

ČVUT v Praze
Fakulta stavební

PS01 - POZEMNÍ STAVBY 1

Hydroizolace spodní stavby

doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.
Katedra konstrukcí pozemních staveb

Zpracováno v návaznosti na původní přednášky KP20 prof. Ing. Petra Hájka, CSc.

Zdroje vlhkosti

Přehled základních zdrojů vlhkosti ve spodní stavbě (suterén + soklová oblast)

- Atmosférická (srážková) voda
 - odstříkující dešťová voda (sokly)
 - voda stékající ze střešních ploch
(v případě absence funkčních okapů a svodů)
 - voda stékající po povrchu terénu
- Podpovrchová voda (obvykle dominantní zdroj) - podrobně viz další slide
- Kondenzovaná vlhkost (tepelné mosty)
- Poruchy instalací TZB
 - vnitřní kanalizace
 - vnitřní vodovod
 - nezakrytý komínový průduch (historické stavby)
- Provozní voda
 - mokré provozy (koupelny, veřejné sprchy, bazénové haly)
 - voda od výrobních procesů
- Technologická voda (důsledek mokrých procesů při rekonstrukcích)
- Hygroskopická vlhkost stavebních materiálů

Podpovrchová voda

Zemní vlhkost

Přirozená vlhkost horninového prostředí. Voda nevytváří spojitou hladinu a je vázána nebo se pohybuje v základových půdách a konstrukcích vlivem absorpčních, kapilárních nebo gravitačních sil.

Voda volně stékající

Vytváří spojitou hladinu a působí na hydroizolaci malým hydrostatickým tlakem (max. 0,001 MPa), stéká po vodorovných nebo šikmých plochách podzemních konstrukcí.

Vzlínající podzemní voda - nejčastější problém

Voda pronikající do konstrukcí z podzákladí vlivem kapilární vzlínavosti nebo vlivem difuze vodní páry. Pro zatížení spodní stavby vlivem kapilární vzlínavosti je rozhodující:

- typ základové půdy (nejvýrazněji se projevuje u jemnozrnných zemin)
- vzdálenost HPV od základové spáry (v průběhu roku je proměnná)
- intenzita odparu vody z povrchu terénu (charakter okolních ploch)

Tlaková voda

Vytváří v okolí objektu spojitou hladinu a působí na konstrukce spodní stavby hydrostatickým tlakem. Tlaková voda může být trvalá (základová spára trvale pod HPV), nebo dočasná (typicky v neodvodněném násypovém tělese).

Principy hydroizolace spodní stavby

Hydroizolační principy - novostavby

Návrh koncepce ochrany konstrukcí spodní stavby proti působení vody a vlhkosti je vždy úzce spjat s hydrogeologickými podmínkami v místě stavby a s konstrukčním řešením spodní stavby (zahrnující také způsob úpravy okolního horninového prostředí - drenáže, apod.)

Základní **princip ochrany spodní stavby proti vodě a vlhkosti** spočívá v návrhu spojitě a trvanlivě hydroizolační obálky = přímý hydroizolační princip. Toto opatření může být doplněno ještě některým z nepřímých hydroizolačních principů (viz níže).

- **Přímé hydroizolační principy** - povinné pro všechny novostavby
 - povlakové hydroizolace (podrobně viz dále)
 - bílé základové vany (viz přednáška „Bílé vany, krystalizace“)
- **Nepřímé hydroizolační principy** - doplňující opatření
 - odvodnění horninového prostředí (drenáže, jímky)
 - výběr základových poměrů (umístění stavby)
 - úprava okolních ploch objektu

Principy hydroizolace spodní stavby

Hydroizolační principy - rekonstrukce

Volba metody provedení dodatečné hydroizolace vyžaduje podrobný stavebně-vlhkostní průzkum objektu. Sanace vlhkých konstrukcí bývá obvykle prováděna souborem sanačních metod zahrnujícím hydroizolační, vysušovací a stavební opatření.

- **Přímé hydroizolační principy (rekonstrukce)**

- mechanické metody (podřezávání, zarážení plechů, probourávání)
- injektážní metody (podstatou je vytvoření injektážní clony ve zdivu)
- elektrofyzikální metody (aktivní elektroosmóza)
- vzduchové izolační metody (provětrávané podlahy, sokly, štoly apod.)

- **Nepřímé hydroizolační principy**

- dodatečné odvodnění horninového prostředí (drenáže, čerpací jímky)
- úprava parametrů vnitřního prostředí pomocí VZT (vlhkost, teplota)
- úprava okolních ploch objektu (difuzně propustné povrchy, spádování)

- **Doplňková sanační opatření**

- Sanační omítky (vždy v kombinaci s přímou nebo nepřímou metodou)

Hydroizolace spodní stavby

Povlakové hydroizolace

Rozdělení povlakových hydroizolací

Norma ČSN 730606 [2] uvádí následující typy povlakových hydroizolací:

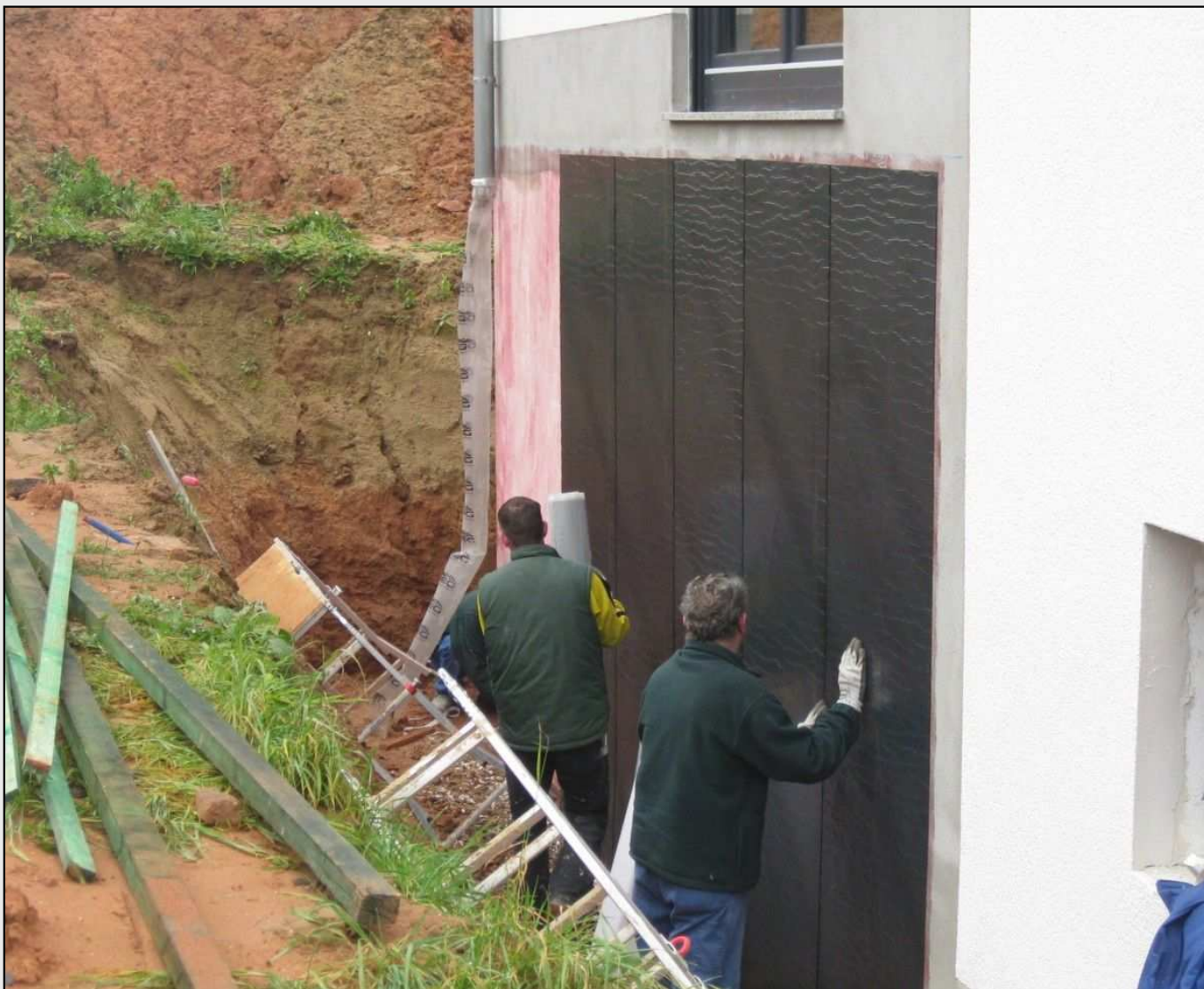
- Asfaltové materiály zpracovatelné za horka
- Asfaltové materiály zpracovatelné za studena
- **Asfaltové pásy**
- Syntetické polymery
- Silikátové hmoty
- **Plastové a elastové pásy (fólie)**

V současné době se i přes rozvoj nových technologií pro hydroizolaci spodní stavby stále nejvíce používají hydroizolační systémy na bázi tradičních povlakových hydroizolačních pásů (asfaltové pásy a fóliové izolační pásy).

