

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace



# **TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB STÁTNÍCH DRAH**

## **Kapitola 23 SANACE INŽENÝRSKÝCH OBJEKTŮ**

**Třetí - aktualizované vydání  
změna č. 5**

Schváleno I. náměstkem generálního ředitele SŽDC  
č.j.: 5584 ze dne 16.2.2006

Účinnost od 1.9.2006

Praha 2006

Tato publikace ani žádná její část nesmí být reprodukována, uložena ve vyhledávacím systému nebo přenášena, a to v žádné formě a žádnými prostředky elektronickými, fotokopírovacími či jinými, bez předchozího písemného svolení vydavatele.

Výhradní distributor: České dráhy, a. s., Technická ústředna Českých drah  
SATT - oddělení typové dokumentace  
Nerudova 1  
772 58 Olomouc

## Obsah

<b>23.1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>3</b>
<b>23.1.1</b>	<b>Základní ustanovení</b>	<b>3</b>
<b>23.1.2</b>	<b>Cíle a strategie sanací inženýrských konstrukcí</b>	<b>4</b>
<b>23.1.3</b>	<b>Stavebně technický průzkum</b>	<b>5</b>
<b>23.1.4</b>	<b>Příprava stavebního počínu</b>	<b>6</b>
<b>23.1.5</b>	<b>Požadavky na dodavatele</b>	<b>7</b>
<b>23.2</b>	<b>POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ</b>	<b>7</b>
<b>23.2.1</b>	<b>Tradiční materiály</b>	<b>8</b>
<b>23.2.2</b>	<b>Adhezní můstky</b>	<b>9</b>
<b>23.2.3</b>	<b>Správkové malty</b>	<b>10</b>
<b>23.2.4</b>	<b>Povrchové ochranné systémy</b>	<b>11</b>
<b>23.2.5</b>	<b>Injektážní hmoty</b>	<b>13</b>
<b>23.2.6</b>	<b>Nové materiály</b>	<b>13</b>
<b>23.3</b>	<b>TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ</b>	<b>14</b>
<b>23.3.1</b>	<b>Sanace betonových konstrukcí</b>	<b>14</b>
23.3.1.1	Předúprava betonu	14
23.3.1.2	Předúprava výztuže	16
23.3.1.3	Sanace výztuže	17
23.3.1.4	Sanace betonu	20
23.3.1.5	Injektáže	27
<b>23.3.2</b>	<b>Sanace zděných konstrukcí</b>	<b>32</b>
23.3.2.1	Spárování	33
23.3.2.2	Injektování	33
23.3.2.3	Přezdívání	34
23.3.2.4	Plombování	34
23.3.2.5	Spínání a stahování	35
23.3.2.6	Povrchová ochrana	35
<b>23.4</b>	<b>DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY</b>	<b>36</b>
<b>23.4.1</b>	<b>Dodávka a skladování</b>	<b>36</b>
<b>23.4.2</b>	<b>Průkazní zkoušky</b>	<b>36</b>
<b>23.5</b>	<b>ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY</b>	<b>40</b>
<b>23.6</b>	<b>PŘÍPUSTNÉ ODCHYLKY, MÍRA OPOTŘEBENÍ, ZÁRUKY</b>	<b>42</b>
<b>23.7</b>	<b>KLIMATICKÁ OMEZENÍ</b>	<b>43</b>
<b>23.8</b>	<b>ODSOUHLESENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ</b>	<b>43</b>
<b>23.9</b>	<b>KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ</b>	<b>43</b>
<b>23.10</b>	<b>EKOLOGIE</b>	<b>44</b>
<b>23.11</b>	<b>BEZPEČNOST PRÁCE A TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ, POŽÁRNÍ OCHRANA</b>	<b>44</b>
<b>23.12</b>	<b>SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY</b>	<b>44</b>
<b>23.12.1</b>	<b>Technické normy</b>	<b>44</b>
<b>23.12.2</b>	<b>Předpisy</b>	<b>46</b>
<b>23.12.3</b>	<b>Související kapitoly TKP</b>	<b>46</b>

<b>Příloha 1 Výklad pojmů</b>	<b>47</b>
<b>Příloha 2 Stavebně technický průzkum</b>	<b>50</b>
<b>Příloha 3 Netradiční zkušební postupy</b>	<b>53</b>

## 23.1 ÚVOD

Kapitola 23 TKP se zabývá sanacemi inženýrských objektů, které jsou součástí železniční infrastruktury.

Inženýrskými objekty se pro potřeby této kapitoly rozumí především stavby železničního spodku (mosty, propustky, tunely, zdi). V přiměřeném rozsahu lze tuto kapitolu využít i pro sanace pozemních staveb (výpravní budovy, nástupištní přístřešky apod.).

Kapitola 23 TKP je použitelná pro sanace objektů realizovaných z prostého betonu, železobetonu, předpjatého betonu a zdiva.

Kapitola 23 TKP pojednává uceleně o celém sanačním procesu, který by měl být navržen a proveden tak, aby sanace byla realizována efektivně, tj. aby se při vynaložení přiměřených prostředků co nejvýrazněji prodloužila životnost inženýrského díla.

Tato kapitola vychází a navazuje na ustanovení definice a pojmy kapitoly 1 TKP "Všeobecně". Kapitola 23 TKP a kapitola 1 TKP musí být používány jako nedílné součásti.

Sanace inženýrských konstrukcí jsou však v mnoha bodech specifickou oblastí a při tvorbě technických a kvalitativních podmínek pro sanace nelze vždy uplatnit smluvně taxativní dikci textu. To vede ke snaze poskytnout uživateli základní, ale co nejkompaktnější informace nejen o realizaci, ale i o metodice plánování a přípravy sanačních prací včetně kontroly kvality. Platnost příslušných předpisů a podmínek pro přípravu staveb tím není nijak změněna. Konkrétní podmínky pro konkrétní stavbu musí být vždy obsahem projektové dokumentace.

U složitějších úkolů se doporučuje řešení konzultovat se specialisty a konfrontovat s nejaktuálnějším stavem poznání a Evropskými normami. Výsledek sanace může být značně ovlivněn správnou volbou materiálů a výběrem vhodné technologie, které jsou z velké části závislé na výběru zhotovitele a dopracování projektové dokumentace v rámci dokumentace dodavatele. Z těchto důvodů se doporučuje u složitějších sanací nebo sanací významných svým rozsahem zpracování nezávislého posudku dokumentace zhotovitele.

V případě požadavku na použití netradičních materiálů nebo technologií se vypracují zvláštní technické kvalitativní podmínky (ZTKP). Povinnost vypracovat ZTKP přísluší iniciátorovi použití těchto materiálů nebo technologií (zadavatel, projektant, dodavatel).

Vzhledem k stále probíhajícímu dynamickému vývoji v oboru sanací konstrukcí a nutnosti zasazení této kapitoly do širších souvislostí je základní text doplněn přílohami, které slouží k definování některých pojmů (Příloha 1), stanovení základních požadavků na stavebně technický průzkum (Příloha 2) a k popisu nenormových zkušebních postupů (Příloha 3).

### 23.1.1 Základní ustanovení

Tato kapitola TKP se vztahuje na sanační zásahy, jejichž cílem je:

- obnovit statickou funkčnost konstrukčních prvků,
- obnovit homogenitu prvků narušených trhlinami,
- obnovit schopnost konstrukce odolávat průnikům vody,
- zastavit korozní procesy na výztuži,
- obnovit statickou funkčnost degradovaných vrstev,
- obnovit původní rozměry konstrukce,
- obnovit estetický vzhled konstrukce.

Při posuzování zbytkové životnosti sanovaných konstrukcí je třeba vždy realisticky posoudit efekt provedených sanačních zásahů. V některých případech nelze počítat s plným obnovením funkčních parametrů konstrukce, které by odpovídaly stavu po jejím uvedení do provozu.

Součástí úvodního rozhodovacího procesu musí být vždy posouzení, zdali efektivní alternativou není výstavba inženýrského objektu nového.

Součástí rozhodovacího procesu musí být posouzení finanční náročnosti alternativních variant sanace ve fázi přípravné dokumentace.

Součástí procesu sanace musí být i garanční kontroly sanace tak, aby se dodatečně ověřilo (obvykle před uplynutím záruční doby), že sanace byla navržena a provedena kompetentně. Výsledky těchto kontrol by měly být vyhodnoceny a využívány k formulování sanačních strategií v budoucnu.

Tato kapitola TKP není primárně určena pro zesilování inženýrských objektů a rekonstrukce související se změnou jejich zatížitelnosti nebo charakteru užívání. Při těchto pracích však může být přiměřeně využita. Některé postupy zesilování jsou uvedeny i v této kapitole. Obecně je však nutné vždy dodržovat kapitoly 17, 18 a 20, případně 24 TKP.

Tato kapitola neřeší konstrukční souvislosti, které musí být řešeny projektovou dokumentací na základě průzkumů příslušného charakteru. Použití technologií uvedených v této kapitole musí vždy předcházet posouzení možných příčin degradace objektu nebo konstrukčního prvku. Rozhodnutí o způsobu sanace konstrukce musí být provedeno v souvislostech uvažujících statické působení, konstrukční uspořádání, účel a využitelnost konstrukce a také s ohledem na estetické požadavky výsledného efektu sanačního zásahu.

Jedním z podkladů pro sanace prvků inženýrských konstrukcí se statickou funkcí musí být statické posouzení. V případě pochybností o zatížitelnosti stávajícího objektu nebo je-li součástí sanace zesilování konstrukce musí projektu stavby předcházet zpracování statického přepočtu.

Při veškerých činnostech popisovaných v této kapitole TKP je třeba respektovat platné ČSN i návazné technické normy a předpisy (TNP) zadavatele. V případě rozporu mezi ustanoveními této kapitoly TKP a ČSN nebo ostatních TNP platí ustanovení těchto TKP.

### **23.1.2 Cíle a strategie sanací inženýrských konstrukcí**

Hlavním cílem sanace betonu a zdiva je především zastavit nebo zpomalit korozní procesy, probíhající v konstrukčních prvcích, obnovit jejich původní rozměry, homogenitu i požadovaný estetický vzhled a prodloužit jejich trvanlivost.

Projektová dokumentace musí vždy zohlednit příčiny degradace konstrukce a zajistit odstranění nebo minimalizaci jejich účinků. V těchto souvislostech je nutné respektovat příslušná ustanovení kapitol 17, 18, 20 a 22, případně kapitoly 25 TKP.

Je nutné preventivně posuzovat stav konstrukce ve vhodných intervalech a aktuální výsledky archivovat (musí být zaveden systém dohlédací činnosti a jejího evidování).

Pokud se zjistí vady nebo poruchy, mají se provést další posouzení, ve kterých se stanoví rozsah vad a poruch a jejich příčiny. Obvykle je potřebné provedení jak zkoušek přímo na místě, tak i zkoušek laboratorních, prostřednictvím stavebně technického průzkumu (STP).

Za primární zdroj ohrožení konstrukcí staveb železničního spodku je považováno působení vody v různých modifikacích spolu s účinky mrazových cyklů. Z tohoto důvodu se za prioritní považuje zajištění konstrukce proti průsakům vody.

Projektová dokumentace musí řešit ochranu před působením vody a mrazu komplexně. Komplexním postupem se rozumí v první řadě zajištění odvedení vody z dosahu konstrukčních prvků a jejich následná ochrana. Ta může být zajištěna vlastní odolností konstrukčního materiálu nebo bariérovou ochranou příslušných částí konstrukce před pronikáním vody (izolační souvrství). Odolnost samotných částí konstrukce lze dosáhnout volbou kvalitních materiálů nebo jejich dodatečnou ochranou speciálními hmotami (povrchové ochranné systémy).

**Sanace betonových a zděných konstrukcí lze členit do čtyř kategorií podle požadavků, které jsou na sanace kladeny a cílů, které jsou sanací sledovány:**

- preventivní (profylaktický) zásah na dosud korozně nepoškozené a staticky zcela vyhovující konstrukci, jehož jediným cílem je v předstihu s co nejmenšími náklady prodloužit životnost objektu,
- ochrana a oprava, jejímž cílem je obnovit estetický vzhled konstrukce, zejména z hlediska barevného řešení, tento zásah je pochopitelně současně využíván i k prodloužení životnosti objektu,
- sanační zásah na korozně poškozené konstrukci, která však po statické stránce stále vyhovuje; cílem tohoto typu sanace je zastavit pokračování korozních procesů, obnovit estetický vzhled konstrukce i veškeré její další užité parametry,

- sanační zásah, kdy v důsledku korozních procesů je již ohrožena nejen životnost konstrukce, ale i její statická bezpečnost; konstrukci je třeba zesílit např. přidáním nové výztuže; tento typ sanace připadá v úvahu i tehdy, mají-li být změněny užité parametry objektu, tj. např. zvětšena zatížitelnost.

Při rozhodování o činnosti, která má splnit všechny budoucí požadavky na životnost celé konstrukce, je nutné analyzovat všechny navržené postupy. Zde je potřeba zohlednit řadu faktorů, které jsou následně na konstrukci kladeny.

**Základní faktory, které ovlivňují výběr vhodných variant řešení jsou:**

- předpokládané využití, návrhová a provozní životnost konstrukce,
- konstrukční hlediska,
- požadované funkční parametry (včetně např. požární odolnosti a vodotěsnosti),
- pravděpodobná dlouhodobá funkčnost provedené ochrany a opravy,
- možnosti pro dodatečnou ochranu, opravu a sledování,
- počet a náklady opakovaných sanací, předpokládaných během návrhové životnosti konstrukce,
- náklady a způsob financování variantních ochranných a sanačních opatření, včetně budoucí údržby a zabezpečení finančních prostředků na ni,
- vlastnosti a možné způsoby předúpravy podkladu,
- vzhled ošetřené nebo opravené konstrukce,
- ekologická a hygienická hlediska,
- zdravotní a bezpečnostní hlediska.

Postup řešení problémů souvisejících se sanací betonu a zdiva zahrnuje rozbor, strategii, návrh sanace a její realizaci. Je nutné provést souhrnné posouzení celého spektra příčin i důsledků poškození. Výsledky vyhodnocení, spolu s potřebami nebo požadavky uživatele, poskytují potřebné informace pro návrh projektu sanace. Konečný návrh představuje řešení, které zohledňuje trvanlivost, proveditelnost a kompatibilitu se stávající konstrukcí.

Nejdůležitější součástí návrhu sanace je výběr vhodných zásad ochrany a opravy. Proto je vhodné připravit několik variantních řešení, vycházejících z odborného posouzení, z nichž se následně provede konečný výběr.

Pro všechny vybrané zásady se stanoví vhodné metody, včetně kvalitativních požadavků pro navrhované metody, kde se definuje uvažované použití výrobků a systémů.

Provádění prací se musí svěřit dodavateli s dostatečnou a prokazatelnou zkušeností s prováděním daného druhu sanací.

Musí se vytvořit takový systém kontroly jakosti, který zajistí splnění specifikovaných kvalitativních požadavků a výběr správných metod pro sanaci.

Musí se stanovit příslušné podmínky pro přejímku. Veškerá dokumentace, týkající se sanace, se má uchovávat v příslušném systému řízení projektu.

### **23.1.3 Stavebně technický průzkum**

Stavebně technický průzkum (STP) je nezbytným podkladem pro zpracování projektu sanace a pro její objektivní ocenění.

STP se člení na etapy. Rozsah jednotlivých etap je dán především předpokládaným rozsahem stavebního počínu. Rozsah jednotlivých etap je třeba přizpůsobovat závěrům předchozí etapy a závěrům předchozího stupně projekční přípravy.

Pro každou etapu STP musí být vždy zpracován projekt STP. Projekt STP musí být odsouhlasen projektantem příslušného stupně projektové přípravy, který bude jeho závěry využívat.

Podrobnosti týkající se STP a požadavky na minimální rozsah závěrečné zprávy z STP jsou uvedeny v příloze 2.

### 23.1.4 Příprava stavebního počínu

Příprava stavebního počínu se řídí příslušnými předpisy a podmínkami zadavatele.

Projektová dokumentace sanace by měla být vždy zpracována v dostatečném předstihu před výběrovým řízením, resp. před realizací sanace. Optimální situace je, aby projekt sanace byl zpracován v roce předcházejícím předpokládanému datu realizace sanačního zásahu.

#### **Podkladem pro vypracování projektové dokumentace sanace jsou:**

- stavebně technický průzkum, resp. zpráva o výsledcích STP,
- původní (archivní) dokumentace objektu nebo dokumentace skutečného provedení,
- závěry z dohlédací činnosti,
- vzorové listy a další normativní podklady z doby výstavby objektu,
- požadavky investora na funkčnost a zbytkovou životnost konstrukce po provedeném sanačním zásahu,
- stanovisko investora k možnosti zpřístupnění konstrukce,
- požadavky investora na možnosti výluky provozu na konstrukci,
- požadavky investora na estetický vzhled resp. barevné vyznění konstrukce,
- případné požadavky státních institucí (např. památkového úřadu, pokud je sanovaná konstrukce technickou památkou apod.).

#### **Projektová dokumentace musí obsahovat:**

- popis systému sanace (druhy, pořadí a tloušťky vrstev, úprava povrchu před nanášením, konkrétní způsob nanášení, způsob úpravy povrchu, metoda ošetřování pro konkrétní systém a stanoviště, orientační harmonogram prací, zejména s ohledem na klimatické podmínky ve vazbě na použité sanační hmoty),
- požadavky na parametry jednotlivých materiálů z hlediska jejich funkce v sanačním systému, z hlediska jakosti a případné vzájemné nezaměnitelnosti v rámci konkrétních sanačních hmot,
- doporučení jednotlivých technologických operací, které se jeví jako vhodné pro konkrétní typ konstrukce, a výpis technologií, které se nedoporučují,
- doporučení jednotlivých výrobků a hmot pro sanaci z hlediska jejich parametrů,
- popis systému protikorozní ochrany oceli (druhy a tloušťky vrstev, předúprava povrchu) pro konkrétní objekt, specifikaci betonářské výztuže, předpínací výztuže, ocelových prvků systému předpětí a tuhé výztuže,
- další použité postupy prací a údaje o prvcích systému na konkrétním objektu, které mají význam pro zamýšlenou ochranu a opravu a vliv na jakost dodávky,
- způsob likvidace vybouraných hmot, odstraněných vrstev, obalů, zbytků aplikovaných hmot a odpadů u konkrétního objektu,
- požadavky na záruky a údržbu,
- požadavky na průkazní a kontrolní zkoušky a na referenční plochy,
- předpokládaný rozsah výměr.

#### **Dokumentace dodavatele**

Rozsah dokumentace dodavatele je určen potřebou dalšího rozpracování projektové dokumentace pro účely stanovení konkrétních materiálů a pracovních postupů včetně požadavků na kontrolní činnost a systém jakosti.

Požadavky zadavatele na rozsah dokumentace dodavatele musí být uvedeny v zadání stavby. Vždy je nutno zpracovat Technologický předpis.

Technologický předpis musí respektovat technologické postupy výrobce příslušných sanačních materiálů, případně technické listy výrobců hmot (stavebních výrobků). Technologický předpis musí obsahovat kontrolní a zkušební plán pro vlastní kontrolní zkoušky a měření zhotovitele pro konkrétní objekt, druhy a rozsah referenčních ploch.

Dodavatel vybere a navrhne konkrétní materiál podle požadavků projektové dokumentace. Navržený výběr musí být odsouhlasen autorským dozorem.



Technologický předpis musí odsouhlasit zodpovědný zástupce zadavatele (obvykle stavební dozor) a to na podkladě souhlasného stanoviska autorského dozoru.

### **23.1.5 Požadavky na dodavatele**

Dodavatel musí prokázat způsobilost pracovníků, strojního zařízení, skladování, dopravy, kontrolního systému a dalších činností, které mohou ovlivnit jakost sanace betonových konstrukcí. V dokumentu systému jakosti musí být doloženy předpokládané technické postupy oprav.

Dodavatel musí prokázat ověřitelnými referencemi, že má s technologiemi použitými v rámci projektu sanace víceleté zkušenosti a dosáhl uspokojivých výsledků.

Dodavatel musí prokázat u všech vedoucích a středních řídicích pracovníků odbornou způsobilost k požadovaným úkonům; u řídicích pracovníků např. osvědčení o autorizaci a doklad o úspěšném absolvování speciálních kurzů u akreditovaných pracovišť, znalecké oprávnění, sdělení o praxi v dané činnosti apod.

Autorizace není striktně vyžadována, protože specifická autorizace pro sanační práce není udělována. Předpokládá se, že autorizace osob řídicích sanační práce může být vydána pro příslušné autorizační okruhy dle staveb, které jsou sanovány (mosty a inženýrské stavby, pozemní stavby apod.). Jako rozhodující kvalifikační předpoklad pro řízení sanačních prací je praxe v oboru sanací inženýrských konstrukcí. U dělnických profesí doklad o úspěšném absolvování speciálních kurzů a potvrzení o praxi v dané činnosti pro pracovníky provádějící specializované sanační práce.

Zadavatel má právo vyžadovat jmenovitou kontrolu přítomnosti pracovníků u nichž byla dodavatelem prokázána kvalifikace. Zadavatel má právo přerušit práce nebo práce nepřevzít, pokud budou vykonávány pracovníky u nichž nebyla prokázána praxe a proškolení pro provádění příslušných sanačních postupů.

Zadavatel má právo vyžadovat od dodavatele údaje o zkušenostech a kvalifikaci personálu, který se bude podílet na sanaci kdykoliv v průběhu její realizace. U významnějších sanačních zásahů si investor může vymínit, že ve stavebním deníku budou pracovníci, přítomní na stavbě, uváděni jmenovitě.

Jakákoliv změna v personálním obsazení stavby, změna subdodavatelů, změna plánu jakosti či rozsahu prováděných kontrolních zkoušek musí být předem odsouhlasena zadavatelem.

Požadavky na rozsah praxe a proškolení musí být uvedeny v zadání stavby. Požadavky na reference a jejich rozsah a obsah musí být také stanoveny v zadání stavby.

#### **Seznam referencí musí zejména obsahovat:**

- informace o sanacích podobných staveb s případným vyjádřením provozovatele resp. s výsledky pozáručních kontrol,
- popis rozsahu a formy účasti na uváděných referenčních stavbách zejména pokud se týče procentuálního podílu vlastních činností.

Reference mohou být též prokázány odbornými články nebo příspěvky o provedených sanacích, pokud jsou předchozí body jejich součástí.

Zhotovitel musí dále prokázat, jakým způsobem zabezpečuje jakost práce resp. jaký systém jakosti má zavedený. Požadavek na certifikaci zavedeného systému jakosti, pokud se vyžaduje, musí být uveden v zadání stavby.

Pro konkrétní sanační akci zpracuje zhotovitel plán zabezpečení jakosti, zaměřený na požadované technologie a druhy oprav a konkretizovaný pro dané podmínky při opravě konstrukce. Plán jakosti musí obsahovat také kontrolní a zkušební plán, tj. druhy a počty zkoušek, kterými zhotovitel bude sám kontrolovat kvalitu jednotlivých technologických operací.

Rozsah plánu zabezpečení jakosti se vždy přiměřeně upraví podle skutečného rozsahu sanačního zásahu.

## **23.2 POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ**

Materiály pro sanace jak co do typu, tak kvality jsou vždy předepsány projektovou dokumentací. K volbě materiálu pro sanace se může vyjadřovat technický úsek investora i vybraný zhotovitel.

Technické parametry materiálu pro sanace prokazuje dodavatel materiálu prohlášením o shodě, protokoly zkoušek materiálů z akreditované laboratoře (průkazní zkoušky) a dle požadavků zadavatele i prokazatelnými referencemi o použití a dlouhodobé spolehlivosti funkce materiálů na srovnatelně sanované konstrukci (viz. kap 23.1.5).

Technické parametry materiálů musí splňovat kromě požadavků projektu hodnoty uvedené v příložených tabulkách č. 23-1 a 23-2.

Parametry použitých materiálů pro sanace se při realizaci průběžně ověřují kontrolními zkouškami prováděnými na zhotoviteli nezávislou autorizovanou právnickou nebo fyzickou osobou (viz kap. 23.5).

Dodávky materiálu pro sanace jsou na stavbě evidovány prostřednictvím dodacích listů, které jsou archivovány a jejich kopie jsou součástí předávací dokumentace díla.

