

ČESKÉ DRÁHY, státní organizace  
DIVIZE DOPRAVNÍ CESTY, o.z.



# TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB ČESKÝCH DRAH

## Kapitola 20 TUNELY

Třetí - aktualizované vydání  
změna č. 2

Schváleno VŘ DDC č.j. TÚDC-60357/2001- 013 ze dne 30.10.2001  
Účinnost od 1.1.2002

Praha 2001

Všechna práva vyhrazena.

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, státní organizace,  
Divize dopravní cesty, odštěpný závod  
Technická ústředna dopravní cesty  
Sekce technické dokumentace - Oddělení typové dokumentace  
772 58 Olomouc, Nerudova 1

## Obsah

<b>20.1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
<b>20.1.1</b>	<b>Všeobecně</b>	<b>4</b>
<b>20.1.2</b>	<b>Rozsah platnosti TKP-20</b>	<b>4</b>
<b>20.1.3</b>	<b>Rozdělení tunelů</b>	<b>5</b>
<b>20.1.4</b>	<b>Požadavky na dokumentaci skutečného provedení stavby</b>	<b>5</b>
<b>20.2</b>	<b>POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ</b>	<b>6</b>
<b>20.2.1</b>	<b>Všeobecně</b>	<b>6</b>
<b>20.2.2</b>	<b>Monolitický beton definitivního ostění</b>	<b>6</b>
20.2.2.1	Zásady pro složení betonu	6
20.2.2.2	Doba odbednění, pevnost při odbednění	7
20.2.2.3	Zabránění vzniku trhlin	7
20.2.2.4	Třída pevnosti betonu	7
20.2.2.5	Odolnost betonu proti průsakům vody	8
20.2.2.6	Mrazuvzdornost	8
20.2.2.7	Beton odolný proti síranům	9
20.2.2.8	Beton vodotěsného definitivního ostění bez izolace	9
20.2.2.9	Souběh trhacích prací a betonáže definitivního ostění	9
<b>20.2.3</b>	<b>Stříkaný beton</b>	<b>9</b>
20.2.3.1	Všeobecně	9
20.2.3.2	Požadavky na nárůst pevnosti v čase	11
20.2.3.3	Složky betonové směsi - cement	12
20.2.3.4	Složky betonové směsi - kamenivo	13
20.2.3.5	Složky betonové směsi - zájměsová voda	13
20.2.3.6	Složky betonové směsi - pojiva pro nástřik	13
20.2.3.7	Složky betonové směsi - příměsi	14
20.2.3.8	Složky betonové směsi - přísady	14
20.2.3.9	Složky betonové směsi - urychlovače	15
20.2.3.10	Nealkalické urychlovače tuhnutí	15
20.2.3.11	Alkalické urychlovače tuhnutí	15
20.2.3.12	Stříkaný beton s rozptýlenou výztuží	16
<b>20.2.4</b>	<b>Ocel</b>	<b>17</b>
<b>20.2.5</b>	<b>Injectační směsi</b>	<b>17</b>
<b>20.2.6</b>	<b>Materiál pro zděné konstrukce</b>	<b>17</b>
<b>20.2.7</b>	<b>Dílce</b>	<b>17</b>
<b>20.2.8</b>	<b>Izolace</b>	<b>17</b>
<b>20.2.9</b>	<b>Odvodnění</b>	<b>18</b>
<b>20.3</b>	<b>TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ</b>	<b>19</b>
<b>20.3.1</b>	<b>Všeobecně</b>	<b>19</b>
<b>20.3.2</b>	<b>Ražení tunelu</b>	<b>19</b>
20.3.2.1	Ražba pomocí NRTM - technologická třída výruba	19
20.3.2.2	Ostatní tunelovací metody	20
<b>20.3.3</b>	<b>Primární ostění tunelu</b>	<b>20</b>
20.3.3.1	Všeobecně	20
20.3.3.2	Nanášení stříkaného betonu suchým způsobem	21
20.3.3.3	Nanášení stříkaného betonu mokrým způsobem	22
20.3.3.4	Výztuž primárního ostění	22
20.3.3.5	Kotvy a kotvení	22
20.3.3.6	Ramenaty	23
<b>20.3.4</b>	<b>Sekundární (definitivní) ostění tunelu</b>	<b>24</b>
20.3.4.1	Všeobecně	24
20.3.4.2	Dimenzování definitivního ostění	25
20.3.4.3	Minimální konstrukční požadavky na beton dna	25
20.3.4.4	Minimální konstrukční požadavky na beton klenby	26
20.3.4.5	Vodotěsná definitivní ostění	27

20.3.4.6	Stanovení času zahájení betonáže definitivního ostění	28
20.3.4.7	Pevnost při odbednění	28
20.3.4.8	Betonáž - příprava podkladu	28
20.3.4.9	Betonáž - příprava styčných ploch - pracovní spáry	29
20.3.4.10	Betonáž - příprava styčných ploch - dilatační spáry	29
20.3.4.11	Betonáž - hutnění	30
20.3.4.12	Separační vrstvy mezi ostěním a podkladem	31
20.3.4.13	Bednění - všeobecně	31
20.3.4.14	Bednění - separační prostředky	31
20.3.4.15	Výztuž - definitivní ostění s izolací	32
20.3.4.16	Výztuž - definitivní ostění bez izolace	32
20.3.4.17	Odbednění a ošetřování betonu	32
20.3.4.18	Požadavky na povrch definitivního ostění - opravy	32
20.3.4.19	Definitivní ostění ze stříkaného betonu	33
<b>20.3.5</b>	<b>Dílcová ostění</b>	<b>33</b>
<b>20.3.6</b>	<b>Zděná ostění</b>	<b>34</b>
<b>20.3.7</b>	<b>Portály, galerie a předportálová křídla</b>	<b>34</b>
<b>20.3.8</b>	<b>Ochrana proti pronikání podzemní vody do tunelu</b>	<b>34</b>
20.3.8.1	Všeobecně	34
20.3.8.2	Požadavky na provádění izolací	35
20.3.8.3	Požadavky na podkladní vrstvu izolace	37
<b>20.3.9</b>	<b>Odvodnění tunelu - drenážní systém</b>	<b>38</b>
20.3.9.1	Po dobu výstavby	38
20.3.9.2	Za provozu	38
<b>20.4</b>	<b>DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY</b>	<b>39</b>
20.4.1	Všeobecně	39
20.4.2	Beton	39
20.4.3	Izolace	39
20.4.4	Ocel	39
20.4.5	Kotvy	39
<b>20.5</b>	<b>ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ, KONTROLNÍ ZKOUŠKY</b>	<b>39</b>
<b>20.5.1</b>	<b>Všeobecně</b>	<b>39</b>
<b>20.5.2</b>	<b>Beton</b>	<b>40</b>
20.5.2.1	Monolitický beton	40
20.5.2.2	Stříkaný beton	40
<b>20.5.3</b>	<b>Injectační a spárovací směsi</b>	<b>40</b>
<b>20.5.4</b>	<b>Kotvy</b>	<b>41</b>
<b>20.5.5</b>	<b>Izolace</b>	<b>41</b>
<b>20.5.6</b>	<b>Výsledky kontrolních zkoušek</b>	<b>42</b>
<b>20.6</b>	<b>PŘÍPUSTNÉ ODCHYLY, ZÁRUKY</b>	<b>42</b>
20.6.1	Všeobecně	42
20.6.2	Odhylky od projektované tloušťky definitivního ostění v ražené části tunelu	42
<b>20.7</b>	<b>KLIMATICKÁ OMEZENÍ</b>	<b>42</b>
<b>20.8</b>	<b>ODSOUHLASENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ</b>	<b>43</b>
<b>20.9</b>	<b>KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ</b>	<b>43</b>
20.9.1	Geotechnický monitoring	43
20.9.2	Kontrolní měření a vytyčovací práce	46
<b>20.10</b>	<b>EKOLOGIE</b>	<b>46</b>
<b>20.11</b>	<b>BEZPEČNOST PRÁCE A TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ, POŽÁRNÍ OCHRANA</b>	<b>46</b>
20.11.1	Všeobecně	46
20.11.2	Izolace	47

<b>20.12</b>	<b>SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY</b>	<b>47</b>
<b>20.12.1</b>	Technické normy uvedené v textu TKP-20	47
<b>20.12.2</b>	Předpisy	48
<b>20.12.3</b>	Související kapitoly TKP	48
<b>20.13</b>	<b>PŘÍLOHY</b>	<b>48</b>

## 20.1 ÚVOD

### 20.1.1 Všeobecně

Pro tuto kapitolu platí všechny pojmy, ustanovení, požadavky a údaje uvedené v kapitole 1 TKP - Všeobecně.

Pro projektování a stavbu ražených a hloubených tunelů na drahách celostátních, drahách regionálních a vlečkách normálního rozchodu 1435 mm s traťovou rychlostí do 160 km/h platí norma ČSN 73 7508. Norma připouští použití jiných postupů, které v ní nejsou stanoveny, pokud jsou věcně a odborně zdůvodněny. Postupy musí mít potřebnou odbornou úroveň a nesmí být v rozporu se zásadami normy.

Tunelové stavby se svým charakterem odlišují od ostatních stavebních konstrukcí. Vzájemné spolupůsobení tunelu s obklopujícím horninovým masivem, proměnné vlastnosti horninového masivu nejen u různých staveb, ale i u jedné stavby v trase tunelu, nutnost přizpůsobovat stavební postupy a technologie daným podmínkám v procesu výstavby, zvýšené riziko a další skutečnosti určují, že každý tunel je neopakovatelným unikátním dílem.

Při volbě tunelovací metody je jedním z významných kritérií plocha příčného řezu podzemního díla. Zatímco v případě štol či jednokolejných tunelů je možno volit jak metody konvenční, tak metody kontinuálního ražení (viz bod 20.1.3 Rozdelení tunelů), v případě dvoukolejných tunelů je vzhledem k velikosti nutného příčného profilu tunelu použití kontinuálního způsobu ražby prakticky vyloučeno. I v případě menších profilů je při výběru metody nutno provést důkladné technicko-ekonomické porovnání variant.

Lze předpokládat, že v podmírkách České republiky bude většina tunelů ražena konvenčními metodami, zejména pak metodou, která je všeobecně známa pod názvem Nová rakouská tunelovací metoda (dále jen NRTM). Proto byl při přepracování kapitoly 20 TKP kladen zvýšený důraz na činnosti spojené s NRTM a příslušné části TKP-20 byly podstatně rozšířeny. Rozšířeny byly i kapitoly, které se týkají požadovaných vlastností materiálů a činností spojených se zajištěním stability výruba. TKP byly doplněny o některé technologie, které dosud nebyly uvedeny a rozšířena byla i část týkající se kontinuální ražby (předpokládané nasazení v případě průzkumných, záchranných, technologických nebo odvodňovacích štol).

### 20.1.2 Rozsah platnosti TKP-20

Kapitola 20 Technických kvalitativních podmínek staveb Českých drah (dále jen TKP-20) platí pro:

- provádění nových železničních tunelů (ražených i hloubených),
- rekonstrukce stávajících tunelů,
- opravy a práce charakteru údržby (v přiměřeném rozsahu),
- výstavbu galerií a portálových konstrukcí,
- výstavbu pomocných podzemních objektů, které slouží při budování nebo v provozu vlastních tunelových objektů (např. technologické a odvodňovací štol).

Požadavky objednatele stavby na provedení, kontrolu a převzetí práci, výkonů a dodávek, které souvisejí s výstavbou tunelu a nejsou uvedeny v této kapitole, jsou uvedeny v příslušné kapitole TKP, které platí pro stavby dráhy a pro stavby na dráze (viz TKP-1 Všeobecně). To se týká především hloubených tunelů a částečně tunelů budovaných kombinací ražení a hloubení, kdy jsou požadavky popsány v jiných kapitolách TKP (viz 20.12.3 Související kapitoly TKP).

V případech, kdy stavba zahrnuje práce, které nejsou uvedeny v TKP, kdy je potřebné změnit nebo doplnit ustanovení TKP nebo jsou na stavbě použity speciální technologie a materiály, musí objednatel zajistit vypracování „Zvláštních technických kvalitativních podmínek“ (ZTKP).

Pokud jsou prováděny práce, které je možno definovat jako „činnost prováděnou hornickým způsobem“ (viz §3 zákona ČNR č. 61/1988Sb. ve znění pozdějších předpisů), spadají pod působnost státní báňské správy. Vykonávání činností prováděných hornickým způsobem a projektování a navrhování objektů a zařízení, které jsou součástí činnosti prováděné hornickým způsobem, lze pouze na základě oprávnění (viz vyhláška ČBÚ č. 15/1995 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

V oddíle 12 této kapitoly TKP jsou uvedeny citované a související normy a předpisy, které se týkají problematiky tunelových staveb. Platné jsou také normy a předpisy, které jsou v uvedených předpisech a normách citované. Metodika uvedená v citovaných ČSN, TNŽ, případně předpisech je pro provádění tunelů závazná.

### 20.1.3 Rozdělení tunelů

Podle typu výstavby se tunely dělí na tunely:

- ražené,
- hloubené,
- kombinace obou technologií.

Tunely ražené se dělí podle tunelovací metody na:

- Tunely ražené cyklickou ražbou. Jedná se o konvenční způsob ražby, při kterém se jednotlivé pracovní operace (rozpojování, odtěžování rubaniny a zajištění výrubu) uskutečňují v pevném časovém sledu za sebou.
- Tunely ražené kontinuální ražbou. Jedná se o ražbu tunelovacími stroji (TBM), při které jsou jednotlivé pracovní operace (rozpojování, odtěžování rubaniny a zajištění výrubu) prováděny prakticky současně.
- Tunely ražené štítováním. Ražba se uskutečňuje zatlačováním pláště štítu (resp. pološtítu). Rozpojování je prováděno různými metodami (rypadlem, frézou, za použití trhacích prací apod.), přičemž plášť štítu zajišťuje stabilitu líce výrubu až do osazení ostění.

Tunely hloubené se dělí na:

- Tunely budované v otevřené stavební jámě. Konstrukce zajištění stavební jámy není součástí nosné konstrukce tunelu.
- Tunely budované ve stavební jámě, kde zajištění stěn jámy je využito jako součást nosné konstrukce tunelu (podzemní stěny apod.).

Tunely budované kombinací ražení a hloubení jsou:

- Tunely ražené pod ochranou stropní desky (resp. klenby), která je vybetonována předem na upravený terén. Opěří a počva tunelu je ražena konvenční metodou (např. metoda „želva“).
- tunely ražené se zajištěním přístropí i opěří v předstihu provedenými konstrukcemi (stropní deska nebo klenba v kombinaci s podzemními stěnami, pilotami, tryskovou injektáží apod.).

Velký význam má rovněž rozdělení tunelů podle účinků na povrch, resp. objekty v nadloží. Podle tohoto kritéria tunely rozdělujeme na:

- Tunely ražené bez nutnosti omezovat negativní projevy tunelovací metody na povrchu, resp. v nadloží. Jedná se o tunely ražené v místech, kde se v nadloží tunelu nenachází žádná zařízení, objekty nebo plochy s nutností omezení deformací.
- Tunely s nutným omezením negativních projevů ražby na objekty v nadloží. Jedná se o tunely pod souvislou zástavbou, resp. křížující objekty nebo inženýrské sítě citlivé na poklesy. Zvolená tunelovací metoda musí umožňovat řízení průběhu deformace v požadovaných mezích.

### 20.1.4 Požadavky na dokumentaci skutečného provedení stavby

V průběhu výstavby zpracuje zhotovitel dokumentaci skutečného provedení stavby tunelu.

Podkladem pro vypracování dokumentace skutečného provedení jsou zejména:

- projekt stavby (resp. dokumentace zhotovitele) se zakreslením všech provedených změn,
- protokoly o provedení a převzetí prací (např. záběrové listy),

- protokoly o provedených zkouškách (např. tahové zkoušky kotev, zkoušky tloušťky a pevnosti betonu primárního ostění, svarů izolačních pásů apod.),
- výsledky geotechnických měření,
- dokumentace čelby a nadvýlomů,
- lokalizace výronů vody na lící primárního ostění,
- výsledky zaměření vnitřního líce primárního ostění,
- protokoly o osazení izolace, zaměření polohy těsnicích pásů a jiných opatření ,
- protokoly o převzetí výzvuze a betonáži definitivního ostění,
- zaměření skutečného tvaru líce definitivního ostění apod.

Obecný rozsah dokumentace skutečného provedení je dán předpisem ČD S-6 Správa tunelů ze dne 21.3.2001.

Na každém dokladu je mimo specifických údajů uvedeno jméno a podpis zástupce zhotovitele, který práci předává a zástupce zadavatele, který práci přebírá (např. provedený úsek mezilehlé izolace), resp. povoluje její provedení (např. provedení výzvuze spodní klenby po převzetí upraveného povrchu dna, zahájení betonáže po převzetí provedené výzvuze a kontrole povrchu izolací z hlediska jejich poškození při provádění výzvuze apod.).

## **20.2 POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ**

### **20.2.1 Všeobecně**

Konstrukční materiály použité při výstavbě tunelu a požadavky na jejich jakost a vlastnosti jsou předepsány v dokumentaci. Pokud dokumentace předepisuje přísnější požadavky, než uvádí TKP, platí požadavky uvedené v dokumentaci. Požadavky uvedené v TKP nesmí být dokumentací snížovány (v odůvodněných případech je možno požádat o výjimku odbor stavební ředitelství divize dopravní cesty).

Zhotovitel je povinen při výrobě konstrukcí nebo konstrukčních prvků z více materiálových složek zajistit požadovanou jakost těchto konstrukcí nebo prvků. Zdroje stavebních hmot, jejich dávkování, mísení apod. musí být určeny technologickým předpisem zhotovitele, který schvaluje kompetentní zástupce zadavatele (např. stavební dozor). Schválení si může vyhradit odbor stavební ředitelství divize dopravní cesty.

Jakákoliv změna materiálů nebo jejich požadovaných vlastností předepsaných dokumentací, resp. TKP, musí být předem schválena kompetentním zástupcem zadavatele (Odbor stavební ředitelství Divize dopravní cesty).

### **20.2.2 Monolitický beton definitivního ostění**

Pro beton a železobeton tunelových ostění platí obecně požadavky uvedené v kapitole 17 TKP.

Musí být provedena taková opatření, aby viditelné povrchy ostění po odbednění nevyžadovaly další pohledové úpravy a tomuto požadavku musí vyhovovat navrhovaný materiál a systém bednění, postup při odbedňování, správně zvolená technologie ukládání, hutnění a ošetřování betonu.

Pokud se ve zvláštních případech vyžaduje povrchová úprava (estetické požadavky nebo požadavky na provedení sekundární ochrany betonových konstrukcí), specifikuje požadavky na povrchovou úpravu dokumentace nebo ZTKP.

#### **20.2.2.1 Zásady pro složení betonu**

Správné složení betonu pro definitivní ostění vyžaduje optimalizaci jednotlivých složek směsi jak z hlediska kvality, tak i kvantity, aby bylo možné dosáhnout co nejlepších předpokladů pro splnění následujících požadavků:

- zpracovatelnost,
- zkrácení doby potřebné pro odbednění na technologicky přípustné minimum,

- zamezení vzniku trhlin,
- dodržení požadovaných užitných a provozních vlastností.

Na snížení napětí vzniklých účinky teploty se doporučuje používat cementy s mlecími přísadami a/nebo určitou část pojiva pokryt hydraulicky účinnými přísadami, např. popílkem. Velmi jemné přísady mohou kromě toho zlepšit zpracovatelnost čerstvého betonu a nepropustnost betonové struktury. Při návrhu směsi je třeba zohlednit požadavky na mrazuvzdornost konstrukce.

Cementy s malým množstvím  $C_3A$  a především bez  $C_3A$  vykazují kromě zvýšené odolnosti vůči síranům velmi malý růst teploty, výrazně snižují nebezpečí vzniku trhlin v důsledku napětí vzniklého účinky teploty a hodí se proto především pro „vodotěsná definitivní ostění“. Zvolené množství cementu a příslušného materiálu musí zaručovat při odpovídající teplotě čerstvého betonu požadovanou pevnost při odbednění a dodržení požadovaných parametrů ostění.

Vývoj teploty betonu je závislý na teplotě čerstvého betonu, na vývinu hydratačního tepla, na tloušťce konstrukce a na vnějších vlivech (např. teplota vzduchu, rychlosť proudění vzduchu). Aby se co nejvíce zamezilo vzniku trhlin, je třeba udržet maximální teplotu betonu klenby co nejnižší.

Optimální teplota čerstvého betonu (tj. teplota betonové směsi v době ukládání do bednění) se pohybuje v rozmezí 13 °C až 18 °C. Teploty pod 10 °C velmi výrazně zpomalují nárůst pevnosti, teploty vyšší než 25 °C mají za následek větší náchylnost k tvorbě trhlin. Ukládání čerstvého betonu s teplotou nad 30 °C je nepřípustné.

#### 20.2.2.2 Doba odbednění, pevnost při odbednění

Aby se zamezilo vytvoření trhlin, je třeba okamžik odbednění co nejvíce oddálit. Při dodržení obvyklého 24 hodinového cyklu na jeden záběr betonáže (blok ostění délky max. 12 m) je obvyklá doba odbednění klenby v raženém úseku tunelu 12 až 14 hodin. Zkrátí-li se tato doba pod 10 hodin, musí být přijata opatření proti příliš silnému ochlazení a vysychání betonu. Jedná se zejména o zamezení příliš silného proudění vzduchu. (např. uzavřením portálu „závěsem“). Od opatření se může upustit, pokud je relativní vlhkost vzduchu větší než 90 % a rychlosť jeho proudění nízká.

Pevnost při odbednění by neměla být stanovena příliš vysoká, neboť i teplota betonu je právě v momentě nejvyšší náchylnosti ke vzniku trhlin při odbednění velmi vysoká. Beton klenby má pevnost při odbednění (měřeno na stavebním objektu) obvykle hodnotu mezi 1,5 MPa a 3,0 MPa.

V případě tunelů budovaných v otevřené stavební jácme je nutno dobu odbednění stanovit individuálně v závislosti na geometrických a pevnostních a deformačních parametrech konstrukce, vlastnostech okolního prostředí, technologickém postupu prací, požadavcích na vlastnosti ostění (odolnost proti průsakám vody, vznik trhlin apod.).

#### 20.2.2.3 Zabránění vzniku trhlin

Maximální teplota betonu ostění tunelu nesmí překročit:

**40 °C** - u ostění z betonu odolného proti průsakám bez plášťové izolace nebo separační fólie s obvyklou délrou bloků 10 m,

**45 °C** - u kratších úseků nebo u definitivního ostění s izolací nebo vhodnou separační fólií omezující přenos smykových napětí mezi definitivním ostěním a jeho podkladem (primárním ostěním, lícem výrubu)

Opatření se musí přizpůsobit aktuálním podmínkám stavby tak, aby se v co možná největší míře zabránilo vytvoření trhlin (viz např. tabulka 10).