Slabým místem hydroizolační obálky spodní stavby provedené z hydroizolačních pásů (asfaltových i plastových) jsou **spoje mezi pásy a řešení prostupů**. Spolehlivost takové hydroizolační obálky je potom přímo závislá na kvalitě provedení spojů a prostupů.

Asfaltové pásy

Realizace hydroizolace spodní stavby pomocí asfaltových pásů



Základní typy asfaltových (bitumenových) hydroizolačních pásů:

- typ A: asfaltový izolační pás bez krycí vrstvy (lepenka napuštěná asfaltem)
- typ R: asfaltový hydroizolační pás s krycí vrstvou
- typ S: asfaltový hydroizolační pás natavitelný
- asfaltový hydroizolační pás bezvložkový (asfaltová hmota samonosná)
- asfaltový hydroizolační pás samolepicí

Výztužné vložky:

- hadrová, papírová nebo textilní (nasákavé a dnes již nevyhovující)
- hliníková vložka (minimální tažnost, riziko koroze)
- vložky z minerální, skelné nebo syntetické rohože (nejpoužívanější)
- bez vložky (některé pásy typu SBS)

Asfaltové pásy typu S:

AP-S - asfaltový pás natavitelný (základní typ)

AP-SM - asfaltový modifikovaný natavitelný pás

AP-SM-B - asfaltový modifikovaný natavitelný pás - elastomerický typ (modifikace SBS)

AP-SM-P - asfaltový modifikovaný natavitelný pás - plastomerický typ (modifikace APP)

Asfaltový pás typu AP-SM-B (SBS) je pro hydroizolaci spodní stavby nejvhodnější.

Asfaltové pásy

Hydroizolace spodní stavby pomocí asfaltových pásů

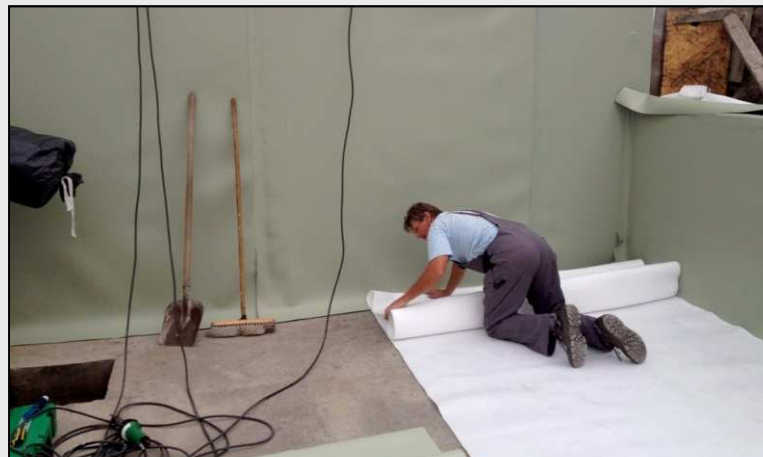


Hydroizolační fólie

Plastové a elastové pásy (hydroizolační fólie)

- F-PVC-P** - fólie z měkčeného PVC
- F-VAE , F-EVA** - fólie z vinyl-acetát-etylénu
- F-PEHD, F-PELD** - fólie z polyetylénu
- F-PEC** - fólie z chlorovaného polyetylénu
- F-PO** - fólie polyolefínové
-a další

Nejpoužívanější jsou fólie F-PVC-P,
vyráběné v tloušťkách 0,7 - 2,0mm.



Stěrkové hydroizolace

Stěrkové / nátěrové hydroizolace

- asfaltové nátěrové hmoty (laky, emulze, vodní disperze, tmely)
- nátěry ze syntetických polymerů (epoxidové, disperzní, polyuretanové, polyesterové)
- silikátové nátěry a nástřiky - jednosložkové směsi (např. krystalizační nátěry)
- dvousložkové systémy (silikátová hmota + disperze)

Výhodou stěrkových / nátěrových hydroizolací je absence spojů.



Hydrofyzikální namáhání

Hydrofyzikální namáhání spodní stavby s vybranými příklady složení povlakových hydroizolací podle ČSN 730606 - minimální skladby !

Vlhkost přilehlého pórovitého prostředí (zemní vlhkost, vlhkost stativ)

- 1x asfaltový pás typu AP-S
- 1x asfaltový modifikovaný pás typu AP-SM
- 1x hydroizolační fólie (F-PVC-P, F-PEHD, F-VAE apod.)
- asfaltová nátěrová hmota typu AO-SI

Voda prosakující přilehlým propustným horninovým prostředím - svislé plochy

- 1x asfaltový modifikovaný pás (elastomerický) typu AP-SM-B
- 1x hydroizolační fólie o tloušťce min. 1,0 mm (F-PVC-P, F-PEHD, F-VAE apod.)
- Silikátová hydroizolační nátěrová hmota typu HH-SIL (např. krystalizační nátěr)

Voda prosakující přilehlým propustným hornin. prostř. - šikmé a níže situované plochy

- 2x asfaltový modifikovaný pás typu AP-SM-B nebo 2x asfaltový pás typu AP-S
- 1x hydroizolační fólie o tloušťce min. 1,5 mm s tlakovou/vakuovou kontrolou těsnosti spojů

Hydrofyzikální namáhání

Hydrofyzikální namáhání spodní stavby s vybranými příklady složení povlakových hydroizolací podle ČSN 730606 - minimální skladby !

Tlaková voda (konstrukce pod HPV)

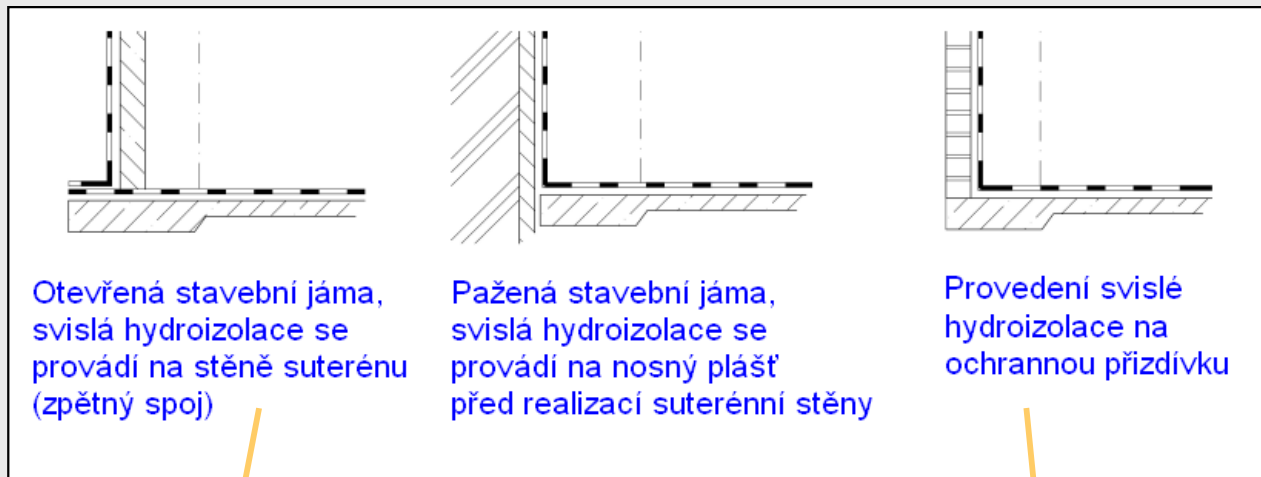
- 2x asfaltový modifikovaný pás typu AP-SM-B
- 2x hydroizolační fólie o tl. min. 1,5 + 1,0 mm se zabudovaným aktivním kontrolním sanačním systémem (F-PVC-P, F-PEHD, F-VAE apod.)
- kombinovaný systém: 1x hydroizolační fólie min. tl. 1,5 mm s tlakovou/vakuovou kontrolou těsnosti spojů + konstrukce z vodonepropustného betonu (např. krystalizační beton)

Uvedené příklady hydroizolací jsou minimální skladby podle [2], z hlediska spolehlivosti hydroizolační obálky spodní stavby je však často vhodné navrhnout více pásů nebo kvalitnější typ pásu apod.