Dodací list musí obsahovat minimálně tyto údaje:

- přesné označení materiálu,
- způsob balení materiálu,
- celkovou hmotnost dodávky,
- datum výroby materiálu,
- čísla výrobních šarží, pokud je materiál takto označen.

Použití materiálu je zaznamenáváno do stavebního deníku s uvedením:

- přesného označení materiálů,
- spotřebovaného množství,
- způsobu aplikace.

Na vyžádání objednatele lze evidovat skutečnou spotřebu materiálu skladováním a evidencí prázdných obalů.

Jednotlivé materiály musí mít přiměřeným způsobem prokázán jejich vliv na životní prostředí včetně rizik vyplývajících z jejich užití. Za dostatečný doklad se považuje tzv. Bezpečnostní list materiálu (viz. kap. 23.11).

Zhotovitel musí veškeré materiály skladovat podle běžných zásad nebo pokynů výrobce obsažených v Technickém listu. Zhotovitel musí doložit ekologickou likvidaci obalů (viz kap. 23.10).

K sanacím inženýrských objektů se používá široké spektrum tradičních hmot i speciálních materiálů. V závislosti na době, po kterou jsou s daným typem materiálu zkušenosti, je třeba prověřovat údaje o jeho parametrech, předpokládané životnosti a stárnutí. Za výběr materiálu a požadavky na něj kladené zodpovídá především projektant. Jen on zná všechny souvislosti konstrukčního řešení a je tedy kompetentní posuzovat vhodnost či nevhodnost materiálu pro navržený konstrukční resp. sanační systém.

### 23.2.1 Tradiční materiály

Tradičními materiály rozumíme ty stavební hmoty, s jejichž využitím jsou mnohaleté, ve většině případů více než stoleté zkušenosti, takže kvalitové požadavky na ně jsme schopni formulovat na základě dlouhodobě ověřených empirických zkušeností.

Při formulaci požadavků na kvalitu tradičních stavebních materiálů není tedy rozhodující otázkou jakou kvalitu pro jednotlivé typy materiálu předepsat, ale spíše obecně platný požadavek, že starší (původní) i nově doplněné materiály by měly být fyzikálně kompatibilní, tj. zejména z hlediska:

- pružnostně pevnostního,
- teplotní roztažnosti,
- dlouhodobé stability.

V tomto ohledu je tedy velmi důležité, aby stavebně technickým průzkumem byly zjištěny co nejpřesněji parametry tradičních materiálů ve stávající konstrukci tak, aby nově zvolené materiály se z výše uvedených hledisek k původním co nejvíce přibližovaly.

#### Kámen

Pro sanaci kamenného zdiva se smí použít pouze stejného druhu kamene či petrograficky příbuzného druhu kamene, který byl použit pro výstavbu objektu.

Součinitel mrazuvzdornosti jako základní parametr vhodnosti kamene pro jeho exteriérové použití stanoví projektant rekonstrukce. V žádném případě se nepřipouští použití kamene, jehož součinitel mrazuvzdornosti je nižší než 0,75 podle ČSN 72 1800.

U nasákových hornin (např. pískovec, opuka) musí být provedena taková konstrukční opatření, která zamezí trvalému provlhání těchto materiálů. Opatření povrchu kamenné konstrukce bariérovým nátěrem není ve většině

případů vhodné. Podle aktuální situace lze případně zvážit použití hydrofobizační penetrace, která sníží nasákavost kamene a současně umožní migraci vodní páry.

### **Cihly**

Pro přezdívaní pohledových ploch zděných konstrukcí se smí použít pouze cihly příslušného formátu minimální pevnostní značky 25, s mrazuvzdorností M 50 a objemovou hmotností minimálně  $1.600 \text{ kg.m}^{-3}$  a nasákavostí 8 až 10 % hmotnostních podle ČSN 72 2623.

Pro výslednou kvalitu zdiva je však kromě kvality cihel a zdící malty velmi důležité i správné provedení, a to jak z hlediska správné skladby zdiva, tak šířky ložných i styčných spár. Nesprávná vazba zdiva (průběžné styčné spáry) může ohrozit únosnost zdiva podstatně více než použití více či méně kvalitních materiálů. Podobně s šířkou ložných a styčných spár výrazně klesá únosnost zdiva. Je třeba si uvědomit, že malta ve zdivu působí ve stavu třísosé napjatosti a její pevnost ve srovnání s pevnostmi stanovenými na kontrolních krychlich je až několikanásobně vyšší.

### **Malty pro zdění a spárování**

Malty pro zdění a spárování obecně musí splňovat požadavky ČSN 72 2430. Je však na projektantovi, aby pro specifické konstrukce nebo účel použití předepsal takové fyzikálně mechanické vlastnosti zdící malty, které jsou k danému účelu potřebné. Vzestup pevnosti zdící malty v tlaku o 5 MPa se projeví ve výpočtové pevnosti zdiva nárůstem o 0,3 až 0,5 MPa. Nejvyšší značka zdící malty podle ČSN 72 2430 (zn. 150 - 15 MPa) je přitom standardně dosažitelnou úrovní při použití běžné cementové malty míchané v hmotnostním poměru 1:4. Z hlediska dlouhodobé funkčnosti zdiva je pro zdící maltu v exteriérových podmínkách podstatně důležitější její mrazuvzdornost, která by měla být standardně dokládána formou průkazních zkoušek.

V případě spárovací malty je nejpodstatnějším parametrem míra objemových změn (smrštění spárovací malty). Vzhledem k tomu, že smrštění spárovací malty může ohrozit kompaktnost zdiva jak z hlediska statického, tak i z hlediska jeho výsledné vodotěsnosti je nezbytné, aby zdící malty, používané při sanaci náročnějších inženýrských konstrukcí měly objemové změny menší než 0,4 mm/m (u běžné cementové malty se pohybují objemové změny obvykle v intervalu 1,5 až 2,5 mm/m). Spárovací malty s potlačenými objemovými změnami musí obsahovat speciální organické, resp. anorganické přísady a lze je připravit pouze jako prefabrikované (pytlované). O jejich použití by měl rozhodovat projektant v souladu s širšími konstrukčními souvislostmi projektované sanace.

### **Beton**

Požadavky na kvalitu betonu a betonové směsi jsou uvedeny v kapitole 17 TKP.

## **23.2.2 Adhezní můstky**

Adhezní můstek je materiálem, který je schopen zajistit zvýšenou soudržnost s podkladem v náročnějších podmínkách. Pokud je to možné, je třeba se použití adhezního můstku vyhnout a zajistit soudržnost správkové malty s podkladem kvalitní předúpravou podkladu. Pokud však nelze s ohledem např. na provozní podmínky provádět předúpravu podkladu nebo v situaci, kdy podklad je velmi hutný, umožní adhezní můstek tyto problémy eliminovat. Adhezní můstek však v žádném případě není schopen zajistit plnohodnotnou funkci správkové malty na problematickém podkladu, tj. např. podkladu s nízkou pevností v tahu povrchových vrstev.

Adhezní můstky mají různou materiálovou bázi. Rozlišujeme tři základní typy:

- čistě cementové adhezní můstky,
- polymercementové adhezní můstky,
- čistě polymerní, převážně epoxidové adhezní můstky.

Klasickým, čistě cementovým „adhezním můstkem“ je tzv. cementový prostřík (špric), který by se však při sanaci inženýrských objektů neměl používat, protože při jeho přípravě na stavbě nelze garantovat jeho výsledné vlastnosti.

Nejtypičtějším, nejčastěji používaným adhezním můstkem je cementopolymerní, obvykle dvousložková suspenze, která se na předupravený a čistý povrch nanáší štětcem, válečkováním nebo stříkáním. Základní podmínkou při aplikaci těchto adhezních můstků je, aby správková malta byla nanášena do čerstvého (zavadlého) adhezního můstku. Pokud dojde k zatuhnutí, resp. zatvrdnutí adhezního můstku může adhezní můstek působit spíše jako separační vrstva. Jedním z významných parametrů adhezního cementopolymerního adhezního můstku je tzv. otevřená doba, tj. časový úsek, během kterého je nezbytné aplikovat správkovou maltu. Tato otevřená doba se výrazně mění v závislosti na teplotě.

Cementopolymerní adhezni můstky mají většinou dlouhou dobu zrání, která souvisí s pomalejším síťováním použité polymerní disperze. Konečných pevností dosahuje cementopolymerní adhezni můstek obvykle v intervalu 28 až 60 dnů. V případě, že je sanační souvrství zkoušeno v menším stáří, je třeba tuto skutečnost při interpretaci získaných výsledků zohlednit.

Cementopolymerní adhezni můstky jsou aplikačně poměrně náročné, (je třeba vždy nanášet jen na takový úsek, který může být vzápětí reprofilován správkovou maltou).

Čistě polymerové adhezni můstky obvykle na bázi epoxidové pryskyřice, jsou velmi spolehlivé a umožňují přikotvit správkové malty i k velmi problematickému podkladu. Provádí se tak, že na suchý, nečistot zbavený podklad se válečkováním nanese dvousložková epoxidová pryskyřice a vzápětí se na takto ošetřený podklad aplikuje monofrakční suchý křemičitý písek se zrnitostí 1 až 4 mm. Epoxidová pryskyřice se díky svým penetračním schopnostem, případně díky použití penetrace velmi dobře zakotví do podkladního betonu (u vodorovných podkladů je schopna proniknout do hloubek 3 až 5 mm) a současně zrna suchého písku se spolehlivě zakotví do epoxidové vrstvy. Tento adhezni můstek může být připraven ve větším předstihu a dodatečně lze na něj nanášet správkovou maltu. Díky mechanickému zakotvení správkové malty do zrn písku se tak dosáhne vynikajícího zakotvení správkové malty do podkladu. Zkoušky soudržnosti správkové malty v těchto případech jsou vždy obvykle vyšší než tahová pevnost podkladního betonu resp. tahové pevnosti správkové malty.

Adhezni můstky se obvykle současně využívají i jako antikorozi ochrana výztuže. K tomuto účelu lze použít vhodné cementopolymerní i čistě polymerní – epoxidové adhezni můstky. Předpokladem jejich účinnosti jako ochrany výztuže je dokonalé očištění korodující výztuže a celoplošná aplikace.

### 23.2.3 Správkové malty

Správkové malty musí splňovat především tyto požadavky:

- vysokou soudržnost s podkladem,
- mrazuvzdornost minimálně na úrovni T 100, případně větší podle konkrétních podmínek expozice,
- omezený vznik smršťovacích trhlin,
- minimální objemové změny v důsledku změn vlhkosti a teploty,
- dobrou vodotěsnost resp. malou nasákavost,
- co nejnižší modul pružnosti, který by měl být nižší než modul pružnosti podkladního betonu,
- pevnost v tlaku, resp. v tahu za ohybu na shodné nebo mírně vyšší úrovni než podkladní beton,
- zvýšenou odolnost vůči agresivním médiím podle konkrétních podmínek expozice.

Požadované základní parametry správkových hmot jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 23-1 Požadované základní parametry správkových hmot

<i>Parametr</i>	<i>Průkazní zkoušky</i>	<i>Kontrolní zkoušky</i>
	<i>Požadovaná hodnota</i>	<i>Požadovaná hodnota</i>
<i>Pevnost v tlaku</i>	> 25 MPa < 50 MPa	> 25 MPa < 50 MPa
<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	> 5,5 MPa	> 5,5 MPa
<i>(Soudržnost s podkladem (bez adhezniho můstku)</i>	> 1,7 MPa jednotl. > 1,5 MPa	> 1,1 MPa jednotl. ≥ 0,8 MPa
<i>Smršťování</i>	< 0,5 ‰	-
<i>Sklon k tvorbě trhlin</i>	1 trhlina šířky do 0,1 mm	1 trhlina šířky do 0,1 mm
<i>Mrazuvzdornost</i>	T 100	-
<i>Koeficient teplotní roztáhnutosti</i>	< 14 x 10 <sup>-6</sup>	-
<i>Statický modul pružnosti</i>	< 30 GPa	-

Správkové malty se používají výhradně prefabrikované, a to jednosložkové nebo dvousložkové. Obecné požadavky na správkové hmoty i jejich zkoušení jsou obsaženy v ČSN EN 1504.

Nejpodstatnějšími požadavky na správkové malty je jejich optimální přídržnost k podkladnímu betonu a absence smršťovacích trhlin. Aby bylo dosaženo optimálního výsledku v tomto směru, je třeba použít nejen vhodnou správkovou maltu, ale také ji správně aplikovat a přiměřeným způsobem ošetřovat. I velmi dobrá správková malta, použitá nevhodně a neošetřovaná nezajistí dosažení požadovaného výsledku.

Prioritně se volí použití správkových malt cementopolymerních vzhledem k jejich vysoké alkalitě, která zajišťuje pasivaci odhalené výztuže a částečně je schopna i repasivovat povrchové i zkarbonatované vrstvy. Čistě polymerní, např. epoxidové správkové hmoty jsou používány pro reprofilace jen výjimečně. Užívány jsou spíše jako záplivkové či konstrukční výplňové materiály. Jejich předností je vysoká přídržnost k podkladu, dobré mechanické vlastnosti. Nevýhodou pak vysoký koeficient teplotní roztažnosti, výrazná závislost materiálových vlastností na teplotě, vytvoření absolutní parozábrany na povrchu prvku a nevyhovující alkalita z hlediska pasivace výztuže.

### 23.2.4 Povrchové ochranné systémy

Povrchové ochranné systémy vytvářejí na povrchu sanované konstrukce doplňující bariéru proti průniku nežádoucích médií zejména k ocelové výztuži. Jedná se především o průnik oxidu uhličitého a vody, může se však jednat i o celé spektrum dalších agresivních médií podle konkrétní expozice železobetonového prvku. Současně povrchové ochranné systémy barevně sjednocují povrch lokálně opravované betonové konstrukce a zlepšují její celkový vzhled.

Vzhledem k omezené životnosti povrchových ochranných systémů (5 až 10 let), nelze je považovat za plnohodnotnou náhradu dostatečně tlusté krycí vrstvy betonu nebo správkové hmoty nad výztuží. Pro výběr povrchového ochranného systému jsou rozhodující tato kritéria:

- požadovaná hodnota difúzního odporu vůči vodní páře a oxidu uhličitému,
- odolnost vůči specifickým agresivním médiím, např. posypovým solím,
- přídržnost k podkladu,
- požadavky na vodotěsnost,
- požadavky na překlenutí stabilních nebo pohyblivých trhlin,
- požadavky na vzhled, barevnost a strukturu povrchu.

Povrchové ochranné systémy rozdělujeme na

- impregnace,
- nátěry.

Tab. 23-2 Požadované parametry ochranných bariérových nátěrů

Parametr	Typ nátěru	Průkazní zkouška	Kontrolní zkouška
		Požadovaná hodnota	Požadovaná hodnota
<i>Přidržnost s podkladem</i>	parotěsný propustný	1,2 MPa 0,8 MPa	0,8 MPa 0,6 MPa
<i>Tloušťka tenkovrstvých nátěrů</i>	parotěsný propustný	200 - 300 μm 100 - 200 μm	1)
<i>Ekvivalentní difúzní tloušťka <math>r_D, H_2O</math></i>	parotěsný paropropustný	> 10 m < 4 m, lépe < 3 m	-
<i>Difúzní ekvivalent tloušťky vzduchové vrstvy <math>S_D, CO_2</math></i>	parotěsný paropropustný	> 50 m > 50 m	-
<i>Vodotěsnost <math>V_{30}</math></i>	parotěsný paropropustný	0,0 l . m <sup>2</sup> < 2.0 l.m <sup>2</sup>	0,0 l . m <sup>2</sup> < 2.0 l.m <sup>2</sup>
<i>Schopnosti překlenovat trhliny</i>	parotěsný paropropustný	2)	-
<i>Odolnost vůči agresivním vlivům</i>	parotěsný paropropustný	2) 3)	-
<i>Odolnost UV záření</i>	parotěsný paropropustný	odolný UV záření odolný UV záření	-
<i>Odolnost vysokým teplotám</i>	parotěsný paropropustný	60 °C 4)	-
<i>Mrazuvzdornost</i>	parotěsný paropropustný	50 cyklů 50 cyklů	-

Vysvětlivky: 1) podle technologického předpisu sanace, event. dle specifikace výrobce,  
2) požadavky se řídí zvláštními předpisy,  
3) požadavky na typ a rozsah zkoušek předepisuje technologický předpis sanace.  
4) není-li stanoveno jinak.

**Impregnace** je obvykle nízkoviskózní vodný nebo ředidlový roztok, mající schopnost pronikat strukturou pórů pod povrch prvku. Tento průnik je však vždy omezen hloubkou maximálně několika mm. Spotřeba impregnace se i u vícenásobné aplikace pohybuje maximálně do 200 g/m<sup>2</sup>. Obvykle se jedná o transparentní bezpigmentové materiály, které nevytvářejí na povrchu prvku vrstvu s měřitelnou tloušťkou.

S ohledem na jejich charakter a spotřebu nedojde k úplnému uzavření pórového systému. Tato úprava obvykle zmenšuje průnik tekutých médií betonem, zpevní povrch a neeliminuje přirozenou difúzi vodní páry prvkem.

Speciálním typem jsou hydrofobní impregnace, které se vsáknou do ošetřovaného materiálu a brání netlakové, obvykle srážkové vodě ve vnikání do povrchových vrstev konstrukce. Jedná se opět o materiály jak na vodní, tak rozpouštědlové bázi. Předností impregnace je, že nemohou být mechanicky porušeny nebo abradovány. Jejich dlouhodobá účinnost je tedy obvykle vyšší než u standardních povrchových nátěrů.

**Nátěry** se provádí nanášením filmotvorného materiálu na podklad. Formulovány jsou na základě různých materiálových bází převážně organického původu. Nátěry kromě pojivové fáze a jemných plniv obsahují celou řadu dalších přísad, které ovlivňují jak jejich zpracovatelnost, tak výsledné vlastnosti.

Nátěry se používají jak k barevnému sjednocení vzhledu konstrukce, tak k vytvoření doplňkové ochranné bariéry, která má zamezit průniku nežádoucích kapalných nebo plyných složek pod povrch konstrukce. Obvykle nátěrový systém brání především průniku vody, případně oxidu uhličitého do krycích vrstev železobetonové konstrukce. Současně by nátěrový systém měl co nejméně omezovat difúzi vodní páry.

Nátěry dělíme na tenkovrstvé a tlustovrstvé.

Tenkovrstvý nátěr má obvykle tloušťku od 0,1 až 0,3 mm při spotřebě 200 až 400 g/m<sup>2</sup>. I tenkovrstvý nátěr se provádí obvykle ve dvou vrstvách. Obecně u všech nátěrových systémů platí, že pro jeho výsledné vlastnosti je lepší aplikovat více tenčích vrstev než se snažit v jednom pracovním kroku nanést větší množství materiálu.

Tlustovrstvý nátěr má tloušťku obvykle od 0,3 do 1 mm. Tyto nátěrové systémy mají s ohledem na tloušťku lepší bariérové vlastnosti. Požadované parametry povrchových ochranných systémů jsou uvedeny v tabulce č. 23-2.

Součástí projektu sanace by vždy mělo být stanovení požadované tloušťky nátěrového systému a požadavek na následnou kontrolu této tloušťky spolu s přídržností k podkladu, případně vodotěsností. Ostatní parametry se obvykle zjišťují v rámci průkazných zkoušek.

### 23.2.5 Injektážní hmoty

Injektážní hmoty jsou používány pro vyplňování trhlin, pracovních spár a dutin v betonových resp. zděných konstrukcích s cílem obnovit jejich statické spolupůsobení nebo zabránit průniku vody či jiné kapaliny konstrukčním prvkem. Proto také rozdělujeme injektáže na tzv. silové a těsnicí.

Injektážní hmoty volíme na základě celého spektra dílčích jak technologických, tak výsledných fyzikálně mechanických vlastností. Injektážní hmota musí mít přiměřenou viskozitu, aby byla schopna pronikat trhlínami či pracovními spárami a potřebnou dobu zpracovatelnosti (tzv. otevřenou dobu). Po zatuhnutí pak by měla mít dobrou adhezi k injektovanému konstrukčnímu materiálu, přiměřenou pružnost a pevnost minimálně na úrovni injektovaného materiálu. Vlastnosti injektážních hmot se dokládají průkaznými zkouškami. Injektážní hmoty obvykle členíme na:

- epoxidové,
- polyuretanové,
- cementové (mikrocementové).

Injektážní hmoty představují specifickou oblast sanačních materiálů a jejich užití je vždy třeba konzultovat se specialistou nebo specializovanou firmou, která bude injektáže provádět.

### 23.2.6 Nové materiály

Na trhu se objevuje celé spektrum materiálů se speciálními vlastnostmi, určenými ke specifickým účelům. Pouze jako příklad lze uvést rozpínavé malty, materiály pro krystalizační dotěšňování betonu, bobtnavé materiály pro dotěšňování pracovních spár, materiály se specifickou elektrickou vodivostí či nevodivostí, materiály se zvýšenou odolností vůči zvýšeným teplotám, materiály s mimořádně rychlým nárůstem počátečních pevností, materiály se zvýšenou korozní odolností atd.

O použití těchto materiálů rozhoduje projektant na základě informací v Technických listech těchto materiálů, doložených průkaznými zkouškami a prokazatelnými referencemi. Zvláště pečlivě musí být u těchto materiálů prověřována jejich trvanlivost resp. dlouhodobá stabilita vlastností.

Dodavatel je při použití speciálních materiálů povinen seznámit své pracovníky s jejich vlastnostmi a správným postupem zpracování a aplikace. Ve zvláštních případech si projektant resp. investor může vymínit, aby pracovníci dodavatele byli speciálně proškoleni výrobcem či dodavatelem speciálního materiálu, případně aby zástupce dodavatele speciálního materiálu byl přítomen zhotovení referenčních ploch či samotné aplikace.

#### **Krystalizační prostředky pro obnovení vodotěsnosti betonu**

Použití speciálních materiálů je třeba pečlivě dokumentovat ve stavebním deníku. Technické listy těchto materiálů, provedená školení personálu i výsledky kontrolních zkoušek je třeba archivovat jako součást dokumentace skutečného provedení, případně další stavebně technické dokumentace. Použití speciálních materiálů při sanacích betonových a železobetonových konstrukcí a zděných konstrukcí je zcela přirozeným jevem, který je důsledkem průběžných technických inovací ve stavebnictví, jejichž cílem i výsledkem je zvýšení užitečných vlastností sanačního zásahu i jeho dlouhodobé funkčnosti.

Jedním z nových materiálů, používaných pro sanaci, avšak výhradně betonových konstrukcí, jsou tzv. krystalické, krystalizační či krystalizačně těsnicí materiály, které obsahují speciální přísady, které vytvářejí společně s vápenatými a hlinitými kationty krystalické komplexy, schopné utěšňovat pórový systém betonu.

Pokud jsou tyto látky naneseny na povrch vlhkého betonu, jejich účinné složky reagují s přítomným hydroxidem vápenatým s dalšími složkami obsaženými v cementu nebo s jeho nehydratovanými či částečně hydratovanými složkami. Vznikající krystalické komplexy mají podobu husté sítě nerozpustných vláknitých krystalů, které prorůstají i do pórů, trhlin či dutin materiálu až do hloubky 500 mm. Šíří se rovněž proti hydrostatickému tlaku vody a uvádí se rychlost jejich průniku cca 2 mm za týden. Vzniklé krystaly se stávají integrální součástí

cementového pojiva a umožňují zcela eliminovat plošné či lokální průsaky vody v betonových konstrukcích, ať již nezहतněnými oblastmi, pracovními spárami či trhlinami. Aplikace těchto krystalizačních materiálů vyžaduje, aby beton, resp. jeho povrch byl vlhký. V případě nedostatku vody se růst krystalů zastaví, avšak po opětovném zvlhnutí betonu jejich růst pokračuje. Prostředky jsou použitelné jak pro sanaci průsaků v zatvrdlém betonu, tak i jako přísada do betonu čerstvého. Krystalizační prostředky výrazně zvyšují vodotěsnost betonu, ale jsou schopny dotěsnit beton i vůči průniku ropných látek (benzín, nafta, oleje apod.). Krystalické novotvary odolávají i trvale prostředí s hodnotami pH v širokém rozmezí od pH 3 do pH 12, což umožňuje chránit beton před účinky širokého spektra agresivních látek.

