznivější.

Základním požadavkem pro splnění mezního stavu použitelnosti konstrukce u bílých van je omezení šířek trhlin. Vhodným návrhem a uspořádáním výztuže (minimální vyztužení pravoúhlou sítí prutů po vzdálenosti 150 mm) zajistíme, aby mezní hodnoty – 0,15 mm, 0,2 mm a 0,25 mm – dány konstrukční třídou nebyly překročeny a konstrukce tak zůstala nadále vodonepropustná.

Návrh výztuže pro omezení trhlin od vynuceného namáhání provádíme s pomocí grafů (viz. Obr. 4), které se nacházejí ve směrnici [1]. Jejich hodnoty odpovídají nutnému množství výztuže, které je potřebné pro přenesení vynucených namáhání vyvolaných uvolňováním hydratačního tepla. Zvolením vhodného průměru prutu a jeho vzdálenosti tak zabraňujeme vzniku raných trhlin.

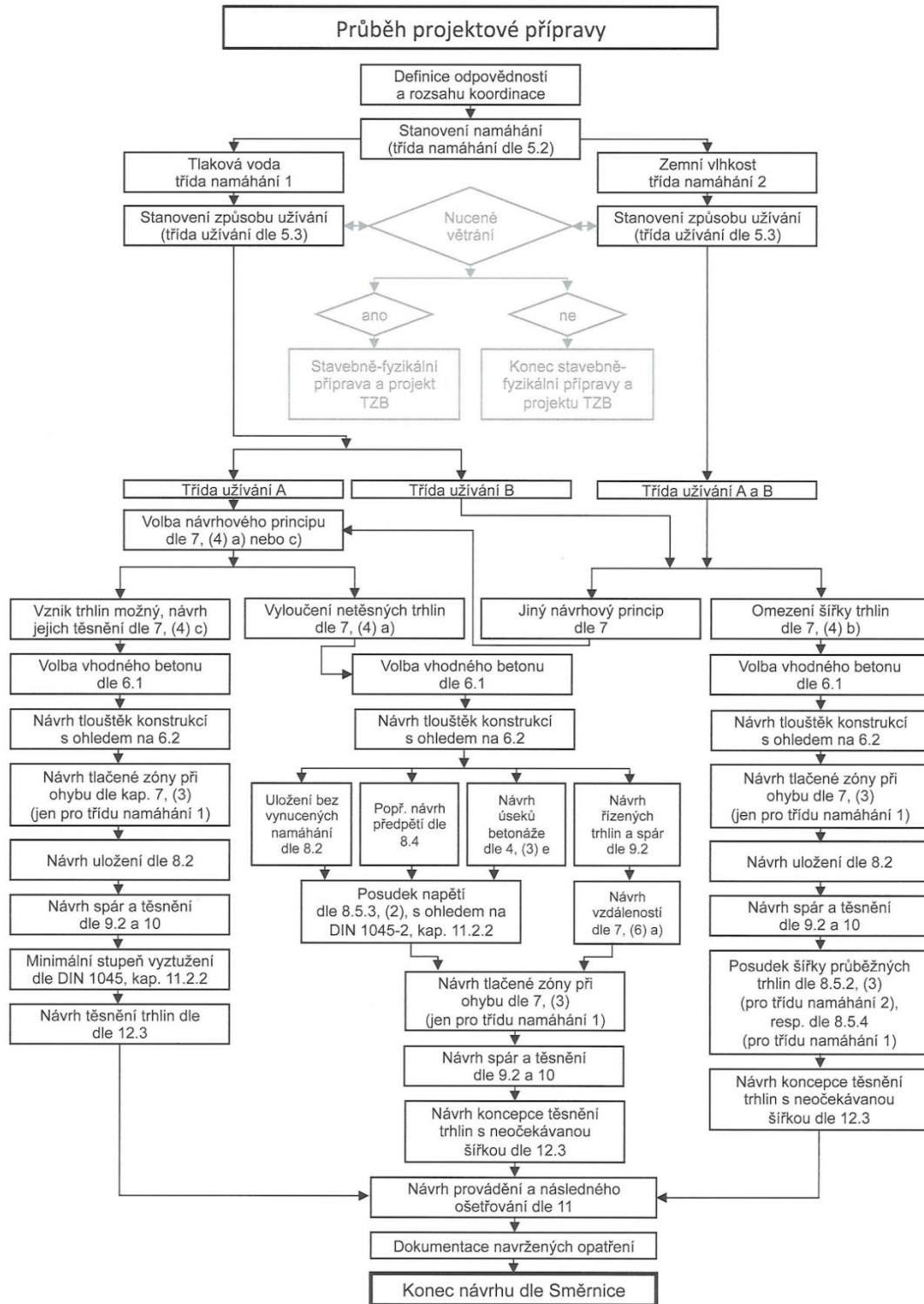


Obr. 4 Minimální výztuž na centrické vynucené namáhání (šířka trhliny $w_k = 0,15$ mm, krytí $c = 50$ mm) [1]

Namáhání od převažujícího vlivu zatížení je třeba uvažovat jako rozhodující kombinaci normálové síly a ohybu. V situaci, kdy dojde v jeho důsledku k překročení mezního stavu vzniku trhlin, musíme navrhnout výztuž zajišťující omezení šířky trhlin. V průběhu výpočtu není nutné – za podmínky, že poměrná deformace od vynuceného namáhání je menší než 0,8 ‰ – uvažovat žádná vynucená namáhání. Překračuje-li však poměrná deformace výše zmíněnou hodnotu, je důležité určit vnitřní síly, které odpovídají vynucenému namáhání se zohledněním snížené tuhosti průřezu od vzniklých trhlin. S využitím principu superpozice pak společně s vnitřními silami od zatížení stanovíme výslednici sil, s níž následně provedeme posudek. Pokud jsou vnitřní síly od zatížení menší než vnitřní síly na mezi vzniku trhlin, postačuje pro splnění kritérií použitelnosti návrh výztuže podle již zmíněných grafů (Obr. 4).

2.2 Návrh konstrukce dle TP ČBS 04

Český překlad německé směrnice [3] představuje komplexnější a efektivnější přístup k problematice vodonepropustných konstrukcí, jež klade důraz na koordinovanou spolupráci mezi investorem, projektantem a zhotovitelem. Jejím výsledkem je pak spolehlivě fungující konstrukce, pro jejíž realizaci (a případné opravy) bylo použito minimum nákladů. Nedílnou součástí směrnice [3] je popis jednotlivých úloh projektové přípravy, jejichž chronologický postup je zřejmý z Obr. 5.



Obr. 5 Postup projektové přípravy [3]

2.2.1 Klasifikace

V rané fázi projektové přípravy dochází k důležitému kroku, kdy je nutné provést zařazení řešeného stavebního objektu či konstrukce do dvou typů tříd. První z nich, třídu namáhání, určujeme na základě vlastností podloží a hydrogeologických poměrů v okolí konstrukce. Dle směrnice [3] rozlišujeme pouze dvě třídy namáhání (1 a 2), které se od sebe liší z hlediska způsobu působení vody nebo vlhkosti na řešenou konstrukci nezávisle na vodním tlaku (viz Tab. 4). Může tak nastat situace, kdy jsou různé části jednoho objektu zařazeny do obou tříd namáhání.

Tab. 4 Porovnání tříd namáhání [3]

Třída namáhání 1	Třída namáhání 1
1	2
Trvalý kontakt konstrukce s vodou dle 3.6 a 3.18: <ul style="list-style-type: none"> - podzemní voda, záplava, dočasná tlaková voda (viz kap. 3.6.2), - dočasně vzduťá prosakující voda (viz kap. 3.6.1), - netlaková voda, výhradně na vodorovných a ukloněných plochách (viz kap. 3.18). 	Kontakt konstrukce s vlhkostí nebo prosakující vodou: <ul style="list-style-type: none"> - vlhká zemina, - nevzduťá prosakující voda (viz kap. 3.19), jen u silně propustné zeminy nebo u trvale průtočné drenáže dle DIN 4095.

