

# TP 263

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

## IZOLACE TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ





Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. MD-42975/2023-930/2 ze dne 2.1.2024 s **účinností od 15.1.2024**.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

**Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjpk.cz.**

# Obsah

<b>A - OBECNÁ ČÁST .....</b>	<b>6</b>
<b>A.1 Předmět a platnost technických podmínek.....</b>	<b>6</b>
<b>A.2 Použité zkratky a jejich výklad.....</b>	<b>6</b>
<b>A.3 Základní pojmy.....</b>	<b>7</b>
A.3.1 Obecná část.....	7
A.3.2 Fóliové izolace.....	8
A.3.3 Stříkané izolace .....	8
A.3.4 Bentonitové izolace.....	9
A.3.5 Asfaltové izolační pásy .....	9
A.3.6 Tunel s vodonepropustným ostěním .....	10
<b>A.4 Související technické předpisy.....</b>	<b>10</b>
<b>A.5 Skladba izolačního souvrství (IS) .....</b>	<b>13</b>
A.5.1 Podklad pro IS .....	13
A.5.2 Základní skladba izolačního souvrství .....	13
A.5.3 Dočasná ochranná vrstva .....	13
<b>A.6 Systémy izolace .....</b>	<b>14</b>
A.6.1 Tlakový systém izolace .....	14
A.6.2 Deštníkový systém izolace .....	14
<b>A.7 Požadavky na vodotěsnost tunelů.....</b>	<b>15</b>
<b>A.8 Materiály izolační vrstvy IS .....</b>	<b>16</b>
<b>A.9 Požadavky na projektovou dokumentaci .....</b>	<b>16</b>
A.9.1 Požadavky na projektovou dokumentaci pro provádění stavby IS.....	16
A.9.2 Požadavky na realizační dokumentaci IS .....	16
<b>A.10 Konstrukční zásady .....</b>	<b>17</b>
A.10.1 Dilatační a pracovní spáry .....	17
<b>A.11 Realizace IS.....</b>	<b>17</b>
A.11.1 Obecné zásady .....	17
A.11.2 Způsobilost provádění prací.....	18
A.11.3 Technologický předpis (TePř).....	18
<b>A.12 Popis a kvalita stavebních materiálů a výrobků.....</b>	<b>18</b>
A.12.1 Všeobecně.....	18
A.12.2 Kvalita stavebních materiálů.....	19
A.12.3 Specifické požadavky na jednotlivé části IS .....	19
<b>A.13 Zkoušení a kontrola kvality .....</b>	<b>20</b>
A.13.1 Způsobilost k provádění zkoušek .....	20
A.13.2 Zkoušky typu / průkazní zkoušky .....	20
A.13.3 Kontrolní zkoušky na stavbě .....	20
A.13.4 Přejímací zkoušky IS .....	21
A.13.5 Rozhodčí zkoušky .....	21
<b>A.14 Dodávka a skladování .....</b>	<b>21</b>
<b>A.15 Ekologie .....</b>	<b>21</b>
<b>A.16 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.....</b>	<b>21</b>