Jakmile jsou aktivní látky těsnicího krystalizačního prostředku přítomny v pórech, je možné povrchovou stěrkovou vrstvu odstranit, takže těsnicí účinek nemá povrchová stěrka, ale výhradně síť krystalů, která postupně vzniká uvnitř pórzního systému betonu.

Účinnost krystalizačních prostředků nelze ověřit běžnými zkouškami vodotěsnosti např. podle ČSN 73 1321. Je třeba stanovit tzv. koeficient filtrace, který přesně charakterizuje schopnost pórzního systému testované hmoty blokovat průnik kapaliny. Velmi jednoduše lze také prokázat účinnost krystalizačního dotěsnění betonu zkouškami povrchové nasákavosti, avšak nikoliv s použitím vody, ale benzínu (viz příloha 3). Krystalizační prostředky nabízejí nejen možnost sanace průsaků u starších betonových konstrukcí, ale i principiálně nový přístup k návrhu vodotěsných konstrukcí bez rubových izolací (tzv. bílé vany).

### **23.3 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ**

Provádění technologických operací při sanaci inženýrských objektů musí být prováděno standardizovaným způsobem, který odpovídá cílům sanačního zásahu. Požadavky na rozsah a podrobnost technologických předpisů musí obsahovat projekt sanace. U rozsahem malých a technologicky jednoduchých sanačních akcí lze vycházet u jednotlivých technologických operací z popisu a parametrů uváděných v těchto Technických podmínkách. U rozsáhlejších sanačních akcí a náročnějších technologických postupech zpracuje technologický předpis vybraný zhotovitel a odsouhlasí ho projektant a objednatel.

Technologický předpis musí obsahovat:

- soupis a popis jednotlivých pracovních operací,
- soupis použitých výrobků a hmot nezbytných pro realizaci technologické operace,
- soupis strojů a zařízení nezbytných pro realizaci technologické operace,
- způsob a rozsah kontroly technologického postupu.

#### **23.3.1 Sanace betonových konstrukcí**

Veškeré technologické postupy jsou pouze prostředky řady variantních sanačních strategií.

Obecně lze strategie tohoto typu rozdělit do tří oblastí:

- strategie zaměřené na předúpravu betonu a výztuže,
- strategie zaměřené na ochranu a opravy výztuže,
- strategie zaměřené na ochranu a opravy betonu.

Každé z těchto strategií lze přiřadit několik technologických postupů, kterými lze dosáhnout podobného efektu. Je vždy na projektantovi, resp. zhotoviteli, aby navrhl resp. použil takové technologické postupy, které v dané situaci pro danou konstrukci vedou k optimálnímu naplnění strategických cílů opravy.

##### **23.3.1.1 Předúprava betonu**

Pojmem předúprava betonu a výztuže se rozumí především odstranění nesoudržných a neúnosných partií betonu, případně povrchových partií betonu, které jsou kontaminovány nežádoucími látkami, resp. odstranění korozních zplodin z výztuže. Cílem předúpravy betonu je tzv. "otevřít" strukturu betonu, tj. odhalit strukturu tak, aby mohlo dojít k dobrému zakotvení reprofilačních vrstev. "Otevření" povrchu betonu se nejnázne identifikuje tak, že jsou vizuálně patrná na povrchu zrna drobného i hrubého kameniva včetně větších vzduchových pórů. Současně odhalený podklad musí být dostatečně únosný, což je obvykle charakterizováno odtrhovými zkouškami, a to pevností v tahu povrchových vrstev na úrovni 1,5 MPa.

Rozsah a intenzitu předúpravy betonu i (výztuže) je třeba vždy pečlivě předepsat v projektu tak, aby nedošlo např. ke zbytečnému odstraňování (bourání) povrchových vrstev, které by nebylo účelné a pouze by zvyšovalo spotřebu správkových materiálů.



Tab. 23-3 Přehled zásad a metod předúpravy betonu a frekvence jejich použití

	Zásada a její definice	Typ metody	Frekvence použití	
			Časté	Méně časté
Beton	Hrubé rozrušení a destrukce hmoty betonu	Rozrušování pomocí technologie VVP		x
		Rozrušování betonu pomocí expanzních směsí	x	
		Rozrušování betonu pomocí bouracích kladiv, klínů a hydraulických kleští	x	
	Jemné rozrušení a destrukce hmoty betonu	Rozrušování mechanické (lehká bourací kladiva)	x	
		Řezání diamantovými nástroji	x	
		Rozrušování betonu rotačními nástroji (broušení)	x	
		Pneumatické pemrlování jehlovými pistolemi	x	
		Tryskání abrazivem (pískování)	x	
		Brokování	x	
		Termický ohřev		x
Tryskání a řezání pomocí technologie VVP	x			

VVP - vysokotlaký vodní paprsek

#### **Mechanické odstraňování povrchových vrstev**

K tomuto účelu se používá lehkých elektrických nebo lehkých pneumatických kladiv s hmotností max. do 4 kg. Nevýhodou tohoto postupu je, že je tzv. "nevýběrový" a je tedy kromě nesoudržného často odbouráván i kvalitní beton. Zvláště při necitlivé aplikaci může vyvolat dodatečné poškození konstrukce nebo vést k zbytečnému nárůstu spotřeby správkových malt. Současně však aplikace tohoto postupu je prakticky nezbytná u všech železobetonových konstrukcí. Mechanické bourání se musí prioritně zaměřit na beton podél prutů korodující výztuže. Odbourání v těchto oblastech by mělo být pokud možno provedeno tak, aby byl odhalen nejen čelní plášť výztužného prutu, ale i jeho zadní strana.

#### **Vysokotlaký vodní paprsek**

Vysokotlaký vodní paprsek je jednou z nejčastěji používaných technologií pro předúpravu betonu. Jeho předností je tzv. "výběrovost", tj. že odstraňuje prioritně zdegradovaný beton, naopak beton "zdravý" ponechává. Pro správné nasazení vysokotlakého vodního paprsku je důležité použití vhodné aparatury, jejíž pracovní tlak i výkon (spotřeba vody v l/min) je přiměřený použitému účelu. Samotný údaj o tlaku vodního paprsku není rozhodujícím parametrem pro posouzení jeho účinnosti. V žádném případě však za vysokotlaký vodní paprsek nelze vydávat aparatury s pracovním tlakem do 300 barů.

Pro plošné odstraňování zdegradovaného betonu je třeba používat tzv. rotační trysky, bodové trysky pouze pro čištění betonu podél prutů korodující výztuže. Vysokotlaký vodní paprsek se standardně také používá i k účinnému omytí předupraveného podkladu a jeho zbavení jemných prachových částic např. po mechanické předúpravě nebo pískování.

#### **Pískování**

Tradiční technologický postup, spočívající v atakování povrchu betonu abrazivem vnášeným proudem stlačeného vzduchu. Tímto abrazivem bývá především křemičitý písek ale i další speciální materiály jako např. upravená vysokopecní struska. Nevýhodou tradičního pískování je vysoká prašnost. Proto se vyvinuly technologické varianty tzv. mokrého pískování, kdy abrazivo je zvlhčeno, čímž je snížena prašnost tohoto procesu. Při jeho použití je třeba dbát na plnění bezpečnostních i hygienických norem. Po provedeném pískování je třeba vždy povrch omýt vysokotlakým vodním paprskem.

#### **Brokování**

Technologický postup, při němž ve speciální aparatuře jsou proti povrchu betonového prvku vrhány ocelové broky, odsáván vznikající prach a v uzavřeném cyklu broky opět vrhány proti povrchu. S ohledem na aparaturní náročnost se brokování používá především při předúpravě betonových podlah. Jen výjimečně je používáno pro

předúpravu svislých stěn. Účinně ho lze aplikovat pouze u plochých velkoplošných konstrukcí. Předností brokování je, že je schopno odstraňovat z povrchu betonového prvku i tlustší a houževnaté nátěrové systémy.

### **Pneumatické pemrlování**

Jedná se o použití tzv. pneumatických jehlových pistolí, které byly v minulosti používány např. pro čištění krust v kotlích. Ocelové jehly jsou v tomto případě vrhány proti přeupravovanému povrchu, který je tak intenzivně, avšak relativně citlivě narušován. Technologický postup je vhodný i pro odstraňování starších houževnatých nátěrových systémů.

### **Frézování, broušení**

Technologické postupy závislé na speciálním aparaturním vybavení vhodné pro povrchovou předúpravu plochých, převážně vodorovných konstrukcí. Tento technologický postup je především používán k předúpravě betonových podlah. Pouze se značným rizikem ho lze použít při předúpravě vyztuženého betonu. Jakýkoliv vyčnívající prut výztuže může frézovací prvek resp. brusný kotouč zničit.

### **Termický ohřev**

Technologický postup spočívá v šokovém ohřevu povrchových vrstev plynovými hořáky. V důsledku rozdílné roztažnosti zrn hrubého kameniva a cementového tmele dochází k jejich narušení, takže povrchové vrstvy se pak následně mechanicky snadno odstraní. Tento postup se v současné době používá pouze k odstraňování, resp. narušování starších houževnatých nátěrových systémů. K přímému odstraňování povrchových vrstev betonu se nepoužívá, a to jak z hlediska požárních tak i hygienických rizik.

### **Chemická preparace povrchu**

Velmi účinně lze předupravit povrch betonu v tenké vrstvě a otevřít jeho strukturu aplikací např. zředěné kyseliny solné. Pět až desetiprocentní roztok kyseliny se aplikuje na povrch nástřikem, štětcem či válečkováním a nechá se působit cca 60 minut. Následně se povrch omyje neutralizačním roztokem a důkladně omyje. Odhalená struktura jemných i hrubých zrn kameniva umožňuje velmi dobře zakotvit povrchové vrstvy. Postup je v exteriéru obtížně akceptovatelný z hlediska ekologických požadavků a jeho rizikem jsou i bezpečnostní hlediska. Použit by ho bylo možné pouze v striktně kontrolovaných podmínkách s dobře proškoleným personálem, a to např. pro předúpravu prefabrikátů apod. V současnosti se tento postup prakticky nepoužívá.

#### **23.3.1.2 Předúprava výztuže**

Při požadavcích na předúpravu výztuže je třeba vzít v úvahu, že z elektrochemického hlediska by bylo vždy teoreticky nezbytné, aby výztuž v celém rozsahu měla stejnou kvalitu povrchu. Pouze lokální očištění některých partií může průběh elektrochemické koroze spíše zrychlovat. Vzhledem k tomu, že ve většině případů není z technických i finančních důvodů možné odhalit v konstrukci veškerou, byť i slabě korodující výztuž, je důkladné očištění výztuže důležitým, avšak nikoliv zásadním požadavkem.

V případě výztuže lze hovořit o dvou rovinách předúpravy, a to jednak odstranění nesoudržných korozních zplodin, kdy na výztuži zůstává jemný korozní povlak nebo očištění výztuže do tzv. stříbřitého lesku na stupeň Sa 2 1/2. V řadě případů celoplošná předúprava do úrovně stříbřitého lesku není možná.

Odkrytá betonářská výztuž musí být co nejdůkladněji v mezích daných možnostmi a požadavků projektu očištěna od korozních produktů a ihned ošetřena vhodným antikoročním nátěrem. Po provedené předúpravě výztuže by v žádném případě neměly být ponechány na povrchu nesoudržné korozní zplodiny.

Odkrytá předpínací výztuž musí být ošetřena výhradně postupem stanoveným pro konkrétní případ specializovaným projektantem a technologie a systém protikorozní ochrany předpínací výztuže musí být odsouhlaseny korozním specialistou. Předpínací výztuž je z korozního hlediska mimořádně citlivá a jakékoliv nekompetentní zásahy, podnikané byť v dobré víře, by mohly její korozní stav pouze zhoršit.

Pro předúpravu výztuže se používají prakticky shodné postupy jako pro předúpravu betonu, a to:

- čištění pomocí technologie vysokotlakého vodního paprsku obvykle s přidáním abraziva,
- čištění pískováním, tedy aplikací abraziva stlačeným vzduchem,
- pneumatické pemrlování,
- kartáčování mechanickými drátěnými kartáči.

Tab. 23-4 Přehled zásad a metod předúpravy výztuže a frekvence jejich použití

	Zásada a její definice	Typ metody	Frekvence použití	
			Časté	Méně časté
Výztuž	Čištění výztuže	Čištění stlačeným vzduchem s abrazivem (např. pískování)		x
		Čištění pomocí technologie vysokotlakého vodního paprsku s přidáním abraziva	x	
		Pneumatické pemrlování jehlovými pistolemi	x	
		Kartáčování mechanickým drátěným kartáčem	x	

### 23.3.1.3 Sanace výztuže

Koroze výztuže může být způsobena:

- rozběhem elektrochemické koroze výztuže v důsledku ztráty alkality krycí betonové vrstvy,
- rozběhem elektrochemické koroze v důsledku kontaminace okolí výztuže chloridovými ionty,
- přímým poškozením výztuže korozními činidly (např. kyselinami, louhy), které je typické především pro chemický průmysl,
- elektrickými bludnými proudy indukovanými ve výztuži z okolních elektrických vedení.

Uvedeným korozním mechanismům lze čelit těmito strategiemi:

- ochranou nebo obnovením pasivace výztuže,
- zvýšením elektrického odporu krycích vrstev betonu (snížením jejich vlhkosti),
- úpravou katodické oblasti,
- úpravou anodické oblasti,
- katodickou ochranou výztuže.

#### **Ochrana nebo obnovení pasivace**

Výztuž je standardně pasivována vysokou alkalitou mladého betonu, která se pohybuje na úrovni pH 12,5 až 13,0. V důsledku karbonatace, tj. reakce oxidu uhličitého s hydroxidem vápenatým v betonu dochází k postupnému snižování alkality povrchových vrstev. V okamžiku, kdy alkalita klesne pod úroveň 9,6 dochází ke ztrátě pasivace a je vytvořena jedna z podmínek pro rozběh elektrochemické koroze. Cílem této strategie je tedy, aby krycí vrstvy betonu měly co největší tloušťku (přirozený proces karbonatace pak trvá mnohem déle) a aby náhradou staré, již zkarbonatované, případně jinak kontaminované krycí vrstvy za novou, byla vysoká alkalita v okolí výztuže opět obnovena. Neinvazivní přístupy počítají pak s realkalizací karbonatovaného betonu bez odstranění stávajících krycích vrstev, resp. s neinvazivním odstraněním chloridů s povrchových vrstev.

#### **Zvětšení tloušťky krycí vrstvy výztuže dodatečně nanesenou správkovou maltou nebo betonem**

Nově nanášená vrstva správkové malty se obvykle dimenzuje v takové tloušťce, aby byla splněna současná kritéria na tloušťku krycích vrstev a aby rozhraní betonu se sníženou alkalitou v důsledku karbonatace se přiblížilo k výztuži po více než padesáti letech.

#### **Náhrada kontaminovaného nebo karbonatovaného betonu**

Současně s předchozím krokem se v rámci odstranění zkarbonatovaných či jinak kontaminovaných krycích vrstev betonu obnoví v důsledku aplikace nové správkové hmoty vysoká alkalita v okolí výztuže, kterou je výztuž dlouhodobě pasivována. Reprofilace tedy zajistí v okolí výztuže nejen opět vysokou alkalitu, ale současně umožní zvětšit tloušťku krycích vrstev, a tak oddálit vznik podmínek pro rozběh elektrochemické koroze výztuže do vzdálené budoucnosti.

**Tab. 23-5 Přehled zásad a metod ochrany a opravy výztuže a frekvence jejich použití (podle ČSN EN 1504-9)**

Zásada č.	Zásada a její definice	Typ metody	Frekvence použití	
			Časté	Méně časté
1	<i>Ochrana nebo obnovení pasivace</i>	Zvětšení tloušťky krycí vrstvy výztuže dodatečně nanesenou správkovou maltou nebo betonem	x	
		Náhrada kontaminovaného nebo karbonatovaného betonu	x	
		Elektrochemická realkalizace karbonatovaného betonu		x
		Realkalizace karbonatovaného betonu difúzí		x
		Elektrochemické odstranění chloridu		x
2	<i>Zvýšení elektrického odporu</i>	Omezení obsahu vlhkosti povrchovou ochranou, nátěry nebo zakrytím	x	
3	<i>Úprava katodické oblasti</i>	Omezení obsahu kyslíku (na katodě) impregnační nebo povrchovým povlakem		x
4	<i>Katodická ochrana</i>	Aplikace elektrického potenciálu		x
5	<i>Úprava anodické oblasti</i>	Nátěry výztuže látkami, obsahujícími aktivní pigmenty	x	
		Nátěry výztuže bariérovými povlaky	x	
		Přidání inhibitorů	x	

#### **Elektrochemická realkalizace karbonatovaného betonu**

Vzhledem k tomu, že kompletní mechanické odstraňování zkarbonatovaných krycích vrstev není vždy technicky ani finančně možné, používá se metoda, kdy na povrch betonu se připevní rohož z vodivých vláken, která je nasycena vodným alkalickým roztokem. K rohoži na jedné straně a k oslabené výztuži na straně druhé se připevní zdroj stejnosměrného proudu. Působením elektrického pole migrují ionty obsažené v alkalickém roztoku do zkarbonatovaného betonu ve směru od povrchu směrem k výztuži a zvyšují tak alkalitu betonu v jejím okolí. Metoda zatím byla použita spíše ojediněle, a to na vodorovném povrchu, např. mostovkách rekonstruovaných mostních objektů.

#### **Realkalizace karbonatovaného betonu difúzí**

Při tomto postupu se na povrch zkarbonatovaného betonu nanese alkalický roztok, který proniká směrem dovnitř difúzí vyvolanou gradientem koncentrací roztoku na povrchu a uvnitř konstrukce. Metoda je závislá na charakteru pórového systému betonu, který musí umožňovat dostatečně rychlou difúzi účinného roztoku krycími vrstvami nad výztuží. Účinnost metody je závislá na dispozici sanovaných konstrukčních prvků, hutnosti krycích vrstev, jejich vlhkosti i tloušťce.

#### **Elektrochemické odstranění chloridů**

Elektrochemické odstranění chloridů je možné u krycích vrstev mezi výztuží a povrchem, resp. v bezprostředním okolí výztuže. Extrakce chloridů z okolí výztužné oceli je založena na podobném elektrochemickém principu jako realkalizace. Rozdíl je pouze v tom, že v tomto případě může být použita varianta s externí anodou i externí katodou, případně varianta, kdy katodou je sama výztuž a pouze anoda je externí. Transport iontů tímto elektrochemickým postupem je významně závislý na vlhkosti betonu, na materiálu anody, na volbě externího elektrolytu a na použité proudové hustotě, pórové struktuře betonu, tloušťce krycí vrstvy a zejména na množství chloridů, kterými je povrchová vrstva kontaminována. Elektrolytem může být suspenze hydroxidu vápenatého

nebo běžná voda. Rizikem této metody může být skutečnost, že pokud jsou zdrojem chloridů posypové soli, tedy chlorid sodný, mohou uvolňované sodíkové ionty reagovat s reaktivním kamenivem a může docházet k tzv. alkalické reakci, jejímž důsledkem je následná postupná degradace betonu. Na základě dostupných zkušeností se uvádí, že v intervalu 10 až 50 dnů může být odstraněno 20 až 50 % původně přítomných chloridových iontů.

### **Zvýšení odporu krycích vrstev betonu**

Koroze výztuže je v převážné většině případů elektrochemický proces, pro jehož vznik je nezbytná přítomnost elektrolytu, tj. pórového roztoku v betonu. Čím sušší je beton, tedy čím vyšší je odpor betonu, tedy nižší jeho elektrická vodivost, tím menší riziko vzniku elektrochemické koroze výztuže existuje. Obecně platí, že pro rozběh elektrochemické koroze výztuže musí být splněny dvě podmínky:

- nízká alkalita betonu v okolí výztuže (nižší než 9,6),
- nízký odpor betonu (vysoká vlhkost betonu v okolí výztuže).

V případě, že nejsme schopni v okolí výztuže obnovit alkalitu, např. odstraněním starých krycích vrstev a nahrazením novou reprofilací, nebo nejsme schopni tyto oblasti neinvazivně realkalizovat, je dalším možným opatřením provést takové zásahy, které sníží vlhkost v povrchových vrstvách betonu.

### **Snížení vlhkosti betonu snížením relativní vlhkosti okolního vzduchu**

Vlhkost všech stavebních materiálů je závislá na relativní vlhkosti okolního prostředí, resp. na kontaminaci prvky dešťovými, případně sněhovými srážkami. Pokud to situace umožňuje, lze dosáhnout velmi účinného snížení vlhkosti betonu např. zvýšenou intenzitou přirozeného či umělého větrání nebo umělým odvlhčováním vzduchu. Tato opatření jsou nejnázve použitelná pouze v interiérových podmínkách.

### **Snížení obsahu vlhkosti betonu zakrytím**

Omezení vstupu vlhkosti z dešťových nebo sněhových srážek můžeme velmi účinně zajistit zastřešením nebo oplechováním prvku samozřejmě za předpokladu, že jeho konfigurace toto opatření umožňuje realizovat. Podobnou variantou může být opláštění povrchu železobetonového prvku tak, aby mezi vnějším pláštěm a jeho povrchem docházelo k dostatečně účinnému provětrávání.

### **Snížení obsahu vlhkosti v povrchové vrstvě nátěry**

Bariérové vodotěsné nátěrové systémy jsou po jistou dobu schopny účinně bránit vstupu v kapalně formě i ve formě vodní páry do konstrukce. Při návrhu tohoto opatření je však třeba vzít v úvahu, že životnost těchto nátěrů je omezená a z dlouhodobého hlediska by bylo nezbytné je tedy v pravidelných intervalech obměňovat.

Veškeré výše uvedené postupy musíme vždy volit tak, aby byly realisticky zhodnoceny všechny transportní cesty vlhkosti do prvku. Musí být zvažena i možnost kondenzace vzdušné vlhkosti, průnik zemní vlhkosti do železobetonového prvku, případně průnik porušeným odvodněním nebo dalšími mechanismy. Řešení by mělo vždy respektovat, aby z prvků vlhkost mohla přirozeným způsobem unikat.

### **Úprava katodické oblasti**

Úprava katodické oblasti vyžaduje omezení přístupu kyslíku do všech potenciálních katodických oblastí až do té míry, že korozní články jsou utlumeny a korozi je zabráněno deaktivací katod.

Tohoto cíle lze dosáhnout impregnací nebo povrchovým povlakem, který však musí být zcela kompaktní a dlouhodobě účinný.

### **Úprava anodické oblasti**

Vytvoření podmínek, za kterých potenciálně anodické oblasti výztuže nejsou schopné zúčastnit se korozní reakce.

### **Nátěry výztuže látkami obsahujícími aktivní pigmenty**

Aktivní pigmenty mohou působit jako anodické inhibitory. Jedná se o chemická činidla, která brání vytváření anodických oblastí na výztuži. Podobný účinek může mít i vytvoření galvanické reakce tzv. obětovaného kovu (obětovaná anoda).

### **Nátěry výztuže bariérovými povlaky**

Izolace výztuže od okolního betonu nátěrem, který je elektrickým izolantem, má zabránit tomu, aby se kationty kovu uvolňovaly z oceli, rovněž má zabránit ukládání přichozích aniontů v těchto místech. Metoda může být účinná jedině pokud je ocel zcela čistá a povrchový nátěr celistvý. To znamená, že prut výztuže musí být kompletně zapouzdřen a povrchový povlak neporušen. Metoda se nemůže navrhovat, pokud není možné pokrýt celý obvod prutu výztuže. K těmto účelům se používají především epoxidové nátěry. Postup je však prakticky použitelný pouze u nové výztuže, resp. výztuže nově vkládané do prvku. Výztuž musí být předem naohýbaná, protože ohýbání povlakované výztuže vede k lokálním poruchám povlaku. Povlakování odkryté výztuže na

sanované výztuži je prakticky neproveditelné. Povlakování funguje pouze za předpokladu, že všechny pruty v poškozeném dílci jsou kompaktně pokryty. Pokud budou potaženy jen částečně, elektrické proudy v souvislosti s elektrochemickou korozi se budou soustřeďovat v nechráněné výztuži a budou zde vyvolávat korozní problémy.