S ohledem na funkci a způsob užívání objektu stanovujeme požadavky konstrukce na její vodonepropustnost. Díky nim jsme schopni konstrukci přiřadit příslušnou třídu užívání (viz Tab. 5), u níž je rozhodujícím faktorem přípustnost průsaku vody. Jedná-li se o třídu užívání A, tedy o konstrukci mající vysoké požadavky na vnitřní prostory, nesmí na povrchu betonu docházet ke vzniku vlhkých míst. Průsak vody (betonem, trhlinami, popř. spárami) tak není akceptován. V odlišném případě, kdy je požadována pouze částečná vodonepropustnost konstrukce, mluvíme o třídě užívání B. Ta umožňuje průsak vody v omezené míře a v jeho důsledku též vznik vlhkých skvrn. Dojde-li k situaci, kdy je např. z ekonomických důvodů povolen větší průsak vody než povoluje směrnice, můžeme hovořit o zvláštní smluvní třídě, jejíž požadavky jsou specifikovány odborníky ve smlouvě či investorském zadání.

Tab. 5 Porovnání tříd užívání [3]

Třída užívání A	Třída užívání B
1	2
Průsak kapalné vody nepřipustný: - žádné vlhké skvrny vlivem průsaku vody ^{1), 2), 3)} , - žádné – ani dočasné – zavodněné trhliny a spáry.	Omezený průsak vody přípustný: - vlhké skvrny přípustné, - do nástupu samotěsnicí schopnosti dočasně zavodněné trhliny ⁴⁾ , - dlouhodobě vlhká povrchová kresba trhlín, avšak bez hromadění vody na volné (vnitřní) straně konstrukce ¹⁾ .
Příklady použití: - standard pro bytové objekty, - sklady s vysokými užitnými požadavky.	Příklady použití: - samostatné a hromadné garáže, - instalační a zásobovací šachty a kolektory, - sklady s nižšími užitnými požadavky.
¹⁾ V případě vodních kapek na povrchu dílců je třeba zjistit, zda se nejedná o kondenzát (viz níže). ²⁾ Pod instalovanou vnitřní parozábranou se může vytvořit vlivem tlakových poměrů páry vysoká vyrovnávací vlhkost betonu, která se po odstranění parozábrany projeví tmavým zabarvením povrchu. Důvodem je zamezený odvod vlhkosti a nesouvisí se zvoleným způsobem těsnění konstrukce. ³⁾ Pomocí „pijákového testu“ lze spolehlivě zjistit, zda se jedná u tmavých skvrn o pronikající vlhkost: volně položený sací papír nebo savý novinový papír na povrchu betonu se nesmí v důsledku svého zvlhčení zabarvit tmavě. ⁴⁾ Čas ukončení procesu samotěsnění musí být v souladu s užitnými požadavky na konstrukci.	

Na základě třídy namáhání a způsobu provádění je nutné v závěru klasifikace stanovit doporučené minimální tloušťky stěn a základových desek. Tyto hodnoty zmíněné v Tab. 6 nám – s ohledem na krytí a potřebné vrstvy výztuže či těsnění spár – zajišťují kvalitní probetonování prvků a s tím související nosnou a těsnící funkci konstrukce. Současně je kladen požadavek na minimální světlou vzdálenost vložek výztuže v příčném směru (b_w), která je ovlivněna maximální velikostí zrna kameniva (např. pro $D_{max} = 16$ mm je $b_w \geq 140$ mm). Z toho je tedy zřejmé, že tloušťka betonového prvku může být větší než hodnota daná Tab. 6.

Tab. 6 Doporučené minimální tloušťky konstrukcí [3]

	Konstrukční část	Třída namáhání	1	2	3
			Způsob provádění		
			monolit	filigránové stěny	prefabrikáty
1	stěny	1 ¹⁾	240	240	200
2		2 ²⁾	200	240 ³⁾	100
3	základové desky	1 ¹⁾	250	X	200
4		2 ²⁾	150		100
¹⁾ třída namáhání 1: ²⁾ třída namáhání 2: ³⁾ za zvláštních technologických a prováděcích podmínek je možné snížení na 200 mm			tlaková a netlaková voda, dočasně vzdušná prosakující voda		
			zemní vlhkost a nevzdušná prosakující voda		

2.2.2 Dimenzování

Pro splnění požadavků tříd užívání, a s tím spojenou zárukou vodonepropustnosti konstrukce, postupujeme podle směrnicí definovaných návrhových zásad, které se vztahují na vznik průběžných trhlin, popř. na omezení jejich šířek. Přesněji se jedná o tři návrhové principy:

- a) Vyloučení průběžných trhlin
- b) Omezení šířky průběžných trhlin s využitím samotěsnicí schopnosti trhlin
- c) Omezení šířky průběžných trhlin dle požadavků normy ČSN EN 1992-1-1

První zmíněný – návrhový princip a) – je složitý proces, kterého lze docílit s pomocí mnohačetných opatření (technologická, konstrukční a prováděcí). Z důvodu své náročnosti z hlediska projektové přípravy a provádění je pro uplatnění principu zapotřebí důkladná znalost problematiky a s ní související zkušenosti s návrhem a realizací dané koncepce. V případě návrhového principu b) se šířky vzniklých průběžných trhlin omezují na maximální možnou hodnotu (danou tlakovým spádem) odpovídající výztuží. Díky tomu lze počítat s jejich samotěsníci účinky. V rámci třetího návrhového principu c) uvažujeme předpoklad, že se veškeré průběžné trhliny utěsní až dodatečně.

V průběhu dimenzování je nutné ve fázi omezení šířky trhlin dbát na několik zásad. Jedná-li se o vznik ohybových trhlin vlivem vnějšího zatížení a vynucených přetvoření, musí být pro třídu užívání A, a současně třídu namáhání 1, splněna podmínka výšky tlačené oblasti

$$x \geq \max(1,5 \cdot D_{max}; 30 \text{ mm}) \quad (1)$$

kde D_{max} je maximální průměr kameniva. Tento posudek může být nahrazen omezením šířky trhlin na hodnoty z Tab. 7. V případě, kdy je pro třídu namáhání 1 přípustný dočasný průsak vody, omezuje se šířka trhlin podle tlakového spádu (viz Tab. 7). Minimální požadovaná šířka trhliny pro třídu namáhání 2 je $w \leq 0,2 \text{ mm}$.

Tab. 7 Návrhové šířky průběžných trhlin v závislosti na tlakovém spádu [3]

	1	2
	Tlakový spád h_v/h_b ¹	Dovolená šířka trhliny w v mm (návrhová hodnota) ²
1	≤ 10	0.20
2	> 10 až ≤ 15	0.15
3	> 15 až ≤ 25	0.10
¹ h_v = výška vodního sloupce v m; h_b = tloušťka konstrukce v m ² Pro agresivní vodu s koncentrací $> 40 \text{ mg/l CO}_2$ (odvápňující kyselina uhličitá) a $\text{pH} < 5,5$ se nesmí uvažovat samotěsnicí schopnost trhlin.		

3. OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

I při splnění veškerých požadavků pro správný návrh a realizaci bílých van vznikají v jednotlivých částech konstrukce trhliny. K tomuto stavu dochází v situaci, kdy napětí vyvozené zatížením nebo omezeným tahovým přetvořením (nejčastěji od smršťování a úniku hydratačního tepla) překročí tahovou pevnost betonu v daný okamžik. První (rané) trhliny vznikají již cca 10 až 48 hodin po betonáži v důsledku překročení narůstající tahové pevnosti betonu napětím vyvolaným od omezení vynuceného tahového přetvoření.

Při návrhu konstrukcí bílých van je z tohoto důvodu nejvíce kladen důraz na omezení šířky vzniklých trhlin. Příslušné limitní hodnoty šířek závisí na zvoleném návrhovém přístupu, resp. na volbě evropské normy.

Pro běžné železobetonové konstrukce (konstrukce bez specifických požadavků) se za přijatelnou hodnotu šířky trhlin v neagresivním prostředí, tedy X0 a XC1, považuje hodnota 0,4 mm. V případě agresivního prostředí se šířka trhlin opět omezuje na hodnoty nižší.

3.1 Výpočet šířky trhlin

Šířku trhliny nejběžněji posuzujeme pro dva případy. Prvním je stanovení šířky trhlin od účinků hydratace (vynuceného přetvoření) bezprostředně po betonáži konstrukce, druhým pak šířka trhlin vyvozená návrhovou kombinací zatížení. Níže popsaný postup pro výpočet šířky trhlin je stanoven v ČSN EN 1992-1-1 [16]. Pro tuto práci bylo přihlíženo také k [4], [5] a [8].