Optimální skladby hydroizolačních souvrství jsou uvedeny v pomůcce „Návrh hydroizolace spodní stavby“ na webu cvičení PSA2 / KP2.

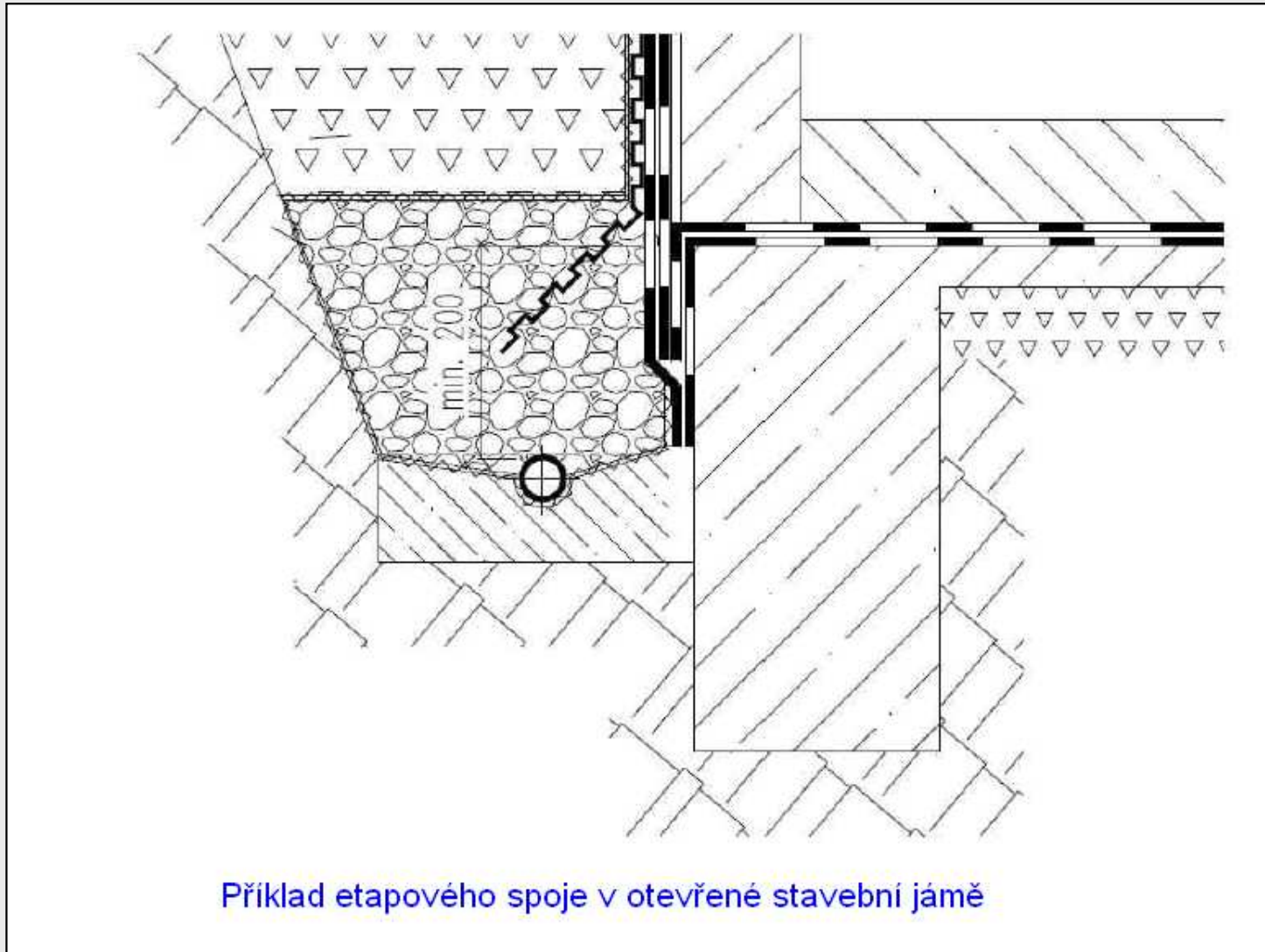
Návrh hydroizolační obálky

Varianty koncepčního řešení napojení svislé hydroizolace na vodorovnou



Návrh hydroizolační obálky

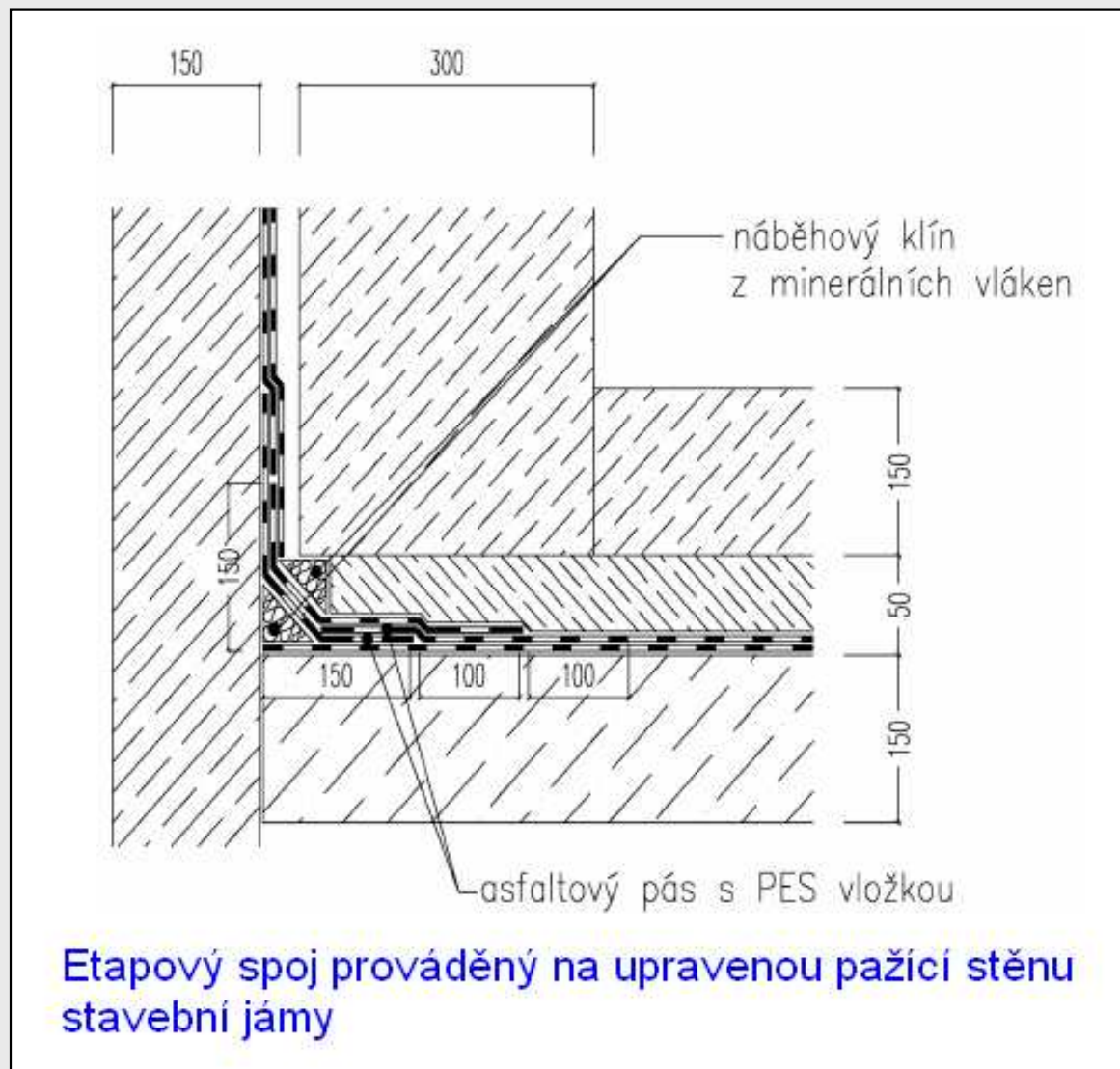
Příklad řešení spoje v místě napojení svislé hydroizolace na vodorovnou



[3]