#### **Aplikace inhibitorů do betonu impregnací nebo difúzí**

Inhibitory je možné nanášet ve formě povrchové úpravy nebo elektrochemickou cestou. Rovněž je možné přidávat do systému pro ochranu a opravy (do správkových malt a nátěrových systémů). Princip použití tzv. migrujících inhibitorů spočívá v nanášení roztoku na povrch sanované železobetonové konstrukce, který v sobě obsahuje inhibitory koroze rozpuštěné v polyalkoholech. Tyto látky mají mimořádnou schopnost penetrace a migrace k výztuži. Účinnost tohoto opatření se odhaduje na tři až pět let.

#### **Katodická ochrana výztuže**

Katodová ochrana výztuže vychází ze známých fyzikálních principů a je dlouhou dobu běžně používaná především při ochraně ocelových potrubních vedeních uložených v zemi. Katodickou ochranou se zabývá ČSN EN 12 696 "Katodická ochrana oceli v betonu". Katodická ochrana se zvláště používá tam, kde beton je kontaminován chloridy, případně tam, kde není ekonomické nebo vhodné odstranit beton, který je nenarušený, avšak chloridy kontaminovaný. Pokud je totiž beton kontaminován chloridy, způsobí tyto chloridové ionty depasivaci, která vede ke korozi za předpokladu, že současně má k výztuži přístup kyslík. Depasivaci a následnou korozi doprovází pokles potenciálu oceli v betonu. Při jeho nižších záporných či dokonce kladných hodnotách prudce roste rychlost rozpuštění železa a tedy dramaticky stoupá korozní rychlost. Naopak při potenciálu nižším (zápornějším) rychlost koroze klesá.

Cílem katodické ochrany je posunout potenciál oceli v betonu do oblastí, kde vznik koroze nebo pokračování šíření již vzniklé koroze jsou natolik potlačeny, že výskyt poruchy způsobené korozi je po dobu životnosti konstrukce nepravděpodobný.

U železobetonových konstrukcí se katodická ochrana realizuje polarizací výztuže vnějším proudem. Za tímto účelem se na povrch upevňují, natírají nebo pod povrch zabetonovávají anody, které se v případě ochrany vloženým proudem připojují na kladný pól zdroje. Při použití vloženého proudu je záporný pól zdroje připojen na ocelovou výztuž. Beton, resp. roztok v jeho pórech slouží jako elektrolyt, umožňující průchod proudu a s ním spojený pohyb iontů. Změna potenciálu oceli v betonu se monitoruje pomocí referenčních elektrod, zapuštěných do betonu nebo umístěných na jeho povrchu. Tyto elektrody se spolu s vhodným přístrojovým vybavením a propojením s výztuží používají ke sledování vývoje potenciálu oceli v betonu vůči referenčním elektrodám. Návrh i provedení katodické ochrany jsou náročné na teoretické znalosti, tak i technologické vybavení. Navrhovat, resp. realizovat ji může pouze specializovaný odborník resp. firma.

#### **23.3.1.4 Sanace betonu**

Porušení betonu může být vyvoláno celou řadou mechanismů, ať již fyzikálních, chemických či mechanických. Většinou se jedná o kombinaci účinků. Na beton, resp. jeho povrchové oblasti velmi negativně působí také korodující výztuž, a to tlaky, resp. tahy vyvolávané korozními zplodinami, které vznikají při elektrochemické korozi výztuže. Tyto korozní zplodiny mají výrazně větší objem než původní kov (o několik set procent) a v důsledku toho u železobetonových konstrukcí s korodující výztuží dochází k postupnému oddělování krycích vrstev. Naopak degradace povrchových vrstev betonu a trhliny v betonu významně ovlivňují stav výztuže, resp. nebezpečí vzniku její elektrochemické koroze. Degradace a ztráta alkality povrchových vrstev vyvolává depasivaci výztuže, průnik vlhkosti povrchovými vrstvami a trhlinami vytváří dostatek pórového roztoku, který funguje jako elektrolyt a opět elektrochemickou korozi urychluje. I když formálně jsou technologické postupy pro opravy betonu a výztuže pro přehlednost uvedeny samostatně je zřejmé, že opravu betonu a výztuže nelze vzájemně oddělovat.

Nejčastějšími degradačními mechanismy jsou:

- mrazové namáhání betonu,
- namáhání betonu cyklickými změnami vlhkosti,
- chemická koroze betonu,
- koroze v důsledku působení mikrofauny a mikroflóry na beton,
- mechanické narušení nebo opotřebení betonu,
- působení vysokých teplot (požár),
- vznik technologických a statických trhlin.

Uvedeným korozním mechanismům lze čelit dále uvedenými strategiemi, ochranou betonu proti vnikání vody a agresivních látek do povrchových vrstev, obnovou betonu, zesílením konstrukce, injektáží trhlin...

### **Ochrana povrchu betonu proti vnikání vody a agresivních látek**

Beton je porézní stavební materiál, u kterého jsou všechny korozní procesy vyvolány agresivními látkami v plynné nebo kapalně formě, které pronikají skrz kapilární systém pórů. Schopnost betonu odolávat účinkům okolního prostředí závisí v rozhodující míře na nepropustnosti povrchových vrstev betonu. Nejvýhodnější je proto hutný, málo propustný beton. V případě, že se tak nestalo, nebo je tato ochrana s ohledem na agresivitu prostředí nepostačující, vyžaduje povrch betonu sekundární ochranu povrchovou úpravou.

Povrchová úprava musí být trvanlivá v alkalickém prostředí betonu, odolná vůči klimatickým podmínkám a UV záření. V zásadě se rozlišují dvě metody povrchové úpravy betonu:

- impregnace, při níž impregnační materiál pronikne do povrchových vrstev betonu a nevytváří měřitelnou vrstvu na jeho povrchu,
- nátěr, kterým se vytvoří souvislý film na povrchu betonu.

Při impregnaci na rozdíl od nátěrů je impregnační látka uvnitř betonu chráněna před přímými účinky ovzduší, mechanického poškození a ultrafialového záření. Vzhledem k uvedeným skutečnostem je životnost impregnace větší než životnost nátěrů.

Nátěry vytvářejí na povrchu betonu různě tlusté vrstvy přibližně od 100 µm výše. Při posouzení funkčnosti nátěru se zohledňuje především bariérová účinnost a životnost nátěru.

Příprava i nanášení povrchových ochranných systémů se provádí přesně podle pokynů výrobce, které jsou uvedeny v příslušných technologických předpisech nebo technických listech. Technologický předpis musí zejména obsahovat:

- charakterizaci požadovaného podkladu pod nátěr, jak co do hutnosti, rovinnosti, tak vlhkosti,
- teplotní rozmezí, ve kterém lze nátěr aplikovat včetně minimální teploty podkladní vrstvy,
- informace o tzv. otevřené době, tj. časovém intervalu, ve kterém lze nátěr bez obtíží aplikovat (v závislosti na vnější teplotě),
- informaci, zdali je možné nátěr dořezávat, a to jakými rozpouštědly,
- způsob nanášení nátěru včetně požadovaných pomůcek a jejich přesné charakterizace,
- informace o minimální tloušťce nátěrů,
- informace o maximální době jeho skladovatelnosti,
- informace o minimálních, resp. maximálních skladovacích teplotách.

Nátěrové hmoty musí být dodávány na stavbu v originálním balení, označené datem výroby, případně číslem výrobní šarže. Dodavatel je povinen na vyžádání objednatele skladovat prázdné obaly od nátěrů tak, aby bylo možné prokázat jejich skutečnou spotřebu.

V případě vícevrstevných nátěrů nepigmentovaných penetrací nebo hydrofobizací může zadavatel vyžadovat po předchozím odsouhlasení dodavatele nátěru na zhotoviteli částečné doplňkové pigmentování jednotlivých vrstev tak, aby bylo možné jednoduchým způsobem posoudit rovnoměrnost nanášení nátěru na určené ploše resp. požadovanou skladbu vrstev. Kontrola provádění povrchových ochranných vrstev musí být podrobena průběžné a důkladné kontrole kvality prací. Pro výslednou kvalitu povrchového ochranného systému má zásadní význam pečlivost provedení a dodržení všech technologických požadavků vyžadovaných v technologickém předpisu.

U rozsáhlejších povrchových úprav, resp. u úprav se specifickými vlastnostmi se doporučuje na počátku prací provést referenční plochy za přítomnosti investora, projektanta, zhotovitele, případně dodavatele nátěru a následně jejich vzhledové i fyzikálně mechanické vlastnosti odsouhlasit. Referenční plochy mohou být také využity pro objektivní stanovení optimální měrné spotřeby nátěrového systému. Spotřebu nátěru totiž výrazně ovlivňuje hutnost podkladních vrstev, kterou nelze v předstihu zcela objektivně posoudit. Pro hodnocení nátěrového systému je vždy rozhodující jeho tloušťka, uvedená v projektu sanace, nikoliv měrná spotřeba nátěrové hmoty. Je třeba upozornit, že u savých betonových podkladů může být výsledná tloušťka nátěrového systému i poloviční ve srovnání s hutným a nenásávkým podkladem!

## **Obnova betonu**

Obnova betonu může být prováděna několika technologickými postupy:

- reprofilace maltovými vrstvami
- nanášenými ručně,
- nanášenými strojně stříkáním,
- dobetonování
- přechování,
- dobetonování plného průřezu,
- čerpání betonové směsi do bednění.

## **Nanášení reprofilační malty ručně**

Zpracování, nanášení a ošetřování správkových hmot se provádí přesně podle pokynů výrobce, uvedených v příslušných technologických předpisech. S tímto technologickým předpisem musí být seznámeni všichni zodpovědní pracovníci zhotovitele a přiměřeným způsobem i staveništní personál, provádějící sanační práce.

V technologickém předpisu musí být zejména uvedeno:

- postup přípravy (míchání) sanační správkové hmoty,
- délka míchání,
- tzv. otevřené časy pro zpracování správkové hmoty v závislosti na teplotě,
- vymezení, za jakých klimatických podmínek nelze se správkovou hmotou pracovat,
- nejnižší přípustná teplota vzduchu a podkladního betonu (obvykle se nepřipouští, aby teplota vzduchu a podkladu klesla pod +5 °C),
- požadavky na kvalitu podkladního betonu a jeho vlhkost,
- požadavky na ošetřování správkové hmoty (délka ošetření závisí na typu použitého pojiva i tloušťce vrstvy).

Dále musí být v technologickém předpisu přesně specifikovány podmínky ošetřování správkových hmot, a to zejména u správkových hmot obsahující jakákoliv silikátová pojiva. Délka ošetření závisí na typu použitého pojiva i tloušťce nanášené vrstvy. Minimálně je nezbytné zabránit vysušení a podchlazení správkových hmot s pojivem na silikátové bázi po dobu 7 dnů.

Ruční aplikace spočívá ve standardním zednickém ručním nahazování, jehož kvalita je samozřejmě výrazně ovlivněna zkušeností a pečlivostí provádějícího pracovníka. Při ruční aplikaci správkových malt je třeba vzít v úvahu, že na tyto malty jsou kladeny výrazně vyšší požadavky na soudržnost s podkladem než tradičních interiérových či fasádních omítek. U tradičních omítek se požaduje soudržnost s podkladem na úrovni 0,1 resp. 0,2 MPa, zatímco u reprofilačních malt na úrovni v průměru 1,2 MPa a výše. Přitom je zřejmé, že soudržnost správkové malty s podkladem výrazně závisí kromě kvality předúpravy podkladu i na intenzitě zpracování správkové hmoty do podkladu. Zkoušky provedené s cílem odhalit vliv technologie aplikace na soudržnost prokázaly, že strojní aplikace správkové hmoty stříkáním dosahuje v průměru o 0,5 MPa vyšší soudržnosti s podkladem než technologie ručního nanášení při použití stejné správkové malty ve shodných podmínkách a na shodném podkladě. Naopak aplikace správkové malty pouhým natahováním vykazovala o cca 0,5 MPa nižší soudržnost než aplikace ručním nahazováním.



Tab. 3-6 Přehled zásad a metod ochrany a opravy betonu a frekvence jejich použití (dle ČSN EN 1504-9)

Zásada č.	Zásada a její definice	Typ metody	Frekvence použití	
			Časté	Méně časté
1	<b>Ochrana proti vnikání</b> Omezení nebo zabránění průniku škodlivých činitelů (např. vody, jiných kapalin, páry, plynu, chemikálií a biologických látek).	Impregnace	x	
		Povrchová ochrana	x	
		Místní bandážování trhlin	x	
		Povrchové úpravy	x	
		Výplň trhlin	x	
2	<b>Ovlivňování vlhkosti</b> Nastavení a udržování obsahu vlhkosti v betonu v daných mezích	Impregnace	x	
		Povrchová ochrana	x	
		Stínění a opláštění	x	
		Elektrochemická ochrana		x
3	<b>Obnova betonu</b> Obnovení původního betonu prvku konstrukce do původně stanoveného tvaru a funkce. Obnovení betonové konstrukce náhradou její části.	Nanášení malty ručně	x	
		Dobetonování	x	
		Nástřík betonu nebo malty	x	
		Náhrada prvků	x	
4	<b>Zesílení konstrukce</b> Zvýšení nebo obnovení únosnosti prvku betonové konstrukce	Přidání nebo náhrada zabudované nebo vnější výztuže	x	
		Vlepování výztuže do otvorů v betonu	x	
		Vyztužení lepenými příloškami		x
		Doplnění malty nebo betonu - reprofilace	x	
		Injektáž trhlin, dutin nebo mezer	x	
		Výplň trhlin, dutin nebo mezer		x
		Dodatečné předpínání		x

Ruční aplikaci správkových hmot stěrkováním lze proto použít zcela výjimečně s vědomím, že hodnoty soudržnosti s podkladem mohou být nižší než jsou obvyklé požadavky technických podmínek. Pokud se použije přesto ruční aplikace natahováním, je třeba preferovat použití zubových stěrek, které umožňují vtlačit správkovou hmotu do podkladu s vyšší intenzitou a zároveň vrstvu odvzdušnit. Při stěrkování totiž velmi často dochází k uzavření vzduchu na styčné spáře mezi stěrkou a podkladem. Zároveň tenkovrstvé stěrky jsou výrazně citlivější na ošetření, které musí být prováděno vzápětí po jejich zatuhnutí a se zvýšenou intenzitou.

### **Nanášení správkové hmoty strojně - stříkáním**

Při strojním nanášení správkových hmot lze použít dvě technologické varianty, a to tzv. suchý nástřík, tj. technologický postup, kdy je v trysce stříkacího zařízení odděleně dopravována suchá správková hmota a odděleně voda a směs je pak zvlhčována těsně před tryskou, nebo variantu tzv. mokrého nástříku, kdy je správková hmota rozmišena ve vodě standardním míchacím zařízením a potrubím dopravována ke stříkací trysce.

Předností první varianty je možnost snadného přerušení prací. Proto se tato technologie preferuje především v oblasti sanací, kdy se většinou nejedná o časově souvislejší nástříky rozsáhlejších ploch, ale naopak o práce přerušované finalizováním povrchu a dalšími technologickými operacemi. Nevýhodou tohoto postupu je, že je velmi závislý na zkušenosti pracovníka, který obsluhuje vlastní trysku a rozhoduje o množství záměsové vody, která je k suché směsi přidávána. Získat dostatek zkušeností v tomto směru je mimořádně náročné a možnost předchozího tréninku na "simulátoru" prakticky nulová. Nástřík musí být prováděn z optimální vzdálenosti 1 m až 1,5 m pokud možno kolmo ke stříkanému povrchu krouživým pohybem. Důležitým technologickým parametrem je tzv. odpad, tj. množství směsi, která se neuchytí na sanované ploše a odpadne, tj. dojde k její ztrátě. Tato směs v žádném případě nesmí být recyklována a zpětně používána pro nástřík. Míra odpadu se pohybuje v závislosti na řadě podmínek v rozmezí 15 až 30 %. U technologie suchého nástříku má rozhodující význam průběžná kontrola kvality prostřednictvím nastříkaných kontrolních bloků. Jedná se o nástřík směsi do dřevěných forem o rozměrech 500 x 500 x 100 cm, které se umísťují obvykle pod úhlem 45° ke stěně a nastříkají se krouživým pohybem. Po zatvrdnutí se uloží do normových podmínek a následně se z nich vyřezou kontrolní tělesa. Již pouhý řez kontrolního bloku umožní získat informace o kvalitě nástříku, a to posouzením homogenity řezné plochy. Pokud na ní nejsou prakticky patrné či jen neznatelně patrné jednotlivé vrstvy, jedná se o nástřík provedený kvalitně, v opačném případě jsou nejen zřetelné jednotlivé vrstvy nástříku, ale velmi často se vyskytují v řezné ploše i zcela nesoudržná hnízda.

Technologie mokrého nástříku se při sanačních pracích používá jen výjimečně vzhledem k tomu, že neumožňuje provádět častější odstávky, které jsou nutně spojeny s nezbytností čištění přívodních hadic, resp. potrubí. Účinněji lze proto použít pouze při velkoobjemových reprofilačních pracích, kdy v jednom pracovním cyklu se aplikuje několik desítek metrů krychlových betonu.

### **Dobetonování**

V řadě případů jsou železobetonové konstrukční prvky poškozeny tak, že reprofilace ať již ruční či strojní by nebyla racionální. V těchto případech je vhodné postižené oblasti (průrazy, hluboké kaverny, masivně rozpadlé prvky apod.) dobetonovat. V úvahu připadá celá řada technologických variant, závislá na dané konfiguraci prvku i objemu dobetonávek.

### **Pěchování**

Pěchování je metoda aplikace správkové hmoty nebo betonu, která má pouze zavlhlou konzistenci, vysokou thixotropicitu, a tedy prakticky nulovou roztékavost. Mechanické pěchování umožňuje správkovou hmotu takovéto konzistence tlačít i do relativně malých poruch a účinněji ztuhit. Celý proces se provádí po vrstvách. Ztuhňuje se obvykle pěchem z tvrdého dřeva. Velmi záleží na pečlivosti a důkladnosti provádění. Po dokončení je velmi důležité i takovéto malé oblasti přiměřenou dobu ošetřovat.

### **Zalítí poruch ve vodorovných prvcích**

Vykazují-li betony na vodorovných plochách rozsáhlá povrchová poškození, může být hospodárnější a trvanlivější znovu obnovit celou narušenou část prvku. Průřez se tedy vybourá buď na celou tloušťku nebo na podstatnou část tloušťky prvku, porucha se vhodně ohraničí, očistí se odhalená výztuž a vzniklá prostora po případném zabetonování se dobetonuje správkovou hmotou či betonem tekuté konzistence. Podstatným požadavkem při této jednoduché technologické operaci jsou požadavky na minimální smrštění správkové hmoty nebo betonové směsi. Je tedy třeba použít hmoty, u níž by mělo být garantováno smrštění na úrovni 0,4 mm/m či menší. S použitím zvláštních přísad lze i u standardních betonů dosáhnout výrazného snížení objemových změn, případně nastavit jeho rozpínání.

## **Čerpání do bednění**

V případě, že potřebujeme doplnit (dobetonovat) rozsáhlejší objemy materiálů u prvků svislých, resp. např. na spodních lících vodorovných konstrukčních prvků, je možné aplikovat tekutou správkovou maltu nebo betonovou směs tak, že se porucha uzavře vodotěsně bedněním, osadí se dvěma vstupy s ventily, přičemž na jeden se připojí hadice čerpacího zařízení, druhý slouží jako odvětrávací. Technologie je při správném provedení poměrně jednoduchá a velmi účinná. Velmi je však závislá na zkušenosti provádějících pracovníků a na jejich pečlivosti a dobrém materiálovém vybavení.

## **Zesílení konstrukce**

Velmi často je železobetonová konstrukce narušena degradačními účinky, které vyvolaly pokročilou korozi betonu i výztuže nebo byla v minulosti vystavena náhodnému přetížení ať již statickými nebo dynamickými účinky. Součástí sanačního zásahu pak musí být nezbytně i zesílení konstrukce nebo dílčích konstrukčních prvků, protože jenom tak je možné zachovat další plnou funkčnost konstrukce.

Na rozdíl od většiny předcházejících sanačních zásahů, jejichž cílem je zastavit korozní degradaci železobetonové konstrukce nebo prodloužit její životnost a které jsou navrhovány spíše intuitivně, musí při zesílení konstrukce být vždy provedeno statické posouzení, které by prokázalo jak statickou únosnost konstrukce před zesílením, tak po něm. U náročnějších nebo složitějších zesilovacích zásahů se doporučuje provést po provedeném zesílení zatěžovací zkoušku, která by ověřila souhlas reálného chování zesílené konstrukce s výpočtem. Variant, jak mohou být různorodé železobetonové inženýrské konstrukce zesíleny, je velké množství. Velmi orientačně je lze rozdělit na postupy zesilující konstrukci:

- zvětšením průřezu,
- vnesením předpětí do konstrukce,
- změnou nosného systému.

Zvětšení únosnosti průřezu můžeme zajistit:

- zvětšením průřezu reprofilací (s výztuží i bez výztuže),
- dobetonováním (s výztuží i bez výztuže),
- výztuží lepenou na povrch nebo umístěnou do drážky,
- přidáním tuhé výztuže.

Důležitým předpokladem fungování zvětšeného průřezu je zabezpečení spolupůsobení nového materiálu a původního betonu. Ve výpočtu se musí zohlednit i skutečnost, že původní část prvku je pod vlivem zatížení ve stavu napětí, zatímco nová část betonu pouze tvrdne a podléhá objemovým změnám (smršťování, hydratačnímu smrštění).

## **Zesilování vodorovných ohybově namáhaných prvků**

U těchto konstrukčních prvků mohou být k zesílení využity tyto postupy:

- nadbetonování,
- přidání výztuže,
- zmenšení rozpětí,
- kombinace uvedených způsobů.

## **Zesilování nadbetonováním**

Pro nadbetonování se navrhuje alespoň taková třída betonu, jakou má původní deska, lépe však ještě o stupeň vyšší. Tloušťka nadbetonované vrstvy musí být nejméně 50 mm. Zesílení desek nadbetonováním může být provedeno:

- spolupůsobením nového a původního betonu (spolupůsobící deska),
- bez spolupůsobení (odlehčovací deska).

Pokud je zabezpečeno spolupůsobení nového a původního betonu, tloušťka desky při výpočtu představuje součet původní a nové desky. Tahová síla ve výztuži přechází prostřednictvím vodorovných smykových sil do tlačení betonu. Kritickým místem zesílené desky je spára na styku mezi novým a starým betonem. Její spolupůsobení lze zlepšit:

- zdrsněním povrchu původního betonu v kombinaci s adhezním můstkem,
- vložením ocelových trnů do předem vyvrtaných otvorů v původním betonu nebo svorníků vložených na celou tloušťku prvku a jejich stažením. Nadbetonovaná vrstva se obvykle vyztužuje svařovanými sítěmi.

Při použití systému odlehčovací desky odpadá problém spojení starého a nového betonu, není třeba odstraňovat povrchové vrstvy a osazovat trny nebo svorníky, čímž se dosáhne urychlení prací. Složitější je výpočet, kdy poměr únosnosti obou desek je velmi složitý. Uplatňuje se vliv smršťování, změny modulu pružnosti nového betonu dotvarováním a další okolnosti, které je třeba zohlednit. Tloušťka odlehčovací desky je vždy větší než tloušťka desky sprážené s původní konstrukcí.

### **Zesilování přidáním výztuže**

Vždy přidáváme výztuž k povrchu, kde je situována tažená zóna (podle průběhu ohybových momentů). Přidávaná výztuž musí spolupůsobit s betonem. Klasická měkká výztuž se může vkládat do vyfrézované drážky a vyplněním drážky materiálem zabezpečujícím soudržnost betonu a výztuže. Druhou možností je nalepení pásové výztuže (lamel) na beton dvousložkovým lepidlem. Lamely mohou být ocelové nebo uhlíkové. Předpokladem účinného spolupůsobení betonového podkladu, lepidla a lamel je dostatečná pevnost jednotlivých materiálů a vysoká přilnavost na styčných plochách. Na podkladový beton se kladou tyto požadavky:

- pevnost betonu v tlaku musí odpovídat minimálně třídě betonu B 15,
- průměrná pevnost v tahu povrchových vrstev musí být větší než 1,5 MPa,
- maximální vlhkost betonu musí být 4 %,
- teplota povrchu musí být v intervalu + 15 až + 35 °C,
- na lepené ploše betonu musí být obnažené vrcholky zrn kameniva o velikosti 8 mm.