Šířka trhliny se vypočte ze vztahu

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (2)$$

kde $s_{r,max}$ je maximální vzdálenost v prvku;

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ rozdíl poměrných přetvoření betonu a výztuže v okolí trhliny;

ε_{sm} průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže při příslušné kombinaci zatížení, zahrnující účinek vnesených deformací a přihlížející k účinkům tahového ztužení;

ε_{cm} průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlínami.

Rozdíl poměrného přetvoření výztuže a betonu mezi trhlínami lze stanovit pomocí vztahu

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s}{E_s} - k_t \cdot \varepsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1 - k_t \cdot \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right) = \frac{1}{E_s} \left(\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})\right) \quad (3)$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (4)$$

kde	σ_s	je tahové napětí výztuže v průřezu porušeném trhlinou;
	σ_{sr}	tahové napětí v průřezu při vzniku primární trhliny;
	k_t	součinitel závisící na době trvání zatížení;
	$f_{ct,eff}$	hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhlin;
	α_e	poměr modulů pružnosti výztuže a betonu, $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$;
	$\rho_{p,eff}$	účinný stupeň vyztužení, pro železobeton vyjádřen vztahem $\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$;
	$A_{c,eff}$	účinná plocha taženého betonu obklopující výztuž, uvažuje se oblast $h_{c,eff}$ jako minimální hodnota ze vztahů $h_{c,eff} = \min \left\{ 2,5(h - d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2} \right\}$.

Hodnoty součinitele k_t se liší, jak již bylo zmíněno, v závislosti na době trvání působícího zatížení. Pro účinky krátkodobého zatížení je hodnota $k_t = 0,6$, pro dlouhodobé pak $k_t = 0,4$, přičemž za dlouhodobé zatížení se uvažuje také smršťování v raném stádiu. V případě výšky účinné plochy betonu $h_{c,eff}$ je hodnota $(h - x)/3$ omezením pro ohýbané prvky, hodnota $h/2$ pak pro prvky tažené. Nejběžněji je rozhodující hodnota první, tedy $2,5(h - d)$. Účinná plocha $A_{c,eff}$ je omezená nejen výškou $h_{c,eff}$, ale i šířkou, jejíž hodnota je stanovena na základě osové vzdálenosti výztuže s . Pokud tato vzdálenost překročí limitní hodnotu $5(c + \emptyset/2)$, je pro stanovení šířky účinné plochy výztuže $A_{c,eff}$ použita právě tato hodnota.

Vznik raných (prvních) trhlin od omezeného přetvoření je závislý především na tahové pevnosti betonu $f_{ct,eff}$. Určení této hodnoty není v průběhu dimenzování vzhledem k neznámým podmínkám jako jsou např. doba odbednění prvku, povětrnostní podmínky, teplota, ošetřování betonové směsi aj. jednoduché, a proto je doporučeno v běžných případech užívat hodnotu $f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm}$. Nastane-li situace, kdy trhliny od vynuceného přetvoření nevznikají, je šířka trhliny omezována pro účinky od příslušné kombinace zatížení konstrukce s uvážením hodnoty $f_{ct,eff} = 1,0 \cdot f_{ctm}$

Maximální vzdálenost trhlin je dána vztahem

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_4 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \emptyset}{\rho_{p,eff}} \quad (5)$$

kde	c	je tloušťka betonové krycí vrstvy podélné výztuže;
	k_1	součinitel vystihující vlastnosti soudržné výztuže;

k_2	součinitel zohledňující rozdělení poměrného přetvoření;
k_3	součinitel s doporučenou hodnotou $k_3 = 3,4$, pro $c > 25$ mm $k_3 = 3,4 \left(\frac{25}{c}\right)^{2/3}$;
k_4	součinitel s doporučenou hodnotou $k_4 = 0,425$;
\emptyset	průměr použité výztuže.

Součinitel k_1 , který ve výpočtu zohledňuje soudržnost použité výztuže, je při užití žebříkové výztuže s velkou soudržností uvažován $k_1 = 0,8$. Jedná-li se o výztuž s hladkým povrchem, hodnota součinitele je $k_1 = 1,6$. V případě stanovení hodnoty součinitele k_2 je přihlíženo ke způsobu namáhání prvku – $k_2 = 1$ pro prostý tah, $k_2 = 0,5$ pro ohyb. Hodnota součinitele k_3 , který vyjadřuje délku oblasti kolem trhliny s narušenou soudržností mezi betonem a výztuží, je stanovena s ohledem na tloušťku krycí vrstvy. U konstrukcí s tlustými krycími vrstvami, tedy většími než 25 mm, je hodnota součinitele stanovena dle vzorce $k_3 = 3,4(25/c)^{2/3}$. V ostatních případech pak $k_3 = 3,4$.

Je-li osová vzdálenost prutů výztuže větší než $5(c + \emptyset/2)$, je hodnota maximální vzdálenosti trhlin určena na základě vztahu

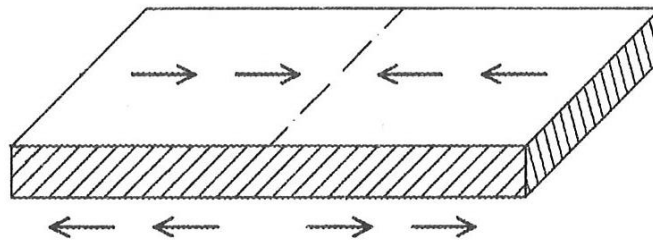
$$s_{r,max} = 1,3(h - x) \quad (6)$$

kde	h	výška průřezu posuzovaného prvku;
	x	výška tlačené oblasti posuzovaného prvku.

Tato hodnota by měla být vždy větší, než hodnota maximální vzdálenosti trhlin $s_{r,max}$ dané předchozím vztahem. Pokud je však hodnota menší, je doporučeno užít vztah (5) pro maximální vzdálenost trhlin. Pro osovou vzdálenost prutů výztuže s v kontrolovaných částech prvků platí vztah $s \leq 5(c + \emptyset/2)$.

3.2 Omezené přetvoření základové desky

Příčinou vzniku trhlin v základových deskách je bránění volného přetvoření v oblastech změny tloušťky desky, příp. v oblastech jejího oslabení. K přetváření desek s rovinným dolním povrchem pak dochází za situace, kdy dojde k překonání tření – dojde k pokluzu desky (viz Obr. 6).



Obr. 6 Tření v základové spáře [2]

Chování základové desky (tedy její vznikající namáhání) lze pro časové rozmezí několika dnů po betonáži rozdělit do tří fází – nárůst teplot vlivem hydratace, postupné chladnutí desky a ukončení ošetřování horního povrchu betonu [4]. Z celkového průběhu tohoto chování v rané fázi jsou pro omezení šířky trhlin zásadní právě účinky od hydratačního tepla (přesněji fáze postupného chladnutí betonové desky) společně s uvážením tření desky o podloží. V jejich důsledku vznikající tahová síla $F_{ct,eff}$ se pak s uvážením několika zjednodušujících předpokladů stanoví pomocí vztahu (viz [2], příp. [4])

$$F_{ct,eff} = \gamma \cdot \mu_d \cdot \sigma_0 \cdot \frac{l}{2} \quad (7)$$

kde γ je součinitel spolehlivosti v mezním stavu použitelnosti;
 μ_d součinitel tření dle Tab. 8 vynásoben součinitelem nejistoty podloží, $\mu_d = 1,35 \cdot \mu$;
 σ_0 napětí v základové spáře od vlastní tíhy desky a užitého zatížení, $\sigma_0 = \gamma_c \cdot h_d + q$;
 $\frac{l}{2}$ polovina délky desky za předpokladu pokluzu.

Výsledná tahová síla $F_{ct,eff}$ je zároveň návrhová hodnota tahové síly $F_{ct,d}$, za předpokladu, že nepřekračuje sílu F_{cr} při vzniku trhlin

$$F_{ct,eff} = F_{ct,d} \leq F_{cr} \quad (8)$$

kde $F_{ct,d}$ je návrhová hodnota tahové síly pro stanovení minimálního vyztužení;
 F_{cr} síla při vzniku trhlin.