Návrh hydroizolační obálky

Příklad řešení spoje v místě napojení svislé hydroizolace na vodorovnou



[3]

Ochrana svislé povlakové hydroizolace

Povlakovou hydroizolaci je nutné ochránit před mechanickým poškozením (zejména při zasypávání stavební jámy)

Ochranná vrstva může mít i další funkci (tepelně izolační nebo separační)

Možnosti ochrany povlakových hydroizolací

- Extrudovaný polystyrén (tepelně izolační vrstva)
- Nopová fólie
- Geotextílie
- Zděná přizdívka



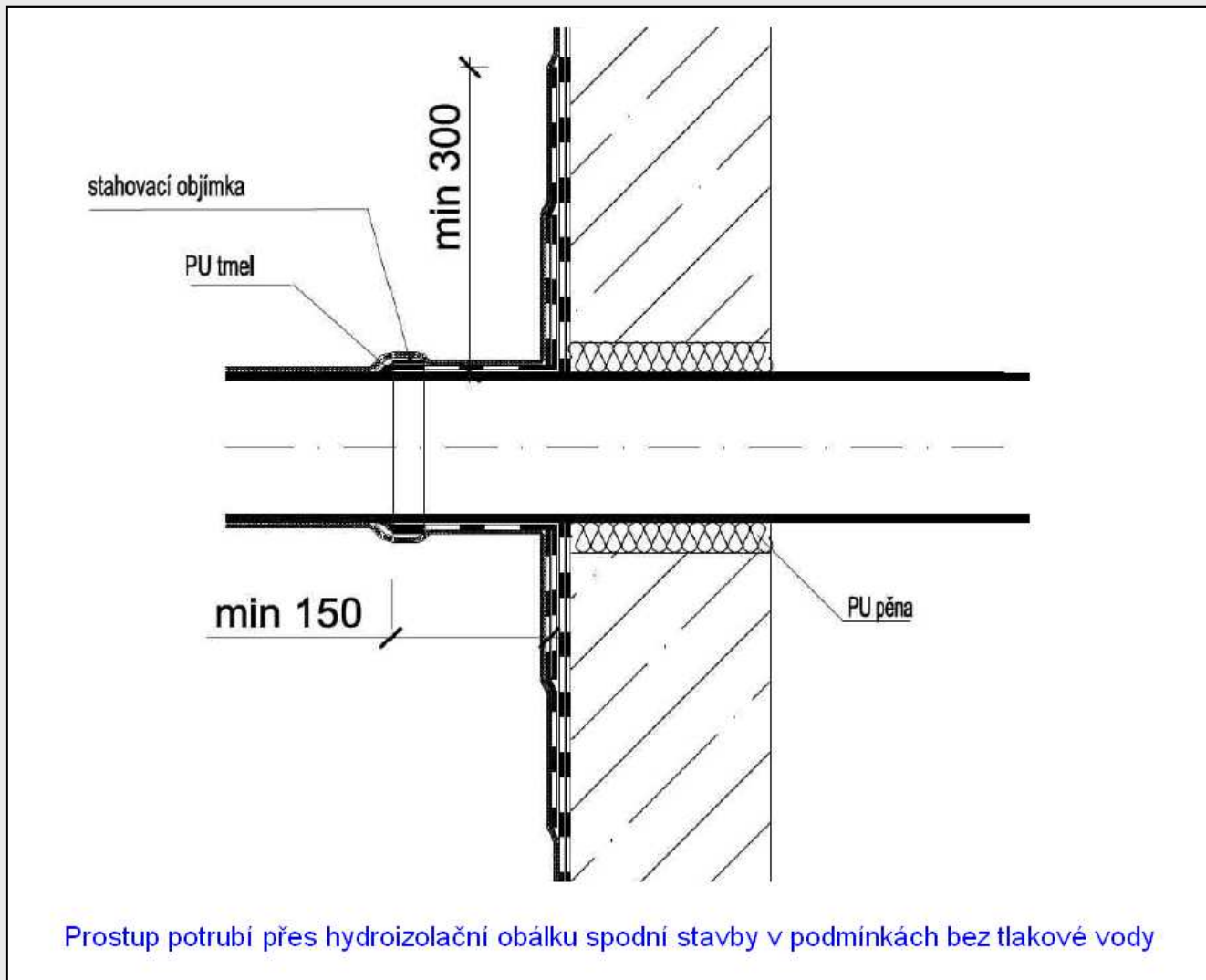
Nopové fólie

- Slouží pro separaci zeminy od suterénní stěny
- Provětrávání mezi nopy prakticky neprobíhá (příliš úzká dutina)
- Nepatří mezi klasické povlakové hydroizolace - jedná se o sanační systém
- Lze použít jako ochrannou vrstvu povlakové hydroizolace



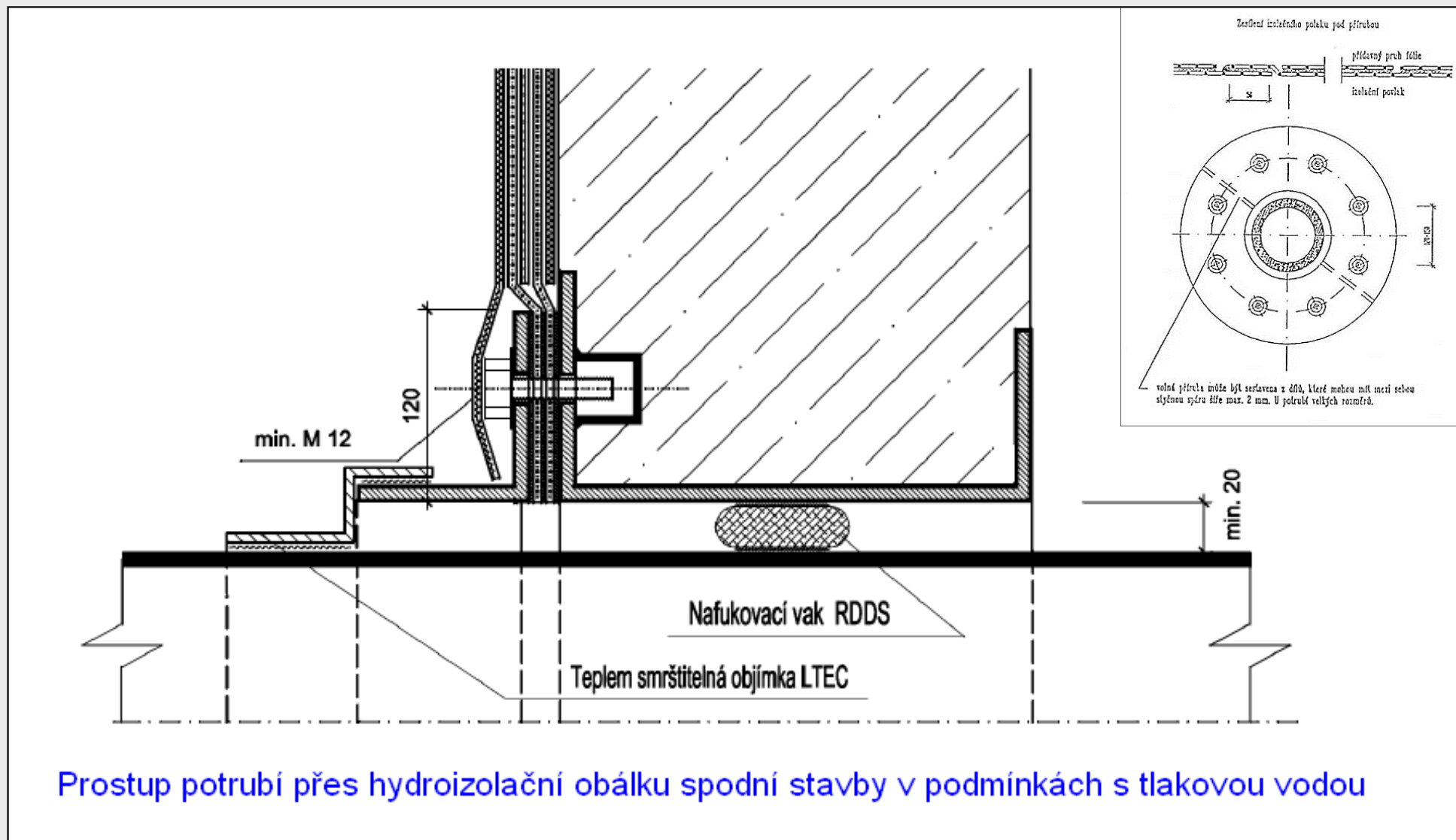
Prostup potrubí ve spodní stavbě

- Prostup potrubí je místem častých poruch hydroizolační obálky spodní stavby
- Konstrukční řešení prostupu je voleno v závislosti na hydrofyzikálním namáhání