Oddělení lamely od betonu před dosažením mezní únosnosti zabrání dodržení těchto požadavků:

- tloušťka ocelové lamely se musí v závislosti na třídě podkladního betonu pohybovat v intervalu od 15 do 15 mm,
- šířka lamely musí být menší než 200 mm,
- mezní poměrné přetvoření lamely musí být menší než 2 %,
- stupeň zesílení musí být menší než 2,0.

Manipulace s poměrně těžkými, málo ohybnými ocelovými pásy a nebezpečí koroze jsou hlavními nevýhodami ocelových zesilovacích lamel. Proto se v posledním období s převahou začínají používat lamely s vlákny z vyztuženého polymeru (FRP), nejvíce pak lamely vyztužené uhlíkovými vlákny (CFRP). Dosavadní mírnou nevýhodou uhlíkových lamel je jejich cena a přenos sil v jednom směru.

### **Zesilování zmenšením rozpětí**

V deskách se zkrácení rozpětí dosahuje vložení železobetonového nebo ocelového nosníku uprostřed rozpětí desky. Betonáž vložného železobetonového nosníku se provádí skrz otvory v desce do přiloženého bednění s výztuží. Do otvoru se vkládají i ocelové trny na zlepšení spolupůsobení desky s novým nosníkem. Průřez není schopný přenést záporný ohybový moment a vznikne trhлина. I přesto dojde ke zmenšení mezipodporových a podporových momentů.

U nosníků se zmenšení rozpětí dosáhne vložení pevných nebo poddajných podpor. Nově vzniklé záporné podporové momenty a příčné síly, které vznikají nad vložnými podpěrami, nejsou vykryté výztuží. Vzniklé trhliny způsobují, že nosník nad podporou má charakter kloubového uložení.

### **Zesilování přidáním tuhé výztuže**

Tuhé válcové profily spolupůsobící se železobetonovým nosníkem nebo deskou mohou vlastní ohybovou tuhostí výrazně zvětšit jejich únosnost. Podmínkou je spolehlivé spolupůsobení, které se většinou zabezpečuje svorníky v kombinaci s adhezním můstkem mezi železobetonovým průřezem a přidaným ocelovým profilem.

### **Zesilování vnějším předpětím**

Vnější předpínací výztuž tvoří lana, kabely nebo tyče, které jsou osazené mimo betonový průřez. Při návrhu výztuže se vychází z předpokladu, že do konstrukce budou vneseny vnější síly předpětí. To znamená, že celá konstrukce je ve výpočtovém modelu zatížena dalšími vnějšími silami, a to v místě zakotvení silovým a ohybovým momentem od excentrické polohy kotev. S ohledem na množství kritérií a požadavků ovlivňujících návrh zesilování betonových konstrukcí vnesením předpětí proto tento způsob zesílení může navrhovat pouze zkušený statik, důkladně seznámený s reálným statickým schématem konstrukce i s metodikou návrhu předpjatých konstrukcí. V tomto směru je tedy tento zesilovací postup velmi náročný, v případě nekvalitního návrhu i riskantní. Výhodou techniky vnějšího předpětí je, že jeho části jsou snadno kontrolovatelné, opravitelné a vyměnitelné.

### 23.3.1.5 Injektáže

Injektáž je technologie, při které se do nepřístupných trhlin a dutin stavebního prvku vhání injektážními otvory pod tlakem injektážní směs. Smyslem injektáže je vyplnění, spojení, zpevnění a utěsnění injektovaného materiálu.

Trhliny (poruchy které se nejčastěji injektují) vznikají přetížením konstrukce nebo kombinací silových a fyzikálních účinků. Podstatná část trhlin vzniká v době tuhnutí a tvrdnutí betonu od objemových změn, jako je tzv. hydratační smrštění a smrštění spojené s vysycháním betonu.

Z hlediska injektáže rozlišujeme mezi povrchovými trhlinami a trhlinami štěpnými:

- trhliny povrchové zasahují jen do krycí vrstvy betonu nad výztuží a končí na nosné či konstrukční výztuži,
- štěpné trhliny zasahují do hlubších podpovrchových partií průřezu nebo procházejí průřezem v celé tloušťce.

U trhlin dochází velmi často ke změně jejich šířky, která se může projevit:

- krátkodobě (např. v důsledku periodického pohyblivého zatížení),
- denně (např. v důsledku slunečního osvětlení nebo v závislosti na denním a nočním vývoji teplot,
- dlouhodobě (např. v důsledku ročního období a tomu odpovídajících klimatických podmínek).

K zaplňování trhlin přistupujeme, má-li být dosaženo jednoho nebo více z dále uvedených cílů:

- omezení nebo zabránění přístupu agresivních látek, vznikajících do stavebních dílů trhlinami,
- odstranění netěsnosti stavebních dílů, podmíněných trhlinami,
- spojení protilehlých okrajů trhliny tak, aby výplň přenášela tahové namáhání,
- spojení protilehlých okrajů trhliny, které umožňuje vzájemně omezený pohyb.

Dosažení jednoho nebo více výše uvedených cílů může být částečně nebo zcela znemožněno tím, že se do trhliny dostanou materiály poškozující beton nebo výplňový materiál snižující přilnavost k betonu. Stejný účinek má i vytvoření uhlíkatových výluhů v trhlíně.

Cílů uvedených v předchozím odstavci lze dosáhnout:

- samotížnou penetrací trhlin epoxidovou pryskyřicí (použitelné pouze na vodorovném podkladu),
- tlakovou injektáží epoxidovou pryskyřicí, která umožní silové namáhání trhlin,
- tlakovou injektáží polyuretanovou pryskyřicí s omezenou možností dilatace.

Výběr injektážních materiálů (epoxid/polyuretan) je velmi často podmíněn stavem vlhkosti trhliny, resp. jejích okrajů.

K provedení injektáže je třeba:

- vhodné injektážní zařízení,
- vytvoření injektážních bodů (plnicích hrdel) pomocí vrtaných resp. lepených injektážních přípravků („pakrů“),
- povrchové utěsnění trhliny v oblasti mimo plnicí hrdla.

Nezbytnou součástí injektáží je i kontrola kvality injektáže. Její rozsah a forma musí být součástí projektu nebo technologického postupu injektáže. Průkazná kontrola zainjektování je proveditelná pouze odběrem malých jádrových vývrtů o průměru cca 30 až 50 mm.

**Tabulka 23-7 Způsoby identifikace trhlin**

č.	Znak	Metoda zachycení / zkoušení	Výsledek / dokumentace
1	<b>Druh trhliny</b>	Vizuální prohlídka, případně odběr jádrového vývrtu Ø 50 mm	Řešení podle definice
2	<b>Průběh trhliny</b>	Vizuální prohlídka	Zakreslení, případně paušální údaje (např. ohybová trhlina ve vzdálenostech ....., síťová trhlina s velikostí ok ...)
3	<b>Šířka trhliny</b>	Měřítka pro šířku trhliny, lupa na trhliny (přesnost 0,05 mm)	Údaje s datem a místem měření u změn šířky trhlin dle řádků 4.1 a 4.2 i s udáním hodin a klimatických podmínek, případně teploty stavebního dílu
4.1	<b>Změny šířky trhlin</b>	<i>krátkodobé</i> Měření změny šířky, např. pomocí snímače pohybu	Nejzávažnější změny s uvedením data, hodin a klimatických podmínek
4.2		<i>denní</i> Měření změny šířky, např. číslicovým úchylkoměrem, při sedání snímačem pohybu	Změny mezi naměřenými hodnotami ráno a večer v intervalu cca 12 hodin, s datem, klimatickými podmínkami a teplotou stavebních dílů
4.3		<i>dlouhodobé</i> Lepení značek (případně kalibrovaných), měření sedání	Změny ve stále delších časových intervalech (podle okolností i více měsíců) s uvedením data a klimatických podmínek, popř. teploty stav. dílu
5	<b>Příčina vzniku trhlin</b>	Vizuální prohlídka, průzkum včetně podmínek výstavby, zhodnocení výsledků řádku 1 - 4, případně výpočty	Rozdíl podle definice, případně vyhodnocení pravděpodobnosti opětovného vzniku trhlin
6	<b>Stav trhlin /okrajů trhlin</b>	Vizuální prohlídka, případně odběr jádrového vývrtu	Popis
7	<b>Předcházející opatření</b>	Stavební deník, průzkumy	Údaje o dřívějších opatřeních, např. o výplni trhlin
8	<b>Přístupnost</b>	Místní stanovení	Charakterizování poměrů (potřeba lešení atd.)

Před provádění injektážních prací je třeba vždy dokumentovat stav a rozsah trhlin, a to z hlediska:

- příčiny vzniku trhliny,
- polohy trhlin a jejich rozsahu,
- šířky trhlin,
- změny šířky trhlin v krátkodobé denní či dlouhodobé periodě,
- stav okrajů trhlin,
- informace o případných předchozích sanačních opatřeních,
- informace o přístupnosti konstrukce resp. trhlin z hlediska provádění injektáže.

Injektážní zařízení by mělo mít zejména tyto vlastnosti:

- jednoduchou obsluhu a možnost jednoduché kontroly funkčnosti,
- možnost regulace injektážního tlaku v celém pracovním rozsahu,
- malou poruchovost,
- jednoduché čištění a údržbu.

Rozhodnutí o způsobu a rozsahu injektážních prací by mělo vycházet ze vzájemné konzultace mezi projektantem sanace, zadavatelem i vybraným dodavatelem.

Dodavatel musí pečlivě zkontrolovat poměry na stavbě a posoudit možnost provedení účinného zaplnění trhliny. V případě, že poměry na stavbě nebo předpokládaný způsob provedení nezaručují dosažení výsledku, který byl stanoven, musí zadavateli neprodleně písemně sdělit své pochybnosti.

Dodavatel injektážních prací musí vždy pečovat o vhodnou likvidaci všech hmot, které se objeví jako odpad v průběhu prací a po jejich skončení a nemohou být recyklovány. V této souvislosti musí dodržovat veškerá platná zákonná ustanovení a o likvidaci hmot musí mít příslušné doklady (viz kap. 23.10.).

Injektážní práce smějí provádět pouze pracovní čety, které mají potřebnou kvalifikaci, tj. jak potřebné zkušenosti, tak i proškolení. Doklady o odborném proškolení personálu i o referencích jsou nedílnou součástí nabídky injektážních prací.

Během provádění injektážních prací je bezpodmínečně nutná přítomnost vedoucího pracovní čety na pracovišti.

V průběhu prací musí dodavatel průběžně provádět záznamy o injektážních pracích a podle možností je doplnit fotografiemi. Součástí záznamu je místo a rozsah prováděných injektáží, typ a objem spotřebovaných injektážních hmot, vlhkost a teplota v průběhu injektážních prací.

Po skončení prací vypracuje dodavatel injektážních prací závěrečnou zprávu, která musí obsahovat minimálně:

- přehled druhů použitých injektážních materiálů, jejich technické listy a jejich celkovou spotřebu,
- výsledky kontrolních zkoušek,
- přesně popsany používaný technologický postup,
- grafické znázornění zaplněných trhlin s uvedením data provedených prací,
- přehled klimatických podmínek v průběhu injektážních prací,
- zprávy o kontrole objednatele v průběhu injektážních prací,
- zvláštní okolnosti.

Tabulka 23-8 Oblasti použití výplňových materiálů a druhů výplní

Cíl použití	Vlhkost trhlin/okrajů trhlin			
	suché	vlhké	Trhliny, které vedou vodu	
			"bez tlaku"	"pod tlakem"
Uzavření	EP-T EP-I PUR-I	EP-T <sup>x</sup> EP-I <sup>x</sup> PUR-I	PUR-I	PUR-I <sup>x</sup>
Utěsnění	EP-I PUR-I	EP-I <sup>x</sup> PUR-I	PUR-I	PUR-I <sup>x</sup>
Spojení trhlin namáhaných silou	EP-I	EP-I <sup>x</sup>	-	-
Spojení trhlin s možností dilatace	PUR-I	PUR-I	PUR-I	PUR-I <sup>x</sup>

EP-T penetrace epoxidovou pryskyřicí  
 EP-I injektáž epoxidovou pryskyřicí  
 PUR-I injektáž polyuretanovou pryskyřicí

<sup>x</sup> za použití pryskyřic, speciálně vhodných pro tento účel

#### **Penetrace epoxidovou pryskyřicí (Beztlaková injektáž)**

K penetraci trhlin epoxidovou pryskyřicí se smí používat pouze za studena tvrdnoucí dvousložkové pryskyřice bez rozpouštědel a bez plniv, vhodné pro injektáž betonových konstrukcí. Šířka trhliny může být prakticky libovolná.

Je třeba si uvědomit, že penetraci lze zaplňovat zásadně pouze oblasti povrchových trhlin. Původní únosnost průřezu poškozeného trhlínami se proto obnoví jen částečně.

Epoxidová pryskyřice pro penetraci musí mít při předpokládaných teplotách použití velmi nízkou viskozitu, vysokou schopnost kapilární vztlakovosti a dostatečně dlouhou dobu zpracování, aby bylo dosaženo hloubkového účinku penetrace.

Trhliny musí být zaplněny minimálně do hloubky 5 mm, případně do patnáctinásobné šířky trhliny. Rozhodující je vyšší hodnota. Trhliny a zóny trhlin je třeba před penetrací očistit vhodnými metodami, minimálně ručně úzkými drátěnými kartáči nebo lépe „copánkovým“ drátěným kartáčem umístěným na úhlové brusce. Před vlastní penetrací je vhodné trhliny vysát, nejlépe průmyslovým vysavačem. V případě, že dosažená hloubka penetrace nedostačuje zamýšlenému účelu, musí se i povrchové trhliny injektovat tlakově. K dosažení potřebného stupně penetrace musí být v rozmezí doby zpracování výplňového materiálu závislé na teplotě stavebního objektu zajištěn dostatečný přívod materiálu k trhlíně. Je třeba pamatovat na možnost odvodu vzduchu z trhliny. Penetraci je proto třeba provádět postupně z jedné strany.

#### **Tlaková injektáž epoxidovou pryskyřicí k silovému zaplnění trhliny**

K injektáži epoxidovou pryskyřicí, vhodnou pro zaplnění trhlin namáhaných silou, smějí být používány pouze za studena tvrdnoucí dvousložkové epoxidové pryskyřice bez rozpouštědel a plniv.

Práce se musí provádět podle odsouhlaseného technologického postupu. Injektáž se nesmí provádět při teplotách konstrukčních prvků nižších než +8 °C.

Pokud není dohodnuto jinak, je třeba trhliny zásadně ze všech stran utěsnit, osadit injektážními přípravky a injektovat.

Rozestup injektážních přípravků se v závislosti na použité technologii pohybuje od poloviny do celé tloušťky prvku. Svislé trhliny se injektují vždy od spodu nahoru.

Maximální pracovní tlak by měl být na úrovni jedné třetiny až jedné čtvrtiny tlakové pevnosti injektovaného betonu. Při injektáži používáme buď injektážní přípravky vkládané do předvrtaných otvorů, nebo injektážní přípravky lepené na povrch trhliny.

Po dokončení injektáže se odstraní injektážní přípravky i hmota uzavírající trhlínu v oblasti mezi injektážními přípravky a povrch konstrukce se v těchto oblastech opraví. Způsob této opravy je vždy třeba předem dohodnout,



protože dosažení identického stavu povrchu co do struktury a barevného ladění je jen obtížně možné. Na pohledových površích tedy vždy po injektáži zůstanou patrné stopy. Je tedy třeba počítat s následným použitím barevně sjednocujícího nátěru.

**Tabulka 23-9 Podmínky použití specifických materiálů pro penetraci EP-T**

Č.	Znak	Podmínky použití
1	<i>Druh trhliny</i>	Pro oba druhy trhlin
2	<i>Průběh trhliny</i>	Libovolný
3	<i>Šířka trhliny</i>	Libovolná <sup>1)</sup>
4.1	<i>Změny šířek trhliny</i>	<i>krátkodobé</i>
4.2		<i>denní</i>
4.3		<i>dlouhodobé</i>
5	<i>Příčiny vzniku trhlin</i>	Známé
6	<i>Stav trhlin /okrajů trhlin</i>	Standardní
7	<i>Předcházející opatření</i>	Žádné podmínky

1) Technika penetrace je určena šířkou trhliny

**Tabulka 23-10 Podmínky použití specifických materiálů pro injektáž EP-T**

Č.	Znak	Podmínky použití
1	<i>Druh trhliny</i>	Pro oba druhy trhlin
2	<i>Průběh trhliny</i>	Libovolný
3	<i>Šířka trhliny</i>	$w \geq 0,01 \text{ mm}^1$
4.1	<i>Změny šířek trhliny</i>	$\Delta w \leq 0,1 w$ , případně $\Delta w \leq 0,3 \text{ mm}$
4.2		závislé na vývoji pevnosti EP <sup>2)</sup>
4.3		Libovolné
5	<i>Příčiny vzniku trhlin</i>	Známé, neopakující se
6	<i>Stav trhlin /okrajů trhlin</i>	Standardní
7	<i>Předcházející opatření</i>	Nebyly provedena ještě žádná výplň

1) Aktuální hodnota v podstatných oblastech průběhu trhliny

2) Žádné omezení, pokud je pevnost = 3,0 MPa v rozmezí 10 hodin

### **Tlaková injektáž polyuretanem sloužící k utěsnění trhlin s možností jejich částečné dilatace**

Injektáž polyuretanovými pryskyřicemi je obvykle charakterizována jako těsnicí. Umožňuje částečný pohyb trhlin, zároveň však nezajišťuje přenášení silových účinků.

Použitá injektážní polyuretanová pryskyřice musí mít dostatečnou adhezi k okrajům trhlin o libovolné vlhkosti a dostatečnou schopnost dilatace v trhlínách. Výplň nesmí při styku s vodou před nebo po průběhu reakce zkréhnout.

**Tabulka 23-11 Podmínky použití specifických materiálů PUR I**

Č.	Znak	Podmínky použití
1	<i>Druh trhliny</i>	Pro oba druhy trhlin
2	<i>Průběh trhliny</i>	Libovolný
3	<i>Šířka trhliny</i>	$w \geq 0,01 \text{ mm}^{1)}$
4	<i>Dilatace výplňového materiálu vytvrzeného v trhlíně pro libovolné změny šířky</i>	Podle průkazní zkoušky <sup>2)</sup>
5	<i>Příčina (ny) vzniku trhlin</i>	Známe
6	<i>Stav trhlin /okrajů trhlin</i>	Standardní
7	<i>Předcházející opatření</i>	Opakované zaplňování je možné

1) Aktuální hodnota v nejdůležitějších oblastech průběhu trhliny

2) Požadavek podle použití, min.  $\Delta w > 0,1 w$

Polyuretanová pryskyřice, určená k utěsnění trhlin z hlediska jejich vodotěsnosti, musí dále splňovat požadavky:

- velmi krátkou dobu reakce při styku s vodou,
- vytvoření pěny s velmi jemnými póry se značným zvětšením objemu.

Injektáž polyuretanovou pryskyřicí je třeba provádět bez povrchové ucpávky trhlin pomocí injektážních přípravků ve vyvrtaných otvorech.

Detailní ustanovení, kterými je třeba se řídit při provádění i kontrole injektážních prací jsou uvedeny v Technických podmínkách pro opravu trhlin v betonových konstrukcích, které vydal německý spolkový ministr pro dopravu pod označením „ZTV-RISS 93“, a který je k dispozici v českém překladu.<sup>1</sup>

### 23.3.2 Sanace zděných konstrukcí

Zděné konstrukce jsou především rozrušovány působením srážkové vody, která je vodou hladovou a demineralizovanou. Tato voda má schopnost rozpouštět vazné součásti vápenných vápenocementových i cementových zdicích malt. Pronikání vody, zejména pak vody srážkové zděnými konstrukcemi vede k postupné degradaci zdicí malty, ztrátě těsnosti zdiva, kompaktnosti zdiva a v případě staticky významněji namáhaných konstrukcí (klenby) i ke ztrátě předpětí a vzniku trhlin.

Kromě toho voda prosycuje jak zdicí maltu i zdicí prvky a pokud jsou exponovány v exteriéru, vyvolává postupně jejich mrazové porušení. Zejména v případě cihel a méně kvalitních kamenů (opuka, pískovec), tak postupně dochází k rozpadu zdicí malty i zdiva a k postupné ztrátě jeho kompaktnosti.

Velmi významným degradačním činitelem, který působí na zdivo, jsou účinky dynamické a mikrodynamické, tedy silové, mnohonásobně se opakující účinky především vyvolané okolní dopravou. Vzhledem k tomu, že pevnost zdiva v tahu je velmi malá či nulová, mohou tyto dlouhodobě působící dynamické účinky vést k postupnému rozvolnění zdiva a jeho porušení.

Poruchy vyvolané výše uvedenými degradačními mechanismy mají zprvu vliv pouze na vzhled zdiva, později dochází ke vzniku trhlin nebo lokálnímu drcení zdiva a v nejkritičtějších fázích může dojít k lokálnímu kolapsu, tj. vypadnutí dílčích partií zdiva.

<sup>1</sup> Vydala Správa silničního fondu České republiky, Čimická 319, 181 00 Praha 8 Zpracovatel Silniční vývoj Brno, Olomoucká 174, 627 00 Brno.

Sanace zděných konstrukcí vyžaduje, aby provedený stavebně technický průzkum identifikoval aktuální kvalitu zdících materiálů (zdící malty, zdících prvků) a odhalil převažující příčinu vzniku existujících poruch.

Pouze na základě vyhodnocení stavebně technického průzkumu lze navrhnout odpovídající technologii sanace zdiva.

V případě, že se jedná o staticky náročnější inženýrský objekt, musí být součástí stavebně technického průzkumu i statický přepočet zděné konstrukce. Problémem věrohodného statického přepočtu narušené zděné konstrukce je však zahrnutí zjištěných imperfekcí (trhlin a dalších poruch) tak, aby výpočtový model věrohodně odrážel aktuální stav zděné konstrukce.

Sanace zděné konstrukce se obvykle provádí některými z dále uvedených metod:

- spárováním,
- injektováním zdiva,
- přezdíváním,
- plombováním,
- spínáním armaturou vloženou do spár a otvorů, spínáním železobetonovými prvky, spínáním ocelovými táhly,
- povrchová ochrana.

### 23.3.2.1 Spárování

Spárování obvykle rozlišujeme jako povrchové (náhrada malty do hloubky cca 50 mm), resp. hloubkové. V obou případech se postupuje takto:

- odstranění rozrušené malty ze spár do zadané hloubky mechanicky (v kombinaci se stlačeným vzduchem) nebo vysokotlakým vodním paprskem,
- odstranění materiálu ze spár a jejich řádné provlhčení, případná aplikace adhezního můstku,
- vyplnění spár cementovou maltou a jejich povrchová finalizace.

Maltu do spár lze vtlačovat ručně v případě povrchového spárování a pomocí spárovací pistole s tlakem do 0,5 MPa při hloubkovém spárování.

Pro spárování zvláště staticky exponovaných objektů (např. kleneb) je třeba použít spárovací maltu, jejíž objemové změny v důsledku vysychání (smrštění) jsou menší než 0,4 mm/m. Jedná se o tzv. objemově kompenzovanou cementopolymerní maltu, která je schopná zdivo vodotěsně utěsnit a zabránit jeho výraznějšímu dotvarování.

### 23.3.2.2 Injektování

Účelem injektování porušeného zdiva je zejména obnovení jeho původní pevnosti v tlaku. Injektážní suspenze musí vyplnit všechny vnitřní dutiny a trhliny ve zdivu (výplňová injektáž). Chceme-li zajistit odolnost vůči průsakům vody zdivem, mluvíme o těsnicí injektáži (např. za rubem kleneb).