#### 20.2.2.4 Třída pevnosti betonu

Třídy pevnosti se stanovují na základě požadavků statického výpočtu. Definitivní ostění jsou prováděna z betonu třídy pevnosti min. C20/25 podle ČSN EN 206-1. Pro využití dotvarování s použitím hydraulicky účinných přísad musí být třída pevnosti vztážena k co nejvyššímu stáří betonu (56, 90 dní). V případě zkoušky provedené po 56 nebo 90 dnech se stáří v momentě zkoušky uvádí do třídy pevnosti, např. C25/30 (56).

#### 20.2.2.5 Odolnost betonu proti průsakům vody

Z důvodu požadované životnosti tunelu musí být beton definitivního ostění v každém případě odolný proti průsakům vody. Pro dosažení požadované odolnosti se doporučuje přidání vhodných přísad. V případě chemického působení se tak zpomalí pronikání škodlivých látek. Průkaz odolnosti proti průsakům vody se provádí na hotovém betonu s minimálním tlakem. Beton ostění musí v každém případě prokázat maximální střední hloubku průsaku 25 mm při zkušebním tlaku 0,7 MPa.

U betonů ostění odolných proti účinkům agresivních vod nebo ostění z betonu odolného proti průsaku vody smí činit střední hloubka průsaku vody do zkušebního tělesa při zkoušce max. 25 mm. Pokud ZTKP neurčí jinak, je ve smyslu ČSN EN 206-1, článek 5.5.3 použita následující metodika provádění zkoušky odolnosti proti průsaku vody (metodika odpovídá ÖNORM B3303 Betonprüfung).

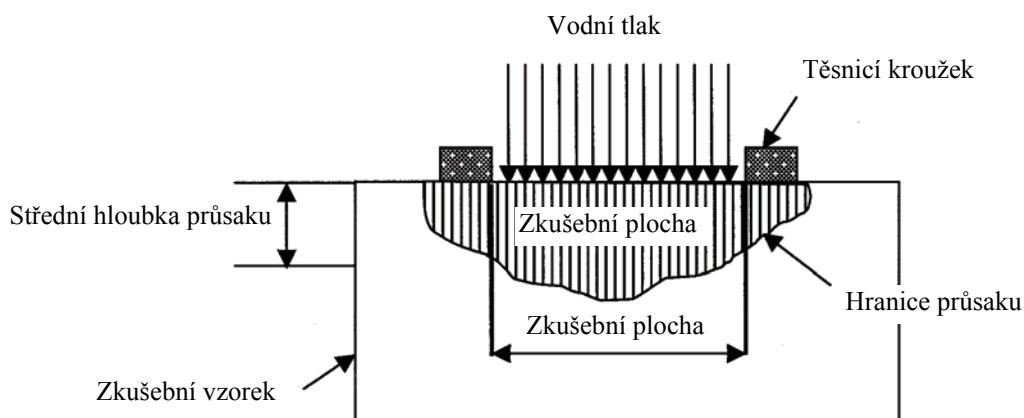
Zkouška je prováděna na zkušebních tělesech rozměrů 200x200x120 mm nebo 300x300x200 mm. Maximální zkušební tlak vody odpovídá 1,5 násobku nejvyšší hodnoty hydrostatického tlaku, který bude působit na tunelové ostění, minimálně však 0,7 MPa. Tlak vody působí na líc zkušebního tělesa na kruhové ploše průměru 100 mm (tvar plochy zajištěn např. těsnícím kroužkem). Pokud není projektem nebo ZTKP určeno jinak, je zkouška prováděna na vzorcích betonu stáří 28 dnů. Zkušební tělesa musí být uložena stále ve vodě, vzorky získané ze stavby musí být ve vodě uloženy min. 7 dnů před provedením zkoušky. Doba trvání zkoušky je 14 dní a probíhá ve dvou fázích:

fáze 1 – vzorek je zatěžován po dobu 3 dnů tlakem vody odpovídajícím 25 % maximálního tlaku

fáze 2 – následuje zvýšení tlaku na maximum a jeho působení po dobu dalších 11 dnů

Bezprostředně po ukončení zkoušky je zkušební těleso rozřezáno dvěma na sebe kolmými řezy tak, aby bylo možno určit rozhraní suchého a mokrého betonu. Hranice je na tělese graficky vyznačena a je určena střední hodnota hloubky průsaku s přesností na 1 mm.

Střední hloubka průsaku je určena na základě výsledků min. 3 zkoušek jako střední hodnota středních průsakových hloubek zjištěných na jednotlivých zkušebních tělesech.



Obr. 1

#### 20.2.2.6 Mrazuvzdornost

V oblasti portálů a do vzdálenosti 1000 m od portálů se navíc musí prokázat stálost při mrazu v počtu 100 zmrazovacích cyklů, přičemž platí, že vodotěsnost ostění, použití provzdušňujících přísad a kameniva odpovídajících parametrů zpravidla mrazuvzdornost zaručuje.

### 20.2.2.7 Beton odolný proti síranům

Vzhledem k tomu, že v případě betonu definitivního ostění není možné provést dodatečnou ochranu nebo opravná opatření proti působení síranových vod v horninovém masivu, je třeba provést příslušná opatření již při podezření, že k malému působení dochází. To se týká i betonu definitivního ostění s fóliovou izolací.

U železničních tunelů v městských aglomeracích je provádění ostění z betonu odolného proti účinkům síranových vod doporučeno i v případě, že v době výstavby tunelu neobsahují vody škodlivé množství síranů vzhledem k možné kontaminaci vod (např. netěsností stok) během životnosti tunelu.

Protože koncentrace síranů ve vodě může v horninovém masivu v čase silně kolísat, musí se jejich účinek posoudit minimálně ze 3 časově oddělených odběrů vzorků.

### 20.2.2.8 Beton vodotěsného definitivního ostění bez izolace

V případě vodotěsných definitivních ostění bez izolace přebírá beton definitivního ostění plně funkci izolace. Tento beton je tedy třeba zhotovit nejenom tak, aby vykazoval odolnost proti průsakám, která představuje pouze jednu podmítku pro nepropustnost struktury betonu, ale také aby nevykazoval trhliny, které by vodu vedly. Pro beton je určující obzvláště dobrá zpracovatelnost, rozsáhlé omezení teploty čerstvého betonu a maximální teploty betonu, rychlosti ochlazení a minimalizace smršťování. Zvláštní důraz je nutno klást na použití cementu s malým hydratačním teplem a na dodržení co možná nejmenšího celkového množství vody ve spojení s použitím příсад. Kromě toho je třeba dodržet příslušná konstrukční opatření. Technologický postup musí být navržen tak, aby se v prvních 3 dnech po odběrnění zabránilo rychlému ochlazení a v prvních 7 dnech po odběrnění rychlému vyschnutí konstrukce.

### 20.2.2.9 Souběh trhacích prací a betonáže definitivního ostění

V případě souběhu ražby prováděné za použití trhacích prací a betonáže definitivního ostění je nutno ukládání čerstvého betonu provádět v dostatečné vzdálenosti od čelby.

K vyšetření vlivu odstřelů je nutno vzorky betonu vystavit účinku odpálení v plánované vzdálenosti. U těchto zkušebních vzorků se kontroluje pevnost po 7 dnech. Podle výsledků zkoušek se stanoví potřebná opatření.

## 20.2.3 Stříkaný beton

### 20.2.3.1 Všeobecně

Stříkaný beton se sestavuje ze stanovených složek betonu (pojiva pro nástrik, tj. cementu nebo jiných speciálních pojiv, příměsí, kameniva, vody a příсад) tak, aby za očekávaných poměrů na stavbě bylo možné jeho nastříkání odborným způsobem a byly s jistotou dodrženy požadované vlastnosti.

Kvalita stříkaného betonu použitého při výstavbě tunelových ostění je předepsána dokumentací a technologickým předpisem zhotovitele schváleným kompetentním zástupcem objednatele (stavební dozor).

Složení směsi dokumentací požadovaných parametrů stanoví zhotovitel v technologickém předpisu, který musí obsahovat :

- množství kameniva na  $m^3$  hotového betonu a na jednu záměs,
- množství cementu na  $m^3$  směsi a na jednu záměs,
- množství přísad v poměru k hmotnosti cementu,
- vodní součinitel betonové směsi a případně tlak vody do stříkací pistole,
- údaje o dávkování a jeho sledu, mísení, délce mísení, postup stříkaní betonové směsi při daném výrobním zařízení,
- ostatní údaje potřebné k dosažení požadovaných vlastností betonu.

Podle způsobu nástřiku se rozlišuje:

- suchý způsob nástřiku, kdy se voda přidává do suché či zavlhlé betonové směsi až v trysce zpravidla s přísadou urychlující tuhnutí a tvrdnutí,
- mokrý způsob nástřiku, kdy do mokré betonové směsi je v trysce přidáván vzduch a urychlující přísada nebo pouze urychlující přísada (při pneumatické dopravě směsi, tj. při dopravě tzv. řídkým proudem).

TABULKA 1

ROZLIŠOVÁNÍ SMĚSÍ PRO SUCHÝ A MOKRÝ STŘÍKANÝ BETON				
	suchý stříkaný beton			mokrý stříkaný beton
obsah vody v kamenivu	W < 0,2 %	zpravidla w = 2 - 4 % pásma rozptylu w = 1,5 - 5 %		w < 8 %
označení	suchá směs	dopravovaná vlhká směs	vlhká směs okamžitě používaná	mokrá směs (čerpaný beton)
pojivo	cement + přísady nebo suché pojivo pro nástřik	cement + přísady	vlhké pojivo pro nástřik	cement + přísady
přidání urychlovače	případně v míchačce	při stříkání	případně při stříkání	při stříkání
zhotovení směsi	výrobní nebo staveništění míchárna	výrobní nebo staveništění míchárna	průběžné míchání při stříkání	výrobní nebo staveništění míchárna (betonárka)
skladování	uzavřené (silo, pytle)	chráněné		chráněné
použitelnost	bez omezení	omezená použitelnost	bez omezení	omezená použitelnost
připravenost	předchozí dohoda podle potřeby	výroba dle dohody, zpracování v době skladovatelnosti (maximálně 1,5 hod)	výroba pro bezprostřední potřebu	výroba dle dohody zpracování v době skladovatelnosti (maximálně 1,5 hod)

TABULKA 2

SMĚRNÉ HODNOTY PRO SKLADBU SMĚSÍ		
	suchý stříkaný beton	mokrý stříkaný beton
cement - pojivo k nástřiku	320 - 400 kg/m <sup>3</sup>	360 - 420 kg/m <sup>3</sup>
přísady (např. popílek)	30 - 50 kg/m <sup>3</sup>	50 - 80 kg/m <sup>3</sup>
dávkování pojiva (cement + příměsi, pojivo pro nástřik)	350 - 400 kg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	400 - 460 kg/m <sup>3</sup>
vodní součinitel (voda/pojivo)		< 0,50
konzistence (míra tekutosti, roztečení)	podle pravidel	48 - 52 cm
obsah jemných prachových součástí		minimálně 550 kg/m <sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Při dávkování pojiva pod 340 kg/m<sup>3</sup> se výrazně snižuje přilnavost stříkaného betonu k nástřikové ploše

Pro zjištění vlivu přísad (urychlovače apod.) na pevnostní a technologické parametry betonu je nutno připravit a odzkoušet recepturu betonu a porovnat výsledky s výsledky provedenými na nulovém betonu (porovnávací beton bez přísad).

Z hlediska funkce se stříkaný beton dělí na (viz tabulka 3):

TABULKA 3

ROZDĚLENÍ STŘÍKANÝCH BETONŮ PODLE FUNKCE	
výplňový a ochranný	Úloha tohoto stříkaného betonu spočívá vesměs ve zřizování určité úpravy líce (např. podkladu pro fóliovou izolaci), výplně dutin (puklin, nadvýlomů) a uzavření povrchu horniny (např. utěsnění povrchu horniny proti vzdušné vlhkosti).
konstrukční	Úlohou konstrukčního stříkaného betonu je funkce zajištění nebo podepření. Používá se např. pro primární ostění podzemních staveb ražených podle NRTM (Nové rakouské tunelovací metody), zajištění stability čelby podzemních staveb nebo pro zajištění svahů stavebních jam a zpevnění stěn přírodních svahů. Součástí návrhu je i definice nárustu pevnosti v čase se zohledněním vlivu jednotlivých složek směsi (urychlovače tuhnutí apod.) na konečnou pevnost betonu. Požadavky na nárust pevnosti v čase musí odpovídat předpokládanému průběhu zatěžování primárního ostění.
pro zvláštní účely	Stříkaný beton pro zvláštní účely je používán např. pro primární ostění ražených staveb pod zástavbou a při nízkém nadloží, jednoplášťových ostění tunelů, podpůrných prvků svahů a líců výkopů.

#### 20.2.3.2 Požadavky na nárust pevnosti v čase

Jako mladý beton se uvažuje stříkaný beton do stáří 24 hodin. Z hlediska nárustu pevnosti a požadavků na pevnost se dělí mladý beton do třech oblastí  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ .

Oblast  $J_1$  je vymezena mezi "A" a "B".

Oblast  $J_2$  je vymezena mezi "B" a "C".

Oblast  $J_3$  leží nadmezí "C".

Mezi A, B a C viz obr. 2.

Nárust pevnosti v prvních minutách po nástřiku má, vedle významu pro nástřik nad hlavou v odpovídajících tloušťkách vrstev, také velký vliv na vývin prašnosti a na spad, protože při příliš rychlém nárustu pevnosti stříkaný beton bezprostředně po nanesení na stěnu ztvrdne a hrubší částice následujícího stříkaného betonu se již nemohou uložit a zhusnit. Proto nesmí měrná hodnota pevnosti po 2 minutách (např. zkouška penetrační jehlou) přestoupit hodnotu 0,2 MPa, aby se snížil vývin prachu a spadu za normálních poměrů pro nanášení stříkaného betonu. Při silném přítoku vody nebo při nevhodném povrchu podkladu je vyšší pevnost v prvních minutách potřebná, je však nutno přitom počítat krátkodobě se zvýšenou prašností a větším množstvím spadu.

Nárust pevnosti „mladého betonu“ se zjišťuje nepřímými zkušebními postupy (zpravidla vyhodnocením pevnosti na základě penetračních zkoušek). Doby měření a postup zkoušení je třeba přizpůsobit nárustu pevnosti stříkaného betonu, aby se zjistil co možná nejplynulejší průběh. Za směrodatné hodnoty jsou považovány doby měření po 6, 10 a 30 minutách a dále pak po 1, 2, 3, 6 a 24 hodinách). Zpravidla se prokazuje průběh od 6 minut do 6 hodin a po 24 hodinách. Průkaz pevnosti po 9 a 12 hodinách je potřebný jen ve zvláštních případech (např. u tunelů s nízkým nadložím pod zástavbou).

Stříkaný beton z oblasti  $J_1$  se hodí pro nástřik v tenkých vrstvách na suchý podklad bez zvláštních statických požadavků a je výhodný pro malou prašnost a malý spad.

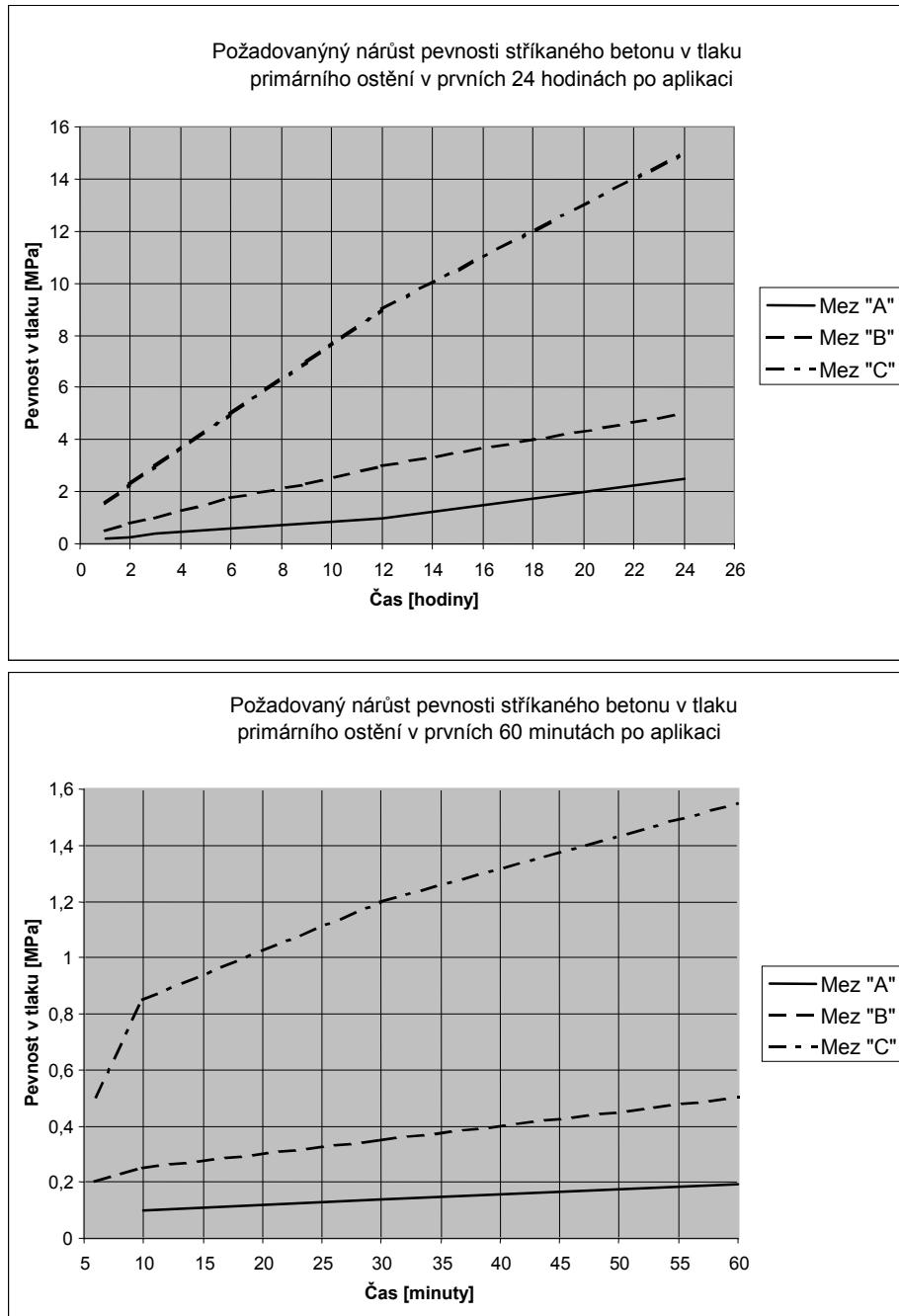
Stříkaný beton z oblasti  $J_2$  je požadován v případě, kdy má být beton nanesen co nejrychleji v silných vrstvách (i nad hlavou), při přítoku vody a v případech, kdy dochází k jeho okamžitému namáhání vlivem dalších činností při zajišťování stability výrubu (např. provádění vrtů pro kotvy, zahánění pažin, otřesy při trhacích pracích).

Požadavek na použití betonu z oblasti  $J_2$  je uplatněn také při rychlém nárustu zatížení horninovým tlakem, zemním tlakem nebo jinak vyvolaným přitížením.

Stříkaný beton  $J_3$  se používá pouze ve zvláštních případech (např. v silně porušené hornině, silném přítoku vody) z důvodu zvýšeného vývinu prachu a zvýšeného množství spadu.

Vysoké počáteční pevnosti betonu vyvolané použitím alkalických urychlovačů vedou zpravidla k vysokému poklesu konečné pevnosti oproti nulovému betonu (bez urychlovače). To je třeba zohlednit při stanovování třídy

pevnosti. Z důvodu velkého vlivu alkalických urychlovačů na konečnou pevnost betonu není použití těchto urychlovačů v případě betonů z oblasti J<sub>2</sub> vhodné a je možno je předepisovat jen ve zvláštních případech. Použití nealkalických urychlovačů neovlivňuje negativně konečnou pevnost betonu.



Obr. 2

#### 20.2.3.3 Složky betonové směsi - cement

Počátek tuhnutí cementu má být v rozmezí od 1,5 hodiny do 4 hodin.

Je třeba dbát vlivu teploty a chemického složení cementu na dobu reakce suché směsi (dobu zpracovatelnosti) a případně dobu zpracovatelnosti betonu vhodnou metodou přezkoušet.

Pro síranovzdorný stříkaný beton je třeba při výskytu vod s obsahem SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> nad 600 mg/l používat portlandský cement se zvýšenou síranovzdorností bez C<sub>3</sub>A.

#### 20.2.3.4 Složky betonové směsi - kamenivo

Pro stříkaný beton se používá kamenivo oblé (přirozené či přírodně těžené neupravované kamenivo) nebo ostrohranné (drcené) se zrnem tříděným do frakcí. Rozdělení frakcí zrn má být provedeno tak, aby byl zajištěn správný rozsah pásma celkové křivky zrnitosti podle tabulky 4. Zpravidla se předpokládá třídění do 4 mm a nad 4 mm.

TABULKA 4

Průměr oka síta [mm]	0,063	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	11,0
propad	min. [%]	2	8	18	30	45	65	85
	max. [%]	6	15	25	40	55	75	100

Největší zrna se volí v závislosti na účelu použití mezi 4 mm a 16 mm. V případě stříkaného betonu pro konstrukční využití se používá největší zrno  $\leq 11\text{ mm}$ .

Při mokrému stříkaném betonu je třeba sladit složení zrnitosti kameniva zejména s požadavky čerpatelnosti betonu.

Při použití drceného kameniva může být zvýšen nejvyšší přípustný podíl odplavitelných částic (podíl frakce  $< 0,063\text{ mm}$ ) oproti tabulce 4 max. o 5 %.

Při volbě kameniva je třeba dbát na to, že účinná pevnost kameniva (petrografické složení, soudržnost zrn, tvar a skladba zrn) ovlivňuje předepsanou pevnost stříkaného betonu.

Vlastnosti kameniva musí odpovídat účelu použití stříkaného betonu i složení betonové směsi (např. chemické reakce s jednotlivými složkami použité receptury).

#### 20.2.3.5 Složky betonové směsi - záměsová voda

Požadavky na záměsovou vodu se řídí normou ČSN EN 206-1 a normami souvisejícími.

#### 20.2.3.6 Složky betonové směsi - pojiva pro nástřík

Pojiva pro nástřík umožňují zřízení suchého stříkaného betonu se stanovenými požadavky na mladý stříkaný beton bez přidání urychlovače tuhnutí.

Pojiva k nástříku při kontaktu s vodou reagují velmi silně. Obvyklé míchání s vlhkým kamenivem proto není možné.