[3]

Prostup potrubí ve spodní stavbě



[3]

Dodatečná hydroizolace budov

Přímé hydroizolační principy - mechanické metody

- Vkládání hydroizolace do proříznuté spáry ve zdivu
- Zarážení ocelových plechů do zdiva
- Výměna zdiva v soklové oblasti (probourávání) - pouze u zdegradovaného zdiva

Vkládání hydroizolace do proříznuté spáry ve zdivu

Proříznutí spáry ve zdivu lze provést:

- **elektrickou řetězovou pilou** - nejrozšířenější způsob
 - lze provést pouze v ložné spáře
 - nejlevnější mechanická metoda
- **lanovou pilou** - lze použít pro všechny druhy zdiva
 - technologicky náročné
 - nejdražší mechanická metoda
- kotoučovou stěnovou pilou (málo používané)
- ruční pilou (pouze pro dílčí části)

Dodatečná hydroizolace budov

Prořezávání spáry ve zdivu elektrickou řetězovou pilou



Dodatečná hydroizolace budov

Prořezávání spáry ve zdivu lanovou pilou



Dodatečná hydroizolace budov

Zarážení ocelových plechů do zdiva

- Základem jsou vlnité nerez plechy (výška vlny cca 5mm)
- Plechy se zaráží pneumatickým zařízením upevněným na vozíku
- Nutný velký pracovní prostor ! (vozík + pracovník + plech)
- Plechy lze zarážet pouze do průběžné ložné spáry ve zdivu
- Velmi rychlá metoda (oproti podřezávání)
- Citlivé ke konstrukcím, minimální riziko deformace konstrukcí (oproti podřezávání)
- Poměrně finančně náročné (cca 2x dražší než podřezávání řetězovou pilou)
- Problém se spolehlivým napojením povlakové hydroizolace na plechy
 - v současnosti firmy tento problém obvykle vůbec neřeší
 - asfaltové pásy je možné připojovat přes vrstvu horkého asfaltu
 - plastové fólie nelze napojit vůbec

Problém s napojením řeší systém připojovacích lišt, vyvinutý pracovníky Katedry konstrukcí pozemních staveb (J. Pazderka, R. Zigler, T. Čejka), který byl v roce 2011 přihlášen na Ú.P.V. jako užitný vzor č. 22512.

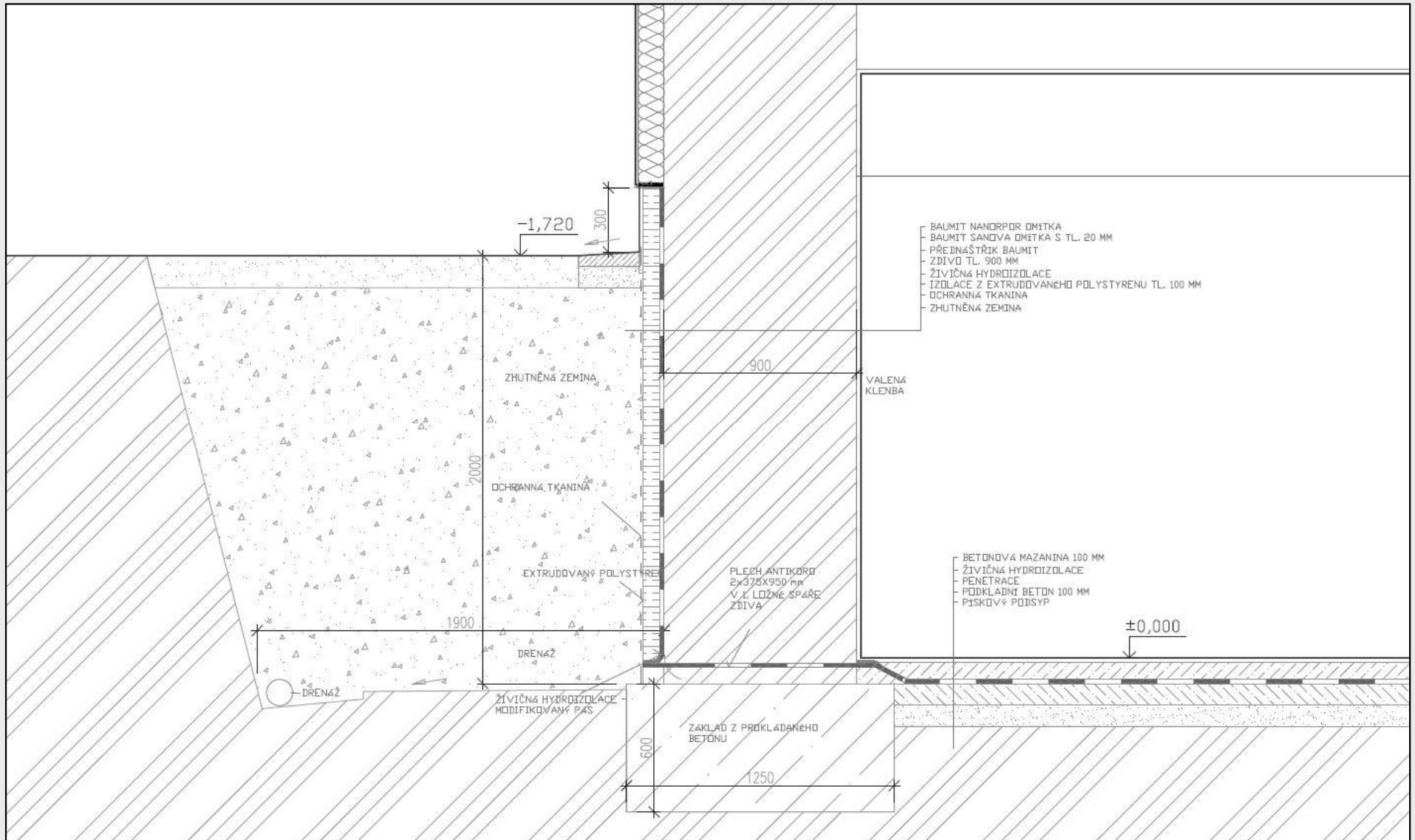
Dodatečná hydroizolace budov

Zarážení nerez plechů do zdiva



Dodatečná hydroizolace budov

Zarážení nerez plechů do zdiva



Hydroizolace spodní stavby

Konstrukce bílých van

Bílé vany - definice a legislativa

Bílá vana

Je speciální druh základové vany z monolitického železobetonu, u které jako ochrana proti pronikání vody a vlhkosti z podloží slouží pouze vlastní hmota základové vany.

Základní podklady pro návrh bílé vany (normy):

- ČSN EN 206: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 12390-8: Zkoušení ztvrdlého betonu - část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou
- ČSN EN 480: Příspěvky do betonu, malty a injektážní malty
- Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí

Bíle vany se provádí ze speciálních vodonepropustných betonů, jakými jsou např.:

- Klasický „vodostavební“ beton - betony s nízkým vodním součinitelem s přidáním plastifikátorů (termín „vodostavební“ již současná legislativa nepoužívá).
- Krystalizační beton - beton s krystalizační příměsí (sekundární krystalizace)
- Vysokopevnostní beton - beton se speciální uzavřenou strukturou (pokud je nutné ze statických důvodů - výškové budovy)
- Další možnosti (různé příměsí do betonu, krystalizační nátěry apod.)

Příklady bílých van



Příklady bílých van



Příklady bílých van



Návrh bílé vany

Požadavky na beton bílých van:

- 1) Dostatečně vysoká pevnostní třída betonu
- 2) Maximální povolený průsak (měřený metodikou ČSN EN 12390-8)
- 3) Zamezení vzniku trhlin – konstrukční výztuž, ošetřování
- 4) Další požadavky podle ČSN EN 206

1) Minimální pevnostní třída betonu

Minimální pevnostní třída betonu bílé vany pro konkrétní případy závisí na „stupni vlivu prostředí“ ve kterém se konstrukce nachází a je předepsána v normě ČSN EN 206 v tabulce F.1.

Bílá vana musí být vždy obecně provedena z betonu s dostatečně vysokou pevnostní třídou.