Před zahájením injektáže je nutné zdivo přespárovat na hloubku nejméně 50 mm, aby nedošlo k výronům suspenze na povrchu zdiva.

Rozmístění a hloubka injektážních vrtů se stanoví v závislosti na výsledcích průzkumu (vodní tlaková zkouška) a na tom, zda se injektování může provádět z jedné nebo z obou stran.

Při jednostranném injektování se hloubka vrtů volí obvykle 2/3 tloušťky konstrukce, při oboustranném 1/3 tloušťky konstrukce.

Při plošném injektování se vrty rozmístí šachovnicovitě po celé ploše povrchu. Vodorovná vzdálenost vrtů je od 0,5 do 2,0 m, svislá vzdálenost vodorovných řad je od 0,5 do 0,8 m.

Při pásovém injektování se vrty rozmístí opět šachovnicovitě, avšak nikoliv po celé ploše, nýbrž ve svislých a vodorovných pásech, širokých asi 1,0 m, vzájemně osově vzdálených 3,0 až 4,0 m. Ve zdivu se vytvoří pravouhlá mříž (skelet) z injektovaného zdiva s vnitřními poli neinjektovaného zdiva. Tato metoda se používá velmi zřídka a přichází v úvahu pouze u méně namáhaných konstrukcí.

Dává se přednost aktivované maltě. Volba postupu při injektování (jednofázové nebo vícefázové – reinjektáž) a injektážních tlaků (postupně se zvyšujících) je závislá na použitém zařízení a stavu zdiva. U značně porušeného zdiva je nutné zpočátku volit velmi nízké tlaky. Zdivo se injektuje tlaky od 0,1 do 0,6 MPa.

Po zatvrdnutí injektážní směsi (minimálně po 28 dnech) se v kontrolních vrtech vodní tlakovou zkouškou ověří kvalita injektážních prací.

### **Mikroinjektování kamenného zdiva**

Touto metodou se injektují málo hutné a nasákové kameny (opuka, pískovec) u staveb památkově chráněných.

- Injektáž se provádí umělými pryskyřicemi nebo jejich směsí.
- Před injektáží se povrch zdiva utěsní. Injektážní tlak je 0,2 MPa.
- Injektování se ukončí, když nastane vzestup injektážního tlaku na manometru nebo když dojde k výronu směsi kdekoli na povrchu.
- Pro mikroinjektování velmi provlhlého zdiva se osvědčily malty obsahující speciální tzv. mikromleté cementy.

### **Sanace trhlin epoxidovými pryskyřicemi**

Při injektování zdiv je třeba dodržovat shodné principy jako při injektování betonu (viz kap. 23.3.1.5)

- Trhlina ve zdivu se sanuje injektáží jenom tehdy, je-li stabilizována.
- Nejvhodnějšími materiály pro sanaci trhlin jsou epoxidové pryskyřice.
- Trhliny ve zdivu užší než 1 mm se sanují epoxidovými pryskyřicemi bez plnidel, pro širší trhliny je nutné použít epoxidové pryskyřice s plnidly.
- Teplota zdiva a okolního prostředí musí být nejméně + 10 °C,
- Sanace začíná očištěním povrchu zdiva, odstraněním uvolněných částí cihel, kamenů nebo malty a odsáním nečistot a zejména prachu z trhliny.
- Mastné skvrny se odstraní saponáty, nikoliv organickými rozpouštědly, zdivo se vysuší proudem vzduchu nebo nástřikem lihu a proudem vzduchu. K vysušování se nesmí použít žádný otevřený plamen.
- Není vhodné vrtat otvory pro osazení injektážních trubiček (prach se dostane do trhliny). Lepší způsob je připevnění trubičky na povrch zdiva v místě trhliny tmelem.
- Vzdálenost trubiček závisí na druhu použitého materiálu a na šířce trhliny – při šířce menší než 1 mm je 20 až 40 cm, při šířce 1 mm je 50 cm a při šířce větší než 1 mm je 60 až 100 cm. Po osazení injektážní přípravků se trhlina zatmelí.
- Směs pro injektování musí být dokonale zhomogenizována. Vždy se připraví jen takové množství, které lze zpracovat během 15 až 20 minut. Přesný postup se řídí pokyny výrobce injektážní směsi uvedené v Technickém listu.
- Plnidlem je křemičitá moučka s maximální velikostí zrna 0,1 mm v množství až 40 % hmotnosti pryskyřice.

#### **23.3.2.3 Přezdívání**

Jedná se o postup, kterým se opravují silně narušené oblasti s rozpadající se zdicí maltou nebo zdicími prvky. V závislosti na statickém schématu konstrukce je třeba fixovat okolní nenarušené či méně narušené zdivo např. vyklínováním. Následuje postupné vybourání (odstranění) jednotlivých narušených zdicích prvků a jejich postupná náhrada zdicími prvky novými.

V případě výměny celých řad je zdivo třeba ve vodorovném i svislém směru rozepřít tak, aby nedošlo k deformaci okolního zdiva.

Nově usazené zdicí prvky se vyklínují a následně zaspárují cementovou maltou, jejíž smrštění bude menší než 0,4 mm/m. Po zatvrdnutí malty ve spárách, nejdříve však po sedmi dnech, se klínky odstraní a spára se dospáruje.

#### **23.3.2.4 Plombování**

Jedná se o postup, kdy do lokálně poškozených partií zdiva se místo náhrady původními zdicími prvky uloží betonová směs vhodné konzistence.

Do vybouraného prostoru, který se důkladně zbaví všech prachových částic a provlhčí se osadí krátké trny z betonářské výztuže s cílem zajistit spolupůsobení betonové plomby s okolním zdivem a následně se do prostoru uloží betonová směs buď pěchováním nebo zalitím zabetonovaného otvoru tekutou betonovou směsí.

Kvalita použitého betonu musí být minimálně na úrovni B 30/37. Beton musí obsahovat minimálně hrubé kamenivo frakce 16 - 22 mm. V žádném případě k těmto účelům nemohou být používány cementové potěry z těžného kameniva frakce 0-4 resp. 0-8 mm! Použitý beton musí být mrazuvzdorný (T 100). Smrštění betonu, doložené průkaznými zkouškami, musí být menší než 0,4 mm/m.

### 23.3.2.5 Spínání a stahování

U zdiva, u něhož nedochází k celoplošnému rozpadu zdící malty ale současně je zřejmé, že kompaktnost zdiva je snížena, se do prohloubených spár zdiva vkládá speciální nerezová výztuž přespárovaná speciální maltou. Tento postup umožňuje sanovat jak celkově rozvolněné zdivo, tak i trhliny ve zdivu.

Podobně se používá metoda tzv. „sešívání trhlín“, která spočívá ve vytvoření soustavy ocelových spon různé délky, osazených zpravidla kolmo přes trhlinu tak, aby spony mohly převzít tahové i smykové namáhání. Ocelové spony se zapouštějí na obou koncích do zdiva na různé hloubky, aby se jejich zakotvením nevytvořila jiná trhliny. Spony ve tvaru U se osazují do předvrtaných otvorů, nebo se do otvorů osadí nejprve kotvy z betonářské oceli a ty se navzájem spojí betonářskou výztuží, přivařenou ke kotvám.

Tuto běžnou ocelovou výztuž, fixovanou na povrchu zděné konstrukce, je třeba chránit vrstvou betonu nebo cementové omítky tak, aby byla zajištěna její dlouhodobá korozní stabilita.

Spojení části zděného objektu, porušeného trhlinou, lze provést železobetonovými hmoždinkami (sponami). Vyztužené plomby se osazují nebo betonují přes trhlinu do vysekaných drážek v líci zdiva a kotví se kotvami z betonářské oceli. Hmoždinky mají obvykle rybinovitý tvar o rozměrech 1000 x 350 x 100 mm. Vyztužují se betonářskou ocelí o průměru 10 až 12 mm.

Jinou možností je v místě trhliny vysekat rýhu o potřebných rozměrech (hloubka až do 70 cm), která se klínovitě rozšiřuje směrem do zdiva. Na dno rýhy se osadí ocelové spony zakotvené do zdravého zdiva. Ocelové spony jsou z betonářské oceli o průměru 12 až 20 mm, osazují se na vzdálenost 20 až 30 cm od sebe a na hloubku 15 až 20 cm, případně se kotví. Stejným způsobem se osadí spony na stupeň lícního rozšíření a oboje se spojí třmínky umístěnými na vzdálenost 30 až 40 cm od sebe. Třmínky jsou rovněž z betonářské oceli o průměru 5 mm. Líc zdiva se pak postupně zabeďní a prostor rýhy se vyplní betonem.

Jestliže je konstrukce rozdělena několika rovnoběžnými trhlinami (např. klenba rozdělena podélnými trhlinami na více úzkých kleneb), lze s výhodou použít ocelová táhla, která se osadí do líce i na rub konstrukce klenby a přes válcovaný U profil se sešroubují. U kleneb se obvykle horní táhlo protáhne otvorem vyvrtaným ve zdivu čelní zdi nad klenbou a dolní svorník se zapustí do rýhy vysekané ve zdivu v líci klenby. U profilů se mohou zapustit do zdiva čelních věnců klenby. Součástí sanace je ochrana táhel, ručně či strojně aplikovanou cementopolymerní správkovou maltou.

Další způsob spojení zdiva porušeného podélnými trhlinami používá táhel procházejících vrstvy ve zdivu klenby. Při této metodě je zapotřebí provrtat klenbu podélnými vrty (od jednoho lícového věnce k druhému), do nich se zatáhnou svorníky. Ty se opět spojí na límci spojkami z válcovaných U profilů.

Místo měkké výztuže táhel lze použít i předpínací tyče nebo lana. Po předepnutí se trhliny a kanálky s výztuží zainjektují.

### 23.3.2.6 Povrchová ochrana

Povrchovou ochranu cihelného i kamenného zdiva je třeba navrhovat a provádět s největší opatrností. Každá povrchová ochrana ovlivňuje difúzi vlhkosti zdivem a může vytvářet větší či menší difúzní bariéru, která se může následně projevit zvětšenou citlivostí povrchových partií zdiva k degradaci či mrazovému porušování. Proto je použití bariérových nátěrů na bázi epoxidu a polyuretanů až na přesně zdůvodněné výjimky zakázáno. Povrchovou ochranu zdiva lze provádět především vhodnými hydrofobizačními prostředky, jejichž použití k tomuto účelu je přesně specifikováno v Technickém listu výrobku a průkazním způsobem ověřeno prohlášením o shodě.

K povrchové ochraně zdiva by měly být využívány především takové materiálové systémy, s jejichž použitím jsou přiměřené zkušenosti. Ideální je, pokud povrchová ochrana cihelného či kamenného zdiva může být ověřena na referenční ploše, a to po dobu minimálně 12 měsíců. U povrchové ochrany zdiva musí být garantováno, že srovnávací tloušťka vzduchové vrstvy vůči vodní páře je menší než 0,3 m. Současně musí být ověřeno, že povrchová nasákavost takto ošetřeného povrchu podle ČSN 73 2578 bude  $V_{30} = 0,0 \text{ l/m}^2$ .

## 23.4 DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY

### 23.4.1 Dodávka a skladování

Doprava a skladování výrobků a hmot musí být zabezpečena tak, aby nedošlo k jejich znehodnocení (zejména klimatickými srážkami a mrazem) a k jejich vzájemnému promíchání a znečištění.

Při dopravě a skladování se preferují výrobky umístěné na europaletách, fixované a částečně chráněné smrštitelnou plastovou fólií nebo opáskované. Hmoty a výrobky, které nejsou takto adjustovány, mohou být během automobilové a železniční dopravy znehodnoceny například v důsledku prudkého brždění a narážení vagónů při sestavování vlaků.

U hmot a výrobků, které musí být chráněny před povětrností, je třeba důsledně dbát na to, aby dopravní prostředky, zejména automobily byly opatřeny plachtami.

Vykládání musí probíhat mechanizovaně, nejlépe pomocí vysokozdvizného vozíku, případně mechanizované ruky na automobilu, posuvného čela na automobilu nebo jeřábu. Ruční vykládání zvyšuje riziko poškození zejména pytlovaných hmot.

Hmoty a výrobky by měly být přednostně umístěny v zakrytých skladech nebo zakrytých skladových přístřešcích, případně je lze chránit vhodnými plachtami. U plachet je třeba počítat s tím, že může na spodním líci docházet ke kondenzaci vlhkosti a v důsledku toho ke znehodnocování cementem pojených materiálů.

Pytlovaný cement a cementem pojené správkové zdící a spárovací malty je třeba po složení z dopravního prostředku a uložení ve skladovací prostora zbatit samosmrštitelné plastové folie. Pod touto fólií dochází ke kondenzaci vody a snižuje se doba skladovatelnosti výrobku.

Hmoty a výrobky musí být zřetelně označeny tak, aby nedošlo k jejich záměně. Každá dodávka se na základě dodacího listu zapisuje do stavebního deníku.

Pro prostý beton, železobeton, předpjatý beton, betonovou směs, injektážní maltu a výztuž měkkou i tvrdou platí příslušná ustanovení kapitol 17 a 18 TKP.

Pro zdivo, zdící materiály a zdící malty platí ČSN 73 2310 a ČSN 72 2430.

Obecně platí, že při skladování je třeba prioritně dodržovat požadavky výrobců uvedené v technických listech. Obzvláště je to třeba respektovat u správkových a speciálních materiálů.

U těchto materiálů je třeba zejména kontrolovat jejich stáří ve vztahu k době skladovatelnosti. Výrobky s prošlou skladovatelností je možné zabudovat do konstrukce pouze na základě dodatečně provedených kontrolních zkoušek.

### 23.4.2 Průkazní zkoušky

Průkazní zkoušky dokládají vybrané vlastnosti dodávaných hmot, výrobků a systémů. Slouží k posouzení vhodnosti výrobků, hmoty nebo systému k danému sanačnímu účelu, resp. k porovnání s kvalitativními požadavky uvedenými v těchto technických podmínkách nebo v jiných technických normách. Průkazní zkoušky může provádět jenom akreditovaná zkušebna. Platnost provedené průkazní zkoušky je obvykle dva roky.

Další možností jak doložit kvalitu hmoty, výrobku nebo systému je doložení "prohlášení o shodě" včetně podkladů na jejichž základě je prohlášení o shodě vydáno. Prohlášení o shodě musí doložit, že průkazní zkoušky, provedené na hmotě, výrobku nebo systému odpovídají smluvním technickým požadavkům pro daný typ sanace.

Požadavky na průkazní zkoušky, tedy jejich typ a rozsah musí být obsahem projektové dokumentace sanace, a to zejména tehdy, kdy pro použité typy technologií nejsou k dispozici obecně závazné normy. V projektové dokumentaci se též uvede požadavek na rozsah oprávnění k provádění příslušných zkoušek, které budou požadovány na dodavateli průkazních zkoušek.

Rozsah průkazních zkoušek by měl být vždy přiměřený rozsahu a náročnosti sanačního zásahu. Neměly by být vyžadovány nadbytečné údaje, které pro výslednou kvalitu sanačního zásahu nejsou podstatné.

Rozhodující fyzikálně mechanické či jiné parametry by měly být prokázány:

- vždy v předstihu,
- akreditovanou zkušebnou s akreditovaným zkušebním postupem,
- stáří zkoušek by nemělo být delší než dva roky,

- v případě výstupů zahraničních laboratoří by měly být k dispozici originály či ověřené kopie zkušebních protokolů a jejich překlad do českého jazyka.

Na základě výsledků průkazních zkoušek resp. prohlášení o shodě a dalších náležitostí odsouhlasí autorský dozor a zodpovědný zástupce zadavatele vhodnost navržených hmot, výrobků a systémů k provedení sanace.

### **Referenční plochy**

Zvláště vhodným prostředkem pro prokázání vhodnosti hmoty, výrobku nebo systému, je provedení referenčních ploch. Tyto referenční plochy je třeba předepsat v projektu tak, aby mohly být zhotoveny v dostatečném předstihu a mohlo tedy dojít k vyzrání všech použitých hmot v době, kdy lze o použití jednotlivých typů hmot ještě rozhodnout.

V případech, kdy byly předchozím diagnostickým průzkumem zjištěny nižší hodnoty důležitých parametrů betonu opravované konstrukce, zejména pevnost v tahu povrchové vrstvy nebo uvažované pracovní spáry (a to i po odstranění jinak znehodnoceného betonu) nižší než 1,5 MPa nebo při použití nových nebo neozkoušených technologií nebo vyžádá-li si to zadavatel, provádí se ověřovací pokládka (aplikace) hmoty pro ochranu a opravy povrchových částí betonových konstrukcí na referenční ploše vždy.

Referenční plocha by měla být provedena pokud možno na sanované konstrukci, v případě že je to z provozních hledisek nemožné, alespoň na konstrukci s podobnými charakteristickými znaky jako je konstrukce opravovaná.

Aplikace hmot na referenční ploše se provádí za přítomnosti zástupce zadavatele a autorského dozoru podle existujícího technologického předpisu zhotovitele.

Na referenční ploše provede dohodnuté zkoušky autorizovaná fyzická nebo právnická osoba s příslušnou autorizací a předloží je projektantovi, resp. zadavateli k posouzení. Tyto výsledky společně s vizuálním hodnocením vzhledu a struktury referenční plochy umožňují velmi objektivně rozhodnout o vhodnosti dané hmoty, výrobku nebo systému v konkrétních provozních podmínkách.

Referenční plocha může současně zhotoviteli sloužit jako podklad pro ověření měrné spotřeby jednotlivých materiálů. Referenční plocha se provádí především u ochranných povrchových systémů, zejména nátěrů.

Referenční plocha slouží též k odsouhlasení kvality povrchových úprav mezi zadavatelem stavby a dodavatelem, zejména struktury povrchů, barevnosti a přípustných odchylek od rovnosti ploch a přímosti hran opravovaných konstrukcí.

### **Vlastnosti sanačních hmot při průkazních zkouškách**

Za vyhovující parametry, dosažené při průkazních zkouškách, lze považovat takové, jejichž hodnoty odpovídají požadavkům projektu, těchto technických podmínek nebo Evropských norem. U jednotlivých hmot, výrobků a systémů se může vyžadovat prokázání vlastností uvedených v tabulce 12 a 13.

U čerstvé malty lze ve zvláštních případech požadovat průkaz vlastností jako je zpracovatelnost, odlučivost vody, rozmísitelnost, obsah vzduchu v provzdušněné maltě, složení a přilnavost k podkladu. Tyto parametry mají však technologický charakter a nemusí mít bezprostřední vztah k výsledným garantovaným vlastnostem zatvrdlé malty.

U zdicích a spárovacích malt připravovaných na stavbě musí průkazní zkouška přesně specifikovat složení malty, typ a vlastností použitého cementu i typ a vlastností použitého kameniva. Výsledky zkoušky platí pouze za předpokladu, že k výrobě zdicí nebo spárovací malty na staveništi budou použity identické suroviny.

Tab. 23 – 12 Vlastnosti hmot pro sanace betonových konstrukcí

<i>Druh hmoty</i>	<i>Vlastnost</i>	<i>Zkušební předpis</i>
<i>Adhezní můstky</i>	<i>Doba zpracovatelnosti</i>	ČSN EN 12 189
	<i>Přidrženost k podkladu odtrhovou zkouškou</i>	ČSN EN 12 639
	<i>Soudržnost s vybranou správkovou hmotou</i>	ČSN 73 2577, ČSN 72 2451, ČSN EN 1542
<i>Správkové hmoty</i>	<i>Pevnost v tlaku</i>	ČSN 72 2450, ČSN EN 12617
	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	
	<i>Soudržnost s podkladem bez adhezního můstku</i>	ČSN 73 2577, ČSN 72 2451, ČSN EN 1542
	<i>Volné smrštění</i>	ČSN 72 2453, ČSN EN 12617-4*
	<i>Sklon k tvorbě trhlin</i>	Příloha 3 TKP 23
	<i>Mrazuvzdornost</i>	ČSN 73 1321 ČSN 73 1326
	<i>Koeficient teplotní roztažnosti</i>	ČSN EN 1770
	<i>Statický modul pružnosti</i>	ČSN EN 73 1319, ČSN ISO 6784
<i>Povrchové ochranné systémy</i>	<i>Soudržnost s podkladem</i>	ČSN 73 2577, ČSN 72 2451, ČSN EN 1542
	<i>Difúzní odpor vůči H<sub>2</sub>O</i>	ČSN 73 2580, ČSN EN 1015-19
	<i>Difúzní odpor vůči CO<sub>2</sub></i>	
	<i>Povrchová vodotěsnost V 30</i>	ČSN 73 2578, ČSN EN 13580*
	<i>Schopnost překlenout trhliny</i>	
	<i>Odolnost vůči agresivním médiím</i>	
	<i>Odolnost vůči UV záření</i>	ČSN 67 3091, ASTM D 4587-91
<i>Injektážní hmoty</i>	<i>Viskozita</i>	prEN 14068* prEN 14117*
	<i>Doba zpracovatelnosti (otevřená doba)</i>	
	<i>Přidrženost k podkladu v závislosti na vlhkosti podkladu</i>	
	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	
	<i>Modul pružnosti</i>	
	<i>Koeficient teplotní roztažnosti</i>	



Tab 23 – 13 Vlastnosti hmot pro sanace zdiva

<i>Druh hmoty</i>	<i>Vlastnost</i>	<i>Zkušební předpis</i>
<b>Kámen</b>	<i>Petrografické složení</i>	ČSN 72 1153
	<i>Měrná a objemová hmotnost, hutnost a pórovitost</i>	ČSN EN 1936
	<i>Nasákavost</i>	ČSN EN 13755
	<i>Mrazuvzdornost</i>	ČSN EN 12371
	<i>Obrusnost podle Böhma</i>	ČSN EN 14157
	<i>Odolnost proti vlivům povětrnosti</i>	ČSN 72 1159
	<i>Pevnost v tlaku</i>	ČSN EN 1926
	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	ČSN 72 1164
	<i>Tvrдость podle Vickerse</i>	ČSN 72 1167
	<i>Pevnost desek v tahu za ohybu</i>	(dříve ON 72 1161)
<b>Cihly</b>	<i>Vzhled a rozměry</i>	ČSN 72 2602
	<i>Objemová hmotnost a nasákavost</i>	ČSN 72 2603
	<i>Mechanické vlastnosti</i>	ČSN 72 2605
	<i>Mrazuvzdornost</i>	ČSN EN 53 – 2
	<i>Výskyt cicvárů</i>	ČSN 72 2607
	<i>Náchylnost ke tvorbě výkvětů</i>	ČSN 72 2608
	<i>Odolnost keramického střepu</i>	ČSN EN 14411
<b>Zdicí malty</b>	<i>Pevnost v tlaku</i>	ČSN 72 2449
	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	ČSN 72 2450
	<i>Objemová hmotnost</i>	ČSN 72 2447
	<i>Objemová stálost</i>	ČSN 72 2453
	<i>Mrazuvzdornost</i>	ČSN 72 2453
	<i>Přidrženost k podkladu</i>	ČSN 72 2451
	<i>Propustnost vůči vodním parám</i>	ČSN 72 2454
<b>Spárovací malty</b>	<i>Stejně vlastnosti jako u zdicích malt</i>	
	<i>Volné smrštění</i>	ČSN 72 2453, ČSN EN 12617-4*
	<i>Sklon k tvorbě trhlin</i>	Příloha 3 TKP 23
	<i>Statický modul pružnosti</i>	ČSN EN 73 1319, ČSN ISO 6784
<b>Injektážní hmoty</b>	<i>Doba zpracovatelnosti (otevřená doba)</i>	prEN 14068* prEN 14117*
	<i>Přidrženost k podkladu v závislosti na vlhkosti podkladu</i>	
	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	
	<i>Modul pružnosti</i>	
	<i>Koeficient teplotní roztažnosti</i>	

## 23.5 ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY

Kontrolní zkoušky a měření jsou zkoušky, jejichž cílem je průběžně ověřovat aktuální jakostní vlastnosti stavebních materiálů používaných při sanaci inženýrské konstrukce. Kontrolní zkoušky zajišťuje dodavatel.

Náklady na odběr vzorků, dopravu vzorků z místa odběru do zkušebny, zkoušení, měření, vyhotovení správ a protokolů včetně vypracování závěrečné souhrnné zprávy zhotovitele o jakosti jsou vždy obsaženy v nákladech na příslušné položky prací. Projektant, resp. zadavatel má právo určit místa zkoušek a jejich četnost.