<b>B - SPECIÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>23</b>
<b>B1 - FÓLIOVÉ IZOLACE.....</b>	<b>24</b>
<b>B1.1 Všeobecně.....</b>	<b>24</b>
<b>B1.2 Základní vlastnosti používaných materiálů.....</b>	<b>24</b>
B1.2.1 Základní rozdělení .....	24
B1.2.2 Měkčený polyvinylchlorid – PVC .....	25
B1.2.3 Polyetylen – PE.....	25
B1.2.4 Termoplastické polyolefiny – TPO .....	25
<b>B1.3 Požadavky na materiály .....</b>	<b>25</b>
B1.3.1 Požadavky na fóliovou izolační vrstvu PVC-P, PE, TPO.....	26
B1.3.2 Požadavky na geotextilie.....	27
B1.3.3 Požadavky na upevňovací prvky .....	27
B1.3.4 Požadavky na výrobky pro prostupy .....	27
<b>B1.4 Obecné zásady.....</b>	<b>28</b>
B1.4.1 Napojování různých IS.....	28
B1.4.2 Spára mezi hloubenou a raženou částí tunelu .....	28
B1.4.3 Ukončení izolace .....	28
B1.4.4 Dvouvrstvý fóliový izolační systém .....	28
<b>B1.5 Realizace IS.....</b>	<b>29</b>
B1.5.1 Úvod .....	29
B1.5.2 Zásady realizace .....	29
B1.5.3 Klimatická omezení .....	29
B1.5.4 Provádění ochranných vrstev.....	29
B1.5.5 Kladení izolačních fólií.....	30
B1.5.6 Spojování izolačních fóliových dílů.....	30
B1.5.7 Spojování spárových (těsnicích) pásů .....	31
B1.5.8 Záplaty a prostupy.....	31
<b>B1.6 Kvalifikace zhotovitele IS.....</b>	<b>32</b>
B1.6.1 Vyšší svářečí personál .....	32
B1.6.2 Nižší svářečí personál .....	32
<b>B1.7 Zkoušení a kontrola kvality .....</b>	<b>32</b>
B1.7.1 Kontrolní zkoušky na stavbě .....	32
B1.7.2 Druh a rozsah zkoušek svarů.....	33
B1.7.3 Kontrola vnějšího vzhledu svaru .....	33
B1.7.4 Kontrola rozměrů svaru .....	34
B1.7.5 Zkouška pevnosti svaru.....	36
B1.7.6 Zkouška nepropustnosti svaru .....	37
B1.7.7 Zkouška stlačeným vzduchem.....	38
B1.7.8 Vakuová zkouška .....	38
B1.7.9 Zkouška ultrazvukem .....	39
B1.7.10 Zkouška vysokým napětím .....	41
<b>B1.8 Dodávka a skladování .....</b>	<b>41</b>
<b>B1.9 Rizika při realizaci .....</b>	<b>41</b>
<b>B1.10 Tunely ražené .....</b>	<b>42</b>

B1.10.1 Úvod .....	42
B1.10.2 Požadavky na podklad.....	42
B1.10.3 Požadavky na podklad pod těsnicí pásy.....	43
B1.10.4 Pomocné konstrukční prvky IS.....	43
B1.10.5 Tunely s tlakovým systémem izolace .....	44
B1.10.6 Tunely s deštníkovým systémem izolace .....	49
<b>B1.11 Tunely hloubené .....</b>	<b>49</b>
B1.11.1 Úvod .....	49
B1.11.2 Požadavky na podklad.....	50
B1.11.3 Tunely s tlakovým systémem izolace .....	50
B1.11.4 Tunely s deštníkovým systémem izolace .....	51
<b>B2 - STŘÍKANÉ IZOLACE.....</b>	<b>52</b>
<b>B2.1 Všeobecně .....</b>	<b>52</b>
<b>B2.2 Základní vlastnosti používaných materiálů.....</b>	<b>52</b>
B2.2.1 Základní rozdělení .....	52
B2.2.2 Požadavky na materiály .....	52
<b>B2.3 Pomocné konstrukční prvky IS.....</b>	<b>53</b>
<b>B2.4 Požadavky na úpravu podkladu .....</b>	<b>53</b>
<b>B2.5 Požadavky na ochrannou vrstvu .....</b>	<b>53</b>
B2.5.1 Vnitřní ochrana stříkané izolace ražených tunelů ve spodní klenbě.....	53
B2.5.2 Ochrana izolace hloubených tunelů.....	54
<b>B2.6 Realizace IS.....</b>	<b>54</b>
B2.6.1 Klimatická omezení .....	54
B2.6.2 Provádění IS .....	54
B2.6.3 Opravy.....	56
B2.6.4 Realizace ochranné vrstvy.....	56
<b>B2.7 Konstrukční zásady .....</b>	<b>56</b>
B2.7.1 Opatření v místě pracovních a dilatačních spár.....	56
B2.7.2 Přejechod fóliové izolace na stříkanou izolaci .....	56
<b>B2.8 Zkoušení a kontrola kvality .....</b>	<b>57</b>
B2.8.1 Zkoušky typu / průkazní zkoušky .....	57
B2.8.2 Kontrolní zkoušky na stavbě .....	57
<b>B2.9 Dodávka a skladování .....</b>	<b>57</b>
<b>B2.10 Rizika při realizaci .....</b>	<b>58</b>
<b>B3 - BENTONITOVÉ IZOLACE .....</b>	<b>59</b>
<b>B3.1 Všeobecně.....</b>	<b>59</b>
<b>B3.2 Základní vlastnosti používaných materiálů.....</b>	<b>59</b>
<b>B3.3 Požadavky na úpravu podkladu .....</b>	<b>60</b>
<b>B3.4 Požadavky na ochrannou vrstvu .....</b>	<b>60</b>
B3.4.1 Svislé konstrukce.....	60
B3.4.2 Základové konstrukce .....	61
B3.4.3 Stropní konstrukce .....	61
<b>B3.5 Provedení IS .....</b>	<b>61</b>
B3.5.1 Obecné zásady, klimatická omezení .....	61
B3.5.2 Vlastní realizace .....	61