Na základě jejich rychlosti reakce se rozlišují dva druhy pojiv k nástříku:

- Suché pojivo k nástříku: Pojivo má dobu reakce **pod jednu minutu** a je proto použitelné pouze pro zřizování stříkaného betonu se suchým kamenivem (obsah vody  $w \leq 0,2\%$ , případně podle údaje výrobce). Skladování suché směsi je možné po delší dobu v silu (zásobníku).
- Vlhké pojivo k nástříku se stanovenou dobou reakce: Toto pojivo má stanovenou dobu reakce **od jedné do tří minut**. V důsledku stanovené doby reakce je použitelné také pro zřizování stříkaného betonu s přirozeně vlhkým kamenivem (obsah vody  $w$  zpravidla v mezích 2 až 4 %). Při použití vlhkého kameniva vyžaduje omezená doba zpracovatelnosti stanovit postup zpracování. Vlhké pojivo se smíchá s vlhkým kamenivem bezprostředně u čelby ve vhodném strojním zařízení a okamžitě se nanáší.

Pro pojiva k nástříku je třeba stanovit následující charakteristiky, popř. požadavky podle výsledků průkazních zkoušek:

- specifický povrch - průměrná hodnota, standardní (normová) odchylka pro specifický povrch podle Blainea smí dosahovat maximálně 5 % od příslušně (cementárnou) stanovené průměrné hodnoty,
- počátek tuhnutí nikdy nesmí klesnout pod 15 sekund,
- prostorová stálost,

- $\text{SO}_3 < 4,5 \%$ , v případě vody s obsahem  $\text{SO}_4^{2-}$  nad  $600 \text{ mg/l} < 3,5 \%$ ,
- Cl: maximálně 0,1 %,
- MgO: maximálně 5,0 %,
- $\text{AL}_2\text{O}_3$ : informační a charakteristická hodnota.

TABULKA 5

POŽADAVKY NA NÁRŮST PEVNOSTI V ČASE			
čas	nejnižší hodnota	minimum	poznámka
po 1 hodině	$\geq 0,5 \text{ Mpa}$	-	informační hodnota
po 6 hodinách	70 % z hodnot průkazných zkoušek	1,5 MPa	významná charakteristická hodnota
po 24 hodinách	70 % z hodnot průkazných zkoušek	12 MPa	charakteristická hodnota
po 28 dnech	80 % z hodnot průkazných zkoušek	32,5 MPa	charakteristická hodnota

#### 20.2.3.7 Složky betonové směsi - příměsi

S ohledem na zlepšení vlastností stříkaného betonu, jako je zpracovatelnost, lepivost, vývin prachu, odpad, pevnost a hutnost stříkaného betonu, jakož i na snížení vývinu tepla, je účelné přidávání hydratačně působících příměsí. Dosud se osvědčil jako příměs létavý popílek, ale také je možné i použití jiných příměsí (např. kremity prachový silikát, hutnický písek). Nejpříznivější poměr pojivo - příměsi se musí stanovit zkouškami vlastností. Celkový podíl příměsí a příasad smí dosahovat max. 35 % množství pojiva. Specifický povrch podle Blainea by měl být  $450 \text{ m}^2/\text{kg}$  a standardní odchylka od stanovené průměrné hodnoty smí dosáhnout max.  $25 \text{ m}^2/\text{kg}$ .

Při použití příměsí je třeba posoudit vhodnost jejich použití s dalšími složkami betonové směsi.

#### 20.2.3.8 Složky betonové směsi - příсадy

Pod pojmem příсадy jsou ve smyslu této kapitoly TKP rozuměny zejména:

- plastifikátory,
- urychlovače tuhnutí a tvrdnutí,
- ztekucovače,
- provzdušňující plastifikátory,
- provzdušňovače,
- zpožďovače tuhnutí,
- příсадy pro snížení vývinu prachu.

Účinnost příasad do betonu a jejich vzájemná snášenlivost je třeba prokázat zkouškami vlastností a kvality stříkaného betonu.

Pro příсадy musí mít k dispozici certifikát, protokol o zkouškách a doklad o zkouškách, které nejsou starší 3 let.

Pro všechny ostatní příсадy, (zpožďovače tuhnutí, stabilizátory atd.) je třeba, aby dodavatel vždy s odstupem dvou let prokázal nepřítomnost chloridů.

**Dlouhodobé zpožďovače začátku tuhnutí** zastavují hydratační reakci cementu po předem určenou dobu, zpravidla o několik hodin až maximálně do 3 dnů. Umožňují uložit v meziskladu jak suchou, tak i mokrou směs. V případě uložení mokré směsi nedochází ke snížení kvality nebo změně konzistence. Působení stanoveného dlouhodobého zpožďovače musí být zrušeno přidáním odpovídajícího urychlovače tuhnutí. Další průběh

tvrnutí a vlastnosti zatvrdlého betonu nesmí být dlouhodobým zpožděovačem negativně ovlivněny (např. poklesem pevnosti).

**Přísady pro snížení vývinu prachu a spadu** zlepšují pracovní podmínky, zejména při nasazení vysušeného kameniva. Přidávané množství je třeba stanovit ověřovacími zkouškami. Ostatní vlastnosti stříkaného betonu nesmí tím být negativně ovlivněny. Přidávání je třeba přizpůsobit používanému způsobu stříkaní.

#### 20.2.3.9 Složky betonové směsi - urychlovače

Urychlovače tuhnutí se používá v kombinaci s vhodným druhem cementu a případnými dalšími přísladami. V současnosti se používají bezalkalické (preferované) nebo alkalické urychlovače tuhnutí. Ve zvláštních případech (např. při silném výronu vody na ploše nástřiku) může být použito nealkalického urychlovače tuhnutí v kombinaci se speciálním pojivem k nástřiku.

Pro urychlovač tuhnutí musí být k dispozici výsledky průkazní zkoušky, provedené akreditovanou zkušebnou, které nejsou starší tří roků.

Používané příslady musí být s používaným cementem odzkoušeny včas před zahájením prací z hlediska účinků urychlování tuhnutí, počátku tvrnutí a nárůstu pevnosti v čase, vlivu na konečnou pevnost a z hlediska síranovzdornosti (pokud je požadována). K tomu se použijí laboratorní zkušební metody. Laboratorní zkoušky poskytují dobré směrné hodnoty o chování navržené směsi v podmínkách výstavby, ale nemohou zohlednit veškeré vlivy působící během realizace. Proto nemohou nahrazovat kontrolní zkoušky na vzorcích prováděné na vzorcích odebraných na stavbě přímo z ostění.

Průkazní zkoušky musí stanovit pro danou recepturu maximální přípustné dávkování urychlovače.

#### 20.2.3.10 Nealkalické urychlovače tuhnutí

Z hlediska dodržení požadovaných hygienických podmínek na pracovišti je třeba omezit hodnotu pH roztoku nebo suspenze urychlovače v rozmezí od 3,0 do 8,0 pH. Požadavky viz tabulka 6.

TABULKA 6

POŽADAVKY NA NEALKALICKÉ URYCHLOVAČE	
dávkování (práškové, tekuté)	Zpravidla 4 až 8 % (u tekutých urychlovačů obsah pevných látek $\leq 5\%$ z pojiva)
ekvivalent Na <sub>2</sub> O	< 1,0 %
obsah sulfátů (síranů) jako SO <sub>3</sub>	$\leq 4,5\%$ v součtu s použitým cementem
obsah sulfátů jako SO <sub>3</sub> pro síranovzdorný stříkaný beton (voda s obsahem síranů SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> nad 600 mg/l)	$\leq 3,5\%$ v součtu s použitým cementem nebo pojivem k nástřiku
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pro síranovzdorný stříkaný beton (voda s obsahem síranů SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> nad 600 mg/l)	$\leq 2,0\%$ nebo průkaz síranovzdornosti na ověřovacím stříkaném betonu a stříkaném betonu stavebního díla
snížení (pokles) pevnosti	$\leq 10\%$

#### 20.2.3.11 Alkalické urychlovače tuhnutí

Urychlovače na bázi alkalického hlinitanu se mohou přidávat v práškové nebo tekuté formě vhodným dávkovacím zařízením.

Dávkování urychlovačů má být nízké. Jako směrné hodnoty pro stříkaný beton J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> platí hodnoty uvedené v tabulce č. 7.

TABULKA 7

Typ urychlovače	doporučené dávkování	maximální hodnota
práškový urychlovač tuhnutí	6 - 8 % hmotnosti pojiva	10 %
tekutý urychlovač tuhnutí	5 - 7 % hmotnosti pojiva	8 %

Pokles pevnosti stříkaného betonu s potřebným dávkováním urychlovače oproti porovnávacímu (nulovému) betonu bez přísady nesmí přestoupit ve stáří 7 nebo 28 dnů, (nezávisle na dosažené konečné pevnosti) hodnoty uvedené v tabulce 8

TABULKA 8

typ urychlovače	přípustné hodnoty	maximální hodnota
práškový urychlovač tuhnutí	30 - 40 %	45 %
tekutý urychlovač tuhnutí	20 - 25 %	30 %.

Při výskytu vody s obsahem  $\text{SO}_4$  vyšším než 600 mg/l nesmí obsah ve vodě rozpustných  $\text{Al}_2\text{O}_3$  při potřebném dávkování cementu nebo pojiva přestoupit hodnotu 0,6 % (vztaženo na pojivo), případně při překročení této mezní hodnoty je třeba provést přezkoušení na porovnávacím stříkaném betonu nebo stříkaném betonu konstrukce. Při průkazních zkouškách je třeba provádět ověření s maximálním na stavbě přípustným dávkováním.

#### 20.2.3.12 Stříkaný beton s rozptýlenou výztuží

Stříkaný beton s rozptýlenou ocelovou výztuží je stříkaný beton, do kterého se přidávají vhodná ocelová vlákna v min. množství 30 kg /  $\text{m}^3$  nastříkaného betonu, aby se dosáhlo zvláštní vlastnosti mladého i vyzrálého betonu. Velikost kameniva nemá přestoupit 8 mm. Kromě ocelových vláken je možno použít vlákna skleněná, polymerová a karbonová. Přitom je třeba dbát na to, že zpracování a technologický postup je specifický pro každý materiál použitých vláken.

Přidáním ocelových vláken lze ovlivnit tyto vlastnosti stříkaného betonu:

- zvýšit únosnost konstrukce zejména při namáhání na ohyb,
- omezit velikost rozevření trhlin,
- nahradit běžně používanou výztuž (sítě, pruty) v tenkých nebo nepravidelných vrstvách stříkaného betonu,
- zlepšit homogenitu vyloučením stínů v nástříku, následkem vynechání výztuže apod.

Tvar a délka vláken se řídí podle oblasti použití (tloušťka stříkaného betonu, žádaná úprava líce, technologie nástříku betonu, průměr dopravních přívodů apod.).

Obvyklá délka vláken je 30 mm. V nastříkaném betonu je poněkud menší podíl vláken než ve výchozí směsi. Proto je třeba obsah vláken nastříkaného betonu v pravidelných intervalech přezkoušet.

Ocelová vlákna se přidávají do suché nebo mokré směsi v rozptýleném stavu. Přidávání do suché směsi lze provádět v míchárně, v pojízdné míchačce nebo ve stříkacím stroji. Cílené a řiditelné přidávání do stříkacího stroje nebo přímo do přívaděného proudu směsi lze zajistit vhodným dávkovacím zařízením. Při stanovení doby míchání a zpracování je třeba dbát údajů výrobce.

Pro stříkaný drátkobeton je nutno použít minimálně beton třídy C20/25 s vodním součinitelem  $w/c < 0,5$ .

Při vzniku pracovních spár nelze docílit „přesahovou délku“ vláken. Proto musí být již v projektu stanovena poloha pracovních spár, nebo se musí navrhnut doplňující opatření pro napojení výztuže, resp. vytvoření dostatečně únosného spoje v místě spáry.

Konkrétní podmínky použití a požadované vlastnosti stříkaného drátkobetonu pro tunelové stavby, rekonstrukce nebo opravy určuje dokumentace, resp. ZTKP.

## **20.2.4 Ocel**

Ramenáty z válcovaných profilů a typová korýtková výztuž se používá pouze s prohlášením o shodě.

Pro betonářskou výztuž a příhradové ramanáty z betonářské oceli platí kapitola 17 TKP.

## **20.2.5 Injektážní směsi**

Pro kvalitu injektážních směsí platí ustanovení uvedená v kapitole 24 TKP.

## **20.2.6 Materiál pro zděné konstrukce**

Stavební kámen pro zděné konstrukce se používá pevnostní třídy nejméně 40 podle ČSN 72 1860, který vyhoví 25 zmrazovacím cyklům podle ČSN 72 1156.

Kámen vhodný pro opravy a rekonstrukční práce se použije s vyšší objemovou hmotností, nízkou póravitostí, tj. kámen hutný, pevný a málo nasákový.

Pevnost kamene v tlaku musí být nejméně desetinásobkem namáhání, s nímž se počítá ve statickém výpočtu.

Jednotnost zbarvení kamene nemusí být pro zdivo podzemních staveb dodržena, vyjma zdiva portálů.

Malty pro zdění a spárování kamenného zdiva musí mít pevnost v tlaku nejméně 10 MPa (ČSN 74 2430).

## **20.2.7 Dílce**

Pro kvalitu prefabrikovaných dílců platí kapitola 17 TKP.

## **20.2.8 Izolace**

Pro izolaci tunelů a jiných podzemních staveb mohou být použity pouze výrobky k tomuto účelu určené. Požadavky na materiál izolace určuje projekt, výběr izolačního materiálu schvaluje odbor stavební ředitelství divize dopravní cesty. Projektem navržená izolace musí splňovat požadavky uvedené v tabulce 9.

Izolační fólie musí mít signální vrstvu, která umožňuje vizuální kontrolu případného mechanického poškození izolace při následně prováděných pracích v tunelu (osazování výztuže, montáž bednicího vozu apod.)

Barva signální vrstvy bývá zpravidla světlá a v každém případě musí zřetelně kontrastovat s barvou materiálu izolační fólie. Signální vrstva je nanesena v malé tloušťce na materiál vlastní izolace a nesmí být započítána do minimální požadované tloušťky izolace. Materiál signální vrstvy nesmí negativně ovlivňovat svařitelnost a snižovat pevnost svaru izolační fólie.

Materiál izolační fólie musí dlouhodobě odolávat působení podzemní vody a ostatním vnějším činitelům (agresivita prostředí, prorůstání kořenů apod). Při deformačním namáhání vlivem smrštování, teplotních změn a nerovnoměrného sedání jednotlivých částí konstrukce nesmí fólie ztratit požadované ochranné parametry.

TABULKA 9

POŽADOVANÉ PARAMETRY MATERIÁLU IZOLAČNÍ FOLIE		
Všeobecné vlastnosti	materiál bez bublin, trhlin a sraženin	
Celková tloušťka	2,0; 2,5 a 3,0 mm	
Pevnost na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\geq 10 \text{ MPa}$	
Protažení na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\geq 200 \%$	
Chování svarového spoje při trhací zkoušce	přetržení materiálu mimo oblast svaru	
Chování při namáhání vodním tlakem	těsný při zkušebním tlaku 0,5 MPa působícím po dobu 72 hodin	
Chování při zkoušce na proražení	těsný při výšce pádu zkušebního tělesa 750 mm	
Chování při ohýbání za studena	bez trhlin	
Chování po uskladnění za teploty $80^{\circ}\text{C}$	stav	bez puchýřků a bublin
	změna rozměrů v podélném a příčném směru	$\leq 3 \%$
	změna pevnosti na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\pm 20 \%$
	změna protažení na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\pm 20 \%$
	ohýbání za studena	bez trhlin
Chování po uskladnění ve vodě	změna pevnosti na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\pm 20 \%$
	změna protažení na mezi trhlin v podélném a příčném směru	$\pm 20 \%$
	ohýbání za studena	bez trhlin

Změkčovadla nebo jiné přísady použité pro modifikaci fólií z plastů musí působit trvale s ohledem na specifické předpoklady daného objektu a nesmí negativně ovlivňovat požadované vlastnosti materiálu.

Požadavky na požární odolnost:

- teplota kouře  $< 200^{\circ}\text{C}$ ,
- vývin kouře po dobu 10 min  $< 400 \%$ ,
- požární odolnost B2 dle DIN 4102.

Pro izolační pásky musí být zvolen takový materiál, při jehož tepelném namáhání (hoření) nedochází k uvolňování toxických látek.

Upevňovací prvky (např. nastřelovací terče) musí být s materiélem použité izolační fólie dobře svařitelné a vzájemně se musí dlouhodobě snášet. Je vhodné používat izolační pásky a upevňovací prvky od jednoho výrobce. Pokud jsou použity upevňovací prvky a izolační pásky různých výrobců, musí výrobce izolačního pásu odsouhlasit vhodnost použití upevňovacích prvků.

## 20.2.9 Odvodnění

Pro odvodnění tunelů smí být používány pouze výrobky k tomuto účelu určené, které odpovídají příslušným normám, předpisům i konkrétním podmínkám stavby.

Odvodňovací potrubí musí bez poškození snášet vnitřní přetlak 12 MPa (čištění tlakovou vodou).

Částečně děrované drenážní trubky musí mít pro zajištění správné polohy při ukládání buď patu (v případě klenbového tvaru s rovným dnem) nebo odpovídající označení vrcholu (u kruhových profilů).

Odvodňovací plastové potrubí musí být uvnitř, v místech mimo spoj, zcela hladké.

## 20.3 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ

### 20.3.1 Všeobecně

Pro veškeré činnosti spojené s výstavbou tunelu je nutno vypracovat technologický postup. Práce mohou být zahájeny až po projednání a odsouhlasení technologického postupu kompetentním zástupcem zadavatele (např. stavební dozor). Schválení si může vyhradit odbor stavební ředitelství divize dopravní cesty.

### 20.3.2 Ražení tunelů

#### 20.3.2.1 Ražba pomocí NRTM - technologická třída výrubu

Pojem „technologická třída výrubu“ rozšiřuje pojem „třída výrubu“ uvedený v ČSN 73 7508. Při ražbě tunelu pomocí NRTM je ražený úsek v celé délce posouzen z geotechnického hlediska a je provedeno rozdelení do kvazihomogenních celků. Ražba a způsob zajištění výrubu je v každém z celků jednoznačně popsána technologickou třídou výrubu. Definice technologických tříd výrubu musí být součástí projektu stavby a technologického postupu prací zhotovitele (viz např. §23 vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

Technologická třída výrubu musí jednoznačně určit:

- způsob členění výrubu (vertikální, horizontální, počet dílčích výrubů apod.),
- maximální délku záběru v každém z dílčích výrubů,
- tloušťku primárního ostění, parametry betonu a výztuže (nárůst pevnosti betonu v čase, konečná pevnost betonu, velikost ok sítí, počet vrstev sítí, způsob osazování apod.),
- geometrické schéma systémového kotvení, typ, délku a požadovanou únosnost kotev, požadavky na předpínání kotev apod.,
- maximální přípustnou vzdálenost provádění systémového kotvení od čelby. Vzdálenost se udává se zpravidla počtem záběrů od čelby (příklad: Kotvení musí být provedeno nejpozději v druhém záběru od čelby). Pro případ přerušení ražby je nutno kromě vzdálenosti kotvení od čelby uvést i čas, kdy musí nejpozději dojít k provedení kotvení, aby nedošlo k dlouhodobému stavu bez dostatečného zajištění stability výrubu,
- způsob zajištění stability čelby (stříkaný beton, kotvení, čelový klín apod.) včetně požadovaných parametrů prvků zajištění,
- maximální přípustnou vzdálenost čeleb dílčích výrubů, resp. požadavek na uzavření profilu primárního ostění,
- opatření prováděná v předstihu pro zvýšení stability výrubu (jehlování, předhánění pažin, mikropilotový deštník, trysková injektáž, zmrazování, vakuovaní apod.),
- maximální a minimální rychlosť ražby (s ohledem na předepsaný nárůst pevnosti v čase primárního ostění),
- předpokládanou velikost deformace výrubu, resp. primárního ostění,
- případná další opatření či omezení bezprostředně související s ražbou a zajištěním výrubu.

Technologická třída výrubu hraje významnou roli nejen pro vlastní provádění tunelu, ale má zásadní význam pro stanovení jeho ceny. Proto je třeba návrhu technologických tříd výrubu věnovat maximální pozornost a při návrhu zajištění výrubu využít všech dostupných podkladů a zkušeností. Na základě výsledků inženýrskogeologického (dále IG) průzkumu je provedena prognóza zastoupení technologických tříd výrubu

v rámci raženého úseku tunelu. Na základě prognózy technologických tříd výrubu je možno sestavit časový harmonogram prací, projekt geotechnických měření a stanovit objem prací a materiálu jako podklad pro stanovení ceny běžného metru tunelu zajištěného podle technologické třídy výrubu.

Skutečná cena tunelu je pak závislá na přesnosti prognózy procentuelního zastoupení technologických tříd výrubu (porovnání předpokládaných a skutečně zastižených IG podmínek).

Při vlastní ražbě je možno na základě skutečně zastižených IG poměrů provádět změny nejen v procentuelním zastoupení tříd výrubu, ale i ve způsobu zajištění výrubu v rámci technologické třídy výrubu (úprava systému kotvení, jehlování apod). Každá taková změna má dopad (pozitivní nebo negativní) do času výstavby a ceny tunelu. Proto musí být veškeré úpravy protokolárně zaznamenány do záběrových listů (viz příloha 1) a odsouhlaseny kompetentním zástupcem zadavatele (stavební dozor).

Zásady uvedené v tomto odstavci platí v přiměřeném rozsahu i pro ostatní tunely ražené cyklickou ražbou (např. metoda obvodového vrubu apod.)

### 20.3.2.2 Ostatní tunelovací metody

V případě tunelů ražených kontinuální ražbou (TBM) nebo štitováním (viz kapitola 20.1.3 Rozdelení tunelů) je technologický postup závislý na volbě konstrukce štítu, způsobu pažení čelby (bentonitové, zeminové štíty apod.) a mnoha dalších faktorech. Požadavky na technologický postup určuje dokumentace, resp. ZTKP.

## 20.3.3 Primární ostění tunelu

### 20.3.3.1 Všeobecně

Pod pojmem "primární ostění tunelu" je pro potřeby těchto TKP uvažován takový komplex opatření, která vedou k dočasnemu zajištění stability výrubu při současném dodržení průběhu deformací výrubu pod předpokládanými mezními hodnotami. Mezi prvky primárního ostění patří:

- stříkaný beton,
- výztužné sítě,
- ocelové ramenáty ,
- kotvy (svorníky),
- předháněné jehly, pažiny nebo mikropiloty,
- v předstihu prováděné zlepšování masivu (injektáž, trysková injektáž, vakuování, zmrazování apod.).

V rámci primárního ostění musí být jednotlivé prvky navrženy tak, aby způsob zajištění výrubu odpovídal předpokládaným (resp. skutečně zastiženým) inženýrskogeologickým poměrům, požadavkům na konstrukci primárního ostění jako celku a umožňoval ekonomické provádění podzemního díla za dodržení všech bezpečnostních opatření.