Při provádění zkoušek resp. odběrů vzorků musí být každé zkušební místo, resp. vzorek označeny značkou, která zabrání záměně a zároveň je vždy proveden záznam o zhotovení (odběru) vzorku (zkušebního tělesa) s následujícími informacemi:

- původ vzorku (název stavby, název výrobce hmoty, lokalita zdroje hmoty),
- kdo vzorek odebral, jméno a podpis, datum a hodina odběru,
- komu je vzorek určen, adresa,
- hodnoty parametrů naměřených na čerstvém vzorku, pokud jsou při odběru zjišťovány (teplota, konzistence, objemová hmotnost, obsahu vzduchu apod.),
- vzhled a způsob balení vzorku.

Četnosti a druhy kontrolních zkoušek musí být součástí předem schváleného kontrolního plánu, který odsouhlasí autorský dozor a zodpovědný zástupce zadavatele. Minimální povinný rozsah jednotlivých kontrolních zkoušek zhotovitele je uveden v příložených tabulkách.

**Tab. 23-14 Kontrola předúpravy povrchu**

<i>Kontrola</i>	<i>Zkouška</i>	<i>Zkušební předpis</i>	<i>Minimální četnosti</i>
<i>Předúprava betonu</i>	<i>Vizuální kontrola</i>	-	Celoplošné
	<i>Akustické trasování</i>	-	Celoplošné
	<i>Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev</i>	ČSN 72 2451 ČSN EN 1542	Min. 3 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 3 zkoušky
	<i>Zkouška pevnosti v tlaku Schmidovým tvrdoměrem</i>	ČSN 73 1373	Min. 9 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 16 zkoušek

Provádění odběru vzorků, resp. konání kontrolních zkoušek musí zhotovitel oznámit pověřené osobě zadavatele (obvykle stavební dozor) nejpozději 48 hodin před jejich provedením. Zadavatel, resp. jím pověřený zástupce sdělí nejméně 24 hodin předem, že se hodlá zkoušky zúčastnit. Informace sdělované dodavatelem zadavateli o plánovaných zkouškách musí obsahovat minimálně:

- označení staveniště, kde bude zkouška prováděna a jména zodpovědného pracovníka zhotovitele na stavbě, který se bude zkoušky účastnit,
- čas počátku a předpokládaného konce prováděných prací,
- sdělení, podle jakého zkušebního postupu budou zkoušky nebo odběr vzorků prováděny.

Dodavatel musí umožnit zadavateli nebo jím pověřené osobě přístup na staveniště, do skladů i laboratoří, a to i v případě, že jsou zkoušky prováděny smluvními fyzickými nebo právními osobami.

**Tab. 23 - 15 Kontrola správkových hmot**

<i>Kontrola</i>	<i>Zkouška</i>	<i>Zkušební předpis</i>	<i>Minimální četnosti</i>
<i>Správkové hmoty</i>	<i>Pevnost v tahu za ohybu</i>	ČSN 72 2450	1 sada za den aplikace
	<i>Pevnost v tlaku</i>	ČSN EN 12617	1 sada za den aplikace
	<i>Mrazuvzdornost</i>	ČSN 73 1321	2 sady na akci a typ malty
	<i>Stanovení soudržnosti</i>	ČSN 72 2451 ČSN EN 1542	Min. 3 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 3 zkoušky

Zadavatel je oprávněn kdykoliv v průběhu prací provést vlastní kontrolní zkoušky. V případě potvrzení pochybnosti objednatele o kvalitě výrobků, hmot nebo prací, uhradí náklady na provedení zkoušky dodavatel.

Kontrolní zkoušky prací, výrobků, hmot, složek směsí a systémů pro sanace inženýrských staveb může zajišťovat autorizovaná právnická nebo fyzická osoba pro oblast diagnostiky a zkušebnictví staveb, přičemž zkoušky musí být provedeny v akreditované zkušebně podle akreditovaného zkušebního postupu.

Výsledky kontrolních zkoušek předává dodavatel zadavateli neprodleně a průběžně. Celkové zhodnocení kontrolních zkoušek je součástí závěrečné zprávy o provedených kontrolách a zkouškách, jejich přílohou jsou také veškeré protokoly o výsledcích zkoušek.

**Tab. 23-16 Kontrola povrchových ochranných systémů**

<i>Kontrola</i>	<i>Zkouška</i>	<i>Zkušební předpis</i>	<i>Minimální četnosti</i>
<i>Povrchové ochranné systémy</i>	<i>přídržnosti mřížkovou zkouškou</i>	ČSN ISO 2409	Min. 3 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 2 zkoušky
	<i>přídržnosti odtrhovou zkouškou</i>	ČSN 73 2577	Min. 3 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 1 zkoušku
	<i>Tloušťka vrstvy nátěru (nátěrového systému)</i>	ČSN ISO 2808	Min. 3 stanovení, na každých 100 m <sup>2</sup> povrchu další 3 zkoušky
	<i>Vodotěsnost nátěru a tenkovrstvých povrchových úprav</i>	ČSN 73 2578	Min. 1 stanovení, na každých 500 m <sup>2</sup> povrchu další 2 zkoušky
	<i>Stanovení propustnosti oxidu uhličitého</i>	*	Zkouška se provádí pouze v případě pochybnosti o difúzních vlastnostech aplikovaného materiálu, četnost 1 sada tří zkušebních těles
	<i>Stanovení propustnosti vodních par</i>	ČSN 73 2580	- Zkouška se provádí pouze v případě pochybnosti o difúzních vlastnostech aplikovaného materiálu, četnost 1 sada tří zkušebních těles

\* Různé zkušební postupy akreditované na vybraných pracovištích

**Tab. 23-17 Kontrola zdiva**

<i>Kontrola</i>	<i>Zkouška</i>	<i>Zkušební předpis</i>	<i>Minimální četnosti</i>
<i>Zdivo</i>	<i>vazba zdiva šířka spár</i>	vizuálně	průběžně
	<i>zdicí prvky pevnost v tlaku</i>	ČSN 73 1163 ČSN 72 2605	1 x za celou akci
	<i>zdicí malta pevnost v tlaku</i>	ČSN 72 2449	1 x za celou akci
	<i>spárovací malta sklon k tvorbě trhlin</i>	korýtková zkouška (viz Příloha 3)	2 x za celou akci
	<i>povrchová úprava povrchová nasákavost</i>	ČSN 73 2578	1 x za celou akci

Zpráva o kontrolách a zkouškách musí minimálně obsahovat:

- název, adresu zadavatele a dodavatele a další údaje o právnické nebo fyzické osobě, která prováděla kontrolní práce pro dodavatele,
- adresu nebo přesnou specifikaci umístění sanované konstrukce včetně stručného popisu provedeného sanačního zásahu,
- jména zodpovědných pracovníků dodavatele a souhrnné údaje o stavebním personálu,
- údaje o použitých správkových hmotách včetně technologických předpisů nebo odkazů na ně,
- soupis a charakterizace použitého strojního zařízení,
- stručný harmonogram provádění jednotlivých technologických operací včetně charakterizace klimatických podmínek,
- výsledky vlastních kontrolních zkoušek dodavatele včetně zkušebních protokolů,
- výsledky případných kontrolních zkoušek prováděných zadavatelem,
- datum, podpis, razítko právnické nebo fyzické osoby, provádějící kontrolní zkoušky pro zadavatele.

Typy a četnost kontrolních zkoušek pro jednotlivé druhy stavebních hmot, používaných při sanacích inženýrských konstrukcí jsou uvedeny v Tab. 14 až 16.

## **23.6 PŘÍPUSTNÉ ODCHYLKY, MÍRA OPOTŘEBENÍ, ZÁRUKY**

Pro všechny konstrukce platí tolerance podle dokumentace nebo tolerance podle norem (ČSN 73 0202, ČSN 73 0205, ČSN 73 0210-1) nebo ustanovení těchto TKP.

Pokud tolerance pro některé konstrukce nejsou stanoveny, platí požadavky uvedené v TKP 18.

Přípustné odchylky, v případech kdy to neurčuje dokumentace, odsouhlasí stavební dozor.

Pro betonové a zděné konstrukce se stanovují vytyčovací odchylky podle ČSN 73 0205 s tř. přesností nejméně 10, pokud není v dokumentaci stanoveno jinak.

Pro mezní odchylky a místní nerovnosti povrchů rovinných ploch, pro celkové a místní přímosti hran a koutů u betonových a zděných konstrukcí platí ČSN 73 0205.

U hmot nanášených stříkáním určí přípustné tolerance stavební dozor za účasti autorského dozoru až po vyhodnocení referenční plochy.

Pro dosažení příznivého architektonického vzhledu různých částí sanovaných betonových konstrukcí se vyžaduje, aby opravený beton měl homogenní strukturu a zabarvení.

Záruční doby všeobecně stanoví kapitola 1 TKP. Po celou záruční dobu je třeba sledovat celkový stav objektu a jakákoliv zjištění zakládající důvod k zahájení reklamačního řízení musí být správcem bez zbytečného odkladu písemně oznámena dodavateli a investorovi.

## 23.7 KLIMATICKÁ OMEZENÍ

Pro beton nevyztužený, vyztužený, předpjatý, betonovou směs a injektážní maltu platí příslušná ustanovení kap. 17 a 18 TKP.

Pro zdění za nízkých teplot platí ČSN 73 2310.

U ostatních sanačních hmot a ochranných nátěrů musí být klimatická omezení uvedena v technologickém předpisu, který zhotovitel předkládá zadavateli k odsouhlasení před započítáním prací.

## 23.8 ODSOUHLASENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ

**Odsouhlasení provedených prací** podle projektové dokumentace a dokumentace zhotovitele provádí stavební dozor na základě kontrolních zkoušek a měření.

Dodavatel je povinen včas vyzvat stavební dozor k odsouhlasení všech prací, které budou v dalším postupu zakryty nebo se stanou nepřístupnými nebo obtížně kontrolovatelnými. Jedná se především o odsouhlasení:

- referenčních ploch a závěrů z jejich provedení,
- povrchu upraveného pro aplikaci sanačního systému,
- povrchu výztuže před aplikací sanačního systému,
- jednotlivých vrstev izolačního souvrství,
- nanášení a pokládky jednotlivých sanačních vrstev,
- aplikace přídatné výztuže,
- úpravy styčných ploch pracovních spár,
- injektážního postupu,
- úpravy spár před obnovou spárování
- obnoveného spárování atd.

O výsledku odsouhlasení jednotlivých etap sanace provede stavební dozor zápis do stavebního deníku.

**Převzetí prací** provádí zadavatel na základě dokumentace skutečného provedení, kladném výsledku hlavní prohlídky a zprávy o průběhu stavby zpracované dodavatelem, která musí obsahovat:

- označení objektu,
- údaje o schválené dokumentaci a jejích změnách,
- přehled všech subdodavatelů a jejich činnostech,
- časový přehled prací,
- změny a odchylky, které vznikly v průběhu prací,
- přehled provedených kontrolních měření, zkoušek, odebraných vzorků a jejich vyhodnocení.

U mostů a objektů mostům podobných se musí před převzetím prací uskutečnit hlavní prohlídka podle předpisu ČD S5 Správa mostních objektů (pokud se dle tohoto předpisu vyžaduje).

U tunelů se musí před převzetím prací uskutečnit hlavní prohlídka podle předpisu ČD S6 Správa tunelů (pokud se dle tohoto předpisu vyžaduje).

V případě, že dokumentace stanovila provedení zatěžovací zkoušky nebo o ní bylo rozhodnuto během sanačních prací (v případě zesilování), musí být výsledek zatěžovací zkoušky znám před převzetím prací.

Nezbytnou podmínkou pro převzetí prací je předání dokumentace skutečného provedení. Tuto dokumentaci zajišťuje zhotovitel, podkladem pro její zpracování je původní schválená dokumentace se zakreslením všech změn a odchylek provedených během sanačních prací.

## 23.9 KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ

Pokud podle dokumentace pro provedení sanačních prací bude na konstrukci sledována deformace, je nutné v dokumentaci označit místa osazení měřických bodů. Dodavatel je povinen během výstavby tyto body osadit, udržovat a zajistit provedení požadovaných měření a výsledky předat stavebnímu dozoru. Pokud byla dokumentací předepsána zatěžovací zkouška nebo další měření a zkoušky, je povinností dodavatele tyto zajistit.

## 23.10 EKOLOGIE

Při provádění sanačních prací je třeba dbát pokynů a ustanovení uvedených v kapitole 1 těchto TKP.

Při provádění sanací inženýrských objektů platí z hlediska ochrany přírody a životního prostředí stejná legislativa jako při provádění jakékoliv jiné stavby dráhy nebo stavby na dráze.

## 23.11 BEZPEČNOST PRÁCE A TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ, POŽÁRNÍ OCHRANA

Požadavky na bezpečnost práce a technických zařízení jakož i na požární ochranu obecně stanoví kapitola 1 TKP.

Pracovníci nesmí prodlévat v místech se zúženým průjezdným průřezem. Tato místa musí být označena podle předpisu ČD Op 16. Je-li nutné pracovat v těsných prostorech i na mostech a tunelech, musí být učiněna stejná opatření jako při práci za zhoršené viditelnosti.

U epoxidových, epoxicementových a polyuretanových vícesložkových materiálů není škodlivý výsledný produkt, ale jednotlivé složky ano. Při zasažení pokožky nebo očí je nutné vyhledat lékařskou pomoc. Obal s popisem materiálu je vhodné vzít sebou.

Základní informací o rizikosti a zdravotním působení jednotlivých materiálů je jejich Bezpečnostní list, který by měl být součástí dokumentace poskytované výrobcem či prodejcem stavebních materiálů dodavateli sanace.

## 23.12 SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY

Uvedené související normy a předpisy vycházejí z aktuálního stavu v době zpracování TKP, resp. jejich aktualizace. Uživatel TKP odpovídá za použití aktuální verze výchozích podkladů ve smyslu kap. 1.3 TKP, tj. právních předpisů, technických norem a předpisů a předpisů ČD.

### 23.12.1 Technické normy

ČSN 72 1151	Zkoušení přírodního stavebního kamene. Základní ustanovení
ČSN 72 1152	Odběr vzorků přírodního kamene
ČSN 72 1153	Petrografický rozbor přírodního kamene
ČSN EN 1936	Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení měrné a objemové hmotnosti a celkové otevřené pórovitosti
ČSN EN 13755	Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení nasákavosti vodou za atmosférického tlaku
ČSN EN 12371	Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení mrazuvzdornosti
ČSN EN 14157	Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení odolnosti proti obrusu
ČSN 72 1159	Stanovení odolnosti přírodního stavebního kamene proti vlivu povětrnosti
ČSN 72 1160	Stanovenie alkalickej rozpínavosti prírodného stavebného uhličitanového kameňa
ČSN 72 1162	Stanovenie odolnosti prírodného stavebného kamene kameňa proti silicifikácii
ČSN EN 1926	Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v tlaku
ČSN 72 1164	Stanovení pevnosti v tahu za ohybu přírodního kamene
ČSN 72 1165	Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku přírodního stavebního kamene
ČSN 72 1167	Stanovení tvrdosti přírodního stavebního kamene podle Vickerse
ČSN 72 1218	Vápenec. Kusovitost. Dolomit.
ČSN 72 1800	Přírodní stavební kámen pro kamenické výrobky. Technické požadavky
ČSN 72 1810	Prvky z přírodního kamene pro stavební účely. Společná ustanovení
ČSN 72 1860	Kámen pro zdivo a stavební účely. Společná ustanovení
ČSN 72 2430-1 až 5	Malty pro stavební účely. Část 1 až 5
ČSN 72 2440	Zkoušení malt a maltových směsí. Společná ustanovení.

ČSN 72 2441	Zkouška zpracovatelnosti čerstvé malty
ČSN 72 2442	Zkouška odlučnosti vody čerstvé malty
ČSN 72 2443	Zkouška rozmísitelnosti čerstvé malty
ČSN 72 2444	Zkouška obsahu vzduchu v provzdušené čerstvé maltě
ČSN 72 2445	Rozbor čerstvé malty a maltové směsi
ČSN 72 2446	Zkouška přilnavosti čerstvé malty k podkladu
ČSN 72 2447	Zkouška hmotnosti a pórovitosti malty
ČSN 72 2448	Stanovení vlhkosti a nasákavosti malty
ČSN 72 2449	Zkouška pevnosti malty v tlaku
ČSN 72 2450	Zkouška pevnosti malty v tahu za ohybu
ČSN 72 2451	Zkouška přídržnosti malty k podkladu
ČSN 72 2452	Zkouška mrazuvzdornosti malty
ČSN 72 2453	Zkouška objemové stálosti malty
ČSN 72 2454	Zkouška propustnosti malty vůči vodním parám
ČSN 72 2600	Cihlářské výrobky. Společná ustanovení
ČSN 72 2601	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Spoločné ustanovenia
ČSN 72 2602	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Zisťovanie vzhľadu a rozměrov
ČSN 72 2603	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie hmotnosti objemovej hmotnosti a nasákavosti
ČSN 72 2605	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností
ČSN 72 2607	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie výskytu cicvárov
ČSN 72 2608	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie náchylnosti na tvorbu výkvetov
ČSN 72 2609	Cihlářské názvosloví
ČSN 72 2610	Cihlářské prvky pro svislé konstrukce. Cihly plné CP.
ČSN 72 2623	Cihlářské výrobky pro rezné zdivo. Společná ustanovení
ČSN EN 14411	Keramické obkladové prvky - Definice, klasifikace, charakteristiky a označování
ČSN 73 0202	Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení
ČSN 73 0205	Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti
ČSN 73 0210-1	Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení
ČSN 73 0210-2	Geometrická přesnost ve výstavbě. Část 2: Přesnost monolitických betonových konstrukcí.
ČSN 73 1313	Stanovení obsahu vzduchu v provzdušené betonové směsi
ČSN 73 1326	Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek
ČSN 73 2061-1	Zatěžovací zkoušky zdiva. Část 1: Všeobecná ustanovení
ČSN EN 1052-1	Zkušební metody pro zdivo - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku
ČSN EN 1052-2	Zkušební metody pro zdivo - Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu
ČSN 73 2310	Provádění zděných konstrukcí.
ČSN 73 2401	Provádění a kontrola konstrukcí z předpjatého betonu
ČSN 73 2520	Drsnost povrchů stavebních konstrukcí
ČSN 73 2577	Zkouška pružnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí k podkladu
ČSN 73 2578	Zkouška vodotěsnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí
ČSN 73 2579	Zkouška mrazuvzdornosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí

ČSN 73 2580	Zkouška prostupu vodních par povrchovou úpravou stavebních konstrukcí
ČSN 73 2581	Zkouška odolnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí proti náhlým teplotním změnám
ČSN 73 2582	Zkouška otěruvzdornosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí
ČSN 73 6242	Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací
ČSN EN 539-1(72 2682)	Pálené střešní tašky pro skládané krytiny. Stanovení fyzikálních charakteristik. Část 1: Zkouška prosákavosti
ČSN EN 539-2 (72 2682)	Pálené střešní tašky pro skládané krytiny. Stanovení fyzikálních charakteristik. Část 2: Zkouška mrazuvzdornosti
ČSN EN 12 696	Katodická ochrana oceli v betonu
ČSN EN 1504	Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí
ČSN EN 12350-7	Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody

### **23.12.2 Předpisy**

ČD Op 16	Pravidla o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci
ČD S 5	Správa mostních objektů, republikovaný předpis
ČD S 6	Správa tunelů
Vyhláška č. 177/1995 Sb.	Stavební a technický řád drah, v platném znění

### **23.12.3 Související kapitoly TKP**

Kapitola 1	- Všeobecně
Kapitola 17	- Beton pro konstrukce
Kapitola 18	- Betonové mosty a konstrukce
Kapitola 20	- Tunely
Kapitola 22	- Izolace proti vodě
Kapitola 24	- Zvláštní zakládání
Kapitola 25	- Protikorozní ochrana úložných zařízení a konstrukcí



## Příloha 1 Výklad pojmů

<b>Adhezní můstek</b>	Speciální mezivrstva nanesená na beton původní konstrukce, zajišťující vyšší soudržnost mezi podkladním betonem a správkovou maltou.
<b>Adhezní lom</b>	Lom na rozhraní dvou vrstev.
<b>Alkáliové rozpínání (alkalická reakce)</b>	Chemická reakce mezi alkáliemi (sodíkem a draslíkem) obsaženými v cementu s některými typy kameniv vyvolávající objemové změny betonu vedoucí ke vzniku trhlin a jeho postupnému porušení.
<b>Antikoroziní ochrana výztuže</b>	Nátěr nebo nátěrový systém omezující přístup vody a kyslíku k výztuži.
<b>Bariérové povlaky betonu nebo výztuže</b>	Nátěry nebo nátěrové systémy omezující průnik plynů a kapalin k výztuži nebo povrchovým vrstvám betonu.
<b>Betonový podklad</b>	Beton původní konstrukce, na který má být nanášen ochranný nebo opravný systém.
<b>Předupravený betonový podklad</b>	Beton původní konstrukce očištěný a zbavený zdegradovaných vrstev, jehož pevnost v tahu povrchových vrstev je obvykle 1,5 MPa.
<b>Cementové malty a cementové betony</b>	Malty a betony vzniklé smísením hydraulického pojiva (obvykle cementu) s kamenivem vhodné zrnitosti, přísadami a příměsemi, které po smíchání s vodou tvrdnou hydratační reakcí.
<b>Čerstvé na čerstvé</b>	Nanášení správkové malty nebo betonu na předupravený betonový podklad opatřený vhodným adhezním můstkem, u něhož ještě nezapočalo tuhnutí.
<b>Dávka (šarže)</b>	Objem sanačního materiálu vyrobený během jednoho pracovního cyklu, tj. v rámci jednoho navažovacího cyklu surovinových složek.
<b>Degradace</b>	Postupné a trvalé narušování povrchových vrstev betonu. Konkrétní mechanismus degradace je třeba vždy co nejpřesněji identifikovat diagnostickým průzkumem.
<b>Difúzní ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy</b>	Tloušťka vzduchové vrstvy v metrech, mající stejný difúzní odpor vůči průniku vodní páry nebo oxidu uhličitého jako hodnocený nátěr nebo nátěrový systém dané tloušťky. Slouží přehlednějšímu vyjádření bariérových schopností nátěru nebo nátěrového systému vůči vodní páře nebo oxidu uhličitému.
<b>Dilatační spára</b>	Spára oddělující jednotlivé konstrukční prvky nebo vrstvy, umožňující jejich nezávislou deformaci, délkovou změnu související s kolísáním teplot a deformací konstrukce od nahodilého zatížení.
<b>Doba zrání</b>	Časový interval mezi okamžikem přípravy správkové malty a dosažením požadovaných fyzikálně mechanických vlastností.
<b>Dotvarování</b>	Pružně plastická deformace tělesa v důsledku působení stálého a vlastního zatížení.
<b>Elektrochemická koroze výztuže</b>	Proces, kdy v důsledku chemické či fyzikální nehomogenity výztuže resp. ochranné vrstvy dochází za přítomnosti elektrolytu (vody obsažené v pórovém systému betonu) k oxidačně redukčním reakcím a ke vzniku různě velikého elektrochemického článku s katodou a anodou, jehož důsledkem je korozní poškození (hmotnostní úbytek) výztuže.
<b>Epoxidové pryskyřice</b>	Typ organického polymeru, který spolu s tvrdidlem a případně dalšími aditivy vytváří pojivo používané pro výrobu nátěrů lepidel, malt a betonů se specifickými fyzikálně mechanickými vlastnostmi (vysoká pevnost v tahu, vysoká adheze k betonovému podkladu, vysoká korozní odolnost).
<b>Hloubkové spárování</b>	Náhrada malty v ložných a styčných spárách zdiva do hloubky větší než 50 mm.
<b>Hydrofobizace</b>	Nátěr nebo nátěrový systém, který výrazně omezuje smočitelnost ošetřeného povrchu vodou, a tedy průnik kapalin, zejména vody do pórového systému povrchových vrstev betonu. Současně hydrofobizace neomezuje difúzi vodní páry.