Pro běžné prostředí je z technického hlediska obvykle potřeba minimální třída

- Pro klasické „vodostavební“ betony: C25/30 (podle doporučení ČBS)
- Pro krystalizační betony: C20/25 (na základě výzkumu autora prezentace)

! Nutno vždy konfrontovat s požadavky pro příslušný stupeň vlivu prostředí v ČSN EN 206

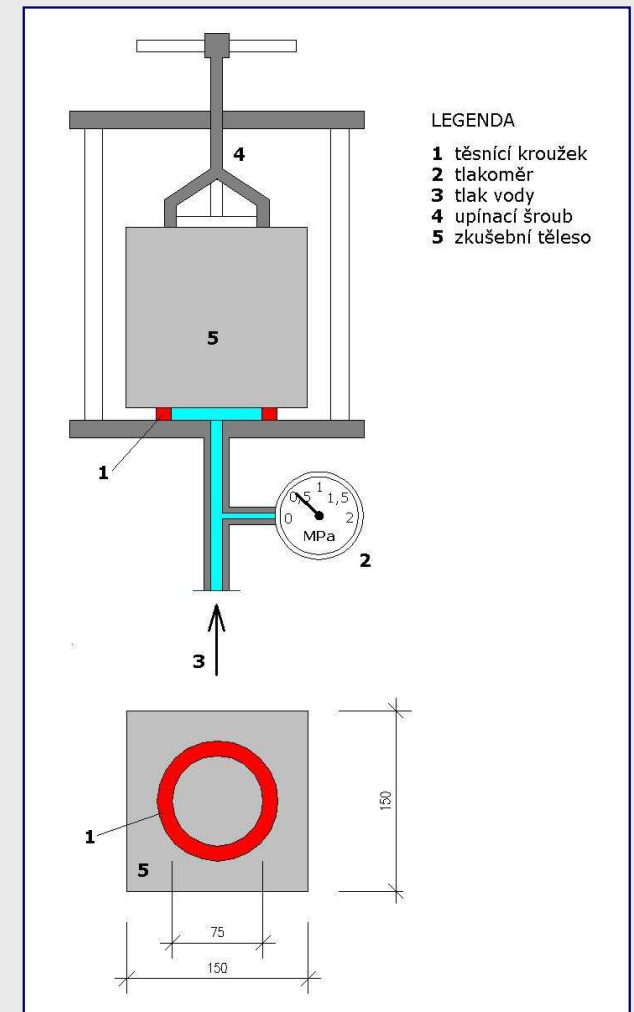
Návrh bílé vany

2) Maximální povolený průsak

V závislosti na konkrétním stupni vlivu prostředí, ve kterém se daná konstrukce nachází je určen požadavek na **maximální průsak vody měřený zkouškou podle ČSN EN 12390-8**, který musí beton bílé základové vany splnit.



Zkouška vodonepropustnosti podle ČSN EN 12390-8

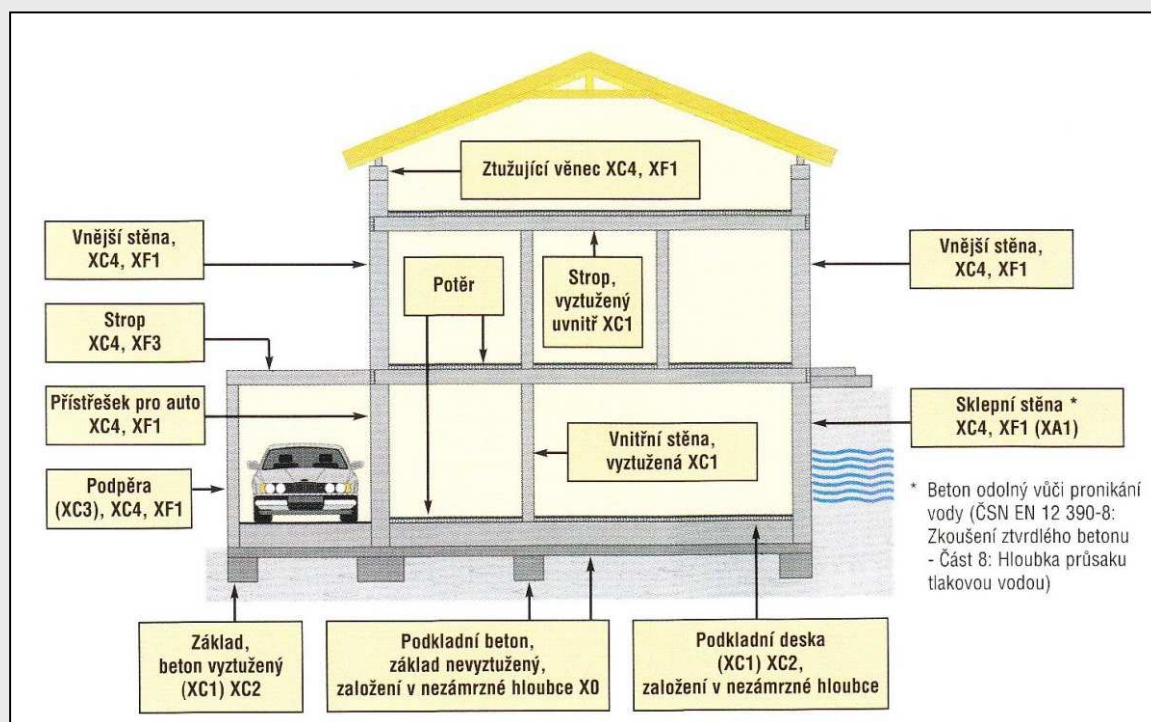


Návrh bílé vany

Postup při návrhu bílé vany (z hlediska zajištění ochrany proti vlhkosti):

- A) Stanovení „stupně vlivu prostředí“, ve kterém bude konkrétní konstrukce zabudována (např. XC4, XA1 apod.) – viz obrázek níže.
- B) Návrh parametrů betonové směsi (pevnostní třída, druh betonu, max. průsak a další)
- C) Návrh konstrukčních opatření (pracovní spáry, dilatační spáry, konstrukční výztuž, způsob ošetřování, apod.)

Pomůcka pro stanovení stupně vlivu prostředí
(převzato z časopisu Beton TKS)



Bílé vany - rizikové faktory

Nejslabším místem bílých van z hlediska rizika průniku vody a vlhkosti do objektu jsou pracovní spáry, dilatační spáry a prostupy TZB.

Pracovní spára

je technologickou sparou, vzniklou v místě přerušení betonáže (mezi dvěma pracovními záběry). Jedná se o **nejčastější místo poruch bílých van.**

Dilatační spára

je projektovaná spára v ŽB konstrukci bílé vany, která obvykle slouží k eliminaci rizika vzniku poruch (trhlin) vzniklých vlivem rozdílného sedání stavby, nebo k eliminaci pohybů vzniklých vlivem délkové teplotní roztažnosti konstrukcí.

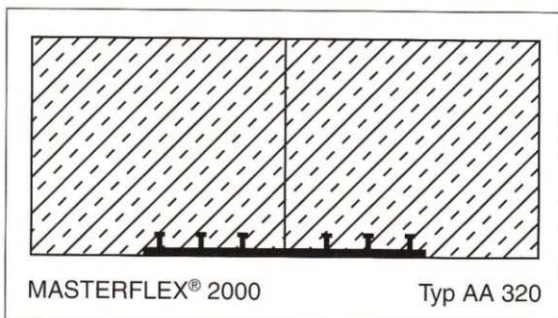
Možnosti řešení utěsnění pracovních a dilatačních spar - pro novostavby:

- Plastové těsnící pásky (profilované), obvykle z PVC-P (různé tvary pro prac. a dilat. spáry)
- Injektážní hadice
- Bentonitové těsnící pásky (často v kombinaci s injektážními hadicemi nebo těsnícími pásky)
- Krystalizační materiály (viz další část přednášky)

Dilatační a pracovní spáry

Plastové těsnící pásy (PVC-P) do pracovních a dilatačních spár - tzv. QM systémy podle DIN (novostavby)