Plochy se silným přítokem vody určené pro nástřik nosné konstrukce primárního ostění musí být předem vhodně upraveny (např. předběžným těsnicím nástřikem, vybudováním organizovaného svodu apod.). Bez těchto opatření nesmí být nástřik ostění proveden.

Při statickém návrhu ostění je vhodné preferovat zvýšení tloušťky stříkaného betonu před zvyšováním množství výztuže. Případy navrhování ostění ze stříkaného betonu s tloušťkou nad 40 cm je třeba minimalizovat.

Napojování ostění ze stříkaného betonu je třeba omezit na místa nezbytně nutná a styky umístit pokud možno mimo oblasti namáhané ohybovým momentem.

Minimální tloušťka stříkaného betonu primárního ostění plnícího nosnou funkci je 10 cm.

Při využití ostění dvěma vrstvami výztuže smí být druhá vrstva výztuže osazena až po zastříkání prvej vrstvy výztuže.

### 20.3.3.2 Nanášení stříkaného betonu suchým způsobem

Nanášení se má provádět po vrstvách rovnoměrnými pohyby, aniž by se přerušovala spojitost nanášení stříkaného betonu. Struktura betonu má být hutná, povrch uzavřený a má vykazovat pokud možno rovnoměrnou a plošně rovinou skladbu.

Při velkých tloušťkách stříkaného betonu je nutno tyto nanášet ve dvou nebo více vrstvách, aby se zabránilo odpadávání čerstvého betonu. To platí zejména při nástřiku nad hlavou. Při větších časových přerušeních nástřiku jednotlivých vrstev a dílčích ploch pro dosažení požadované celkové tloušťky se musí stará vrstva stříkaného betonu očistit směsí stlačeného vzduchu a vody a případně navlhčit. Nástřik se provádí od spodu nahoru, aby se vyloučilo zastříkávání napadaného spadu u paty ostění.

S ohledem k přepravnímu výkonu a přepravní rychlosti je třeba udržovat odstup stříkací trysky od podkladu v závislosti na množství vzduchu ve vzdálenosti mezi 1 až max. 2 m. Úhel nástřiku, tj. úhel směru trysky k ploše nástřiku, má být pokud možno kolmý. Zmenšení nebo překročení doporučeného odstupu trysky, případně šikmé odklonění trysky od podkladu nástřiku snižuje kvalitu stříkaného betonu a zvyšuje spad.

Správné dávkování pojiva nebo urychlovače, které je stanoveno průkazními zkouškami, může být mírně přizpůsobeno místním poměrům (stav podkladu nástřiku, vliv meziročního kolísání teploty, vlhkosti podkladu, četnosti a vydatnosti výronů vody apod.)

Při obzvlášť nepříznivých podmínkách a za předpokladu časově omezeného nasazení (např. při silném výronu vody) může být nutné dodatečné přimíchání práškového urychlovače tuhnutí, které však musí být v souladu s ostatními použitými složkami receptury betonové směsi.

Vliv na množství vznikajícího spadu má:

- skladba směsi (velikost zrna, stavba zrn, dávkování pojiva a příslad),
- výstupní rychlosť na trysce (množství dopravního vzduchu),
- tloušťka vrstvy stříkaného betonu,
- upevnění výztužních sítí k ramenátům či lící výrubu (rozkrmitání sítě zvyšuje spad),
- vlastnosti podkladu,
- vedení stříkací trysky (vzdálenost a úhel vzhledem k podkladu),
- technologická kázeň při provádění nástřiku.

Neupravený spad a zbytky směsi při přerušení prací se nesmí pro stříkaný beton znovu použít.

Výztuž a zabudovávané ocelové prvky musí být dostatečně upevněny, aby při záštřiku nedocházelo k jejich rozvibrování. Při zastříkávání výztuže i systémových ocelových prvků jako např. ocelových oblouků, ocelových nosníků, pažicích plechů, trubek apod., nelze zcela vyloučit vznik stínů ve stříkaném betonu. Odborným vedením trysky lze však tyto stínů podstatně omezit.

Pokud se má provést výztuž ve dvou vrstvách, smí se druhá vrstva výztuže osadit teprve tehdy, když je první vrstva výztuže zastříkána.

Při provádění stříkaného betonu po dílčích plochách, resp. při napojování na stávající konstrukce ze stříkaného betonu nebo na stávající ocelové prvky, je třeba dbát na odborné navázání na stávající plochy stříkaného betonu. Je třeba vyloučit plošné změny tloušťky u prováděného stříkaného betonu. Výztuž (sítě) musí být před stykováním přesahem očištěna od zbytků stříkaného betonu prováděného v předchozím kroku (záběru). Sítě mají být stykovány tak, aby se v místě styku jednotlivé pruty sítě překrývaly a nedocházelo ke zmenšení velikosti oka.

Nízké teploty podkladních ploch nástřiku, především při zmrzlé hornině, zemině nebo ledu, vyžadují zvětšení tloušťky stříkaného betonu o 2 až 3 cm (nutno posoudit pro konkrétní způsob použití).

Zpracování stříkaného betonu při teplotě vzduchu a podkladu nižší než +5 °C vyžaduje doplňující opatření. Minimální teplota směsi se doporučuje +15 °C. Jako účinná opatření pro zajištění optimální teploty směsi se hodí ohřívání přídavné vody až do maxima 50 °C nebo zahřívání kameniva, resp. směsi.

Při zvýšené teplotě stříkaného betonu jsou potřebná zvláštní opatření při ošetřování.

Následné ošetření stříkaného betonu je potřebné jen tehdy, pokud jsou požadovány zvláštní vlastnosti (např. stříkaný beton pro trvalé konstrukční účely, pro opravy a zesilování konstrukcí, stříkaný beton v tenkých vrstvách) nebo se vyskytují zvláštní okolnosti (sílné vysušování). V takových případech se povrchy stříkaného betonu udržují vlhké přednostně nepřímo pomocí zavěšeného dostatečně máčeného krytu (např. tkaninou) nebo se dostatečně postřikují ošetřovacím prostředkem.

#### 20.3.3.3 Nanášení stříkaného betonu mokrým způsobem

Nanášení betonu mokrým způsobem se provádí zpravidla pomocí dálkově řízeného stříkacího ramene (manipulátoru), protože v důsledku velké váhy hutného proudu dopravovaného čerstvého betonu a těžkého stříkacího vybavení (pistole) není ruční obsluha řízení trysky možná. Mechanická stříkací ramena umožňují při použití větších průměrů přívodů a strojů s vyšším výkonem případně vyšší výkony nanášení. Podmínkou je příprava dostatečně veliké souvislé plochy pro nástřik.

Odstup a směr trysky, jakož i rychlosť příslunu směsi, mohou být optimalizovány operátorem pro jakýkoliv případ použití. Operátor trysky se pohybuje stranou od nastříkávané plochy a tím mimo přímý prostor odráženého spadu a prachu. Zaujmá místo podle typu stroje v řídícím stanovišti na nosiči ramene nebo se volně pohybuje po dně výrubu s řídícím modulem. Tím je pro operátora zaručena vyšší pracovní hygiena a bezpečnost. Velký odstup s horším dohledem operátora na plochu nástřiku a vysoký výkon při nástřiku ztěžuje provádění rovnoměrného povrchu a tloušťky stříkaného betonu. V nebezpečných podmírkách se tak ulehčuje provádění nástřiku pomocí málo rizikového vedení trysky v místě nástřiku.

#### 20.3.3.4 Vyztuž primárního ostění

Jako vyztuž primárního ostění se používají sítě s minimální velikostí oka  $\geq 100 \times 100$  mm (doporučeno  $150 \times 150$  mm) o průměru prutů do 10 mm.

Sítě v místech přesahu musí být na sebe položeny tak, aby se jednotlivé pruty pokud možno kryly. Zamezí se tak vytváření stínů zmenšením ok překrytím (v krajním případě až na polovinu jejich původních rozměrů).

Staticky nutné příložky z prutové vyztuže se ukládají pokud možno jen ke každému druhému podélnému nebo příčnému prutu sítě. Průměr prutů příložek se zpravidla omezuje na max. 14 mm.

Pokud není stanoveno jinak, je minimální krytí vyztuže 20 mm. V případě výskytu agresivních vod se minimální krytí zvyšuje na 35 mm.

#### 20.3.3.5 Kotvy a kotvení

Pod pojmem "kotva" se pro účely této kapitoly TKP rozumí i svorník.

Hlavní funkcí kotev v primárním ostění je přechodné nebo trvalé zvýšení stability výrubu. Kotvy mohou být prováděny jako předem předpínané nebo bez předpětí.

Podle způsobu provádění a upevnění kotvy v horninovém masivu rozeznáváme:

- Kotvy prováděné do zálivky (např. cementová zálivka, speciální druhy malt apod.). Jedná se o kotvy osazované do předem odvrťaných a vodou nebo stlačeným vzduchem vyčištěných vrtů. Do vrtu je následně od jeho konce začerpána injektážní směs a do ní zatlačena kotva. Přenos sil mezi kotvou a horninou probíhá po celé délce zabudované části kotvy. Pro materiál kotev je zpravidla používána betonářská žebírková ocel příslušného průměru. Kotvy jsou na konci opatřeny závitem, kotevní deskou a matkou. Po zatvrdení zálivky je nutno dotáhnout matky tak, aby kotevní deska dosedala na líc primárního ostění (např. kontrola poklepem). Kotva je plně funkční po dosažení požadovaných parametrů zálivky.
- Obdobou kotev prováděných do zálivky jsou kotvy injektované od ústí vrtu. K tyči kotvy je po celé délce upevněna hadička, která při injektování odvádí vzduch z vrtu a signalizuje zaplnění vrtu injektážní směsí (směs vytéká z hadičky).
- Kotvy lepené. Používá se zpravidla dvousložkových lepidel aktivovaných vsazením kotvy do vrtu. Používají se zejména tam, kde např. přítoky vody nedovolují použití zálivky a je nutno kotvu co nejrychleji aktivovat. Kotva je plně funkční po dosažení požadovaných parametrů lepidla.

- Kotvy hydraulicky upínatelné. Principem je aktivace kotvy třením na plášti po hydraulickém rozepnutí profilu kotvy. Kotvy jsou vzhledem ke způsobu aktivace vhodné do pevnějších hornin. Kotva je plně funkční ihned po aktivaci ve vrtu. S časem může její únosnost klesat. V případě použití tohoto druhu kotev je zvláště nutné prokázat požadovanou únosnost kotvy po dobu předpokládaného využití v ostění. Vlivem dotvarování líce vrtu může dojít ke snížení plášťového tření a tím i únosnosti kotvy. Průkazní zkoušky je nutno provádět s časovým odstupem od osazení kotvy, který je závislý na geologických vlastnostech horninového masivu a který musí být určen v projektové dokumentaci, resp. v technologickém postupu prací.
- Kotvy samozavrtávací. Osazování kotev je prováděno se "ztracenou korunkou" a kotvy jsou používány zpravidla tam, kde je problematické udržet stabilitu líce vrtu. Injektáž je prováděna od vrtné korunky otvorem v tyči kotvy. Přenos sil je po celé délce zabudované části kotvy. Kotva je plně funkční po dosažení požadovaných parametrů injektážní směsi.
- Kotvy na principu mechanicky upínatelných svorníků. Zpravidla se jedná o kotevní tyč upevněnou v hornině v místě kořene a hlavy kotvy.

Použití jiných typů kotev je nutno projednat s kompetentním zástupcem zadavatele.

Kotvení se provádí buď jako systémové (plošné) kotvení ke zpevnění horniny a zlepšení jeho samonosnosti, nebo jako jednotlivé kotvení k bodovému (lokálnímu) zajištění částí horniny v místech s nebezpečím ztráty stability (např. v místech s nepříznivým sklonem vrstev, bloků apod.).

Druh, délka, profil, počet a rozmístění kotev po obvodu ostění (případně velikost předpětí) je v projektové dokumentaci dáné pro příslušnou technologickou třídu výruba. Na základě skutečně zastižených inženýrskogeologických poměrů a výsledků geotechnických měření mohou být tyto parametry dále upraveny tak, aby navržený systém zajištění výruba splňoval požadavky na ekonomické a bezpečné provádění ražby. Odsouhlasení odchylek od projektem předepsaného systému kotvení (počet, délka, typ, rozmístění kotev a pod.) je provedeno za účasti odpovědných zástupců zúčastněných stran a protokolárně zaznamenáno v záběrovém listu (viz příloha 1).

Vrty pro kotvy se uspořádají a provedou tak, aby okolní hornina byla co nejméně narušena a aby nebyla nepříznivě ovlivněna soudržnost mezi kotvou a stěnou vrtu. V horninovém prostředí citlivém na obsah vody (bobtnání a degradace horniny, snižování smykových parametrů v pulinách apod.) může být např. nevýhodné proplachování vrtu vodou.

Před osazením kotvy musí být vrt vyčištěn (stlačeným vzduchem, vodou apod.).

Hlavy kotev mohou být zastříkány do betonu primárního ostění nebo mohou být umístěny na jeho lici. Umístění kotev v primárním ostění určuje projekt a je součástí technologické třídy výruba. Hlavy kotev nesmí být přestříkány dříve, než je provedeno přebrání kotev ze strany zadavatele, resp. než jsou provedeny případné zkoušky kotev.

Předpjaté kotvy se při stavbě tunelů používají jen ve zvláštních případech při velkém rozpětí výruba (např. u tunelových rozpletů v místě odbodení). Před betonáží definitivního ostění se má předpětí předpjatých kotev, které jsou svou konstrukcí určeny jen k přechodnému použití, uvolnit, pokud tím nebude narušena stabilita díla.

Největší směrová odchylka v nejhlbším místě vrtu oproti žádané poloze nesmí být větší než 3 % délky vrtu.

### 20.3.3.6 Ramenáty

Jako součást zajištění výruba se používají příhradové nebo plnostěnné ramenáty. Volba typu ramenátu závisí na individuálních podmírkách konkrétní stavby, přičemž je při výběru typu nutno zohlednit následující kritéria:

- Zajištění výruba je provedeno za použití stříkaného betonu nebo bez něho (pro technologii stříkaného betonu se lépe hodí ramenáty z příhradových nosníků, plnostěnné nosníky jsou zase vhodnější pro hnané pažení nebo jako ocelová výstroj bez nástřiku).
- Ražba v nestabilních materiálech s nutností okamžitého podepření líce výruba (plnostěnné nosníky představují stabilnější zajištění než nosníky příhradové, které jsou plně využitelné až po zastříkání betonem).
- Konstrukční výška nosníků z hlediska teoretické nebo skutečné tloušťky stříkaného betonu (staticky srovnatelné plnostěnné nosníky mají obvykle nižší konstrukční výšku než nosníky příhradové).

- Těsnost z hlediska pronikání podzemní vody nebo ztráty vzduchu při ražení pod ochranou stlačeného vzduchu (příhradové nosníky dosahují lepší soudržnosti se stříkaným betonem a primární ostění má obvykle menší propustnost než při použití plnostěnných nosníků).
- Vytváření dutin (stínů) při nástřiku (v případě použití plnostěnných profilů je pravděpodobnost vzniku dutin a stínů větší, než při použití příhradových ramenátů.).
- Poddajnost v lokálně omezeném rozsahu s ohledem na přetvárnost primárního ostění (při osazování ramenátů vykazují příhradové nosníky větší schopnost přizpůsobit se případným nepřesnostem než nosníky plnostěnné).
- Hmotnost ramenátů z hlediska velikosti průřezu výrubu a možnosti jejich osazování během ražby (plnostěnné nosníky jsou těžší, než příhradové).
- Citlivost ramenátů na poškození (příhradové nosníky v nezastříkaném stavu se mohou snáze poškodit než nosníky plnostěnné).

Pro usnadnění montáže jsou ramenáty rozděleny na jednotlivé díly spojené ve styčnících zpravidla šroubovými spoji. Spoje musí být dimenzovány tak, aby jejich únosnost nesnižovala celkovou únosnost rámu.

Při použití korýtkové výztuže musí být ramenát osazen tak, aby bylo umožněno jeho dokonalé vyplnění stříkaným betonem (uzavřenou stranou směrem do hory).

Pokud je ramenát součástí primárního ostění ze stříkaného betonu, musí být při osazování dbáno na to, aby byl mezi ramenátem a lícem výrubu dostatečný prostor (doporučeno min. 50 mm) pro vyplnění betonem. Tak je dosaženo lepšího roznášení zatížení v ostění. Přímý kontakt ramenátu s obnaženým lícem výrubu je nezádoucí.

V konečném provedení musí být ramenáty plně zastříkány betonem. Tím je docíleno pevného kontaktu s horninovým masivem a je zamezeno jejich vybočení. Pokud je nutné minimalizovat sedání, je možno ramenáty "předepnout" proti lící výrubu pomocí lisů.

Při členění výrubu na jednotlivé dílků výruby jsou paty ramenátů osazovány pokud možno na rostlou horninu. Pokud není možné tento požadavek dodržet, je nutné paty osadit na pevný podklad a zamezit posunu paty, který by vedl k nezádoucímu nárůstu deformací. Je zakázáno pro podložení pat ramenátů používat volně sypanou rubaninu nebo jiný způsob nestabilního podepření.

Při ražbě dílkových profilů ve vyšších technologických třídách výrubu mají být v patě kaloty pod ramenáty osazeny podélné roznášecí prahy ze čtyřprutových příhradových nosníků nebo válcovaných profilů. U podélných roznášecích prahů se musí provést tytéž zkoušky materiálových vlastností jako u ramenátů.

## **20.3.4 Sekundární (definitivní) ostění tunelu**

### **20.3.4.1 Všeobecně**

Definitivní ostění se provádí:

- bez výztuže,
- s výztuží.

V obou případech může být provedena izolace.

Z hlediska zatížení ostění hydrostatickým tlakem je možné tunely rozdělit na tunely, které tvoří nepropustnou rouru (tlakové) a tunely s drenáží (beztlakové). Rozhodnutí, která varianta bude zvolena, závisí na těchto bodech:

- možnost volného odtoku podzemní vody, případně nutnost čerpání (náklady na stavbu a provoz čerpadla),
- předpokládaný přítok podzemní vody,
- očekávaný hydrostatický tlak,
- vliv stavby na okolí (snížení hladiny spodní vody apod.).

Definitivní ostění bez výztuže se zpravidla provádějí v tunelech bez možnosti zatížení hydrostatickým tlakem. Definitivní ostění s výztuží se zpravidla provádějí v tunelech pod hladinou podzemní vody a v tunelech v městském prostředí, přičemž u těchto tunelů (městské prostředí) se dává přednost vodotěsnému definitivnímu ostění. V případě tunelů s ostěním bez výztuže se definitivní ostění většinou vyztužuje pouze v portálových úsecích, resp. v hloubených úsecích tunelu se zpětným zásypem (portálové úseky budované v otevřené stavební jámě).

#### 20.3.4.2 Dimenzování definitivního ostění

Dimenzování definitivního ostění ražené části tunelu je prováděno na základě výsledků geotechnických měření po stanovení skutečně působícího zatížení horninovým tlakem.

V kombinacích zatěžovacích stavů je třeba zohlednit i stav nerovnoměrného oteplení, jehož intenzita je závislá na vzdálenosti sledovaného úseku od portálu a ročním období. Hodnoty nerovnoměrného oteplení jsou uvedeny v tabulce 10.

TABULKA 10

ZATÍŽENÍ DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ NEROVNOMĚRNÝM OTEPLENÍM			
Poloha v tunelu	Poloha v ostění	Léto	Zima
		[°C]	[°C]
Volně osluněný tunelový portál	vnější líc	+ 35	-25
	střednice	+30	-20
	vnitřní líc	+25	-15
Zakrytý tunel do 200 m od portálu	vnější líc	+15	-5
	střednice	+20	-10
	vnitřní líc	+25	-15
Zakrytý tunel od 200 m do 1000 m od portálu	vnější líc	+10	+5
	střednice	+15	0
	vnitřní líc	+20	-5
Zakrytý tunel nad 1000 m od portálu	vnější líc	+10	+5
	střednice	+12,5	+2,5
	vnitřní líc	+15	0

#### 20.3.4.3 Minimální konstrukční požadavky na beton dna

Pro všechny typy dna platí, že rozmístění spár musí odpovídat rozmístění spár v betonu definitivního ostění klenby (průběžné spáry mezi bloky betonáže v konstrukci horní i spodní klenby tunelu). V konstrukci dna je možno provést další doplňková rozdělení.

Konstrukce spodní klenby nebo desky musí mít min. tloušťku 300 mm.

Pro min. výztuž a krytí výztuže betonem platí zásady uvedené v ČSN 73 12 01. V případě, že je ve dně tunelu navržena fóliová izolace chráněná vrstvou geotextilie, je minimální krytí výztuže na straně do horninového masivu 50 mm.

Pokud je požadováno vodotěsné definitivní ostění, platí pro beton dna stejně požadavky jako pro beton klenby.

#### 20.3.4.4 Minimální konstrukční požadavky na beton klenby

Minimální konstrukční požadavky podle tabulky 11 platí pro klenbu výše uvedených typů definitivního ostění.  
Platí pro ražené tunely s plochou výrubou 30 m<sup>2</sup> až 120 m<sup>2</sup>.