<b>Objemová hydrofobizace</b>	Omezení smáčitelnosti pórového systému správkové hmoty v celém objemu použitím zvláštních přísad vmíchaných do suché směsi při její přípravě.
<b>Inhibitor koroze</b>	Chemická sloučenina, která je-li obsažena v malých koncentracích ve správkové hmotě, omezuje vznik elektrochemické koroze výztuže.
<b>Injektáž</b>	Beztlakové či tlakové plnění spár trhlin pórového systému konstrukčních materiálů s cílem zajistit jejich vodotěsnost nebo silové působení.
<b>Karbonatace betonů</b>	Proces snižování alkality povrchových vrstev betonu v důsledku reakce hydroxidu vápenatého, vzdušného oxidu uhličitého a vody. Snížení alkality betonu karbonací pod úroveň pH = 9,5 vytváří podmínky pro vznik elektrochemické koroze výztuže.
<b>Katoda</b>	Záporná elektroda, na které probíhá při elektrochemické korozi chemická redukce.
<b>Koroze výztuže</b>	Poškození ocelové výztuže v železobetonu chemickými procesy (přímým působením korozních médií) nebo vznikem elektrochemických článků.
<b>Krycí vrstvy (krytí)</b>	Vzdálenost mezi povrchem konstrukce a výztuží. Její tloušťka ve vazbě na rychlost karbonatace betonu rozhoduje o časovém intervalu, po který je výztuž chráněna před elektrochemickou korozi.
<b>Nátěr</b>	Souvislá ochrana nebo bariérová vrstva s obvyklou tloušťkou 100 až 500 μm (0,1 až 0,5 mm).
<b>Obsah volných chloridů</b>	Celkové množství chloridových iontů přítomných v betonu nebo maltě vyluhovatelných ve vodě. Chloridové ionty mohou být obsaženy jak v cementu tak v kamenivu nebo speciálních přísadách, zejména jsou však vnášeny do železobetonových konstrukcí posypovými solemi.
<b>Ochrana</b>	Opatření bránící vzniku poruch nebo omezující jejich rozvoj.
<b>Oprava</b>	Obnovení požadovaných užitných vlastností konstrukce s cílem zajistit její provozuschopnost.
<b>Ošetřování</b>	Zajištění optimálních podmínek pro zrání ochranných a opravných systémů, zejména pak správkových malt na bázi cementového pojiva.
<b>Otevřená doba</b>	Časový interval od přípravy vícesložkových hmot, během kterého lze materiál bez obtíží zpracovat. Tento interval je výrazně závislý na klimatických podmínkách a měl by být uváděn v Technických listech výrobků.
<b>Pasivace</b>	Stav, při němž je díky alkalitě okolního prostředí zabráněno vzniku elektrochemické koroze oceli.
<b>Pečetičí vrstva</b>	Penetrace z nízkoviskózní, obvykle epoxidové pryskyřice, zvyšující soudržnost izolačního systému k podkladní betonové konstrukci a bránící průniku vodních par do styčné spáry mezi povrchem konstrukce a izolací.
<b>Penetrace</b>	Nátěr neměřitelné tloušťky zabudovaný do pórového systému povrchových vrstev, netvořící souvislý film.
<b>pH</b>	Záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů v roztoku, vyjadřující jeho zásaditost resp. kyselost.
<b>Polymercementové malty a betony (PCC)</b>	Malty, u nichž základní pojivovou složku tvoří hydraulické pojivo (zejména cement), které jsou modifikovány přidávkem polymeru s cílem zlepšit některé fyzikálně mechanické vlastnosti (přidrženost k podkladu, modul pružnosti).
<b>Porucha</b>	Změna konstrukce proti jejímu původnímu stavu, která zhoršuje její spolehlivost nebo funkčnost.
<b>Povrchové spárování</b>	Náhrada malty v ložných a styčných spárách zdiva do hloubky 50 mm.
<b>Pracovní spára</b>	Kontaktní styk konstrukčních hmot, vznikající jako důsledek přerušení prací. V těchto oblastech je obvykle snížena soudržnost materiálů a dochází ke vzniku trhlin.

<b>Provzdušnění</b>	Vnesení mikroskopických vzduchových pórů o průměru 100 až 300 μm do pojivové fáze cementových malt a betonů pomocí speciálních přísad s cílem zajistit jejich mrazuvzdornost.
<b>Předúprava povrchu</b>	Technologická operace odstraňující degradované povrchové vrstvy se sníženou hutností, zkarbonatované, prosycené nežádoucími médii a se sníženou pevností v tahu.
<b>Přidržnost</b>	Odolnost proti oddělení dvou nebo více materiálů namáhaných tahem.
<b>Příměsi</b>	Jemně mleté anorganické materiály inertní či hydraulicky aktivní, umožňující zlepšení některých vlastností správkových malt a betonů.
<b>Přísady</b>	Chemické sloučeniny přidávané do správkových malt a betonů v množství do 5 % z hmotnosti cementu s cílem modifikovat jeho vlastnosti.
<b>Reprofilace povrchu</b>	Nanášení stěrky, správkové malty nebo betonu s cílem obnovit původní tvar konstrukčního prvku, zvětšit tloušťku krycí vrstvy nebo vytvořit hutný podklad pro povrchový ochranný systém.
<b>Sanace betonu</b>	Komplexní proces ochrany a opravy betonové resp. železobetonové konstrukce.
<b>Sanační systém (systém ochrany a opravy)</b>	Soubor technologických postupů a hmot vytvářejících podmínky pro obnovení původních užitných vlastností konstrukce.
<b>Sekundární ochrana</b>	Povrchová ochrana betonové konstrukce, realizovaná obvykle penetrací (hydrofobizací) nebo nátěrem.
<b>Správková hmota (malta)</b>	Hmota na libovolné materiálové bázi sloužící k reprofilaci konstrukčních prvků a splňující specifické technické požadavky.
<b>Stěrková hmota</b>	Jemnozrnná správková hmota sloužící k finální povrchové úpravě, tj. zejména vyrovnání a uhlazení povrchu a vytvoření hutného souvislého podkladu pro nanášení nátěrů. Její tloušťka se pohybuje do 3 mm
<b>Stříkaná malta (beton)</b>	Správková hmota na CC bázi nebo PCC bázi, nanášená na povrch opravované konstrukce stříkáním tzv. suchým nebo mokřým způsobem.
<b>Trhlina</b>	Porucha v betonu zdivu nebo správkové hmotě narušující její celistvost. Za trhlinu je považována porucha širší než 0,1 mm v agresivním prostředí, 0,2 mm ve vlhkém neagresivním prostředí a 0,3 mm v suchém neagresivním prostředí. Trhliny užší nejsou považovány ve smyslu ČSN 73 1201 za defekty.
<b>Trhlina staticky významná</b>	Trhlina snižující statickou spolehlivost konstrukce.
<b>Trvanlivost</b>	Schopnost konstrukce být v bezpečném a provozuschopném stavu, předepsaném v konkrétním prostředí po vymezené období.
<b>Tužidlo</b>	Látka, která vstupuje do chemické reakce s jinými, obvykle polymerními substancemi (např. epoxidy) a iniciující chemickou reakcí vedoucí ke vzniku tuhé hmoty.
<b>Vada konstrukce</b>	<i>Nedostatek konstrukce způsobený</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chybným návrhem konstrukce</li> <li>- chybným provedením,</li> <li>- použitím vadných hmot,</li> <li>- nevhodnou kombinací hmot,</li> <li>- zabudováním vadných výrobků.</li> </ul>
<b>Zesilování konstrukce</b>	Úprava konstrukce za účelem zvýšení její únosnosti

## **Příloha 2 Stavebně technický průzkum**

### **P2.1 Všeobecně**

Stavebně technický průzkum (STP) je nezbytným podkladem pro zpracování projektu sanace a pro její objektivní ocenění.

**Cílem STP je především charakterizovat stav konstrukce z hlediska:**

- kvality a rozsahu a stupně degradace betonu či zdiva,
- kvality a rozsahu a stupně degradace výztuže,
- kvality a rozsahu narušení spárování,
- kvality vazby zdiva a porušení povrchových vrstev zdiva,
- ověření skladby konstrukce,
- rozsahu a popisu deformací a nelinearit konstrukce,
- rozsahu nehomogenit konstrukce (např. kaverny ve zdivu kleneb apod.),
- popisu trhlin a ostatních závad z hlediska typu, četnosti a intenzity,
- zjištění materiálových charakteristik potřebných pro případné statické posouzení nebo návrh sanačního systému.

**Specifickou součástí STP může být:**

- pořízení dokumentace stávajícího stavu konstrukce (především z hlediska rozměrů),
- statický nebo dynamický přepočítání konstrukce,
- průzkum základových poměrů konstrukce,
- ověření vyztužení konstrukce,
- průzkum korozního ohrožení konstrukce apod.

Požadavky na provedení těchto součástí STP musí být uvedeny v zadání STP.

Kvalita STP významným způsobem závisí na zpřístupnění konstrukce. Je třeba počítat s tím, že náklady na zpřístupnění některých typů inženýrských konstrukcí mohou významně zvýšit cenu diagnostických prací, současně však výrazně zlepšit jejich průkaznost.

STP, který nemohl být prováděn z objektivních důvodů na přijatelným způsobem zpřístupnění konstrukci, je třeba vždy navrhovat jako dvoustupňový. Informace zjištěné první etapou STP je třeba následně ověřit po postavení lešení či zavěšení lávek v průběhu úvodních fází sanace, tj. v období předúpravy podkladu. V tomto případě musí projekt sanace i konstrukce ceny sanace respektovat skutečnost, že dodatečným diagnostickým průzkumem může být původně předpokládaný rozsah a intenzita sanačního zásahu významně ovlivněna.

**STP musí být prováděn podle projektu STP, ve kterém jsou stanoveny zejména:**

- cíle STP,
- typy zkoušek a postupy jejich provádění (podle ČSN, zvláštních metodik, ZTKP apod.),
- počty zkoušek,
- rozsah vyhodnocení zkoušek,
- rozsah fotografické dokumentace a video dokumentace.

Základním výstupem STP musí být kromě celkové charakterizace stavu konstrukce zejména rozsah a intenzita poškození ve vazbě na předpokládané sanační zásahy.

STP může obsahovat doporučení pro sanaci konstrukce, které může být zohledněno v následné projektové fázi.

STP může provádět fyzická osoba, která je autorizovaná v oboru diagnostiky a zkoušení staveb nebo fyzická, resp. právnická osoba, která zaměstnává pracovníky autorizované v oboru diagnostiky a zkoušení staveb.

Při porovnávání cen STP by měla být vždy vyžadována přesná specifikace oceňovaných prací tak, aby byly srovnávány co do rozsahu a kvality srovnatelné nabídky.

Objednatelem STP je zásadně vlastník nebo správce objektu, resp. jeho investorský útvar, případně právnické a fyzické osoby, na které vlastníci přenesli své pravomoci (např. projektant).

Výsledky STP jsou podkladem pro zpracování projektu sanace. V případě, že uchazeči o dodávku sanačních prací zpracovávají zároveň i projekt sanace, musí všichni obdržet výsledky identického STP. Pouze za tohoto předpokladu lze následně technické i cenové nabídky považovat za srovnatelné.

**Vlastník nebo správce objektu musí v rámci dostupných možností zajistit zpracovateli STP:**

- původní projektovou dokumentaci konstrukce, resp. dokumentaci skutečného provedení,
- údaje o stáří konstrukce, jejím užívání, zatížení a dosud provedených průzkumech,
- údaje o přestavbách, opravách a mimořádných událostech.

**P2.2 Etapy STP**

**STP se obvykle dělí na několik etap. Základní rozčlenění STP je na:**

- předběžný průzkum,
- podrobný průzkum,
- doplňkový průzkum.

S ohledem na proměnlivost cílů STP i různorodost inženýrských objektů nelze přesně definovat rozsah jednotlivých typů průzkumu. Rozsah STP musí definovat projektant sanačního zásahu.

Předběžný STP sestává obvykle z podrobné vizuální prohlídky konstrukce a fotografické dokumentace poruch a poškozených oblastí. Předběžný STP by měl zejména zaznamenat rozsah narušení povrchových vrstev betonových či kamenných konstrukcí, korozi výztuže, výskyt trhlin, výskyt průsaků a výkvětů, výskyt nadměrných průhybů a deformací, veškerých dalších atypických okolností a měl by stručně charakterizovat i stav veškerých doplňkových konstrukcí a konstrukčních prvků.

Na základě předběžného STP lze pak definovat optimální rozsah podrobného stavebně technického průzkumu, který by identifikoval příčiny zjištěných závad, jejich rozsah a intenzitu.

**Podrobný STP by se měl zaměřit zejména na:**

- typ a rozsah porušení povrchových úprav (omítky, nátěry),
- rozsah porušení krycích vrstev betonu a korozi výztuže,
- rozsah porušení vrstev zdiva,
- soupis veškerých vad a poruch vzniklých provozem (např. trhliny),
- stav uložení konstrukce (stav podpor), průhyby, deformace,
- zjištění vlivu zabudované technologie na konstrukci,
- rozsah poškození doplňkových konstrukcí, zejména ocelových,
- stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu resp. zdiva,
- stanovení hloubky karbonatace betonu, stanovení pevnosti v tlaku betonu resp. zdiva,
- stanovení objemové hmotnosti betonu resp. zdiva,
- míry degradace a kontaminace betonu resp. zdiva,
- povrchové nasákavosti,
- identifikace druhu výztužné oceli,
- změření korozního proudu ve výztuži,
- stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží,
- zjištění stavu spárování,
- zjištění a ověření rozměrů konstrukcí (např. tloušťky kleneb apod.),
- charakterizaci deformace zdiva (např. boulení poprsních zdí, vyklonění křídel a opěr apod.),
- zjištění mezerovitosti zdiva
- diagnostiku skrytých částí konstrukcí.

Četnost těchto zkoušek a činností by měla být stanovena v závislosti na velikosti a významu konstrukce i s ohledem na rozsah jejího poškození.

Podrobný STP musí vždy identifikovat i příčiny degradace, porušení nebo závady.

**Doplňkový STP se provádí tehdy:**

- pokud výsledky podrobného stavebně technického průzkumu naznačují atypický stav či chování konstrukce, které nebylo možné provedenými zkouškami vysvětlit,
- pokud v průběhu projektu sanace či statického přepočtu vznikla potřeba doplnění potřebných údajů,
- pokud v průběhu sanace byly zjištěny neočekávané skutečnosti, které je nezbytné dodatečně přesněji charakterizovat.

## **P2. 3 Závěrečná zpráva o STP**

Závěrečná zpráva o STP musí být zpracována v rozsahu minimálně dle tohoto článku a v níže uvedeném členění:

### **Úvod**

- základní údaje o zadavateli a dodavateli,
- přesná specifikace zadání,
- přehled podkladů dodaných zadavatelem.

### **Popis vyšetřované konstrukce**

Základní údaje o konstrukčním provedení vyšetřovaného objektu včetně popisu jeho současného stavu.

### **Metodika a rozsah zkoušení**

Uvede se přehled zjišťovaných parametrů s uvedením příslušných zkušebních předpisů (ČSN, metodické pokyny apod.), stručný popis provádění a rozsah zkoušení.

### **Výsledky STP**

Výsledky stanovení jednotlivých parametrů na vyšetřovaných konstrukcích se zpracují do tabulek, které obsahují zejména:

- označení zkušebního místa nebo vyšetřované části,
- zjištěnou hodnotu příslušného parametru.

Pro jednoznačnou identifikaci jsou zkušební místa jednotlivých zkoušek a odběru vzorků vyznačeny na schematickém nákrese vyšetřované konstrukce. Tam musí být zaznamenávány i poruchy na vyšetřované části konstrukce (trhlíny, vady apod.).

### **Vyhodnocení výsledků STP**

- dílčí shrnutí a zhodnocení výsledků šetření a zkoušek pro jednotlivé části vyšetřovaného objektu,
- zhodnocení stavu celého objektu.

### **Závěr**

Zde je nutné uvést, resp. shrnout:

- hlavní výsledky a poznatky z STP a z jeho vyhodnocení,
- doporučení z hlediska požadavků na další etapu průzkumu nebo na statické posouzení (typy a četnosti zkoušek a přepočtů),
- vyhodnocení průzkumu a statických šetření (pokud byly prováděny),
- stanovisko k eventuální potřebě ochrany a opravy konstrukce nebo jejích částí a souhrn podkladů vhodných pro rozhodnutí o provedení stavby,
- doporučený rámcový technologický postup sanace a doporučení základních technických a technologických kritérií pro ochranu a opravu, využitelných pro vypsání výběrového řízení na dodavatele sanace.

### **Přílohy:**

- fotografická dokumentace,
- video dokumentace.

Fotograficky, resp. pomocí videozáznamu se zpravidla dokumentuje:

- vyšetřovaný objekt, konstrukce nebo konstrukční prvek,
- odebrané vzorky, event. ilustrativně způsob odběru,
- charakteristické poruchy a poškození.

### **Příloha 3 Netradiční zkušební postupy**

#### **Zkouška odolnosti vůči tvorbě smršťovacích trhlin při vázaném smrštění**

Zkouška prokazuje schopnost správkových reprofilačních malt odolávat šíření smršťovacích trhlin vznikajících v důsledku smršťování tuhnučích malt během tuhnutí, vázaných adhezi k podkladu.

Zkouška se provádí tak, že správková reprofilační malta, připravená podle návodu výrobce, se uloží zednickou lžící do ocelové formy, tvořené ocelovým úhelníkem o délce 1 m a příčných rozměrech 50 x 50 mm. Tento ocelový úhelník je v čelech uzavřen ocelovými čely. Vnitřní povrch ocelové formy je zdrsněn pomocí opískování za sucha. Vnitřní stěny formy se nesmějí olejovat ani opatřovat jinou povrchovou úpravou, snižující adhezi správkové malty k povrchu formy.

Po vyplnění formy maltou a jejím povrchovém urovnání ocelovým hladítkem se forma ponechá v suchém vzdušném prostředí o teplotě  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  s relativní vlhkostí cca 65 %.

V případě, že je zkouška prováděna jako kontrolní přímo in situ, je forma uložena v prostředí konstrukce, avšak chráněna před dešťovými srážkami.

Stav povrchu správkové malty ve formě se jedenkrát denně vizuálně ověřuje na přítomnost trhlin. Zkouška se ukončí sedmý den po zaformování. Dojde-li ke vzniku trhlin, provede se po ukončení zkoušky proměření šířky trhlin pomocí vhodné lupy s příložným měřítkem, schématicky se zakreslí počet a umístění trhlin, případně pořídí fotodokumentace.

#### **Zkoušky prostředků pro krystalizační dotěšňování betonu**

Krystalizační prostředky určené k dotěšňování pórového systému betonu zvýší jeho vodotěsnost natolik, že ověřování vodotěsnosti standardním postupem podle ČSN 73 1321 je málo průkazné. Jednou z možností je provedení zkoušky povrchové nasákavosti postupem podle ČSN 73 2578 pouze s tím rozdílem, že testovaným médiem není voda, ale automobilový benzín.

Polární afinita automobilového benzínu umožňuje jeho mimořádně snadný průnik pórovým systémem betonu. To umožňuje vysokou citlivost této metodiky vůči jakémukoliv změně kapilární pórizity betonu.

Zkouška se provádí tak, že k testovanému povrchu se vhodným tmelem ukotví skleněný zvon o průměru 60 mm. Následně se ke skleněnému zvonu připojí cejchovaná byreta a celý systém se vyplní benzinem. Přitom se dbá na to, aby nezůstaly ve spojovacím hrdle nebo ve zvonu vzduchové bublinky. Po pěti minutách se benzín doplní znovu po značku 0. Tento okamžik je počátkem měření. Po 30 minutách se odečte hladina benzínu v byretě s přesností na 0,1 ml. Měřeným parametrem je pak přepočtená hodnota nasákavosti benzínu v litrech vztažená na  $\text{m}^2$ .

Druhou možností je prodloužení zkoušky na libovolný časový úsek s tím, že se každodenně sleduje, zdali došlo k průniku benzínu na opačnou stranu vzorku. Zkouška může být ukončena po jednom až pěti dnech. Poté se testované těleso rozlomí např. zkouškou v příčném tahu a zakreslí se hloubka průniku benzínu. V tomto případě je měřeným parametrem maximální hloubka průniku benzínu na lomové ploše vzorku vztažená k délce expozice.

U běžného konstrukčního betonu dojde při tloušťce vzorku v intervalu od 40 do 100 mm k průniku benzínu na opačnou stranu tělesa v průběhu několika desítek minut až hodin. U povrchových úprav, resp. materiálů s obsahem krystalizačních přísad se doba průniku benzínu prodlužuje na několik dnů až desítek dnů. Tímto postupem lze tedy výrazně citlivěji rozlišit utěšnění pórového systému než při použití standardní metodiky vodotěsnosti podle ČSN 73 1321.

Popisovaná zkouška není normována a při jejím provádění je třeba dodržovat veškerá bezpečnostní opatření související s manipulací s hořlavinami.

#### **Zkoušení mechanických vlastností cihelného nebo kamenného zdiva**

Únosnost zdiva je ovlivněna jak kvalitou zdicích prvků (cihly, kámen), tak zdící malty, ale i řadou dalších faktorů, jako je způsob skladby zdiva, šířka styčných a ložných spár, případný výskyt trhlin či jiných imperfekcí.

Stanovení únosnosti zdiva in situ není jednoduchým technickým úkolem. Nejkomplexnější a neověřenější přístup je uveden v Příloze 3 ČSN 73 0038 "Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách". Vychází se zde jednoznačně ze separátního stanovení kvality zdicích prvků a zdící malty a následného vyhodnocení těchto veličin.

Využití odběru jádrových vývrtů a jejich zkoušek ke stanovení únosnosti cihelného zdiva je především teoretickou, prakticky obtížně realizovatelnou možností. V běžném, zejména starším cihelném zdivu dojde při odběru jakéhokoliv vývrtu k rozpadu celistvosti zdiva a následně odzkoušení jádrového vývrtu pak je prakticky

nemožné. Odběr celistvého jádrového vývrtu ze zdiva by připadalo v úvahu pouze tehdy, pokud by jak zdíci prvky, tak zdíci malta měly vysokou kvalitu a vzájemně vysokou adhezi. Tato situace zejména u starších zděných objektů je však málo pravděpodobná.

Zatěžovací zkoušky zdiva podle ČSN 73 2061-1 Část 1 Všeobecná ustanovení, Část 2 Pevnost v tlaku, Část 3 Pevnost v tahu za ohybu předpokládají provádění těchto zkoušek na velkých vzorcích vyzděných ve svislé poloze přímo ve zkušebně.

Jednou z mála praktických možností, jak posoudit únosnost a deformační charakteristiky zdiva in situ, je použití tenkých hydraulických válců, které se vkládají do vyčištěných ložných spár ve zdivu, případně do vodorovných drážek vyřezaných ve zdivu. Zároveň se zdivo v okolí osazeného válce osadí měřicími čidly vhodnými ke sledování deformací. Vnášením napětí do zdiva a měřením deformací lze získat kvantitativní informaci o chování zdiva. Pro tuto metodiku není k dispozici žádný normový postup.



**Poznámky:**



# TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB STÁTNÍCH DRAH

## Kapitola 23

**T ř e t í - aktualizované vydání se zapracovanou změnou č. 5 /z roku 2006/**

Vydala Správa železniční dopravní cesty, státní organizace.

- Zpracovatel: Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.  
České vysoké učení technické v Praze
- Technický redaktor: Ing. Miroslav Teichman  
České dráhy, a.s., Technická ústředna Českých drah,  
sekce tratí a budov
- Odborný gestor: Ing. Bohuslav Stečinský  
České dráhy, a.s., generální ředitelství, odbor 13
- Nakladatelství: České dráhy, a.s., Technická ústředna Českých drah,  
Malletova 10/2363,  
190 00 Praha 9 - Libeň
- Distribuce: České dráhy, a.s., Technická ústředna Českých drah,  
SATT - oddělení typové dokumentace,  
Nerudova 1,  
772 58 Olomouc

tel.: +420 972 742 241, +420 972 741 769,  
fax: +420 972 741 290,  
e-mail: otd@tucd.cz  
www.cd.cz/tucd