Tab. 8 Hodnoty součinitele tření μ [3]

Podloží	Kluzná vrstva	1. posun – μ
Štěrka	Žádná	1,4 – 2,1
Pískové lože	Žádná	0,9 – 1,1
Soudržná zemina	Žádná	0,5 – 0,8
Nesoudržná zemina, písek	1 vrstva PE fólie	0,5 – 0,7
Hlazený podkladní beton	1 vrstva PE fólie	0,8 – 1,4
Hlazený podkladní beton	2 vrstva PE fólie	0,6 – 1,0
Hlazený podkladní beton	PTFE povlakované fólie	0,2 – 0,5
Podkladní beton	Asfaltové svařované pásy ¹⁾	0,35 – 0,7
Podkladní beton	Vrstva asfaltu ¹⁾ , asfaltová malta	0,03 – 0,2

¹⁾Musí být dostatečná tloušťka asfaltu a teplota v kluzné vrstvě > 10 °C.

Napětí betonu v tahu se stanoví jako

$$\sigma_{ct,eff} = \frac{F_{ct,eff}}{A_{ct}} \quad (9)$$

kde A_{ct} je průřezová plocha základové desky namáhané dostředným tahem;

$\sigma_{ct,eff}$ napětí betonu v tahu vznikající při úniku hydratačního tepla s přihlédnutím ke třením ve styku s podložím.

Bezprostředně před vznikem trhlin je v betonu přenášena tahová síla

$$F_{ct,eff} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} = F_{cr} \quad (10)$$

kde k_c je součinitel zohledňující rozdělení napětí v průřezu před vznikem trhlin;

k součinitel nerovnoměrného rozdělení vnitřních rovnovážných napětí;

$f_{ct,eff}$ střední hodnota pevnosti betonu v tahu.

Pro stanovení napětí ve výztuži při vzniku trhliny je použit vztah

$$\sigma_s = \frac{F_{ct,d}}{A_{s,prov}} \quad (11)$$

kde σ_s absolutní hodnota největšího napětí ve výztuži bezprostředně po vzniku trhliny;

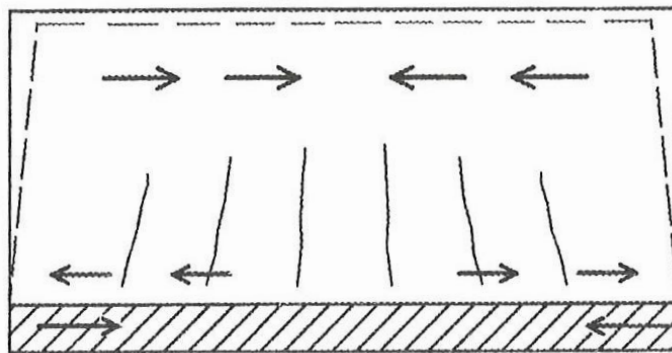
$F_{ct,d}$ návrhová hodnota tahové síly;

$A_{s,prov}$ plocha navržené výztuže.

Jak již bylo zmíněno výše, hodnota pevnosti betonu v tahu při vzniku trhlin $f_{ct,eff}$ se pro účinky omezeného přetvoření stanoví jako $f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm}$. Součinitel nerovnoměrného rozdělení vnitřních napětí k se pro vodonepropustné konstrukce o $h \leq 300$ mm uvažuje $k = 1,0$, pro $h \geq 650$ mm pak $k = 0,65$. Hodnota součinitele k_c je závislá na způsobu namáhání prvku, v případě prostého tahu je zjednodušeně $k_c = 1$, u ohybu je hodnota $k_c = 0,5$.

3.3 Omezené přetvoření stěny

Stěny bílé vany jsou ve většině případů betonovány na základovou desku odlišného stáří (betonáž v předchozí etapě). Omezení přetvoření stěn je tak způsobeno rozdílným průběhem objemových změn, kdy v desce jistá malá část smršťování proběhla, zatímco u stěn je v počátku (viz. Obr. 7). Obecně je toto omezení přetvoření stěny větší než v případě základové desky, což je důvodem častějšího vzniku trhlin ve stěnách bílé vany.



Obr. 7 Stěna spojená se základovou deskou

Chování stěny lze stejně jako u základové desky v době několika dnů po betonáži rozdělit do tří fází – nárůst teplot vlivem hydratace, postupné chladnutí stěny a prudké vysychání stěny po odbednění [4]. Pro zjednodušený výpočet obvodové stěny bílé vany je opět rozhodující fáze postupného chladnutí stěny, kdy jsou uvažovány účinky pouze od hydratačního tepla společně s uvažováním deformací vzniklých držením paty stěny základovou deskou.

Tahové napětí v betonu $\sigma_{ct,ges}$, při kterém dle [4] vznikají povrchové trhliny již při fázi ohřívání a k jejichž průběžnému spojení může dojít v průběhu fáze ochlazování, lze stanovit (podle [8]) jako

$$\sigma_{ct,ges} = k \cdot \alpha_T \cdot E_{c,t} \cdot \Delta T_{b,Wf} \quad (12)$$

kde	k	je součinitel možnosti posunu prvků;
	α_T	součinitel teplotní roztažnosti betonu, $\alpha_T = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$;
	$E_{c,t}$	účinný modul pružnosti mladého betonu [MPa] v okamžiku $t_{\max,T}$ při vzniku tahových napětí, viz Tab. 9;
	$\Delta T_{b,Wf}$	rozdíl teplot mezi střední teplotou $T_{c,m}$ stěny a teplotou T_F základové desky [°C].

Tab. 9 Modul pružnosti mladého betonu [8]

Stáří betonu $t_{\max,T}$	$E_{c,t}/E_{c28}$
8 hodin	0,10
12 hodin	0,25
16 hodin	0,45
24 hodin	0,65
2 dny	0,85
14 dní	1,00

Maximální teplotní rozdíl betonu a okolního prostředí je dán vztahem

$$\Delta T_{b,Wf} = T_{c,m} - T_F \quad (13)$$

kde $T_{c,m}$ je střední teplota stěny [°C] stanovena jako

$$T_{c,m} = k_{Tv} \cdot T_{c0} + \Delta T_{c,H}$$

k_{Tv} součinitel průběhu teploty uvnitř stavebního prvku, pro tl. prvku $< 0,3$ je $k_{tv} = 0,5$;

T_{c0} výchozí teplota čerstvého betonu stěny na počátku betonáže [°C];

$T_{c,m}$ teplotní rozdíl mezi jádrem a povrchem průřezu [°C] vypočten jako

$$\Delta T_{c,H} = \alpha_c \cdot \frac{c \cdot H_w}{Q_{c0}};$$

α_c součinitel vyjadřující poměr mezi vzrůstem teploty v prvku $\Delta T_{c,H}$ a teoretickým vzrůstem teploty ΔT_{th} (závislý na tloušťce prvku h) viz. Tab. 10

c obsah cementu [kg/m³];

Q_H celkové množství hydratačního tepla [kJ/kg] dosažené v čase $t_{\max,T}$;

C_v objemová tepelná kapacita betonu [kJ/(m³ · K)];

T_a teplota vzduchu [°C].

Tab. 10 Hodnoty součinitele α_c [8]

Tloušťka prvku h [m]	$\alpha_c = \Delta T_{c,H} / \Delta T_{th}$
$\leq 0,4$ m	0,75
0,6 m	0,80
0,8 m	0,85
1,0 m	0,95
$\geq 2,0$ m	1,00

Maximální tahové napětí se nachází přibližně ve čtvrtině výšky stěny a je dáno vztahem

$$\sigma_{ct,d} = k_{c,td} \cdot \sigma_{ct,ges} \quad (14)$$

kde $k_{c,td}$ je součinitel pro přepočítání napětí na návrhovou hodnotu stanoven dle Tab. 8.