TABULKA 11

Kritérium	Klenba				
	bez výzvuže		s výzvuží		„vodotěsné definitivní ostění“
Izolace	bez	s	bez	s	
Min. tloušťka v mm; konvenční a strojní ražba	200 <sup>1)</sup>	250 <sup>1)</sup>	300 <sup>1)</sup>	300 <sup>1)</sup>	300 až 400 <sup>2)</sup>
Max. délka bloku <sup>3)</sup> v m	12 <sup>4,5)</sup>	12 <sup>5)</sup>	12 <sup>5)</sup>	12 <sup>5)</sup>	10 <sup>6)</sup>
Min. doba odbednění <sup>7)</sup>	8 h	8 h	8 h	8 h	8 h <sup>8)</sup>
Běžná doba odbednění	10 h	10 h	10 h	10 h	12 h
Omezení tvorby trhlin prostřednictvím: separační vrstvy (viz kap. 20.3.4.12 Separační vrstvy mezi ostěním a podkladem)	doporučeno v portálových úsecích	obsaženo v izolaci	doporučeno	obsaženo v izolaci	nezbytné
úpravy výzvuže	-	-	min. výzvuž podle příslušné ČSN resp. na základě statického výpočtu		min. výzvuž 1% beton. příč. profil v podélném a příčném směru na vnitřní a vnější straně  důkaz omezení trhlin pro vnitřní a vnější stranu min. v příčném směru  Vzdálenost (šířka) trhlin $W_k < 0,2 \text{ mm}$
Spáry	pracovní spára pouze na rozhraní bloků betonáže nebo na rozhraní horní klenby a konstrukce dna tunelu (patky, deska, klenba)				u pracovních a dilatačních spar mezi bloky betonáže jsou nezbytné spárové těsnící pásky
Povrchová rovnost podloží	-	podle (7)	dostatečná pro umístění dělicí vrstvy	podle (7)	zvláštní opatření
Minimální krycí vrstva betonu v mm	-	-	40 mm na vnitřní a vnější straně	40 mm na vnitřní straně, 30 mm na vnější straně	40 mm na vnitřní a vnější straně

## VYSVĚTLIVKY K TABULCE 11

- 1) Výčnělky horniny a hlavy kotev mohou zasahovat do profilu definitivního ostění. max 5 cm.
- 2) V případě centricky položeného spárového těsnícího pásu
- 3) Omezení délky bloku především z důvodu zamezení tvorby trhlin a zlepšení kvality betonu.
- 4) Výjimky např. u přívodních stol.
- 5) V úsecích blízko portálu a na místech se silným střídáním teploty (provozně-technicky podmíněným), např. šachty, se doporučuje přepůlení délky bloku prozíznutím nepravých spár
- 6) Na přechodu ke stavebnímu objektu s podstatně rozdílným deformačním chováním je nutno počítat s krátkými styčnými (připojovacími) bloky.
- 7) Pouze při využití příznivých předpokladů pro zamezení tvorby trhlin podle kapitoly 20.2.2.3 Zabránění vzniku trhlin a zvláštních opatření podle kapitoly 20.2.2.8 Beton vodotěsného definitivního ostění bez izolace.
- 8) Platí pouze při použití cementu bez C<sub>3</sub>A (kvůli hydratačnímu teplu, ne kvůli odolnosti proti síranům).

Důkaz omezení trhlin není zpravidla třeba vést. U podzemních staveb určených pro účely skladování může být vyžadován důkaz omezení tvorby trhlin na vnitřní straně (do tunelu).

### 20.3.4.5 Vodotěsná definitivní ostění

Vodotěsná tunelová ostění jsou ve smyslu těchto TKP taková ostění, která splňují požadavky třídy vodotěsnosti 0 podle tabulky 11.

Pod pojmem vodotěsného definitivního ostění rozumíme vodonepropustný stavební prvek. Proto se u betonu požaduje nejenom odolnost vůči průsakům, ale i další technická, konstrukční (Tabulka 10) a stavebně-technická opatření (např. dělicí vrstvy) zamezující tvorbě trhlin a dutin, kterými může protékat voda. Opatření k zajištění vodotěsnosti ostění jsou uvedena v tabulce 12 v závislosti na velikosti hydrostatického tlaku.

Definitivní ostění se označují jako vodotěsná tehdy, pokud se na vnitřní straně vyskytnou pouze ojedinělá vlhká místa (např. vlhké skvrny, lokální zabarvení a lehké skvrny, které do 20 min. zaschnou). Intenzivnější dutiny, kterými se může pohybovat voda a které se nezatáhnou výluhem do stanovené doby, je třeba odstranit injektáží.

Výztuž ostění je nutno v realizační dokumentaci navrhovat ze sítí umístěných při obou površích. Staticky potřebná výztuž, přesahující rámec minimální nutné plochy výztuže pokryté výztuží ze sítí, se provádí formou jednotlivých prutů. Průměry prutů nad 20 mm by se neměly pokud možno používat. Aby byla zaručena bezchybná betonáž, musí mít oka výztuže velikost alespoň 100 mm (doporučeno 150 mm).

Pokud překročí skutečné krytí výztuže na vnější straně ostění 100 mm (např. z důvodu nadvýrubů nevyplněných stříkaným betonem do projektovaného tvaru vnitřního líce primárního ostění), je třeba použít některé z následujících opatření:

- v oblasti zvýšené tloušťky krycí vrstvy výztuže se dodatečně osadí konstrukční výztuž z betonářských sítí,
- projektovaná výztuž se lokálně přizpůsobí v poloze a v průřezu skutečnému tvaru vnějšího líce definitivního ostění (do horniny),
- nerovnosti líce primárního ostění se vyplní stříkaným betonem.

Plášť bednění, výztuhu a ztužení podporami se musí přizpůsobit daným požadavkům z hlediska přípustných napětí a deformací.

Prokluz v kloubech bednicích prvků, a bednicích vozů je třeba minimalizovat. V případě bednění kotevních otvorů pro tyče procházejících ostěním (např. u tunelů budovaných v otevřené stavební jámě) a zajišťujících stabilitu bednění musí být použity takové materiály trubek a systémy uzávěr (zátek), které vyloučí obtékání trubek vodou a zaručí trvalou vodotěsnost ostění.

Počet pracovních spár musí být co nejmenší. U příčných profilů výrubu do cca 50 m<sup>2</sup> se doporučuje použití kruhového bednicího vozu. Pracovní spáry musí být konstrukčně izolovány např. pomocí těsnícího spárového

pásu. Mezi bloky betonáže se do dilatační spáry umístí k tomu určené těsnící spárové pásy minimální šířky 300 mm. Spára může být provedena jako pracovní (která bude později injektována) nebo se stlačitelnou vložkou.

Na přechodu stavebních prvků s rozdílným deformačním chováním se stlačitelné spárové vložky použijí v každém případě.

#### 20.3.4.6 Stanovení času zahájení betonáže definitivního ostění

Definitivní ostění je možné betonovat bez doplňkových opatření až do rychlosti přetváření horninového masivu v hodnotě max. 4 mm za měsíc (podle výsledků sedání vrcholu klenby a/nebo konvergenčních měření). Výjimku tvoří tunely v bobtnavých horninách a tunely s velmi vysokým nadložím.

Okamžik uložení je závislý na rychlosti deformace okraje výruba po osazení stabilizačních prostředků a na projektem předpokládané únosnosti definitivního ostění.

Toto neplatí pro tunely ražené v nesoudržných horninách s malým nadložím pod zástavbou, kde musí být definitivní ostění provedeno co nejdříve po ražbě z důvodu zamezení nežádoucích deformací tunelového nadloží.

Doplňková opatření:

- zvýšení odporu výstroje,
- položení geotextilie, osazení prvků schopných deformace,
- konstrukční opatření (např. vyšší pevnost betonu).

#### 20.3.4.7 Pevnost při odbednění

Pevnost betonu, nezbytná ze statického hlediska pro odbednění, je závislá na velikosti výruba, geometrii definitivního ostění a na jeho tloušťce a na zatížení působící na ostění v době odbednění.

Pro běžné tunelové profily s poloměrem v kalotě  $R \geq 6$  m je potřebná minimální výpočtová pevnost betonu v tlaku při odbednění v hodnotě 2 MPa. Pro příčné profily s tloušťkou ostění  $> 0,25$  m je tato pevnost dostačující i pro nadvýlom v rozsahu projektované tloušťky ostění.

Zvláštní statické důkazy jsou nezbytné v těchto případech:

- zvláštní příčné profily (např. niky, záchranné výklenky),
- větší poloměry oblouků konstrukce ostění,
- nepravidelné tloušťky ostění, např. v důsledku nedostatečně vyplněných nadvýlomů,
- jednostranná koncentrace zatížení, resp. vykomínování horniny v oblasti stropu, nadvýlomy většího úseku.

Zjištění pevnosti betonu v tlaku se provádí např. Schmidtovým kladívkem po odbednění čela bloku na čelní ploše, následně v místě bočních otvorů bednicího vozu (otvory pro betonáž a ponorné vibrátory) a v případě pozitivního výsledku v místě otvorů v prostoru kaloty.

#### 20.3.4.8 Betonáž - příprava podkladu

Opatření v případě přítoku podzemní vody

Před betonáží je třeba v každém případě odvést tekoucí nebo plošně odkapávající vodu, čímž se zamezí vymývání jemných částí a pojiv z betonu a vytvoření tlaku vody během ukládání betonu. Podle místa jsou prováděna tato opatření:

*Dno*

- osazení drenážních pásů, drenážních vrstev a vedení, např. drobný štěrk nebo mezerovitý drenážní beton (požadavky na mezerovitý drenážní beton viz TKP-17) apod. V případě použití mezerovitého drenážního betonu v kombinaci s drenážním potrubím je třeba učinit taková opatření, aby nedošlo k zanesení drenážního potrubí a otvorů (např. ochrana vrstvou geotextilie),
- přítékající voda musí být odvedena podélou drenáží, stavební drenáží nebo odčerpáním.

#### *Kalota a opěří*

- dostatečně nadimenzované hadice a korytka tvořící organizovaný svod prosakující podzemní vody,
- plošné odvodnění (fólie, geotextilie apod.),
- kompletní izolace.

Provádí-li se izolace objektu, může tato být současně požadovanou ochranou mladého betonu proti přítoku podzemní vody.

#### **Opatření pro úpravu podkladu**

Před uložením betonu je třeba odpovídajícím způsobem připravit povrch jak kaloty, tak i opěří a dna tunelu.

#### *Kalota a opěří*

Podklad (povrch stříkaného betonu nebo horniny) se musí vyčistit, je třeba z něj odstranit volné částečky.

Pomocí příslušných opatření je třeba zamezit vtékání cementových výluhů do drenáží a filtračních těles.

#### *Dno*

V případě betonáže konstrukce dna přímo na horninu musí být odstraněny volné úlomky materiálu z povrchu horniny. K očištění spáry se použije stlačený vzduch, resp. – dovoluje-li to povrch horniny, směs voda / vzduch (pouze pokud nehrozí rozbíhání či jiná degradace základové spáry).

U založení na nesoudržném materiálu se dno zhotoví podle projektovaného tvaru profilu. Plocha se v případě potřeby vysuší, rozmočené oblasti se vymění a materiál v podloží se odpovídajícím způsobem zhutní.

V případě využití konstrukce dna tunelu se zhotoví podkladní vrstva vyrovnávacího betonu.

#### **20.3.4.9 Betonáž - příprava styčných ploch - pracovní spáry**

Pracovní spáry jsou spáry podmíněné prováděním s nebo bez schopnosti přenášet síly. Obecně je třeba všechny pracovní spáry před betonáží vyčistit (vzduchem, vodou, směsi vzduch / voda).

U vodotěsných ostění je nutné zajistit takový technologický postup, který zajistí plynulou betonáž bloku bez možnosti vytvoření pracovních spár. Pracovní spáry mezi jednotlivými bloky betonáže a pracovní spáry na styku dna/klenba je případně nutno těsnit těsnicími pásy (viz tabulka 12).

V případě komplikací při provádění pracovních spár (např. u tunelových rozpletů a křížení) a v případě vysokých požadavků na přenášení sil je možné využít injektáže kontaktních ploch.

#### **20.3.4.10 Betonáž - příprava styčných ploch - dilatační spáry**

Dilatační spáry jsou konstrukční spáry s nebo bez měkké vložky.

Jsou-li dilatační spáry zhotoveny jako spáry nepravé, tvoří hloubka řezu min. 1/3 teoretické tloušťky stavebního prvku. Spáry se musí vyříznout včas, aby nedošlo k předčasné tvorbě trhlin v důsledku drcení betonu. Beton musí být dostatečně ztvrdlý, aby byly plochy řezu čisté.

Bedněné dilatační spáry se zásadně čistí jako lícní plocha. Používají-li se spárové vložky (desky z pěnové hmoty, desky z měkkých vláken, z minerální vlny), pokládají se (případně lepí) celoplošně.

U definitivního ostění s výzvou musí profil vložené lišty zaručovat požadované krytí výzvou (např. trojhranná lišta).

#### **Těsnicí spárové pásy a pásy s narůstáním objemu**

Pro těsnicí spárové pásy se používají materiály: PVC, PE, SBR (elastomer) a kombinace kovu a elastomeru.

Pro výběr materiálu jsou rozhodující požadavky týkající se zpracování, napojení na izolační pásy, tažnost, chemická odolnost a chování při stárnutí.

Šířka těsnicího spárového pásu závisí na tlaku vody a očekávaném protažení. Minimální šířka pásu je 300 mm, minimální tloušťka v oblasti dilatace je 5 mm. Poloha těsnicích spárových pásků musí být zakreslena do výkresu tvaru příslušného bloku betonáže.

Za zvláštních požadavků (vysoký tlak vody) je vhodné zhotovit 2 těsnicí úrovně v jedné spáře, např. kombinace „vnitřní těsnicí spárový pás“ a pás s nárůstem objemu.

Těsnicí pásy musí být zafixovány v jejich plánované poloze tak, aby při ukládání betonu nemohlo dojít k jejich posunutí. Na upevnění se používají pomocné prostředky dodané výrobcem, resp. se respektují speciální předpisy pro osazení. Těsnicí pásy je třeba před betonáží následujícího bloku vyčistit. V místech, kde není možné zaručit dokonalé obetonování těsnicího pásu musí být použito dodatečného zainjektování pásu tak, aby nemohlo dojít k jeho obtékání vodou.

Bednění a spoje, především v oblasti těsnicích pásů, musí být tak těsné, aby se tak zamezilo vytékání cementových kalů a tím i vzniku trhlin.

### **Vnější těsnicí spárové pásy**

Vnější těsnicí spárové pásy musí doléhat na bednění, podkladní vyrovnávací beton, izolaci, na plochy stříkaného betonu a na ostatní úložné plochy celou plochou, co možná nejvíce rovně. Především v oblasti dna je třeba dbát na čistotu kotevních prvků těsnicích pásů.

V případě nepravidelných profilů výruba je nebezpečí, že především dutiny v oblasti stropu nebudou zcela zaplněny, čímž ztratí vnější těsnicí pás v důsledku chybějícího zalití svoji účinnost. Za těchto podmínek je lepší použít vnitřní těsnicí spárový pás. Je-li ovšem použití vnějšího těsnicího pásu nutné (úsekové svaření s přepážkami z izolačních fólií), je třeba počítat s možností dodatečného zaplnění dutin (např. těsnicí pás s injektážní hadicí).

### **Vnitřní spárové těsnicí pásy**

V případě prostého betonu (např. dno) se těsnicí spárový pás zajistí pomocnou konstrukcí. Doporučujeme osadit doplňkové injektážní hadice, které mají tu výhodu, že je i později možné injektáží odstranit netěsnosti. Vzhledem k tomu, že upevnění pásu do prostého betonu vyžaduje určitá opatření navíc, je vhodné použít těsnicí pásy s nárůstem objemu.

### **Těsnicí pásy s nárůstem objemu (rozpínavé)**

Těsnicí pásy s nárůstem objemu působí vodotěsně díky zvětšení objemu, ke kterému dochází chemickým vázáním vody.

Těsnicí pásy s nárůstem objemu musí sestávat z takových materiálů, které vykazují dostatečně reverzibilní bobtnání (faktor bobtnání účinného těsnicího materiálu min. 200 %), odpovídající dobu bobtnání a dostatečnou stabilitu při vyšším tlaku vody nebo při větších pohybech spáry.

Jako vhodná se osvědčila kombinace neoprénového tělesa ( jádro ) a vnějšího pláště z bobtnavého těsnicího materiálu. Tvarem neoprénového tělesa je možné určit směr bobtnání, takže tlak působí na boky a ne směrem ze spáry. Roztažnost celkového profilu udává výrobce v mm.

Bobtnání musí být reverzibilní a nezávislé na chemickém složení kontaktní vody. Při jiných namáháních spáry předkládá výrobce zvláštní důkaz těsnicího účinku a chemické odolnosti. Součást, která reaguje s vodou, se nesmí vypláchnout, ani nesmí předávat do vody škodlivé látky. Je třeba zohlednit, že proces bobtnání vyžaduje určitou dobu a těsnicí účinek není tedy okamžitý.

Betonové úložné plochy pro těsnicí pásy s nárůstem objemu musí být rovné a bez trhlin. Těsnicí pás s nárůstem objemu se pokládá přesně podle návodu výrobce. Výhodné je pokládání do drážky, což zaručuje lepší fixaci polohy.

#### **20.3.4.11 Betonáž - hutnění**

Hutnění betonu musí být prováděno vysokovýkonným vnitřním nebo příložným vibrátorem. Příložné vibrátory musí být umístěny co nejrovnoměrněji v závislosti na konstrukci bednicího vozu, přičemž se předpokládá 1 vibrátor na 3 až 4 m<sup>2</sup> pláště bednění.

Vibrátory musí být dimenzovány tak, aby byl beton dokonale zhutněn v plánované tloušťce. Hloubka působení vibrátoru dosahuje 40 cm až max. 50 cm. Při vibrování se uvádí do provozu příložný vibrátor v oblasti aktuální výšky hladiny betonu v bednění.

#### 20.3.4.12 Separační vrstvy mezi ostěním a podkladem

Pod pojmem „separační vrstvy mezi podkladem a betonem“ rozumíme dělicí vrstvy, plošné drenáže a izolace.

##### Technika pokládky a upevnění

Jednotlivé pásy dělicích vrstev musí být položeny s takovým přesahem, aby mohla voda z horninového masivu za nimi volně odtékat a nedostala se k čerstvému betonu. Při silnějším přítoku se použije odvedení vody pomocí hadic, což zamezí tvorbě vodních vaků za dělicí vrstvou. Okraje jednotlivých pásů musí být slepeny nebo musí přesahovat, aby se zabránilo vniknutí betonu mezi dělicí vrstvu a horninu, resp. ostění ze stříkaného betonu.

Upevnění musí být takové, aby se dělicí vrstva nemohla během betonáže posunout. Upevňovací materiál nesmí dělicí vrstvu protrhnout. Na upevnění se zpravidla používají speciální hřebíky.

##### Dělicí vrstvy

Pomocí dělicích vrstev se snižuje soudržnost a zazubení mezi výstrojí výrubu a horninou, resp. ostěním ze stříkaného betonu. Používají se hlavně ve spojení s definitivním ostěním bez izolace. Napětí vznikající v ostění v průběhu procesu tvrdnutí a s tím vlivem omezené deformace spojená trhliny je použitím dělicí vrstvy redukována. Zpravidla se používají tenké umělohmotné fólie zesílené mřížkou nebo geotextilií.

##### Plošné drenáže

Plošné drenáže umožňují odtok (s nízkou hodnotou odporu) plošně přitékající vody z horninového masivu do tunelové drenáže. Zpravidla se používají strukturované plastové profilované desky, speciální geotextilie nebo drenážní prvky.

##### Izolace

Osazením fóliové izolace se má trvale zabránit vnikání vody do dutiny.

#### 20.3.4.13 Bednění - všeobecně

Bednicí prvky jsou v normálním případě v půdorysu při délkách bloků do 12 m přímé, z čehož vyplývá polygonální průběh oblouku. Je třeba dbát na dodržení přípustných geometrických tolerancí.

Bednicí systémy musí mít takové konstrukční řešení, aby dynamická namáhání v důsledku působení příložného vibrátoru, hydrostatický tlak čerstvého betonu a hydraulický tlak čerpaného betonu při ukončování betonáže v oblasti vrcholu klenby nezpůsobovaly nepřípustné deformace bednění nebo jeho čela.

#### 20.3.4.14 Bednění - separační prostředky

Separační prostředky je zásadně třeba sladit s použitým materiélem bednění a musí být ekologicky nezávadné. Přednostně se používají separační prostředky s chemicko-fyzikálním účinkem. Voskové roztoky a pasty mohou vytvořit obzvláště dobře přilnavý odolný separační film, který je nezbytný, pokud bednění dlohu stojí a při pokladce výzvaze je silně namáháno. Velmi důležitá je tenká rovnoměrná vrstva na dobře vyčištěném ocelovém bednění. Separační prostředky musí obsahovat antikorozní přísady (inhibitory).

Použitý separační prostředek musí být sladěn s eventuálními dodatečnými náträty či vrstvami ostění.

Každý separační prostředek musí být jasně, trvale a jednoznačně označen. Pokud je přípustné ředění, uvede se, čím je možné ředění provádět a v jakém rozsahu. Na etiketě musí být v heslech uvedeno:

- přiměřený způsob zpracování,
- průměrné nanášené množství,
- účinek při předávkování,
- pokyny pro odstranění zbytků separačních prostředků z povrchu betonu,
- hořlavost (třída nebezpečnosti) a možnosti a podmínky uložení.

Dále je třeba označit nebezpečné pracovní materiály.

Při každé dodávce musí být uvedeno:

- číslo šarže,
- rok a měsíc výroby,
- přípustná doba skladování.

#### 20.3.4.15 Výzvuž - definitivní ostění s izolací

V definitivním ostění s izolací se zpravidla výzvuž nenavrhuje. Pokud je výzvuž nezbytná ze statických důvodů, přicházejí v úvahu v souladu se stavem výrubu a plánovaným průběhem výstavby následující provedení:

- samonosná výzvuž,
- výzvuž položena na bednění.

Uchycení výzvuže pomocí konstrukcí procházejících izolačními vrstvami je nepřípustné.

#### 20.3.4.16 Výzvuž - definitivní ostění bez izolace

U definitivního ostění **bez izolace** je stabilitu výzvuže možno zajistit montážními háky a kotvami upevněnými přímo do horninového masivu

Plánovaná poloha výzvuže musí být zajištěna vhodnými opatřeními, která budou omezovat ukládání betonu v co nejmenší míře (potřebná výměna výzvuže v prostoru plnicích a vibračních otvorů). Vzdálenost mezi vrstvami výzvuže zajistí distanční železa, která je možno připravit např. z betonářských sítí.

Předohýbané výzvužné sítě a distanční železa se dimenzují na plánovanou tloušťku definitivního ostění (s ohledem na výrobní tolerance).

Vnitřní betonová krycí vrstva se zajistí vhodnými distančníky (např. trojhranné lišty z betonu min. přes dva pruty výzvužné sítě, min. 1 kus na  $m^2$ ). Spoje musí být vyřešeny tak, aby při osazení bednění (resp. bednicího vozu) nedošlo k poškození distančníků.

Spoje výzvužné sítě se umístí tak, aby se vyloučila možnost překrytí 4 vrstev sítě (překážka pro uložení betonu).

#### 20.3.4.17 Odbednění a ošetřování betonu

Okamžik odbednění se vztahuje na vnitřní bednění betonu klenby. Bednění čela se běžně odnímá po 8 hodinách a zajišťuje se vývoj pevnosti v tlaku pomocí nedestruktivních metod (např. Schmidtovým kladívkem).

Aby se zamezilo poškození hran, zůstávají zpravidla vestavby (především záchranné výklenky, niky apod.) po odstranění vnitřního bednění obdobně déle. Totéž se týká spár na obvodu ostění mezi bloky betonáže (pokud nejsou profily pevně spojeny s bedněním).

Běžné ošetření betonu definitivního ostění se zpravidla provádí tekutými prostředky. Tyto prostředky se nanášejí co nejrychleji, po celé ploše, v dostatečném množství, například postříkem. V každém případě je třeba dbát na to, aby nedošlo k ovlivnění adheze později nanášených nátěrů nebo vrstev. Aby se zamezilo příliš silnému ochlazení a vysušení, je třeba přijmout taková opatření, která zamezí příliš silnému proudění vzduchu. (např. uzavření portálu „závěsem“). Od ošetření se může upustit, pokud je relativně vysoká vlhkost vzduchu větší než 90% a nízká rychlosť jeho proudění (posoudí se dle konkrétních podmínek na stavbě).