B3.5.3 Opravy a prostupy .....	62
B3.5.4 Ochrana izolace při výstavbě .....	62
B3.5.5 Úprava bentonitové izolace v místě dilatačních spár .....	63
<b>B3.6 Zkoušení a kontrola kvality .....</b>	<b>63</b>
B3.6.1 Kontrolní zkoušky na stavbě .....	63
<b>B3.7 Dodávka a skladování .....</b>	<b>63</b>
<b>B3.8 Rizika při realizaci .....</b>	<b>63</b>
<b>B4 - ASFALTOVÉ PÁSOVÉ IZOLACE .....</b>	<b>64</b>
<b>B4.1 Všeobecně .....</b>	<b>64</b>
B4.1.1 Způsoby provádění .....	64
B4.1.2 Systémy izolace .....	65
<b>B4.2 Základní popis jednotlivých vrstev IS .....</b>	<b>65</b>
B4.2.1 Primární vrstva .....	65
B4.2.2 Izolační vrstva .....	66
B4.2.3 Ochranná vrstva .....	66
<b>B4.3 Požadavky na podkladní konstrukci .....</b>	<b>66</b>
<b>B4.4 Požadavky na jednotlivé vrstvy IS .....</b>	<b>67</b>
B4.4.1 Požadavky na primární vrstvu .....	67
B4.4.2 Požadavky na AIP .....	70
B4.4.3 Požadavky na ochrannou vrstvu .....	71
<b>B4.5 Pomocné konstrukční prvky IS .....</b>	<b>71</b>
<b>B4.6 Realizace IS .....</b>	<b>71</b>
B4.6.1 Obecné zásady .....	71
B4.6.2 Klimatická omezení .....	72
B4.6.3 Vlastní realizace .....	72
B4.6.4 Pokládka AIP .....	74
B4.6.5 Ochranná vrstva .....	75
B4.6.6 Opravy .....	75
<b>B4.7 Konstrukční zásady .....</b>	<b>76</b>
B4.7.1 Výplň a těsnění dilatačních spár v monolitické konstrukci .....	76
B4.7.2 Výplň a těsnění dilatačních spár v montované konstrukci .....	77
B4.7.3 Požadavky na těsnicí pásy .....	78
<b>B4.8 Zkoušení a kontrola kvality .....</b>	<b>78</b>
B4.8.1 Zkoušky typu / průkazní zkoušky .....	78
B4.8.2 Kontrolní zkoušky na stavbě .....	78
<b>B4.9 Dodávka a skladování .....</b>	<b>79</b>
<b>B4.10 Rizika při realizaci .....</b>	<b>79</b>
<b>B5 - TUNELY S VODONEPROPUSTNÝM OSTĚNÍM .....</b>	<b>80</b>
<b>B5.1 Všeobecně .....</b>	<b>80</b>

## A - OBECNÁ ČÁST

### A.1 Předmět a platnost technických podmínek

Tyto technické podmínky (dále jen TP) platí pro navrhování, provádění, kontrolu kvality a údržbu izolace proti vodě tunelových staveb, kolektorů, štol a dalších podzemních objektů souvisejících s výstavbou pozemních komunikací. Izolační souvrství eliminuje vliv podzemních vod na životnost a provoz těchto staveb.

TP jsou určeny projektantům, zhotovitelům, dodavatelům izolačních výrobků a materiálů, stavebním dozorům, supervizorům, objednatelům/správcům stavby, správcům a provozovatelům tunelových staveb.

TP rozvíjí a navazuje na ČSN 73 7507 – Projektování tunelů pozemních komunikací a TKP 24 – Tunely.