Tab. 11 Hodnoty součinitele $k_{ct,d}$ [8]

Poměr délky stěny L k její výšce H – L/H	$k_{ct,d}$
≤ 1	0,20
≤ 2	0,45
≤ 3	0,65
≤ 4	0,70
≤ 6	0,80
≤ 8	0,85
> 8	1,00

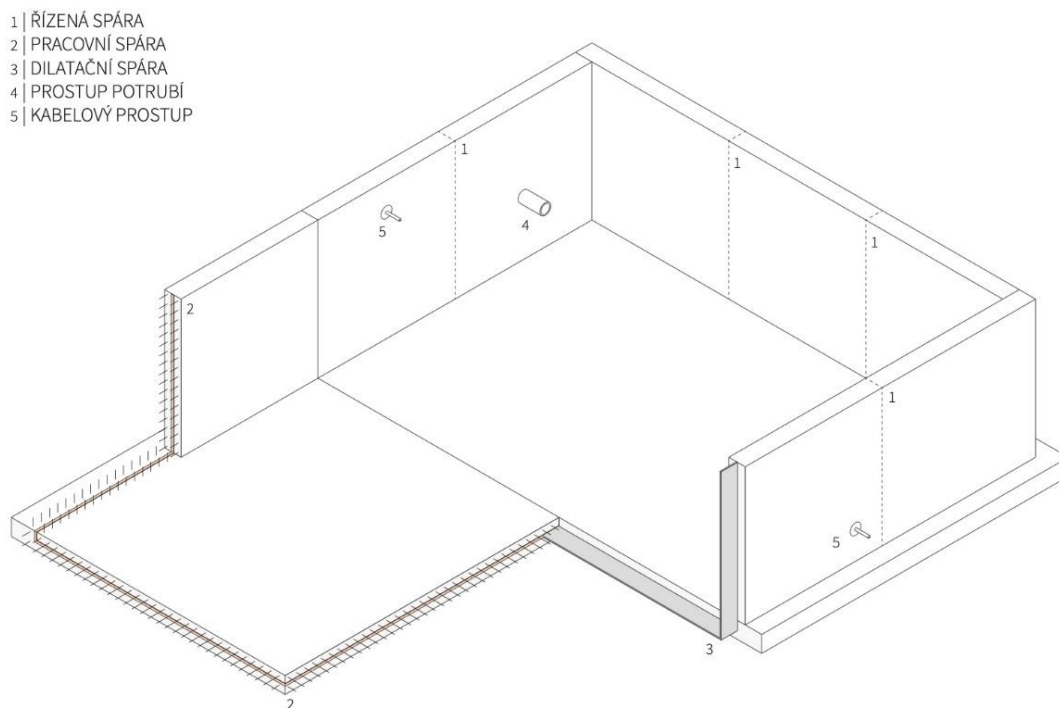
4. TĚSNĚNÍ SPÁR A PROSTUPŮ

K dosažení spolehlivě fungujících vodonepropustných železobetonových konstrukcí je zapotřebí správný návrh těsnění veškerých spár a prostupů, jehož nedílnou součástí je vysoce kvalitní realizace. Těsnost v oblasti výše zmíněných prvků musí splňovat požadovanou vodonepropustnost, která má stejné parametry jako samotný beton konstrukce.

4.1 Druhy spár a jejich těsnění

U vodonepropustných železobetonových konstrukcí rozlišujeme:

- dilatační spáry;
- pracovní spáry (plánované a neplánované);
- řízené (též nepravé či jalové) spáry;
- kontaktní spáry.



Obr. 8 Druhy spár v konstrukci bílé vany

Dilatační spára je úmyslně vytvořená průběžná spára o konstantní šířce umožňující volné objemové změny jednotlivých dilatačních celků, popř. jejich rozdílné sedání v důsledku odlišného zatížení. Příčinou aplikace zmíněných spár je překročení doporučených nebo maximálních rozměrů konstrukce, jejichž hodnoty lze uvažovat v rozmezí 15 až 60 m. Zároveň je však nutné přihlídnout k maximálním povoleným délkám stanovených ČSN 73 1201 [17]. Abychom docílili volného pohybu dilatačních celků, musí být jednotlivé části konstrukce nespojené (bez probíhající výztuže). V situaci, kdy chceme zajistit vodonepropustnost objektu, v tomto případě dilatační spáry a jejího okolí, vkládají se do spáry těsnící pásy. Zbylý volný prostor lze vyplnit měkkou vložkou.

V důsledku postupu provádění závisejícího např. na možném množství uložené betonové směsi za pracovní směnu či na technologii používaného bednění se v rámci návrhu stanovují plánované pracovní spáry. Jejich uspořádání je dáno fázemi betonáže, druhem konstrukční části a jejím namáháním. Jednotlivé betonážní úseky jsou pak vzájemně propojeny výztuží a vůči sobě tedy nehybné (posun v pracovní spáře není přípustný). Jedná-li se o pracovní úseky základové desky, jejich rozměry by neměly být větší než 25 až 35 m a současně by poměr jejich délek měl být v rozmezí 1:1 až 1:1,25. V případě stěn spojených výztuží se základy snižujeme pracovní úseky na 10 až 15 m. Vodonepropustnost spár zajišťujeme vložením těsnících pásů. (viz [2])

Ke vzniku neplánovaných pracovních spár dochází především z důvodu nedodržení postupu betonáže. To může být zapříčiněno nedostatkem betonové směsi, poruchou její výroby, poruchou čerpadel apod. Jelikož se s tvorbou těchto spár v projektu nepočítá, jejich těsnění není dostatečně splněno.

Užitím řízených spár (též jalových či nepravých spár) omezujeme vynucená namáhání, v jejichž důsledku vznikají průběžné trhliny, na vznik jedné trhliny v předem stanoveném místě. Díky tomu lze následně zvětšit délky pracovních úseků stěn a dosáhnout snížení množství vodorovné výztuže stěn. Český překlad rakouské směrnice [1] nepovoluje užívání výše zmíněných spár z důvodu nezaručené protikorozní ochrany průběžné výztuže.

Kontaktní spárou označujeme styk zatvrdlých betonových konstrukcí nebo úseků betonáže (přesněji prefabrikovaných, popř. prefamonolitických prvků), jejichž hodnotu vzájemné deformace lze zanedbat.

4.1.1 Těsnění spár dle TP ČBS 02

Zajištění správné funkce, tedy vodonepropustnosti těsnících pásů závisí na níže zmíněných principech:

- labyrintový princip – prvek těsnění zajišťuje prodloužení cesty pronikající vody častou změnou směru;
- princip ukotvení – jedná se o řádné ukotvení těsnícího prvku, který v případě těsnícího plechu využívá následné přilnavosti k betonu;
- princip přitlačení – těsnost je zajištěna přitlačením bobtnajícího a rozpínavého materiálu k bokům spáry;
- princip vyplnění – vyplnění spár (popř. trhlin či dutin) vhodným materiálem (cementová malta, epoxidová pryskyřice apod.) metodou injektáže je provedeno dodatečně.

Materiály a principy těsnění společně s možnostmi napojení či použití pro určitý druh spár jsou zřejmé z Tab. 12.

Tab. 12 Materiály těsnících pásů spár a principy utěsnění dle [1]

Materiál	Princip utěsnění	Možnost spojení	Způsobnost pro druh spáry	Požadavky
PVC-P termoplasty	Labyrintový princip	Tepelně svařit	Dilatační spáry Pracovní spáry	Pevnost v tahu: podle EN ISO 527 část 1-3 > 8 N/mm ²
Elastomery (přírodní/syntetický kaučuk)	Labyrintový princip	Vulkanizovat	Dilatační spáry Pracovní spáry	Tažnost: podle EN ISO 527 část 1-3 > 300 %
PVC/NBR Kombinální polymerizáty	Labyrintový princip	Tepelně svařit	Dilatační spáry Pracovní spáry	Další pevnost v tahu: podle DIN 53507 > 8 N/mm ² Tažnost (-20 °C): podle EN ISO 527 část 1-3 > 200 % Odolnost trvalá: proti vodě, komunálním splaškovým vodám, solným roztokům na tání námrazy Odolnost dočasná: proti zředěným kyselinám a anorganickým alkáliím, bitumenu, topným olejům, pohonným hmotám
Plech bez potažení	Princip ukotvení	Svařit	Pracovní spáry	Jakost oceli S 235 JO
Bobtnavý těsnící pás	Princip přitlačení	Srazit natupo, nebo stranově překryt	Pracovní spáry	Bobtnavost: min. 200 % Chování při bobtnání: vratné chování při bobtnání, zpoždění prvního nabobtnání Vlastnosti materiálu: nelze vyplavit a nekřehne
Injektážní hadička	Princip zaplnění	Stranově překrytý	Dodatečně pro dilatační spáry a pracovní spáry; pro spáry mezi podzemní stěnou a podlahovou deskou	DBV-list „Stlačené injektážní hadičky pro pracovní spáry“

Překlad rakouské směrnice [1] doporučuje pro zajištění vodonepropustnosti konstrukce používat především vnitřní těsnění. Na základě grafu (viz Obr. 3) z kapitoly 3.1.1. se v závislosti na působícím tlaku vody na konstrukci určí třída těsnících pásů, podle které lze s pomocí Tab. 13 a Tab. 14 stanovit jejich potřebnou minimální tloušťku a šířku.