Při nedodržení normální doby odbednění je třeba zajistit provedení takových opatření, které zaručí ochranu betonu ihned po odbednění min. na 3 dny proti příliš rychlému ochlazení a min. 7 dnů proti vyschnutí. Tato opatření zajistí v podmínkách stavby dostatečné zatvrdení povrchových oblastí a zamezí tvorbě trhlin.

#### 20.3.4.18 Požadavky na povrch definitivního ostění - opravy

Povrch betonu definitivního ostění musí svou povrchovou rovností odpovídat požadavkům na povrhy z pohledového betonu.

Na bocích, pod skloněnými plochami ostění jsou póry do průměru 20 mm (u ostění s výzvuží), resp. 25 mm (u ostění bez výzvuže) prakticky nevyhnutelné a neškodné. U definitivního ostění s výzvuží nesmí hloubka póru překročit hodnotu 10 mm. V případě zvláštních požadavků na povrch betonu, např. architektonické ztvárnění, odolnost proti mrazu apod., musí být přijata zvláštní opatření, (např. drenážní geotextilie, nátěry).

Drobná vadná místa, která nemají vliv na použitelnost, není nutné sanovat. Pro nařízení opravných opatření platí, že povrchové stažení betonu, např. broušením, je vždy lepší – trvanlivější, než tenká vrstva malty. To platí především pro mělká, plošná vadná místa.

Obnovu hlubších, plochých vadných míst je nutno provádět stříkáním.

Průběžné trhliny větší než 0,3 mm (definitivní ostění s výzvou) se musí zaplnit vhodnou injektáží schopnou přenosu sil v ostění.

V případě definitivního ostění bez výzvou nemusí být vadná místa vyplňena, pokud bude prokázána únosnost ostění a pokud se nebude jednat o místa se zvýšenými nároky na pohledový beton (např. portály apod.).

### Ochrana povrchu

Doplňková ochranná opatření povrchu betonu definitivního ostění – impregnace, pečetění, nátěry nebo nanášení určitých vrstev. Ochranná opatření jsou doporučena zejména u portálů s ohledem na zlepšení odolnosti proti mrazu. Opatření jsou stanovena projektovou dokumentací.

### Zaplnění dutin v oblasti stropu

Po dostatečném zatvrdenutí betonu klenby se dutiny vzniklé v oblasti vrcholu klenby zaplní pomocí injektážních trubek stabilní pojivovou suspenzí pod nízkým tlakem (cca 0,1 až 0,2 MPa). Úplné zaplnění se kontroluje vytrysknutím malty z nejbliže ležících trubek, které se po vytrysknutí směsi uzavřou. Výplňová injektáž se provádí nejdříve po 56 dnech od uložení betonu. Injektážní trubky jsou vkládány do bednění a zabetonovány. Polohu a počet injektážních trubek určí dokumentace, bednící vůz musí být upraven tak, aby umožnil osazení trubek do ostění.

Jako alternativní řešení v úsecích s izolací může být zaplnění provedeno speciálně pro tento účel vyrobenou a osazenou hadicí, s připojovacím hrdlem na konci úseku.

#### 20.3.4.19 Definitivní ostění ze stříkaného betonu

Jednoplášťové definitivní ostění lze definovat tak, že všechny statické a konstrukční požadavky splňuje jediné ostění. Toto ostění se může zřídit v jednom nebo ve více krocích (vrstvách).

Konstrukce jednoplášťového ostění musí splňovat požadavky zajišťování výruba v průběhu ražení tunelu i požadavky na definitivní ostění při provozu v tunelu. Pokud má být plášť ze stříkaného betonu zajišťující výrub v pozdějším pracovním kroku zesílen další vrstvou stříkaného betonu nebo bedněním monolitickým betonem, musí být provedeno silové i tvarové spřažení tak, aby byla zabezpečena staticky účinná spřažená konstrukce.

Při jednoplášťovém ostění za výhradního použití stříkaného betonu nelze zcela vyloučit průsaky vody trhlinami, pracovními spárami a vadnými místy, a proto se toto ostění používá výhradně pouze v prostorách, ve kterých nejsou žádné nebo jen mírné průsaky vody a působí nízký hydrostatický tlak.

Zásadně před rozhodnutím o použití stavby jednoplášťového ostění v místech s výrony vody je třeba vyhodnotit přípustné průsaky vody ostěním a uvážit možnosti opatření pro odvedení vod a následného dotěsnění.

Aby se při použití jednoplášťového ostění minimalizovalo tvoření trhlin a umožnilo se mírné, rovnoměrné vyztužení, je hlavním předpokladem co možná nejmenší ohybové zatížení pláště. To vyžaduje odpovídající tvar tunelového průřezu a staticky příznivé působení zatížení (symetrické zatížení) a předpokládá i odpovídající geologické poměry.

### 20.3.5 Dílcová ostění

Dílcové ostění musí být navrženo a staticky doloženo v dokumentaci. Montované tunelové ostění se provádí podle předem schváleného technologického předpisu stavebním dozorem.

Způsob přebíraní a zkoušení dílců se stanoví v zhotovitelem předložených technických podmínkách pro výrobu, kontrolu a přebíráni dílců ostění, přičemž je nutné vycházet z ČSN 73 1321, ČSN 73 2011 a ČSN 73 2031.

Díly tunelového ostění musí být osazovány v tunelu strojními ukladači, rovnoměrně z obou stran až k závěrovému dílu.

Aktivace montovaného ostění vyplněním prostoru za rubem obezdívky musí být provedena ihned po smontování prstence ostění. Materiál pro výplň určuje dokumentace.

Utěsnění tunelového ostění z dílců proti podzemní vodě se musí provést utěsněním styčných, ložných spár a šroubových otvorů způsobem předepsaným v dokumentaci a v technologickém předpisu zhotovitele.

### **20.3.6 Zděná ostění**

U zděných tunelových ostění kamenné zdivo zůstává režné (neomítnuté). Pro klenby, u nichž se kámen klade při zdění na bednění, musí být líc kamene opracován špicováním.

Nepřipouští se spárování zatřením. Nová maltová výplň spár musí zcela vyplňovat prostor spáry a nesmí přesahovat přes líc zdiva.

U ložných spár musí být výplň 10 mm pod úrovní líce zdiva.

Pokud při opravách předepisuje dokumentace použití betonových tvárníc, zejména při výměně části zdiva nebo celých tunelových pasů, tvárnice z betonu musí být minimálně z betonu C12/15. Pevnost betonových tvárníc v tlaku je nejméně 35 MPa. Tvar betonových tvárníc se určuje v dokumentaci kamenoremězem příslušné části ostění.

### **20.3.7 Portály, galerie a předportálová křídla**

Portály a galerie se provádějí podle typu konstrukce a druhu prací - zemní práce, zvláštní zakládání, tunelové, mostní, pozemní konstrukce na základě dokumentace. Platí pro ně kapitoly 3, 17, 18, 22, 24 TKP.

Na elektrizovaných tratích se portály tunelů opatřují ochrannými zařízeními ve smyslu ČSN 73 6223.

Lícní plochy portálové zdi a portálového věnce se vyžadují hladké. Postup při betonáži zejména portálového věnce je nutné provádět tak, aby pracovní spáry byly umístěny do falešných spár portálového věnce.

U zděných konstrukcí je nutné zachovat jednobarevnost použitého kamene, směr a tloušťku spár a výšku vrstev zdiva.

Příkopy za tunelovými portály, korunami křídel a náhorní příkopy tunelu se provedou podle dokumentace s ohledem na velikost povodí a také s ohledem na nebezpečí zanášení příkopů zvětrávající horninou.

V případě záhytné funkce příkopů za korunami portálové i předportálových zdí předepisuje dokumentace na zdech zřízení zábran potřebné mohutnosti a rozměrů.

### **20.3.8 Ochrana proti pronikání podzemní vody do tunelu**

#### **20.3.8.1 Všeobecně**

Navržený systém ochrany proti pronikání podzemní vody do tunelu dlouhodobě zabraňuje negativním účinkům působení podzemní vody na konstrukci a vybavení tunelu (agresivní voda, průsaky, námraza apod.). Jedná se o komplex opatření, která je třeba provést, aby bylo dosaženo požadovaných parametrů vodotěsnosti tunelu (konstrukce z betonu odolného proti průsakám, izolační pásky, těsnící pásky ve spárách betonáže, drenážní systém apod.).

Při volbě opatření k utěsnění železničních tunelů musí být zohledněno:

- geologické poměry dané lokality,
- očekávané namáhání tunelové stavby,
- chemické působení podzemní vody,
- způsob ražby tunelu a technologický postup výstavby,
- očekávané deformace ostění,

- rozdíly sedání a ostatní relativní pohyby sousedních částí konstrukce tunelu,
- požadavek na vodotěsnost v závislosti na užití tunelu,
- požadavky vodního hospodářství (snižování hladiny spodní vody, odtok vody z tunelu apod.).

Vodotěsnost tunelu se stanovuje podle tabulky 12.

TABULKA 12

Třída vodotěsnosti	0	A	B	C
Množství vody $q[\text{litr/den/m}^2]$ prosakující ostěním	0	1	3	10

V případě novostaveb tunelů je vždy požadována třída vodotěsnosti 0 (tj. tunel je nutno navrhovat tak, aby byly vyloučeny jakékoli průsaky ostěním). Průsaky jsou (kromě nebezpečí vzniku námraz) při střídání mrazu a tepla zdrojem poruch ostění.

Třídy vodotěsnosti A až C slouží pro zatřídění stávajících tunelů.

Volba systému závisí na druhu působení podzemní vody (tlaková nebo prosakující), agresivitě prostředí a na velikosti hydrostatického tlaku působícího na ostění tunelu (viz tabulka 13).

TABULKA 13

NÁVRH SYSTÉMU OCHRANY PROTI PRONIKÁNÍ VODY DO TUNELU				
PROSAKUJÍCÍ VODA (ustálená hladina pod úrovní dna tunelu)		TLAKOVÁ VODA		
		Do 30 m vodního sloupce	Do 60 m vodního sloupce	Více než 60 m vodního sloupce
Nízká agresivita prostředí	Beton odolný proti průsakům v kombinaci s těsnicími pásy ve spárách <b>nebo</b> jedna vrstva izolační fólie v horní klenbě tunelu (systém deštníku)	Beton odolný proti průsakům v kombinaci s těsnicími pásy ve spárách <b>nebo</b> jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům <b>a</b> jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům <b>a</b> dvě vrstvy izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.
Vysoká agresivita prostředí	Jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu.	Beton odolný proti průsakům <b>a</b> jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům <b>a</b> dvě vrstvy izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	

#### 20.3.8.2 Požadavky na provádění izolací

Pro provádění izolací vypracuje dodavatel technologický postup, který musí být před započetím prací odsouhlasen odborem stavebním ředitelství divize dopravní cesty.

Izolace musí být osazována tak, aby bylo před betonáží definitivního ostění umožněno její přezkoušení a případné opravy. Jedná se zejména o oblast vrcholu klenby v případě, kdy je podklad izolace nerovný (např. vlivem nadvýrubů). Izolační fólie se pokládá tak, aby signální vrstva byla vždy na vzdušné straně.

Izolační fólie musí být ze strany horniny chráněna v celé ploše vrstvou geotextilie. Vzdušná strana izolace vyžaduje ochranu zpravidla pouze v oblasti dna. Ochrannou je možno provést například vrstvou betonu tloušťky min. 70 mm využitou jednou vrstvou síť nebo vrstvou ochranné fólie (např. geotextilie) s rovnocenným účinkem.

Minimální tloušťka fólie je závislá na způsobu odvodnění tunelu. Pokud je tunel situován nad hladinou spodní vody, systém izolace funguje na principu "deštníku" a průlinová voda je sváděna do tunelové drenáže, je minimální tloušťka fólie 2 mm. V případě, že je izolace navržena proti tlakové vodě, je tloušťka fólie 3 mm. Tlušťka fólie větší než 3 mm se nedoporučuje vzhledem k obtížnosti montáže a zvýšení rizika chyb. Výjimku tvoří fólie pokládané v oblasti dna tunelu při dostatečně plochém tvaru spodní klenby.

Izolační fólie i ochranné vrstvy musí být pokládány kolmo k ose tunelu. Ve dně mohou být pokládány rovnoběžně s tunelovou osou.

Přesahy jednotlivých pásů izolační fólie a pásů ochranných fólií (geotextilií) musí být vždy minimálně 50 mm.

Při osazování izolačních pásů je třeba vzít v úvahu nerovnoměrnost tvaru podkladu a fólii pokládat tak, aby po dotlačení k povrchu podkladu při betonáži definitivního ostění nebyla namáhána tahem (resp. bylo toto namáhání omezeno na minimum).

Izolační fólie je k podkladu připevňována prostřednictvím vhodných upevňovacích prvků, které jsou v předstihu nainstalovány na líc podkladu. Upevňovací prvky musí být osazeny tak, aby nemohly způsobit proražení nebo jiné poškození izolační fólie. Mezi hlavou hřebíku a upevňovacím prvkem musí být umístěny kovové podložky průměru min. 20 mm a tloušťky min. 1 mm. Tím je zajištěno, aby při nastřelování hřebíků nebyl upevňovací prvek proražen. Podložka a hlavička hřebíku musí být do konstrukce prvku zapuštěna o min. 4 mm.

Izolační fólie je k upevňovacím prvkům tepelně přivařena. Spoj mezi fólií a upevňovacím prvkem musí prokázat menší pevnost na odtržení než je pevnost fólie. Tím je zaručeno, že při namáhání spoje nedojde k poškození fólie, ale pouze k jejímu odtržení od upevňovacího prvku.

Před instalací izolační fólie je nutno zkontrolovat kvalitu osazení upevňovacích prvků, prvky nedostatečně upevněné do podkladní vrstvy odstranit a nahradit jinými.

Množství použitých upevňovacích prvků je závislé na velikosti a tvaru výruba, poloze (vrchol klenby, opěří, dno) a použitém izolačním materiálu. Orientačně je možno počítat s 2 až 3 ks/m<sup>2</sup> v oblasti horní klenby, 1 ks/m<sup>2</sup> v oblasti opěří a 0 až 0,5 ks/m<sup>2</sup> v oblasti dna.

Jednotlivé pásky izolační fólie jsou svařovány dvojitým svarem se středním kanálkem. Minimální šířka jednotlivých svarů je 15 mm, šířka kanálku se pohybuje podle druhu materiálu od 10 do 20 mm.

Spojením tří pásů v jednom místě vznikají T-spoje (např. napojení podélně pokládaných pásů ve dně tunelu na příčně pokládané pásy v horní klenbě). Spojení čtyř pásů fólie v jednom místě (křížový svar) je nežádoucí a je třeba se ho vyvarovat.

Spoje musí být provedeny svárcem automatem, který spolehlivě zajistí požadovaný tepelný rozsah sváření v závislosti na rychlosti pohybu, okolní teplotě a proudění vzduchu na pracovišti.

Při svařování izolačních pásů nesmí teplota prostředí klesnout po +5 °C. Při nižších teplotách prostředí je sváření možné jen za zvláštních opatření.

Připojení pásu izolační fólie na beton odolný vůči průsakům vody definitivního ostění musí být provedeno prostřednictvím připojovacího pásu.

Izolační fólie je nutné chránit před poškozením během pokládání až do provedení vnitřní obezdívky vhodnými opatřeními. Distanční podložky betonářské výzvaze musí být upraveny tak, aby nedošlo k poškození izolace.

V místě pracovní spáry mezi bloky betonáže musí být provedena ochrana izolace vložením ochranného pásu. V případě, kdy se **nejedná o tlakovou vodu** je možno použít ochranné pásky ze stejného materiálu, jakým je materiál izolace. Minimální šířka pásu je 500 mm a je umístěn na vnitřní straně fólie po celém obvodu izolované části tunelu středově k pracovní (resp. dilatační) spáre. Pás je přivařen na obou okrajích k izolaci průběžným,

nepřerušovaným svarem. Bodové uchycení ochranného pásu není přípustné. Důvodem je vyloučení dodatečného poškození izolace pod ochranným pásem (např. při osazování výztuže), které by nebylo možné vizuálně kontrolovat.

Pokud je izolace navržena na **tlakovou vodu**, je nutné izolaci tunelu v podélném směru rozdělit na vodotěsné, na sobě nezávislé sektory. V místě pracovní spáry je na izolaci upevněn dvěma průběžnými svary napojovací pás. Parametry svaru odpovídají svarům pro spojování izolačních pásů. Prostor mezi svary je nutno přezkoušet na těsnost. Napojovací pás je při betonáži definitivního ostění uchycen pomocí kotevních prvků do betonu ostění. Polohu sektorů (napojovacích pásů) je nutno přesně zaměřit pro případné opravy a dokladovat v dokumentaci skutečného provedení.

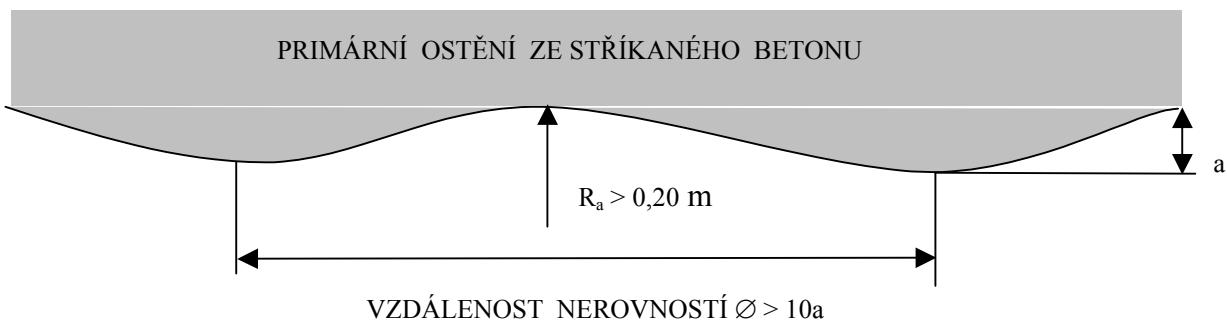
#### 20.3.8.3 Požadavky na podkladní vrstvu izolace

Podkladní vrstva izolace musí být provedena tak, aby na ni mohly být bez rizika poškození nebo zvýšeného namáhání instalovány ochranné vrstvy izolace a vlastní izolační fólie s ohledem na materiálové vlastnosti použitých výrobků.

Podkladní vrstva izolace musí splňovat následující podmínky:

- dostatečnou tvarovou stálost a pevnostní charakteristiky,
- tloušťka vrstvy je min. 50 mm při maximální velikosti zrna 8 mm,
- do směsi je možno použít pouze přírodní kamenivo (oblázkový štěrk). Použití drceného kameniva s ostrými hranami není možné,
- maximální poměr délky ku výšce u sousedních nerovností je 10:1 (viz obrázek 2),
- lokální nerovnosti (např. zastříkané hlavy kotev) musí být zaobleny v poloměru min. 200 mm,
- vlhkost povrchu musí být v přijatelných mezích. Pokud prosakující voda brání kvalitnímu provádění izolace, je nutno ji odpovídajícím způsobem jímat a odvádět do tunelové drenáže (např. pomocí organizovaného svodu),
- pevnostní charakteristiky a tloušťka vrstvy musí odpovídat použitému systému upevnění izolace,
- při nastřelování upevňovacích prvků nesmí docházet k odprýskávání podkladní vrstvy.

Obr. 3



Kde:

$a$  je příčná nerovnost,

$\Ø \geq 10 a$  vzdálenost nerovností,

$R_a \geq 0,20 m$  poloměr zakřivení nerovnosti.

## **20.3.9 Odvodnění tunelu - drenážní systém**

### **20.3.9.1 Po dobu výstavby**

Odvodňování po dobu výstavby musí odpovídat požadavkům vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb. ve znění pozdějších předpisů a předpisům souvisejícím.

Způsob a postup odvodňování včetně čerpání vod při výstavbě stanoví dokumentace zhotovitele. Navržená opatření musí být zahrnuta do technologických předpisů odsouhlasených stavebním dozorem.

Od počátku ražení až do dokončení tunelu musí být trvale zajištěno odvádění všech vod ze všech pracovišť.

Při povrchním ražení musí být odvodňovací stoka zřízena nejdále 15 m od čelby. Při úpadním ražení je nutno zajistit odčerpávání vody z čelby do přečerpávací jímky nebo odvodňovací stoky.

Systém odvodnění po dobu výstavby musí být upraven tak, aby dno tunelu zůstalo pevné po celou dobu výstavby. Provozem mechanizmů nesmí být dno dílčích výrubů prohlubováno.

Vodu odváděnou z tunelu je nutné před vypouštěním ze stavby zbavit ropných produktů a mechanických nečistot podle požadavků hygienických předpisů.

Systém odvodňování, působící pouze po dobu výstavby tunelu, se po jejich dokončení odstraní způsobem stanoveným v dokumentaci.

### **20.3.9.2 Za provozu**

Při návrhu systému odvodnění musí být zohledněn případný vliv snížení hladiny spodní vody na okolní prostředí se všemi důsledky, které jsou snížením vyvolány (např. sedání povrchu, ztráta vody ve studních apod.).

Minimální sklon podélného odvodnění tunelu je 0,3 % (viz ČSN 73 7508)

Pokud je nutné provádět podélné odvodnění dna tunelu, mělo by být situováno na bocích tak, aby jeho údržba minimalizovala omezení železniční dopravy. Minimální příčný sklon střechovité upraveného krytu dna k podélnému odvodnění dna tunelu je 2,5 %. Minimální sklon příčné drenáže propojující podélnou tunelovou drenáž s podélným odvodněním dna je 5 %. Světlost příčného odvodnění se určí dle odváděného množství vody, musí být však min. 100 mm.

Svedení příčného odvodnění do podélného odvodnění dna musí být provedeno v kontrolních nebo čisticích šachtách. Přitom musí dno podélného odvodnění probíhat plynule.

(Pod pojmem "podélná tunelová drenáž" je pro účely této kapitoly TKP myšlena boční drenáž odvádějící prosakující podzemní vodu stékající vně ostění po rubové nebo mezilehlé izolaci. Pod pojmem "podélné odvodnění dna" je myšlena tunelová stoka, do které je sváděna voda z vnitřní části tunelu. U novostaveb s požadavkem vodotěsnosti "O" se jedná např. o technologickou vodu používanou při práci v tunelu, o vodu používanou při zásahu požárníků v tunelu nebo v případě havárie o kapaliny vytékající z havarovaných vozů. V případě stávajících tunelů s nižší třídou vodotěsnosti jsou do podélného odvodnění dna jímány navíc průsaky podzemní vody ostěním.)