TP pro izolace tunelů a souvisejících objektů jsou z hlediska použití izolačních systémů rozděleny do následujících základních částí:

#### A – Obecná část

#### B – Speciální část

**B1** – Fóliové izolace

**B2** – Stříkané izolace

**B3** – Bentonitové izolace

**B4** – Asfaltové izolační pásy

**B5** – Tunely s vodonepropustným ostěním

### A.2 Použité zkratky a jejich výklad

<b>AIP</b>	Asfaltové izolační pásy ve smyslu ČSN 73 6242
<b>BOZP</b>	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
<b>BOP</b>	Beton s omezenou hloubkou průsaku
<b>ČBÚ</b>	Český báňský úřad
<b>DSPS</b>	Dokumentace skutečného provedení stavby
<b>IS</b>	Izolační souvrství
<b>KZP</b>	Kontrolní a zkušební plán
<b>MP</b>	Metodický pokyn
<b>PDPS</b>	Projektová dokumentace pro provádění stavby
<b>PE</b>	Polyetylen
<b>PK</b>	Pozemní komunikace
<b>PS</b>	Pojistný systém
<b>PTO</b>	Provozně technický objekt
<b>PVC</b>	Polyvinylchlorid (např. měkčené PVC-P)



<b>RDS</b>	Realizační dokumentace stavby
<b>SJ-PK</b>	Systém jakosti v oboru pozemních komunikací
<b>TEP</b>	Technologický postup
<b>TePř</b>	Technologický předpis (viz TKP 1)
<b>TKP</b>	Technické kvalitativní podmínky staveb PK
<b>TKP-D</b>	Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb PK
<b>TP</b>	Technické podmínky
<b>VL</b>	Vzorové listy
<b>TPO</b>	Termoplastické polyolefiny
<b>VOP</b>	Všeobecné obchodní podmínky staveb PK
<b>ZDS</b>	Zadávací dokumentace stavby
<b>ZOP</b>	Zvláštní obchodní podmínky PK
<b>ZTKP</b>	Zvláštní technické kvalitativní podmínky stavby PK

### A.3 Základní pojmy

Tato kapitola uvádí pouze pojmy týkající se přímo izolace. Další pojmy jsou uvedeny v příloze 24.P.2 TKP 24.

#### A.3.1 Obecná část

<b>Sekundární ostění</b>	Nosná konstrukce raženého tunelu zhotovená z prostého betonu nebo ze železobetonu.
<b>Deštníková izolace</b>	Deštníková izolace je provedena pouze v horní klenbě a bocích tunelového díla a není zatížena hydrostatickým tlakem. Její součástí je drenážní systém.
<b>Dilatační spára</b>	Spára v konstrukci ostění, která umožňuje vzájemný pohyb sousedních částí konstrukce v rovině spáry i kolmo na ní.
<b>Horní/spodní klenba</b>	Sekundární ostění tunelu je horizontálně děleno na spodní a horní klenbu, toto dělení je dáno postupem výstavby a vzniká tak podélná pracovní spára; pro IS se používá stejné dělení (izolace horní klenby, respektive spodní).
<b>Izolační souvrství</b>	Souvrství složené z primární, izolační a ochranné vrstvy včetně případného pojistného systému.
<b>Netkaná geotextilie</b>	Textilie vyrobená ze směrově nebo nahodile orientovaných vláken, zpravidla se používá jako drenážní a ochranná vrstva IS.
<b>Nopová fólie</b>	Fólie s výstupky, tzv. nopy. Používá se pro drenážní funkci, jako ochranná vrstva, nebo s vodotěsným spojem jako izolační vrstva.

<b>Pojistný systém</b>	Soubor opatření a prvků instalovaný v rámci IS již při výstavbě tunelu, který umožňuje v případě selhání IS dodatečné utěsnění bez zásahu do stavební konstrukce.
<b>Pracovní spára</b>	Spára v konstrukci ostění vynucená technologií výstavby, která neumožňuje vzájemný pohyb sousedních částí.
<b>Primární ostění</b>	Ostění raženého tunelu zajišťující stabilitu výrubu a integritu nosného horninového prstence v okolí výrubu.
<b>Vnější těsnicí pás</b>	Těsnicí prvek určený k oddělení sekcí a sektorů a těsnění spár.
<b>Těsnicí plechy</b>	Plechy umístěné v pracovní spáře za účelem jejího utěsnění.
<b>Záplata</b>	Způsob opravy poškozeného místa vlastní izolační vrstvy.