Tab. 13 Třídy těsnících pásů dilatačních spár dle [1]

Profily pro vnitřní pásy dilatačních spár				
Třída tlaku vody	Třída těsnícího pásu	Materiál	Minimální šířka [mm]	Minimální tloušťka [mm]
W ₀	1	PVC; PVC/NBR	240	4
		Elastomer	240	9
W ₁ / W ₂ / W ₃	2	PVC; PVC/NBR	320	5
		Elastomer	320	12
		Elastomer/ těsnící plech	320	10/1
W ₄	3	PVC; PVC/NBR	500	6
		Elastomer	500	13
		Elastomer/ těsnící plech	500	12/1

Tab. 14 Třídy těsnících pásů pracovních spár dle [1]

Profily pro vnitřní pásy pracovních spár				
Třída tlaku vody	Třída těsnícího pásu	Materiál	Minimální šířka [mm]	Minimální tloušťka [mm]
W ₀ /W ₁	1	PVC; PVC/NBR	240	3,5
		Elastomer	240	8
		Těsnící plech ¹⁾	300	2
		Bobtnavý profil	20	7
W ₂ / W ₃	2	PVC; PVC/NBR	320	4,5
		Elastomer	320	8
		Těsnící plech	350	2
W ₄	3	PVC; PVC/NBR	500	6
		Elastomer	500	10
		Těsnící plech	500	2

¹⁾ Těsnící plechy spár potažené butylkaučukem (šířka ≥ 150 mm, tloušťka 1,8 mm) jsou přípustné pro třídu tlaku vody W₀, pokud je při zabudování zajištěna minimální spojovací hloubka 30 mm.

4.1.2 Těsnění spár dle TP ČBS 04

Základní podmínky pro návrh těsnících prvků jsou stanoveny v kapitole 10 českého překladu německé směrnice [3]. Jejich podrobná specifikace je následně publikována v návodech (listech) odborných spolků a výrobců. S pomocí německých norem se navrhují těsnící pásy z termoplastu (měkčené PVC, popř. PVC-P) a elastomeru. Veškeré zbylé prvky vyrobené z jiných než zmíněných materiálů (bobtnavé pásy, těsnící plechy apod.) musí na základě náročných zkoušek získat příslušná osvědčení, s nimiž lze následně navrhnout jednotlivé těsnící systémy.

Jedná-li se o návrh dilatačního pásu, je nezbytné vypočítat vektor protažení v_r , stanovený jako vektorový součet ze zadaných hodnot pohybů ve třech směrech (v_x, v_y, v_z), pomocí

$$v_r = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (15)$$

a s následným použitím návrhového diagramu příslušného těsnícího pásu dle normy odečteme jeho požadovanou velikost.

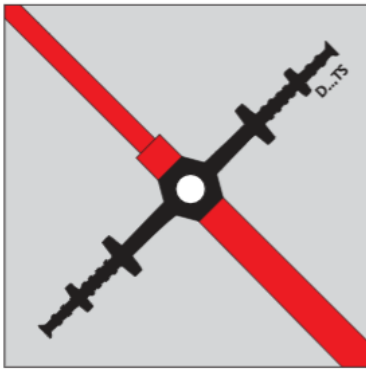
4.1.3 Těsnící prvky

Vhodná volba systému těsnění spár, jeho materiálu a způsobu uložení je ovlivněna konkrétními požadavky (technologie provádění, odolnost proti chemickým látkám a jiné) řešené stavby. S ohledem na tuto skutečnost rozlišujeme tyto druhy těsnících prvků:

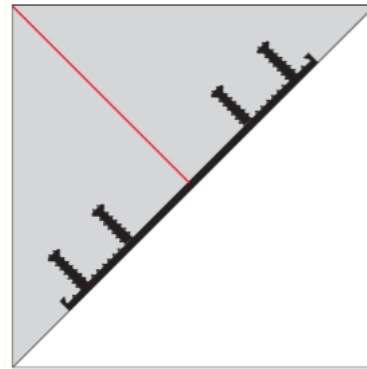
- těsnící pásy (vnitřní, vnější a uzavírací);
- těsnící plechy (s povrchovou a bez povrchové úpravy);
- bobtnavé těsnící pásy;
- kombinované těsnící pásy KAB;
- injektážní těsnění.

Důležitou rolí v průběhu provádění těsnění je zaručení těsnosti spojů v místech napojení, křížení nebo T styků. Zvláště velkou pozornost je nutné věnovat situaci, kdy se jedná o místo se změnou systému. Následná poloha a vedení veškerých těsnících prvků společně s označením jejich druhu musí být součástí realizační dokumentace.

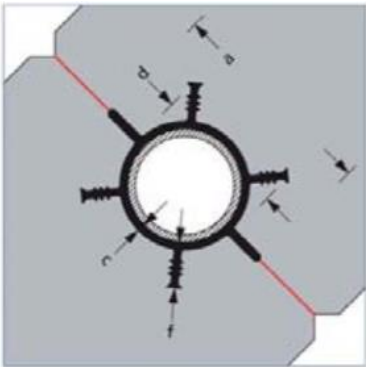
Těsnící pásy používáme pro dilatační (viz Obr. 9), pracovní (viz Obr. 10) i řízené spáry a dle jejich umístění je můžeme rozdělit na vnitřní, vnější a uzavírací, též ukončovací. Výrobním materiálem, který nám ovlivňuje způsob spojování těchto prvků, jsou termoplasty (PVC, PVC-P, NBR aj.) a elastomery. V případě termoplastů probíhá napojení svařováním, u elastomerů pak vulkanizací. Hovoříme-li o dilatačních spárách, těsnící prvky musí být dostatečně pružné a spolehlivě zakotvené v obou částech konstrukce. Jejich návrh a následné umístění závisí především na působícím tlaku vody, v jehož návaznosti určíme, který z výše zmíněných druhů (v závislosti na umístění) zvolíme. Pokud v železobetonové konstrukci počítáme s realizací řízených spár, lze pro jejich těsnění použít těsnící (též smršťovací) trubky (viz Obr. 11). Požadavkem pro správnou funkci tohoto prvku je vzdálenost 50 mm mezi jeho dolní hranou a základovou deskou. Použijeme-li vnitřní těsnící pás u jakékoli ze zmíněných spár, musíme uvažovat s úpravou výztuže.



Obr. 9 Vnitřní těsnící pás dilatační spáry [19]



Obr. 10 Vnější těsnící pás pracovní spáry [19]

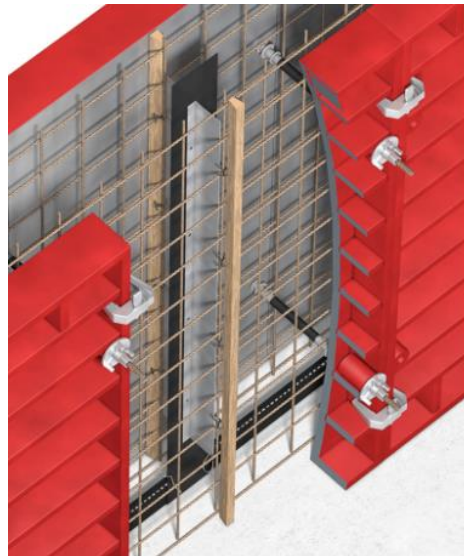


Obr. 11 Těsnící trubka pro řízené spáry [19]

Těsnící plechy se aplikují v případě návrhu pracovních (viz Obr. 12) a řízených spár (viz Obr. 13), do nichž jsou ukládány oboustranně polovinou své šířky. U prvků bez povrchové úpravy je nutné při významnějších posunech v řízené spáře brát v úvahu možnost uvolnění spojení mezi betonem a plechem. Ten může způsobit nepatrný průsak vody, který se zastaví samotěsněním trhlin, popř. dodatečnou injektáží. Oproti tomu těsnící plech s povrchovou úpravou, která je tvořena modifikovanými živiciemi, bobtnavým akrylátovým polymerem, popř. krystalizující směsí, průsaku vody – v důsledku převzetí pohybů ve spáře pomocí zmíněných vrstev – zamezuje. Vzájemné spojení těsnících plechů je prováděno svařováním, lepením anebo lisovaným spojem s těsnící vložkou. Při splnění přísnějších požadavků lze jejich napojení řešit i pomocí vzájemného přesahu.