Propojení podélné tunelové drenáže s podélným odvodněním dna tunelu není vždy nutné provádět a závisí na délce tunelu, množství podzemní vody (resp. průtoku), podélnému sklonu tunelu, materiálu drenáže apod.

Podélné odvodnění dna musí být provedeno jako trubní vedení kruhového nebo podkovovitého tvaru a musí být dimenzováno s ohledem na množství podzemní vody vytékající z horninového masivu, popřípadě na vodu protékající tunelem z předzářezu.

Pro dosažení samočisticí schopnosti odvodňovacího potrubí musí být při stálém průtoku potrubím dosažena rychlosť minimálně 0,5 m/sec, avšak nesmí být překročena rychlosť 3 m/sec.

Pro čistění a prohlídku podélného odvodnění tunelu musí být zřízeny snadno přístupné čisticí a revizní šachty. Vzdálenost šachet udává norma ČSN 73 7508 a je min. 25 m. Čisticí a revizní šachty a jejich vstupy musí být uspořádány tak, aby bylo možné použít kontrolní a čisticí zařízení. Šachty musí být zakryty deskami.

## **20.4 DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY**

### **20.4.1 Všeobecně**

Všechna zařízení, stroje a materiály zajišťuje zhotovitel, pokud smlouva o dílo nestanoví jinak.

Doprava, skladování, manipulace s materiály a stavebními dílci musí být prováděny tak, aby nedocházelo k jejich znehodnocování. Řídí se ustanoveními příslušných norem a dodacími podmínkami výrobců.

Metodika průkazních zkoušek materiálů a konstrukcí v tunelu je stanovena příslušnými technickými normami, případně technickými a dodacími podmínkami používaných technologií.

Průkazní zkoušky se při provádění tunelů vztahují na všechny druhy a části konstrukcí trvalého vystrojení.

### **20.4.2 Beton**

Před zahájením betonáže musí zhotovitel průkazními zkouškami prokázat vlastnosti betonové směsi a betonu s ohledem na zvolenou technologii a použité materiály.

Pro dodávku a skladování materiálů pro betonové směsi a pro průkazní zkoušky betonu platí kapitola 17 TKP.

### **20.4.3 Izolace**

Pro izolační materiály proti vodě, jejich dodávky a skladování, technologické postupy prací a pro provádění průkazních a kontrolních zkoušek platí požadavky uvedené v kapitole 22 B TKP.

### **20.4.4 Ocel**

Ocelová výztuž do ostění musí být dodána s prohlášením o shodě. V případě pochybnosti stavebního dozoru o jakosti materiálu musí zhotovitel provést průkazní zkoušky podle ČSN 73 2400 a norem souvisejících. Pro dodávku a skladování platí požadavky uvedené v kapitole 17 TKP.

### **20.4.5 Kotvy**

Pro dodávky, skladování a přepravu kotevního materiálu a pro provádění průkazních zatěžovacích zkoušek kotevní výstroje platí kapitola 24 C TKP.

Pro průkazní zkoušky jsou pro charakteristické geotechnické podmínky a typ osazovaných kotev odzkoušeny vždy minimálně 3 ks kotev.

## **20.5 ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ, KONTROLNÍ ZKOUŠKY**

### **20.5.1 Všeobecně**

Metodika kontrolních zkoušek materiálů a konstrukcí v tunelu je stanovena příslušnými technickými normami uvedenými v oddíle 12 této kapitoly TKP, technickými a dodacími podmínkami jednotlivých technologií.

Typy zkoušek:

- Průkazní zkoušky - průkazními zkouškami jsou prokazovány vlastnosti materiálů a prací požadované příslušnými normami a TKP. Výsledky zkoušek musí dodavatel předložit min. 14 dní před započetím prací.
- Kontrolní zkoušky ověřují průběžně výsledky průkazních zkoušek v podmírkách stavby. Dodavatel je povinen předložit zadavateli k odsouhlasení plán zkoušek materiálů, které budou v průběhu stavby používány. Plán zkoušek obsahuje počet provedených zkoušek, místo a čas jejich provedení. V průběhu výstavby předkládá dodavatel zadavateli výsledky provedených zkoušek. Kontrolní zkoušky se při

provádění tunelů vztahují na všechny druhy nosných konstrukcí, přičemž za nosnou konstrukci jsou považovány i jednotlivé prvky primárního ostění. Zkoušky se provádí u monolitických konstrukcí z prostého nebo železového betonu, u stříkaných ostění, spárovacích, injektážních směsí, kotevní výstroje a izolace.

- Zkoušky přejímací prověřují kvalitu dokončených konstrukcí nebo ucelených částí konstrukce a provedených prací. Jsou podkladem pro převzetí úseku, objektu nebo všech dokončených prací, které byly definovány smlouvou o dílo.

U všech druhů tunelových konstrukcí se musí provádět zkoušky pevnosti betonu v tlaku, u pružných tenkostěnných ostění se statickou funkcí se zkouší navíc pevnost v tahu za ohybu a ve smyku.

U těsnicích materiálů (stříkané pláště, injektážní a spárovací hmota, izolační materiály) se vyžadují také zkoušky vodotěsnosti a namrzavosti.

## 20.5.2 Beton

### 20.5.2.1 Monolitický beton

Kontrolní zkoušky jakosti betonu, ocelové výztuže do betonu, kontrola bednění a uložené výztuže se provádí podle ustanovení ČSN EN 206-1 a TKP 17.

### 20.5.2.2 Stříkaný beton

Kontrolní zkoušky jakosti stříkaných betonů se provádějí v četnosti 1 zkoušky na každých i započatých  $2500\text{ m}^2$  nastříkané plochy ostění. Jakost betonu předepisuje dokumentace. Kvalita stříkaného betonu se hodnotí podle ČSN 73 2430.

Průkazními a kontrolními zkouškami je nutno doložit:

- pevnost mladého stříkaného betonu a nárůst pevnosti v čase,
- konečnou pevnost betonu v tlaku (28 dní),
- tloušťku ostění,
- počátek a dobu tuhnutí,
- křivku zrnitosti kameniva,
- vlastnosti a podmínky použití příměsi.

Průkazní zkoušky je nutno provést před prvním použitím příslušného druhu stříkaného betonu se zohledněním způsobu výroby a nástříku směsi. Musí být uvedeno procentuální zastoupení jednotlivých komponent. V případě změny zastoupení nebo druhu komponent nebo podmínek, pro které byla předcházející zkouška provedena, je nutno provést průkazní zkoušky znovu se zohledněním všech odchylek od původní zkoušky.

Předepsané parametry, počet a způsob provedení stanoví dokumentace nebo ZTKP.

Kontrola tloušťky ostění ze stříkaného betonu se provede podle požadavku dokumentace a stavebního dozoru v místě jím určeném. Kontrola tloušťky primárního ostění je zpravidla prováděna pomocí vrtů, při kterých jsou odebrány vzorky betonu ostění pro zjištění pevnosti stříkaného betonu.

## 20.5.3 Injektážní a spárovací směsi

Kontrolní zkoušky jakosti injektážních směsí se provádí podle kapitoly 24 B TKP.

Kontrolní zkoušky jakosti spárovacích směsí se provádí podle kapitoly 23 TKP.

#### **20.5.4 Kotvy**

Způsob a rozsah kontrolních zkoušek kotevní výstroje se provádí podle kapitoly 24 C TKP.

Kotvy (svorníky) určené ke zkoušce určuje stavební dozor během místního šetření v tunelu. V případě, že během zkoušky prováděné podle předem stanoveného postupu dojde k poškození nebo vytržení kotvy, musí být na náklady zhotovitele provedena nová, plně funkční kotva.

Únosnost kotev (svorníků) se prokazuje tahovými zkouškami, jejichž výsledky musí být protokolárně dokladovány. Zařízení k provádění tahových zkoušek kotev musí být trvale k dispozici na stavbě a je zajištěno dodavatelem.

Kontrolní zkoušky se provádí na min. 5 % všech osazených kotev. V případě hydraulicky upínatelných kotev se provádí zkouška natlakováním na hodnotu tlaku při osazování, v ostatních případech jsou provedeny tahové zkoušky kotev.

Každá kotva, která při zkoušce nevyhoví předepsanému zatížení musí, být na náklady dodavatele nahrazena novou kotvou. Metodika zkoušek je stanovena v projektu nebo v ZTKP.

#### **20.5.5 Izolace**

**Všechny svary** izolačních fólií z plastů musí být bez výjimky přezkoušeny na těsnost.

Zkušební tlak při tlakové zkoušce se při šířce svaru dle odstavce 20.3.8.2 „Požadavky na provádění izolací“, pohybuje v intervalu 0,2 až 0,3 MPa. Doba zkoušky je 10 minut. Úbytek tlaku nesmí být větší než 20 %. V místech připojení a proražení může být použito místo tlakové zkoušky zkouška vakuová. Zkouška svarů se na stavbě provádí za přítomnosti stavebního dozoru, dodavatele stavebních prací a dodavatele izolačních prací. Pro každou zkoušku je proveden zkušební protokol, který musí obsahovat minimálně tyto údaje:

- datum,
- objekt,
- staničení,
- dodavatel stavby,
- dodavatel izolačních prací,
- teplota okolního prostředí při svařování,
- použitá zkušební metoda,
- výsledek zkoušky nebo posudek,
- popis celkového stavu izolace,
- podpis zástupce stavebního dozoru, dodavatele stavebních prací a dodavatele izolačních prací.

Kontrolní zkoušky u fóliových izolací se provádí podle technických podmínek příslušného typu izolace, především však se kontroluje:

- úprava podkladu před položením izolace - provádí se průběžně,
- těsnost veškerých spojů izolačních pásů,
- dokonalost upevnění k podkladu,
- dokonalost navázání na odvodňovací (drenážní) systém,
- mechanické porušení před betonáží.

Kvalita izolačního materiálu musí být doložena osvědčením o kvalitě a vhodnosti použití (certifikát) od akreditované zkušebny a referencemi o použití v obdobných podmínkách na tunelových stavbách.

## **20.5.6 Výsledky kontrolních zkoušek**

O provádění kontrolních zkoušek a jejich výsledcích musí být vedena kniha protokolů, do níž se zaznamenávají údaje o odběru vzorků a o druhu a rozsahu zkoušek. Výsledky zkoušek se průběžně zaznamenávají do stavebního deníku.

## **20.6 PŘÍPUSTNÉ ODCHYLY, ZÁRUKY**

### **20.6.1 Všeobecně**

Pokud není stanoveno v ustanoveních těchto TKP, případně v uváděných ČSN nebo předepsáno v dokumentaci, platí pro přípustné odchylky ustanovení ČSN 73 0210-1, ČSN 73 0212-4, ČSN 73 0212-5, ČSN 73 7508.

Hodnoty mezních vytyčovacích odchylek pro tunely jsou stanoveny v TNŽ 73 0423.

V dokumentaci se stanovují povolené odchylky ve stádiu ražby a pro konstrukce primárního ostění.

Směrové a výškové odchylky definitivního betonového ostění od projektované osy díla musí být v rozmezí 0,0 mm, - 50 mm.

Směrové a výškové odchylky definitivního dílcového ostění stanoví ZTKP.

Záruční doby všeobecně stanoví kapitola 1 TKP.

Údržbu v záruční době zajišťuje správce HIM podle ustanovení v Kapitole 1 TKP.

Údržba tunelů po dobu záruky spočívá v:

- čištění ploch od spadu,
- pročišťování odvodňovacího zařízení,
- odstraňování vegetace v bezprostřední blízkosti,
- odstraňování zvětralých a uvolněných hornin v okolí tunelu, které by svým pádem ohrožovaly bezpečnost železničního provozu,
- zajišťování prostorové průchodnosti,
- udržovacích pracích na železničním svršku,
- odstraňování ledu v tunelech pokud se nejedná o reklamací.

### **20.6.2 Odchylky od projektované tloušťky definitivního ostění v ražené části tunelu**

Vlivem nerovností podkladu definitivního ostění (výrub, líc primárního ostění) může dojít při betonáži k odchylkám od projektované tloušťky definitivního ostění. Povolená minimální tloušťka ostění  $d_{zád}$  je uvedena v závislosti na typu ostění v tabulce 9 v kapitole 20.3.4.4 Minimální konstrukční požadavky na beton klenby , resp. je uvedena v projektové dokumentaci. Pro maximální tloušťku ostění  $d_{max}$  platí následující omezení:

- u tunelů s mezilehlou izolací a bez požadavku na odolnost betonu ostění proti průsakům vody

$$d_{max} \leq d_{zád} + 0,40 \text{ m, resp. } 2 \times d_{zád} \text{ (m) a}$$

- u tunelů s vnitřním ostěním z betonu odolného proti průsakům vody

$$d_{max} \leq d_{zád} + 0,30 \text{ m, resp. } 1,5 \times d_{zád} \text{ (m),}$$

přičemž je směrodatná vždy menší hodnota  $d_{max}$ .

## **20.7 KLIMATICKÁ OMEZENÍ**

Betonáž a ošetřování za obvyklých klimatických podmínek se řídí ustanoveními ČSN EN 206-1.

Betonáž trvalého ostění železničních tunelů za zvláštních klimatických podmínek podle ČSN 73 2400 se nepřipouští.

Klimatická omezení pro stříkaná ostění, spárování a injektáže na bázi cementu:

- během zpracování, tuhnutí a tvrdnutí směsi používaných pro tyto práce nesmí průměrná denní teplota prostředí klesnout pod  $+5^{\circ}\text{C}$ , přičemž absolutní teplota nesmí klesnout pod  $+1^{\circ}\text{C}$ .

Klimatické omezení pro zřizování izolace stanoví příslušný technologický předpis zpracovaný zhotovitelem a odsouhlasený stavebním dozorem.

## 20.8 ODSOUHLASENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ

Přejímka prací se řídí ustanoveními kapitoly 1 TKP, případně ZTKP. Na elektrizované trati musí být ověřeno splnění podmínek předepsaných dokumentací uvedenou v 31.3.10.

Zhotovitel je povinen vyzvat stavební dozor k odsouhlasení prací, zejména těch, které budou v dalším postupu prací zakryty nebo se stanou nepřístupnými. Jedná se zejména o:

- otevřený výrub,
- konstrukce dočasného vystrojení,
- odvodňovací systém (dočasný i trvalý),
- podklad pro izolaci,
- stav tunelu před výstavbou trvalého ostění.

Zápis o odsouhlasení stavebních prací, které budou následně zakryty, provede stavební dozor do stavebního deníku ihned po jejich provedení.

V případě tunelu raženého NRTM musí být přebírání prací spojených s výrubem a zajištěním výruba prováděno prostřednictvím formulářů uvedených v příloze 1 (schéma zajištění výruba a záběrový list výruba), přičemž platí:

- **Schéma zajištění výruba** je vypracováno **předem** před provedením záběru a je stanoveno pro delší úsek tunelu v závislosti na geotechnické prognóze a výsledcích geotechnických měření. Zpravidla odpovídá projektovanému stavu definovanému technologickou třídou výruba (viz 20.3.2.1 Ražba pomocí NRTM), resp. úpravou projektované technologické třídy výruba v závislosti na skutečně zastižených inženýrskogeologických podmínkách.
- **Záběrový list výruba** dokládá dodavatelem skutečně provedené práce a materiál zabudovaný v rámci jednoho záběru a je vypracován **po provedení záběru**. Do příčného řezu musí být zakresleny nadvýlomy, které přesahují smlouvou (resp. ZTKP) dohodnutou hranici a přítoky podzemní vody s udáním množství.

Vypracování formulářů zajišťuje dodavatel, převzetí potvrzuje zástupce dodavatele a odběratele (TDI) podpisem. Formuláře jsou podkladem pro vypracování dokumentace skutečného provedení ve smyslu předpisu ČD S6.

Hlavní prohlídka tunelu se provádí před kolaudačním řízením. Způsob provedení hlavní prohlídky se řídí předpisem ČD S6. Zhotovitel má povinnost poskytnout podklady stavebnímu dozoru a aktivně se účastnit hlavní prohlídky.

## 20.9 KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ

### 20.9.1 Geotechnický monitoring

V případě, že je pro ražbu tunelu použita tunelovací metoda využívající spolupůsobení masivu, je vždy nutné provádět měření přetváření nosného systému hornina-ostění (viz § 28 vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb ve znění pozdějších předpisů).

Projekt podzemního díla pod souvislou zástavbou vymezí pásmo předpokládaných poklesů a uvede hodnoty dovolených poklesů stavebních objektů a inženýrských sítí v závislosti na použité technologii a vlastnostech horninového masivu. Pokud vyhodnocené výsledky měření překračují hodnoty určené projektem, musí projekt upravit další postup. Do té doby nesmí ražba pokračovat. Proto je nutné v projektu stanovit kromě mezní hodnoty deformace i deformaci „varovnou“, při jejímž dosažení je nutno vyhodnotit dosavadní časový průběh deformace a v předstihu před dosažením mezní deformace rozhodnout o případných dalších opatřeních, aby nebylo nutné ražbu zastavit.

V souvislosti s výstavbou tunelů jsou prováděna:

- geotechnická měření pro kontrolu stability výrubu a ověření předpokladů chování horninového masivu (např. deformace lice výrubu - konvergence, měření kontaktních napětí, napětí v ostění, extenzometrická a inklinometrická měření apod.),
- měření deformací hlavních nosných konstrukcí a vzájemných posunů jednotlivých jejich částí (definitivní ostění, portálové objekty, dilatační celky apod.),
- měření deformací povrchu terénu pro stanovení rozsahu, tvaru a velikosti poklesové kotliny,
- měření účinků tunelování na stavby, inženýrské sítě a jiné objekty v nadloží,
- měření účinků trhacích prací.

Měření probíhají před zahájením stavby, během výstavby a po jejím ukončení (např. do ustálení deformací).

Nulová měření musí být prováděna tak, aby s ohledem na použitou metodu zaznamenala stav sledované veličiny v okamžiku, kdy je její ovlivnění vlivem výstavby minimální.

Základní rozsah, druh a četnost měření je dána projektem měření, který musí být nedílnou součástí projektové dokumentace. Případné úpravy projektu měření probíhají během výstavby tunelu na základě skutečně zastižených inženýrskogeologických poměrů a výsledků již provedených měření. Změny musí být projednány s kompetentními zástupci zúčastněných stran a odsouhlaseny zadavatelem.

Pokud jsou geotechnická měření prováděna při ražbě (např. konvergenční měření, měření kontaktních napětí apod.) doplněna geotechnickým měřením prováděným z povrchu (např. extenzometrická měření, měření deformací povrchu), je vhodné měření koordinovat tak, aby poskytla maximum informací o sledovaném profilu a měření probíhalo pokud možno ve stejném místě.

Vyhodnocování výsledků měření je nutno provádět komplexně se zohledněním inženýrskogeologických poměrů (tektonické poruchy, přítomnost spodní vody, sklony vrstev apod.) a technologického postupu výstavby (způsob rozpojování, členění výrubu, délka záběru, tvorba nadvýlomů apod.) Výsledkem komplexního vyhodnocení je správná interpretace naměřených hodnot a doporučení pro další postup, resp. návrh doplňujících opatření. Cílem je optimalizace prvků zajištění výrubu jak z hlediska bezpečnosti, tak z hlediska ekonomického provádění stavby.

Při interpretaci výsledků měření se musí brát v úvahu časový moment nulového měření a vzdálenost měřického profilu od čelby v okamžiku provedení nulového měření. Dále je nutno zohlednit, že naměřené hodnoty dokumentují jen skutečný stav, který ještě nezahrnuje bezpečnostní rezervy konceptu dimenzování ostění.

Měřický profil musí být v případě sledování deformací výrubu osazen bezprostředně za čelbou. Nulté měření musí být provedeno v co nejkratším čase po osazení profilu, nejpozději před provedením dalšího záběru.

Pokud měřené deformace výrubu rostou nad předpokládané hodnoty nebo pokud nevykazují tendenci k ustálení, může dojít ke ztrátě stability výrubu a je nutno provést zvláštní opatření, která nepříznivý vývoj deformací pozitivně ovlivní (přidání kotev, zesílení tloušťky ostění apod.) a případně ztrátě stability zamezí.

Pro měření deformací výrubu musí být používány metody s přesností měření  $\pm 1$  mm (ve výšce) a  $\pm 2$  mm (v poloze v případě 3D měření vektoru deformace). Výsledky měření mají být k dispozici co nejdříve po měření, nejpozději do jedné hodiny.

Pokud není stanoveno jinak, musí se při ražbě minimálně měřit:

- svislé posuny patek a vrcholu horní klenby,
- relativní nebo absolutní horizontální posuny patek.

V případě členěného výruba se měření patek musí přizpůsobit geometrii dílčího výruba.

Měřický profil je sestaven z bodů osazených zpravidla v oblasti přístropí a opěří tunelu. Pokud jsou předpokládány výrazné deformace dna (např. bobtnavé materiály), které mohou mít zásadní vliv na stabilitu výruba, je možno osadit body i ve dně tunelu. Je nutno učinit taková opatření, aby během výstavby nedošlo k poškození bodů a tím k ovlivnění výsledků měřených hodnot nebo dokonce ke ztrátě informací o deformacích.

Geotechnická měření se musí rozšířit i na okolí stavebního díla, pokud je to nutné k posouzení dlouhodobé stability.

Pro geotechnická měření v tunelu prováděná při běžném drážním provozu se mají použít měřicí zařízení, vybavená – pokud je to technicky možné – automatickým sběrem dat.

Dlouhodobá geotechnická měření po uvedení tunelu do provozu se provádějí zejména v tom případě, kdy ve složitých inženýrskogeologických poměrech docházelo již při ražení tunelu k mimořádným deformacím a/nebo pokud se po skončení stavebních prací dá očekávat významná změna napěťových a deformačních poměrů nosného systému ostění-hornina. V případě stávajících tunelů se měření provádějí zejména tehdy, pokud změny a rozsah poškození ostění, resp. jeho deformace, svědčí o kritickém namáhání konstrukce.

Geotechnická měření je nutno provádět i při opravách a rekonstrukcích, jejichž součástí je takový zásah do nosného systému konstrukce tunelu, který by mohl ohrozit stabilitu ostění.

Při použití geodetických metod měření, viz kapitola 20.9.2 Kontrolní měření a vytyčovací práce

Výsledky měření musí být okamžitě vyhodnoceny, spolu s dalšími informacemi interpretovány pro dané prostředí a předány odpovědným zástupcům zúčastněných stran. Vzhledem k významu výsledků měření a nutnosti jejich okamžitého předání mají být výsledky zpracovány pokud možno v elektronické podobě, aby bylo možno zajistit jejich předávání pomocí datových sítí.

Před zahájením prací vyžadujících provádění geotechnických měření musí být jasně definován způsob zpracování naměřených dat a struktura jejich předávání. Vedení stavby zajistí vypracování písemného protokolu, jehož obsah musí zejména definovat:

- kterým z účastníků výstavby mají být výsledky měření zasílány,
- předpokládanou dobu zpracování a vyhodnocení výsledků od ukončení měření,
- kontaktní osoby,
- forma a způsob archivace dat.