### **A.3.2 Fóliové izolace**

<b>Dvoustopý svar</b>	Strojní vzájemné spojení dílů izolace přeplátováním pomocí dvou rovnoběžných svarů s kontrolním kanálkem mezi svary, umožňující provedení tlakové zkoušky svarů.
<b>Izolační fóliový díl</b>	Díl izolace z fólie (např. PVC, PE) dodávaný v rolích. Po uložení a spojení (svaření) izolačních dílů se vytvoří izolační vrstva.
<b>Jiskrový zkušební přístroj</b>	Elektrický přístroj na odhalování poškození plastových fólií, záplat nebo detailů IS (popsaný v ČSN 73 6242, příloha E).
<b>Nosný terč (rondel)</b>	Přípevňovací plastový prvek, ke kterému je navařena izolační fólie. Musí být z materiálu kompatibilního s použitou fólií.
<b>Signální vrstva</b>	Jedná se o vrstvu izolační fólie kontrastní barvy, která umožňuje vizuální kontrolu případného mechanického poškození izolační fólie. Veškerá poškození signální vrstvy musí být ihned zkontrolována a případně opravena (přeplátována) a podrobena zkoušce.

### **A.3.3 Stříkané izolace**

<b>Mokrý způsob nástřiku</b>	Tekutá směs připravená smícháním všech složek se dopravuje do stříkací trysky a poté se nastříkává na předem upravený povrch.
<b>Stříkací souprava</b>	Sestava strojů a zařízení používaných při nanášení izolační vrstvy stříkáním. Obvykle se skládá ze stříkacího stroje s materiálovým přívodem a stříkací tryskou.
<b>Stříkací stroj</b>	Čerpací zařízení, které slouží pro plynulé dávkování směsi do materiálového přívodu a z něho do stříkací trysky.

<b>Stříkací tryska</b>	Koncovka materiálového přívodu a příslušných přidavných přívodů. Vpředu má zúžený nebo zploštělý kónický tvar se směšovačem a regulačním zařízením pro přidávání vzduchu nebo záměsových kapalin.
<b>Stříkaná izolace</b>	Stejněměrně nanesená vrstva (více vrstev) materiálu aplikovaná stříkáním pod tlakem na předem připravený podklad. Po předepsané době a za předepsaných podmínek reakce, případně zrání, vytvoří nanesený materiál souvislou izolační vrstvu.
<b>Suchý způsob nástřiku</b>	Suchá základní směs se dopravuje do stříkací trysky, ve které se mísí s vhodným množstvím záměsové vody, popř. urychlujících přísad a poté se nastříkává na předem upravený povrch.

### A.3.4 Bentonitové izolace

<b>Bentonit</b>	Vodonepropustný materiál na bázi jílu, který při kontaktu s vodou intenzivně bobtná a tím uzavřený prostor vyplní tak, že dojde k utěsnění tohoto prostoru.
<b>Bentonitová rohož</b>	Tvoří ji zpravidla dvě vrstvy pevně sešité geotextilie vyplněné bentonitem.
<b>Bentonitová fólie</b>	Je tvořena fólií, která je z jedné strany opatřena vrstvou bentonitu.
<b>Bentonitový pásek</b>	Těsnící prvek vyrobený z čistého bentonitu. Používá se zejména k utěsnění pracovních a dilatačních spár.
<b>Bentonitový tmel (pasta)</b>	Materiál, který se používá pro dotěsnění přesahu jednotlivých rohoží či záplaty.
<b>Bentonitový prášek</b>	Používá se pro dotěsnění přesahu jednotlivých rohoží či záplaty na vodorovné ploše.

### A.3.5 Asfaltové izolační pásy

<b>Asfaltový izolační pás</b>	Průmyslově vyrobený plošný prefabrikát z modifikovaného asfaltu. Pásy mají výztužnou vložku a jsou opatřeny oboustrannou krycí asfaltovou hmotou.
<b>Dvojitý systém</b>	Izolační systém, kde izolační vrstvu tvoří volně pokládané AIP, na které je druhá vrstva AIP celoplošně natavená.
<b>Dvouvrstvý systém</b>	Izolační systém, kde izolační vrstvu tvoří dva celoplošně natavené AIP.
<b>Jednovrstvý systém</b>	Izolační systém, kde izolační vrstvu tvoří jeden AIP.