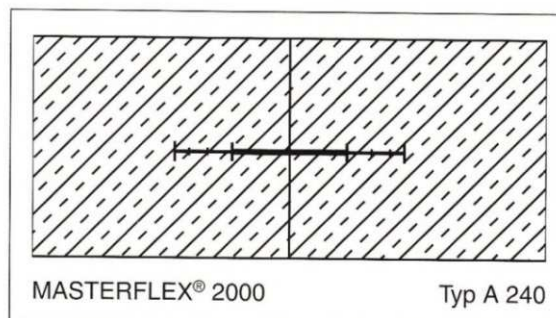
Vnější pás do pracovní spáry



MASTERFLEX® 2000

Typ AA 320

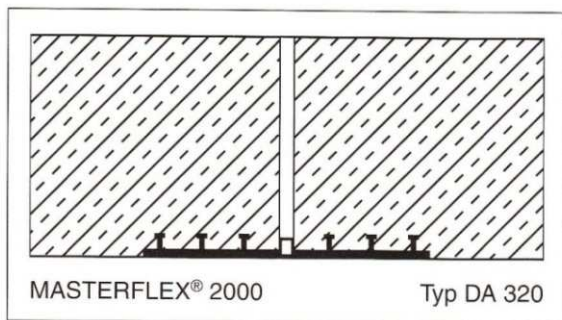
Vnitřní pás do pracovní spáry



MASTERFLEX® 2000

Typ A 240

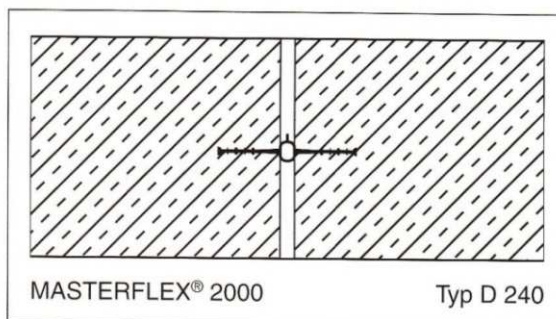
Vnější pás do dilatační spáry



MASTERFLEX® 2000

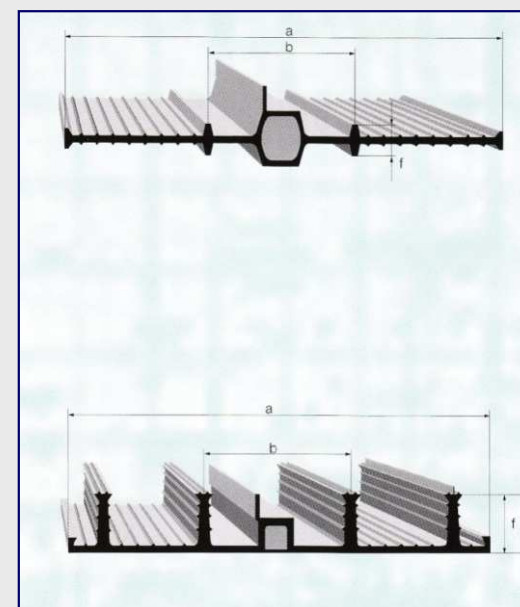
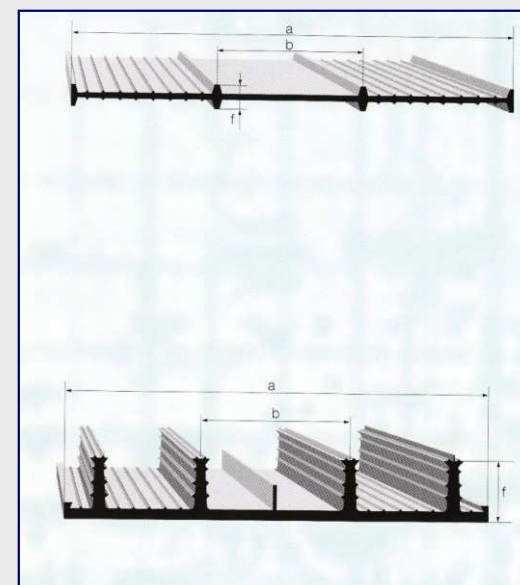
Typ DA 320

Vnitřní pás do dilatační spáry



MASTERFLEX® 2000

Typ D 240



Dilatační a pracovní spáry

Plastové těsnící pásy do pracovních a dilatačních spár



[2]

Dilatační a pracovní spáry

Plastové těsnící pásy do pracovních a dilatačních spár - příklady realizací



[2]

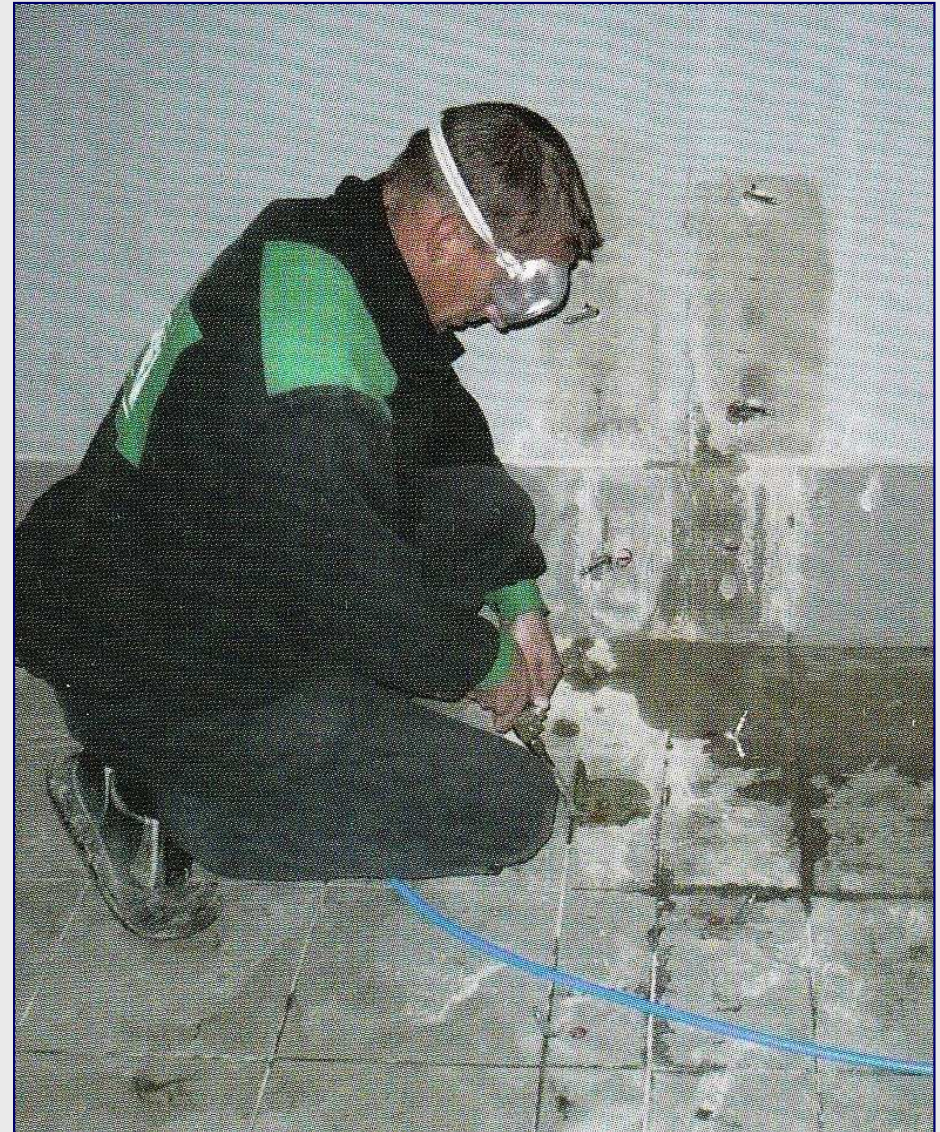
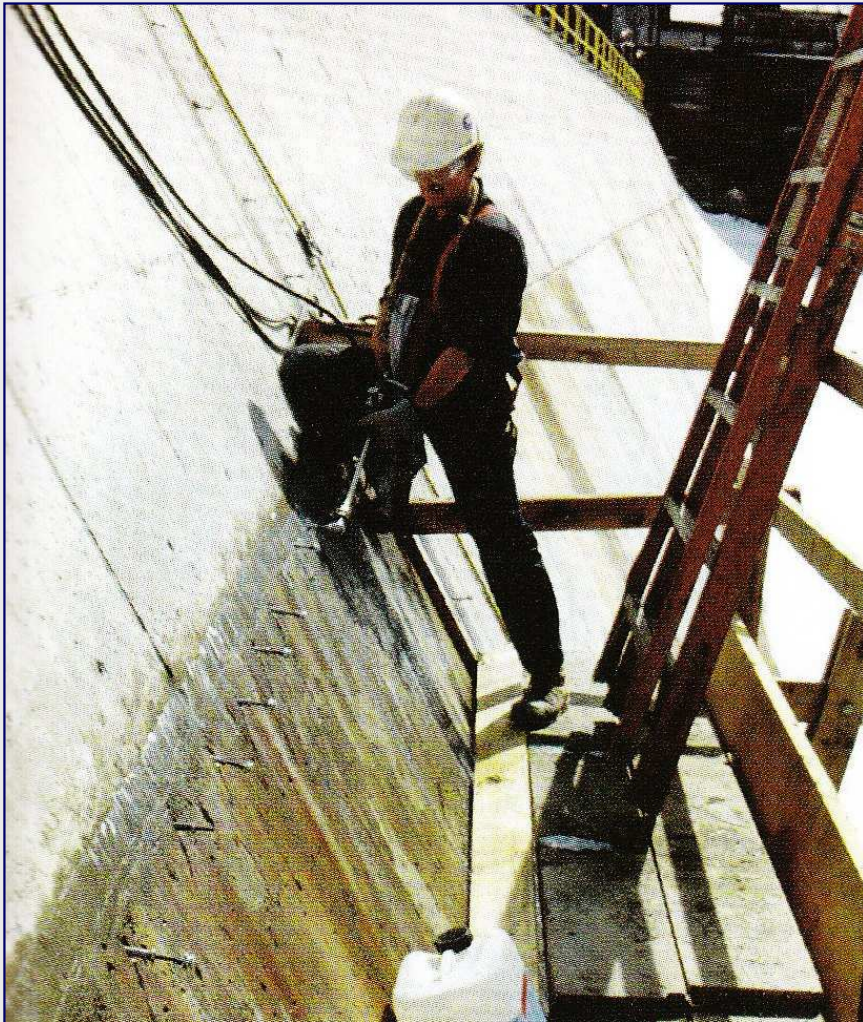
Dilatační a pracovní spáry