Protokol musí být předán všem účastníkům výstavby na něm uvedených.

Výsledky měření deformací výruba (resp. primárního ostění) musí být znázorněny graficky. Z grafu musí být jasně zřejmý časový průběh příslušné složky vektoru deformace (vertikální nebo horizontální posun) pro každý bod měřičského profilu. Součástí grafu musí být i informace o vzdálenosti čelby (resp. čeleb dílčích výrubů) od měřičského profilu.

Dimenzování dočasného a trvalého zajištění výruba je nutno provádět na základě již uskutečněných a správně interpretovaných výsledků měření.

Operativní geotechnický monitoring zajišťuje zhotovitel. Kontrolní geotechnický monitoring provede nezávislá organizace.

Objednatel poskytne v případě rekonstrukcí a oprav zhotoviteli komplexní inventarizaci stavebního stavu tunelu. Tato inventarizace slouží jako podklad pro dokumentaci, pro návrh opatření na jejich ochranu proti účinkům tunelování a pro měření v průběhu tunelování i po něm. Před započetím stavebních prací zajistí zhotovitel pasportizaci objektů ležících v zóně ovlivnění v nadloží tunelu.

Přípustné hodnoty dynamického namáhání od trhacích prací na stavební konstrukce (povrchové, podzemní) či inženýrské konstrukce se posuzují podle ČSN 73 0036.

Podmínky, zásady, účinky, postup i kontrola použití trhacích prací se specifikují v "Technických podmínkách pro trhací práce a kontrolu jejich nežádoucích účinků při výstavbě", které zhotovitel projedná a odsouhlasí s příslušným Obvodním báňským úřadem a předá stavebnímu dozoru.

## **20.9.2 Kontrolní měření a vytyčovací práce**

Geodetická kontrolní měření i vytyčovací práce může dle zákona č. 200/1994 Sb. a zákona č. 186/2001 Sb. provádět pouze osoba odborně způsobilá. Ověřovat výsledky měření a dokumentaci může pouze úředně oprávněný zeměměřický inženýr podle § 13 odst. 1 písm. c) zákona č. 200/1994 Sb. Za správnost a úplnost důlně měřické dokumentace při hornické činnosti a její odborné vedení odpovídá podle podle § 2 odst. 3 vyhlášky ČBÚ č. 435/1992 Sb. hlavní důlní měřic.

Vytyčovací a kontrolní geodetické práce mohou velmi významně ovlivnit výslednou cenu díla. Již ve fázi projektu je možno provést odbornou analýzu maximální dosažitelné odchylky na konci raženého úseku a s její pomocí předvídat náklady na případné nutné úpravy díla po proražení raženého úseku, následném přeúřezení souřadnic bodů polohové a výškové vytyčovací sítě v podzemí a nezbytné opravě všech geodetických kontrol, které jsou na nich závislé.

Zhotovitel zajišťuje operativní geodetické práce, které zahrnují především:

- kontrolu, údržbu a zhušťování bodů polohové a výškové základní vytyčovací sítě na povrchu předané investorem,
- vytvoření a údržbu polohové a výškové vytyčovací sítě v podzemí,
- prostorové vytýčení díla při ražbě,
- průběžnou kontrolu vytýčení díla při ražbě,
- prostorové vytýčení všech ostatních stavebních etap díla a jejich okamžitou následnou kontrolu
- zaměření skutečného provedení díla
- vedení důlně měřické dokumentace.

Investor zajišťuje kontrolní geodetické práce, jejichž součástí je:

- vytvoření a údržba polohové a výškové základní vytyčovací sítě na povrchu s přesností odpovídající požadavkům na další vytyčovací práce a na přesnost prorázky
- kontrola polohové a výškové vytyčovací sítě v podzemí
- kontrola prostorových vytýčení a kontrola skutečného provedení díla
- vedení důlně měřické dokumentace v omezeném rozsahu.

Obecně jsou všechny vytyčovací geodetické práce v ražených tunelech prováděny za účelem dovedení ražby s co nejmenší možnou odchylkou do prorázky a zároveň za účelem vytvoření díla co nejpřesněji podle realizačního projektu. To vše snižuje celkové náklady na vytvoření díla. Kontrolní práce jsou nutné pro vyloučení hrubých chyb při vytyčování, jejichž náprava především v ražených tunelech obvykle vyvolá nečekaně vysoké navýšení nákladů.

## **20.10 EKOLOGIE**

Při provádění všech prací souvisejících s výstavbou, rekonstrukcemi, opravami a údržbou železničních tunelů je třeba dbát pokynů a ustanovení uvedených v kapitole 1 TKP.

## **20.11 BEZPEČNOST PRÁCE A TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ, POŽÁRNÍ OCHRANA**

### **20.11.1 Všeobecně**

Při provádění tunelové stavby je nutné dodržovat a řídit se zejména ustanoveními:

- Vyhlášky č. 55/1996 Sb.,
- Vyhlášky č. 26. Českého báňského úřadu z 29.prosince 1988,
- Vyhlášky č. 324. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu ze dne 31. července 1990,

- Zákon ČNR č. 542/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon ČNR č. 61/1988 Sb.,
- ČD Op 16,
- z hlediska bezpečného pohybu a úkrytu zaměstnanců drah v tunelu za budoucího provozu zhotovitel vybaví tunel odpovídajícími značkami a nátěry podle předpisu ČD S6.

## **20.11.2 Izolace**

Místo pokládání izolačních fólií z plastů musí být označeno tabulkami označujícími prostor s nebezpečím požáru.

Na místě smí být k dispozici pouze takové množství materiálu, které bude zpracováno v průběhu jednoho pracovního dne.

Délka rozpracovaného úseku s volně položenou fólií je omezena na max. 50 m.

Únikové cesty musí být vždy volné.

Hořlavé látky, jako např. zbytky fólie, obaly, lepidla a podobně, musí být z tunelu odstraněny vždy nejpozději do konce směny.

V blízkosti hořlavých látek nesmí být prováděny práce s otevřeným plamenem nebo s přístrojem, který je zdrojem jiskření.

Pracoviště je vybaveno dostatečným počtem hasicích přístrojů vhodných pro hašení použitých hmot a materiálů.

## **20.12 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.

### **20.12.1 Technické normy uvedené v textu TKP-20**

ČSN EN 206-1	Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN 72 1156	Stanovení odolnosti přírodního kamene proti mrazu
ČSN 72 1170	Zkoušení kameniva pro stavební účely. Základní ustanovení
ČSN 72 1860	Kámen pro zdivo a stavební účely. Společná ustanovení
ČSN 73 0036	Seismická zatížení staveb
ČSN 73 0210-1	Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení
ČSN 73 0212-4	Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 4: Liniové stavební objekty
ČSN 73 0212-5	Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 5: Kontrola přesnosti stavebních dílců
ČSN 73 1201	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN 73 1321	Stanovení vodotěsnosti betonu
ČSN 73 2011	Nedeštruktívne skušanie betonových konštrukcií
ČSN 73 2031	Zkoušení stavebních objektů, konstrukcí a dílců. Společná ustanovení
ČSN 73 2400	Provádění a kontrola betonových konstrukcí
ČSN 73 2430	Provádění a kontrola konstrukcí ze stříkaného betonu
ČSN 73 6223	Ochrany proti nebezpečnému dotyku s živými částmi trakčního vedení a proti účinkům výfukových plynů na objektech nad kolejemi železničních drah

### 20.12.2 Předpisy

ČD S 6	Správa tunelů
Vyhláška ČBÚ č.55/1996 Sb.	O požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí
Vyhláška č. 26/1989 Sb.	O bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu
Vyhláška č. 177/1995 Sb.	Stavební a technický rád drah
Vyhláška č. 324/1990 Sb.	O bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích
Výnos GŘ ČD č.j. 1/93 – 021	Zásady modernizace vybrané železniční sítě Českých drah a Dodatek č.j. 138/94 - 07
Zákon č. 114/1992 Sb.	Ve znění zákona č. 347/1992 Sb., o provádění vyhlášky č. 395/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.
Zákon č. 266/1994 Sb.	O drahách
Zákon č. 542/1991 Sb.	Kterým se mění a doplňuje zákon ČNR č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb.

### 20.12.3 Související kapitoly TKP

- Kapitola 1 - Všeobecně
- Kapitola 3 - Zemní práce
- Kapitola 17 - Beton pro konstrukce
- Kapitola 18 - Betonové mosty a konstrukce
- Kapitola 22 - Izolace proti vodě
- Kapitola 23 - Sanace inženýrských objektů
- Kapitola 24 - Zvláštní zakládání
- Kapitola 25 - Protikorozní ochrana úložných zařízení a konstrukcí
- Kapitola 27 - Zabezpečovací zařízení
- Kapitola 31 - Trakční vedení

## 20.13 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – příklady vzorů formulářů

- denní diagram ražby
- schéma zajištění výrubu
- záběrový list

Příloha č. 2 - inženýrskogeologické podklady pro stavbu tunelu



## ČD-DDC MODERNIZACE TRATI KRALupy NAD VLTAVou - VRAŇany

TUNEL V KM 446.030 - 446.420

## DENNÍ DIAGRAM RAŽBY

Plocha výruba .....m <sup>2</sup>	STANIČENÍ	od TM .....	do TM .....	ZÁZNAM ČÍSLO /.....
-----------------------------------	-----------	-------------	-------------	---------------------

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	VÝHODNOCENÍ
Vrtání čelby																										
Nlabíjení																										
Větrání																										
Odtěžování rubaniny																										
Střílíkání beton																										
Kotvení																										
Osazování ramenátu																										
Ostatní																										
Pracovní postup																										
Geologie																										
Opravy techniky																										
Zajištění ražby																										
Ostatní																										

Obsazení směny:	Stavbyvedoucí:	Mistr:	Stavbyvedoucí:	Mistr:
-----------------	----------------	--------	----------------	--------

Výkaz materiálu	Záběr	m																							
	Rozbušky	m																							
	Třihavina	kg																							
	Délka vrtů	m																							
	Ostatní																								

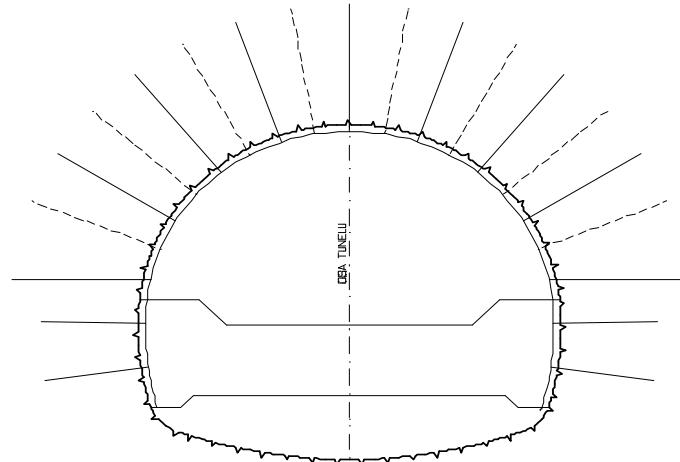
Za odběratele	Za dodavatele	Datum:
---------------	---------------	--------



**ČD-DDC MODERNIZACE TRATI  
KRALUPY NAD VLTAVOU - VRAŇANY  
TUNEL V KM 446.030 - 446.420**

SCHÉMA ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU			Schéma č:	
KALOTY <input type="checkbox"/>	JÁDRA <input type="checkbox"/>	POČVY <input type="checkbox"/>	Třída výruba :	IV.

Schváleno pro úsek Od TM: \_\_\_\_\_ Do TM: \_\_\_\_\_



Měřítko : 1 : 200

**POKYNY PRO VÝRUB**

Délka záběru _____ m	Max. vzdálenost čelby jádra od čelby kaloty v [m]: _____	Max. vzdálenost ražby počvy od čelby jádra v [m]: _____
----------------------	--	---

**ZABUDOVANÉ PRVKY ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU**

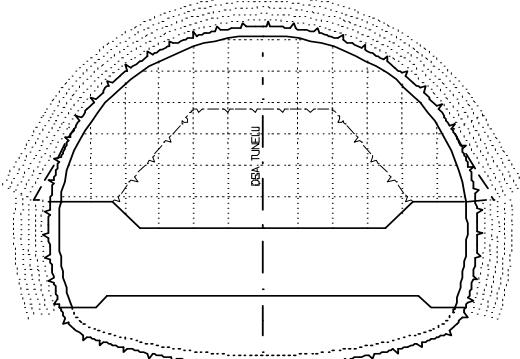
Rámy BRETEX typ:	R0-K <input type="checkbox"/> _____ ks	R0-B <input type="checkbox"/> _____ ks	R1-K <input type="checkbox"/> _____ ks	Délka záběru _____ m
Sítě KARI:	Q 188 <input type="checkbox"/>	Q 378 <input type="checkbox"/>	Jiná: _____	Počet vrstev: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
Tloušťka stříkaného betonu:	200 mm <input type="checkbox"/>	250 mm <input type="checkbox"/>	300 mm <input type="checkbox"/>	Jiná _____ mm
Stříkaný beton zajištění čelby:	Tloušťka : _____ mm		Plocha : _____ m <sup>2</sup>	
Jehly :	Profil : _____ mm	Délka : _____ m	Počet: _____ ks	
Kotvy :	Typ :	Délka :	Počet :	Délka :
	SN			
	HUS			
	IBO			

Odchylky od projektované třídy výruba:

Za odběratele:	Za dodavatele:
Jméno : _____	Datum : _____



**ČD-DDC MODERNIZACE TRATI  
KRALUPY NAD VLTAVOU - VRAŇANY  
TUNEL V KM 446.030 - 446.420**

		<b>ZÁBĚROVÝ LIST VÝRUBU</b>				Použité schéma zajištění výruba č.	List číslo:	
KALOTY	<input type="checkbox"/>	JÁDRA	<input type="checkbox"/>	POČVY	<input type="checkbox"/>	_____	Třída výruba :	
Staničení v TM	Od:		Do:		<p style="margin-top: 10px; margin-bottom: 0;"><u>POZNÁMKA:</u></p> <p style="margin-top: 0; margin-bottom: 0;">Pomocný rastr v kalotě 1 x 1 m</p> <p style="margin-top: 0; margin-bottom: 0;">Pomocný rastr po obvodě 0,1 m</p> 			
Měřítko : 1 : 200								
Způsob rozpojování :	strojní : <input type="checkbox"/>		trhací práce : <input type="checkbox"/>	kombinované : <input type="checkbox"/>	další členění výruba: <input type="checkbox"/>			
Čelbový klín :	ano <input type="checkbox"/>		ne <input type="checkbox"/>	Plánovaná délka záběru: _____ m				
Rozšíření paty kaloty :	ano <input type="checkbox"/>		ne <input type="checkbox"/>	Skutečná délka záběru : _____ m				
<b>ZABUDOVANÉ PRVKY ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU</b>								
Rámy BRETEX		Rám č: .....		Tunel. metr: .....	Typ rámu:		R0 <input type="checkbox"/>	R1 <input type="checkbox"/>
Sítě KARI:	Q 188 <input type="checkbox"/>	Q 378 <input type="checkbox"/>	Jiná: .....	Počet vrstev:		1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	
Tloušťka stříkaného betonu :		200 mm <input type="checkbox"/>	250 mm <input type="checkbox"/>	300 mm <input type="checkbox"/>	Jiná ____ mm			
Stříkaný beton zajištění čelby:		Tloušťka : _____ mm		Plocha : _____ m <sup>2</sup>				
Jehly :		Profil : _____ mm		Délka : _____ m	Počet: _____ ks			
Kotvy :		Typ :	Délka :	Počet :	Délka :	Počet :	Délka :	Počet :
		SN						
		HUS						
IBO								
Výron vody :		čelba :			Záběr celkem :			
Poznámky :								
Za odběratele:				Za dodavatele:				
Jméno :		Datum :		Jméno :		Datum :		

## **Příloha č.2**

### **INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PODKLADY PRO STAVBU TUNELU**

Inženýrskogeologický průzkum vyšetří geologické, geomorfologické a hydrogeologické poměry v takovém rozsahu, aby získaná představa o inženýrskogeologických poměrech lokality postihovala prostor, který může ovlivnit projektované dílo a také umožňovala posoudit inženýrskogeologické podmínky výstavby, tj. zhodnocení zjištěných údajů z hlediska připravované výstavby podzemního díla.

Pro rekonstrukce a opravy tunelů inženýrskogeologický průzkum zajišťuje komplexní hodnocení stávajícího díla s jeho okolním masivem, průzkum kvality materiálů tunelového ostění, případně zakládek.

#### **PŘEDMĚTEM VYŠETŘENÍ IG POMĚRŮ JSOU:**

- Hornina
  - = litologie,
  - = stav horniny,
  - = fyzikální vlastnosti,
  - = mechanické vlastnosti,
  - = termální vlastnosti,
  - = technologické vlastnosti.
- Horninový masiv
  - = úložné poměry,
  - = puklinatost,
  - = tektonické porušení,
  - = stav napjatosti,
  - = přetvárné vlastnosti,
  - = pevnostní vlastnosti,
  - = technologické vlastnosti,
  - = propustnost.
- Podzemní vody
  - = směr a rychlosť proudění,
  - = režim hladiny,
  - = velikost a charakter infiltrační oblasti,
  - = vztah podzemních vod k povrchovým vodotečím,
  - = chemismus podzemních vod.
- Geodynamické procesy

- = tektonika, seizmickita a jejich vliv na napětí v masivu,
- = činnost tekoucí a stojaté vody,
- = činnost větru,
- = činnost podzemní vody,
- = teplotní změny,
- = geotermické vlivy,
- = gravitační síly,
- = antropogenní / poddolování, sedání/.

**PŘEDMĚTEM POSOUZENÍ IG-PODMÍNEK VÝSTAVBY TUNELOVÉ STAVBY NA ZÁKLADĚ  
ZJIŠTĚNÝCH IG POMĚRŮ JSOU:**

- Vedení trasy (směrové, výškové)
  - = homogenita prostředí,
  - = vztah osy díla k hlavním strukturním a texturním prvkům,
  - = vyhledání horninového prostředí s nejpozitivnějšími vlastnostmi pro vedení trasy,
  - = vliv hloubky podzemní vody a její kvality na umístění trasy.
- Stabilita území
  - = posouzení stability v předportálových a portálových úsecích,
  - = posouzení stability svahů u úbočních tunelů,
  - = posouzení tunelů s nízkým nadložím,
  - = vliv ražby na změny vlastností horninového prostředí,
  - = ovlivnění nadloží, jiných podzemních děl, zástavby na povrchu.
- Stabilita výruba.
  - = kvalitativní i kvantitativní,
  - = zařazení do technologických tříd,
  - = podklady pro návrh dočasné výstroje a ostění,
  - = stanovení započitatelného nadvýlomu,
  - = posouzení stability výruba v čase.
- Přetváření horninového masivu a stavebních konstrukcí.
- Rozpojování
  - = podklady pro volbu vhodného způsobu rozpojování,

- = podklady pro rozhodnutí o nasazení mechanizmů.
- Změny hydrogeologického režimu
  - = posouzení rozsahu změn hydrogeologického režimu v okolí stavby,
  - = přítok do díla (povaha, množství).
- Zlepšování vlastností horninového masivu.
- Podklady pro: injektování, kotvení, vyztužení hornin nebo zemin, odvodnění apod.

Jedním ze závěrů inženýrskogeologického průzkumu je rozčlenění horninového prostředí v trase na kvazihomogenní celky - geotechnické typy a subtypy. Ty se definují tak, aby k nim bylo možné přiřadit technologické třídy pro různé tunelovací technologie.

Vlastnosti a charakteristika geotechnických typů se vyjádří podle geotechnických klasifikací. Zatřídění horninového prostředí se provede alespoň dvěma nezávislými klasifikačními metodami.

Zatřídění se postupně upřesňuje v jednotlivých etapách inženýrskogeologického průzkumu.

Konečné klasifikační ohodnocení a zatřídění do technologických tříd se zjišťuje v průběhu stavby a zaznamená se v dokumentaci skutečného provedení stavby tunelu. Základními klasifikacemi jsou QTS, NRTM, BARTON, BIENIAWSKI.

Rozsah IG průzkumu, množství a typ průzkumných prací se řídí složitostí zamýšlené stavby a inženýrskogeologických poměrů.

#### PRO SANACI NEBO REKONSTRUKCI TUNELU

se kromě průzkumu stavu a vlastností horninového prostředí v okolí tunelu (v přiměřeném rozsahu) podle výše uvedeného, dále vyšetřuje:

- tloušťka stávajícího ostění,
- stav obezdívky včetně výplně spár,
- stav kontaktní spáry ostění – hornina,
- stávající podmínky zatížení ostění,
- vývoj zatížení ostění od okolní horniny,
- základové podmínky pod opěrami ostění,
- funkčnost drenážního systému, měření kvality a vydatnosti výronů vody do tunelu, celkové posouzení hydrogeologického režimu v okolí tunelu,
- existence a měření trhlin.

**Poznámky:**





## **TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB ČESKÝCH DRAH**

Vydavatel: České dráhy, s.o. - Divize dopravní cesty, o.z.

### **P r v n í v y d á n í / z roku 1996/ bylo vyhotoveno a připomínkováno v tomto složení:**

Zpracovatel: PRAGOPROJEKT, a.s., a SUDOP Praha, a.s.

Zpracovatel kap. 20: Ing. Roman Smida (SUDOP Praha a.s.)

Technická rada: Ing. Milan Strnad (Pragoprojekt, a.s.), Ing. Miloslav Bažant (Pragoprojekt, a.s.),  
Ing. Jiří Stříbrný (SUDOP Praha, a.s.), Ing. Petr Lapáček (SUDOP Praha, a.s.),  
Ing. Vítězslav Herle (SG-Geotechnika, a.s.), Ing. Jiří Bureš (ČD-DDC),  
Ing. Ondřej Chládek (ČD-DDC), Ing. Danuše Marusičová (ČD-DDC),  
Ing. Pavel Stoulik (MD ČR)

### **T ř e t í - aktualizované v y d á n í včetně změny č. 2 /z roku 2001/ :**

Zpracovatel: Ing. Libor Mařík, ILF Consulting Engineers, s.r.o.

Gestor kapitoly 20: Ing. Bohuslav Stečínský (ČD-DDC O13)

Zpracovatel připomínek ke kapitole 20:

Ing. Miroslav Teichman  
(ČD, DDC, Technická ústředna dopravní cesty, sekce 13)

Distribuce: České dráhy, s.o., DDC, o.z  
Technická ústředna dopravní cesty - Sekce technické dokumentace  
772 58 Olomouc, Nerudova 1

tel. 950-2241, st. tel. 068-4722241  
fax 950-5290, st. fax 068-4725290  
e-mail: TUDCOTDOLCsek@tudc.olc.cdrl.cz