Obr. 12 Těsnící plech Pentaflex ABS pro pracovní spáry [18]

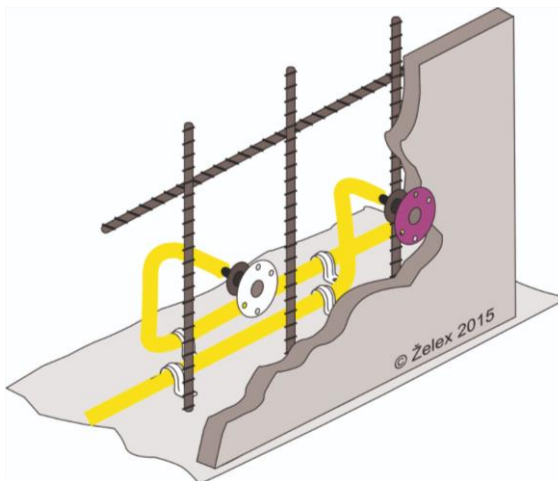


Obr. 13 Těsnící plech Pentaflex OBS pro řízené spáry [20]

Princip utěsnění spár bobtnavými pásky spočívá v chemické reakci daného pásku s prosakující vodou, v jejímž důsledku se vytvoří bobtnací tlak působící na část betonové konstrukce, a dojde tak k jejímu utěsnění. Jejich užívání se nedoporučuje v případech, kdy dochází ke střídavému působení vody na konstrukci a může tak dojít k vyschnutí pásku. Pro dilatační spáry je tento druh těsnění zakázán. Z hlediska materiálů se používají bentonitové pásky, bobtnavé pásky na kaučukové bázi, popř. pásky na bázi modifikovaných akrylátů. Jejich umístění v konstrukci je přibližně ve vzdálenosti třetiny až poloviny tloušťky prvku od návodní strany s krytím minimálně 100 mm.

Těsnící pásy KAB jsou kombinací dvou principů těsnění, kdy spodní strana pásu, která nesplňuje požadavek hloubky zabudování prvku pro správnou funkci labyrintového principu, je opatřena bobtnajícím profilem (princip přitlačení).

Injektážní těsnění (viz Obr. 14) se samostatně používá u pracovních spár. V případě jejího užití jako sekundárního těsnění (v kombinaci s dalšími prvky těsnění) jej lze však využít i u spár dilatačních. Účinek této metody spočívá v úplném zaplnění dutin zvolenou injektážní směsí – nejběžněji na bázi mikrocementů, pryskyřic nebo vícesložkových bobtnajících polymerů. Ta se do spár následně dostane pomocí pečlivě zajištěných injektážních hadiček a injektážních kanálků. Zabudování a aplikace zmíněného druhu těsnění provádíme především na základě pokynů výrobce.

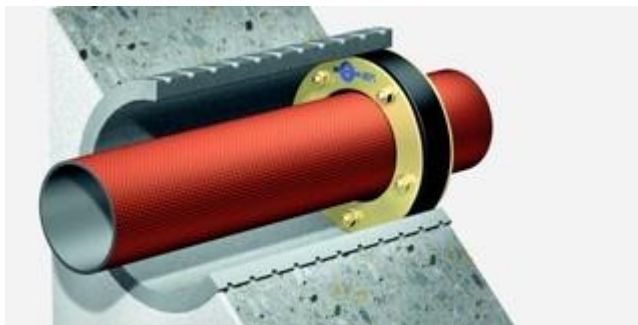


Obr. 14 Injektážní hadička [21]

4.2 Těsnění prostupů

Za účelem utěsnění prostupu v obvodových stěnách (popř. základové desce) je běžně užívána metoda, při které vkládáme do betonové konstrukce kovovou trubku (příp. PVC, PP trubku), sloužící jako chránička, opatřenou na svém obvodu těsnící manžetou (ve středu konstrukce). Chráničkou procházející instalační vedení je následně utěsněno polyuretanovým tmelem. V případě působení vyšších tlaků vody se toto řešení doplňuje o povrchovou manžetu se sevřeným utěsněním na vnějším líci stavby.

Druhým možným řešením těsnění prostupů je aplikace mechanicky rozpínavých kroužků (viz Obr. 15). Ty umísťujeme buď do klasických chrániček s manžetou, nebo do systémových chrániček vyráběných většinou z vláknobetonu (viz Obr. 15). Aby došlo k přilnutí této chráničky k monolitickému betonu, musí být její vnější povrch zdrsňen.



Obr. 15 Vláknocementová chránička s mechanicky rozpínavým kroužkem [22]

5. SANAČNÍ OPATŘENÍ PORUCH BÍLÝCH VAN

Díky principu, na kterém je koncepce vodonepropustných konstrukcí (bílé vany) založena, jsou místa poruch velmi dobře lokalizovatelná. Podle jejich povahy či vizuálně patrných projevů bývají pak děleny na dva druhy – plošné průsaky a průsaky trhlinami nebo pracovními spárami. Následující text čerpá z [2].

5.1 Plošné průsaky

Nejčastější příčinou vzniku plošných průsaků je nedodržení správných technologických postupů. Mezi ně řadíme především nedostatečné nebo dokonce žádné hutnění betonu způsobující neuzavření jeho struktury nebo rozhánění betonu vibrátorem od ústí čerpadla, které vede ke ztrátě jeho vodonepropustnosti. Touto nekázní způsobené průsaky lze však spolehlivě sanovat.

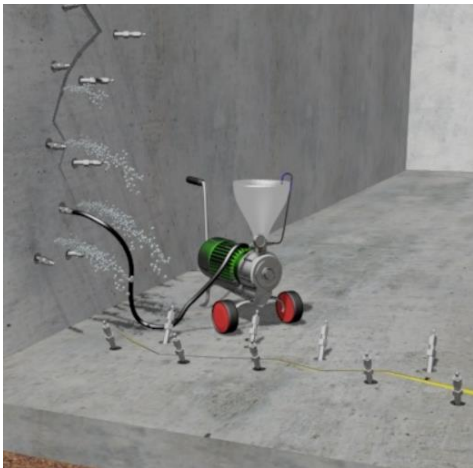
Dochází-li pouze k mírnému vlhnutí konstrukce, její ošetření se provede otryskáním povrchu tlakovou vodou a následným opatřením speciálním krystalizačním nátěrem, který způsobuje utěsnění pórů. Jeho aplikace se provádí v ploše větší o cca 300 mm, než je viditelná hranice vlhké plochy. V případě, že je konstrukce na svém povrchu narušena, provede se před výše zmíněným sanačním opatřením reprofilace speciální sanační hmotou.

V situaci, kdy na konstrukci dochází k velkým průsakům vody, je dobré zvažovat použití injektáže. Ta se provádí pomocí pakrů vkládajících se do předem vyvrtaných otvorů, jejichž vzdálenost by měla odpovídat tloušťce sanovaného prvku. Jako injektážní hmotu používáme nízkoviskózní injektážní pryskyřici.

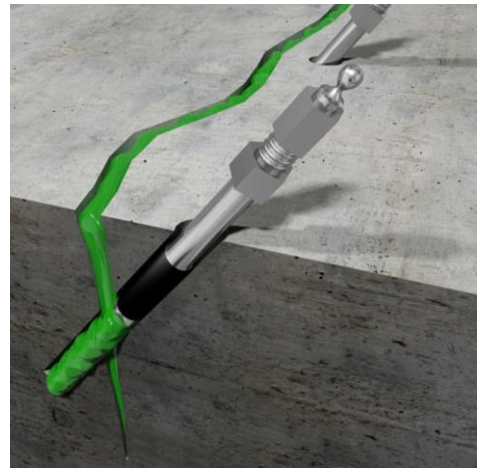
5.2 Průsaky trhlinami a pracovními spárami

Sanace těchto trhlin se provádí především na základě jejich vzniku, resp. stabilizace. Jedná-li se o trhliny vzniklé v důsledku smršťování nebo dosedání objektu, u nichž se neuvažuje možnost dalšího rozevírání, postačí v případě vlhkých trhlin utěsnění krystalizačními materiály. Avšak sanujeme-li trhlinu, již prosakuje voda, aplikujeme krystalizační látku do předem zhotovené drážky v místě trhliny a následně ji přetřeme stejnou látkou v pruhu cca 300 mm.