Bentonitové těsnící pásky



Sanace pracovních spár a trhlin

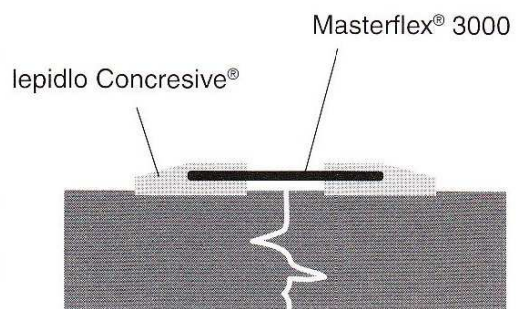
Injektáž pracovních spár a trhlin v betonu



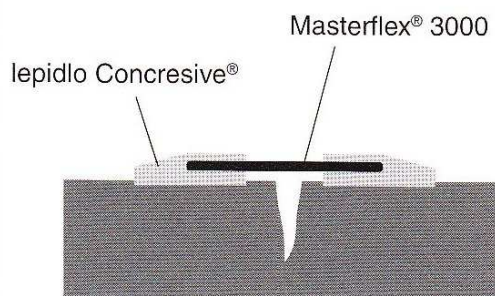
Sanace pracovních spár a trhlin

Sanace pracovních spár a trhlin pomocí pružných pásků (pro stávající konstrukce)

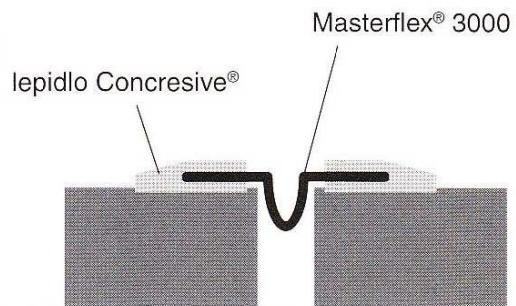
Úprava běžné pracovní spáry



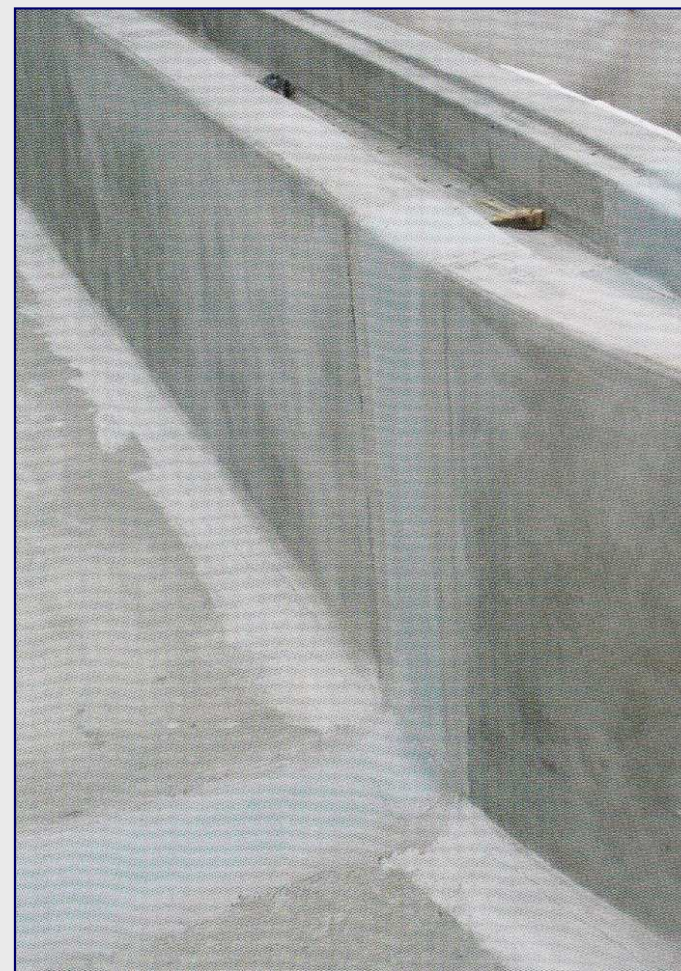
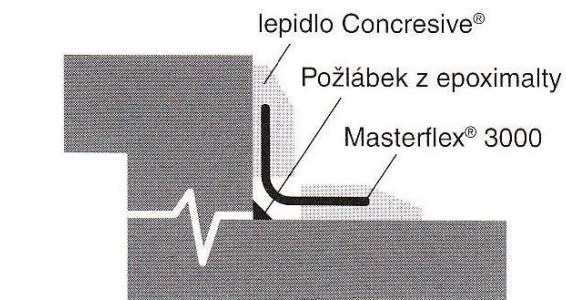
Úprava při stávající trhlině



Průběžná široká trhlina



Úprava při odsazení základové desky



Bílé vany - další požadavky

Další požadavky na bílé vany

- Bílá vana nesmí být nikdy navržena jako jediné protiradonové opatření (beton má podstatně nižší faktor difuzního odporu než klasické povlakové hydroizolace)
- Pod „dnem“ bílé vany musí být vždy proveden podkladní beton (min. tl. 100 mm)
- Bílá vana musí být vyztužena na tzv. „mezní stav trhlin“, musí tedy obsahovat dostatek konstrukční výztuže tak, aby byl vyloučen rozvoj trhlin.
- Bílé vany by neměly být obecně navrhovány do chemicky agresivního prostředí.
- V podmínkách stále působící tlakové vody (ZS trvale pod úrovní HPV) by podle ČSN 730606 měla být bílá vana doplněna ještě povlakovou hydroizolací (např. hydroizolační fólií F-PVC-P tl. 1,5 mm)

Pro spolehlivou vodonepropustnou funkci bílé vany je klíčová **technologická kázeň při provádění**, zejména způsob hutnění a ošetřování betonu a řešení pracovních spar (bílou vanu může provádět pouze zkušený pracovní tým) !

Poruchy a vady bílých van

Typické poruchy a vady bílých základových van:

- Nekvalitně provedená pracovní spára – tvorba trhliny v místě spáry



Poruchy a vady bílých van

Typické poruchy a vady bílých základových van:

- Nedostatečné ošetřování betonu – technol. trhliny
- Kaverny v betonu – obnažení výztuže a její následná koroze
- Poddimenzovaná k-ční výztuž – tvorba smršťovacích trhlin
- Nevhodně utěsněné potrubí prostupující skrz stěnu (častá porucha)
- Rozpad betonu chemickými účinky



Děkuji za pozornost

Literatura použitá v prezentaci:

- [1] Prezentace čerpá z výsledků výzkumu prováděného dlouhodobě autorem
- [2] Čambula J., Dlouhá R., Podolka L.: grant FRVŠ 1954/2009/G1, ČVUT v Praze, 2009
- [3] Hájek P.: Přednášky KP20, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha 2004