Trhliny, u kterých nelze jednoznačně určit, zda jsou stabilizované, volíme raději sanaci pomocí injektáže (viz Obr. 16). Použité pakry můžeme v závislosti na velikosti průsaku používat vrtané či lepené. V případě vrtání navrhujeme umístění pakrů střídavě z obou stran trhlin pod úhlem (otvor – trhlina) 45° (viz Obr. 17). Je důležité, aby vrty procházely skrz trhlinu. Lepené pakry, které jsou z konstrukce po provedené injektáži s připočtením reakční doby odstraněny, umísťujeme přímo na trhlinu.



Obr. 16 Injektáž trhliny [23]

Obr. 17 Injektážní pakr pod úhlem 45° [23]

Mezi nejčteněji sanovaná místa u stavebních objektů řadíme pracovní spáry. Utěsnění prosakující vody lze dosáhnout použitím injektáže, která je s ohledem na časové omezení sanace vhodnou volbou (její provedení má okamžitý účinek). Z hlediska stránky finanční je však tato metoda v porovnání s druhou užívanou a technicky rovnocennou – těsnění krystalizačními látkami – méně výhodná.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo uvedení do problematiky konstrukčního řešení bílých van s demonstrací získaných informací na praktickém příkladu návrhu spodní stavby bytového domu.

Pojmem bílá vana je myšlena nosná konstrukce, která pro utěsnění proti podzemní vodě a vlhkosti využívá své tloušťky a vodonepropustnosti samotného železobetonu. V dnešní době je to nejpoužívanější systém řešení spodní stavby objektů, jehož případné sanace jsou v porovnání s principem černých van (konstrukcí s povlakovou hydroizolační vrstvou) mnohem méně nákladné a jednodušší.

Pro navrhování konstrukcí bílé vany se z důvodu chybějící české normy, která by se touto problematikou zabývala (výjimkou je norma pro nádrže na kapaliny a zásobníky ČSN EN 1992-3 [11]), volí mezi směnicemi TP ČBS 02 (překlad rakouské směrnice) a TP ČBS 04 (překlad německé směrnice). V praxi je nejběžněji užívána německá směrnice. Její přístup je z hlediska doporučených minimálních tlouštěk konstrukcí a možnosti použití řízených spár ve stěnách, kdy dojde ke snížení množství vodorovné výztuže, efektivní a ekonomický bez neblahého odrazu na funkčnost konstrukce.

Při návrhu bílých van je nutné posouzení mezního stavu šířky trhlin. V případě překročení limitní hodnoty dané směnicí, je provedeno omezení šířky trhlin zvolenou výztuží.

Ke vzniku trhlin v betonu dochází v důsledku překročení pevnosti betonu v tahu účinky napětí od zatížení a omezením tahových přetvoření. U konstrukcí bílých van je typický vznik trhlin vlivem úniku hydratačního tepla (postupného chladnutí prvku) v době již několika hodin po betonáži (10 až 48 h), kdy stále probíhá nárůst tahové pevnosti betonu – není dosaženo maximální hodnoty. Při dimenzování výztuže prvku je nejčastěji rozhodující omezení šířky trhliny pro namáhání vyvolaná omezením přetvoření. V případě základových desek je důležité kromě účinků hydratačního tepla přihlídnout ke tření ve styku s podložím, u stěn pak k omezenému přetvoření vznikajícímu vlivem spojení k základové desce. Pokud by byla navrhovaná deska založena na pilotách a zároveň s nimi výztuží provázaná, je nutné posuzovat omezení šířky trhlin při plně omezeném přetvoření.

Důležitou částí projektování bílé vany je návrh těsnění všech spár a prostupů. Na trhu existuje nespočet druhů těsnících prvků závisajících ať už na principu těsnění a na materiálu, tak na aplikaci v příslušné spáře (příp. prostupu). Jejich specifikace je nedílnou součástí každé výkresové dokumentace. Nutné je podotknout, že používání bobtnavých těsnících pásek může být v důsledku jejich vysychání (aktivují se chemickou reakcí s vodou) méně vhodné.

V závěru práce jsou popsána sanační opatření bílých van, která se určují v závislosti na množství prosakující vody, příp. vzniku (stabilizace) trhlin. Sanační opatření volíme mezi dvěma metodami – injektáží a nátěrem z krystalizačních hmot. Vzhledem k povaze konstrukcí bílých van, tedy s uvažováním vzniku trhlin již ve fázi projektování, je důležité stanovit sanační metodu ještě před realizací stavby.

SEZNAM LITERATURY

- [1] *Bílé vany: vodotěsné betonové konstrukce*. 2., upr. vyd. Praha: ČBS Servis, 2007. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-87158-03-6.
- [2] *Bílé vany: vodonepropustné betonové konstrukce: sbírka přednášek, příkladů a prezentací ke školení*. Praha: ČBS Servis, 2007-^^^-. ISBN 978-80-903807-6-9.
- [3] *Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce: DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, [2015]. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [4] VINKLER, Marek a Jaroslav PROCHÁZKA. Návrh výztuže bílé vany s ohledem na šířku trhliny. *BETON TKS*. 2017, roč. 17, č. 2, str. 60-67.
- [5] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. Výpočet šířky trhlin. *Beton TKS*. 2014, roč. 4, č. 4, str. 68-76.
- [6] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. Výpočet šířky trhlin - 2. část. *Beton TKS*. 2015, roč. 15, č. 1, str. 72-78.
- [7] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. Výpočet šířky trhlin - 3. část. *Beton TKS*. 2015, roč. 15, č. 3, str. 36-40.
- [8] PROCHÁZKA, Jaroslav a Jiří ŠMEJKAL. *Betonové základové a opěrné konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-0106128-2.
- [9] HEJTMÁNEK, Matouš. Vodonepropustné betonové konstrukce – těsnění spár. *BETON TKS*. 2016, roč. 16, str. 40-45.
- [10] ČSN EN 12390-8: *Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019, 12 s. Třídící znak 73 1302.
- [11] ČSN EN 1992-3: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 24 s. Třídící znak 73 1201.
- [12] ČSN EN 1990: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 76 s. Třídící znak 73 0002.
- [13] ČSN EN 1997-1: *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 128 s. Třídící znak 73 1000
- [14] ČSN EN 1991-4: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 98 s. Třídící znak 73 0035
- [15] ČSN EN 1991-1-5: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 44 s. Třídící znak 73 0035

- [16] ČSN EN 1992-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 210 s. Třídící znak 73 1201
- [17] ČSN 73 1201: *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 64 s. Třídící znak 73 1201
- [18] *Pentaflex ABS*. In: H-BAU-TECHNIK [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.h-bau.de/en/product/sealing/pentaflex/pentaflex-abs-1/>
- [19] *Těsnící pásy Sika a Tricosal: pro těsnění dilatačních a pracovních spár* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8066481-Tesnici-pasy-sika-a-tricosal-pro-tesneni-dilatacnich-a-pracovnich-spar-innovation-consistency-since-1910.html>
- [20] *Pentaflex OBS*. In: H-BAU TECHNIK [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.h-bau.de/en/product/reinforcement/pentaflex-obs/>
- [21] *Injektážní hadička*. In: ŽELEX [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: https://www.kotaca.cz/fotogalerie.php?clanek_id=82&foto_id=1168&podrubrika_id=17
- [22] *Prostupy bílou vanou*. In: PROSTUPY.CZ [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <http://www.prostupy.cz/vodotesne-plynotesne-prostupy-pro-kabely-a-potrubí>
- [23] *Injektáž trhlin v betonu*. In: STADO [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <http://www.stado.cz/injektaz-trhlin-v-betonu>
- [24] *Vzor TZ* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/rpmt2015>
- [25] *Vzor předběžného SV* [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/rpmt2015>

PŘÍLOHY

Příloha 1:	Statický výpočet	73xA4
Příloha 2:	Technická zpráva	11xA4

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkres č. 1:	Pilotový plán	1xA3
Výkres č. 2:	Výkres tvaru podlahové desky	1xA2
Výkres č. 3:	Výkres tvaru 1.PP	420x840
Výkres č. 4:	Dolní výztuž podlahové desky	1xA2
Výkres č. 5:	Horní výztuž podlahové desky	1xA2
Výkres č. 6:	Výztuž stěn 1.PP	420x840
Výkres č. 7:	Detaily spodní stavby	1xA3