<b>Kotevní impregnační nátěr</b>	Primární vrstva prováděná jako jednovrstvý nátěr povrchu betonového podkladu dvousložkovou nízkoviskózní epoxidovou pryskyřicí. Tento nátěr je opatřen posypem křemičitým pískem.
<b>Pečetící vrstva</b>	Primární vrstva, která se skládá z kotevního impregnačního nátěru (včetně posypu křemičitým pískem) a z uzavíracího nátěru.
<b>Penetračně adhezni nátěr</b>	Primární vrstva prováděná jako nátěr povrchu betonového podkladu modifikovanými nízkoviskózními asfaltovými hmotami za studena.
<b>Uzavírací nátěr</b>	Druhý nátěr pečetící vrstvy, který je prováděný stejným materiálem jako kotevní impregnační nátěr.
<b>Výztužná vložka</b>	Textilie ze syntetických vláken, která zlepšuje fyzikálně mechanické vlastnosti AIP.

### A.3.6 Tunel s vodonepropustným ostěním

<b>Beton s omezenou hloubkou průsaku</b>	Beton používaný pro ostění bez bariérové izolace, který musí mít definovaný maximální průsak a další vlastnosti ve smyslu ČSN EN 206 + A1 a TKP 18.
<b>Dodatečná injektáž</b>	Opravný prostředek k zajištění těsnosti konstrukce porušené trhlinou.
<b>Injektážní systémy</b>	Systémy injektážních trubiček umístěných do spár. Slouží buď k okamžitému, nebo pozdějšímu dotěsnění spár.
<b>Vodonepropustné ostění</b>	Ostění splňující požadavky na přípustnou šířku trhlin, hloubku průsaku a těsnění pracovních a dilatačních spár. Zamezuje průsaku vody z horninového masivu do prostoru tunelu.

## A.4 Související technické předpisy

Pokud jsou v textu těchto TP uvedeny názvy a odkazy na legislativní dokumenty, ČSN, technické předpisy Ministerstva dopravy, interní předpisy objednatele, je uvedeno jejich základní označení s tím, že pro ně obecně platí dovětek „v platném znění“.

### A.4.1.1 Související právní předpisy

Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Zákon č. 237/2000 Sb., kterým se mění zákon 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 93/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)

Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí

Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech

Zákon č. 283/2021 Sb. stavební zákon

Zákon č. 61/1988 Sb. České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě

Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích

Nařízení vlády č. 362/2005 Sb. o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky

Nařízení vlády č. 215/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.

Vyhláška MV č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)

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 MV č. 87/2000 Sb. kterou se stanoví podmínky požární bezpečnosti při svařování a nahřívání živců v tavných nádobách

Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí

#### **A.4.1.2 Související technické normy**

ČSN P 73 0600	Hydroizolace staveb – Základní ustanovení
ČSN 73 7507	Projektování tunelů pozemních komunikací
ČSN EN 13491 ed. 2	Geosyntetické izolace – Vlastnosti požadované pro použití jako hydroizolace při stavbě tunelů a podzemních konstrukcí
ČSN EN 13067	Personál pro svařování plastů – Zkoušky odborné způsobilosti svářečů – Svařování spojů z termoplastů
ČSN EN 13252	Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití v odvodňovacích systémech
ČSN EN 13256	Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbě tunelů a podzemních staveb
ČSN EN 206 +A2	Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN 73 6242	Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací
ČSN EN ISO/IEC 17024	Posuzování shody – Všeobecné požadavky na orgány pro certifikaci osob
ČSN EN 13036-1	Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 1: Měření hloubky makrotextury povrchu vozovky odměrnou metodou
ČSN EN ISO 14731	Svářečský dozor – Úkoly a odpovědnosti

ČSN EN 13100-1	Nedestruktivní zkoušení svarových spojů polotovarů z termoplastů – Část 1: Vizuální kontrola
ČSN EN ISO 9712	Nedestruktivní zkoušení – Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT
ČSN 05 0705	Zaškolení pracovníků a základní kurzy svářečů
ČSN EN 1008	Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu

#### **A.4.1.3 Související technické předpisy Ministerstva dopravy**

TKP 1	Všeobecně
TKP 18	Betonové konstrukce a mosty
TKP 21	Izolace proti vodě
TKP 24	Tunely
TP 97	Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací
TP 164	Izolační systémy mostů PK – polyuretany
TP 178	Izolační systémy mostů PK – polymethylmetakryláty
VL 5	Tunely
Směrnice pro dokumentaci staveb PK	

## A.5 Skladba izolačního souvrství (IS)

### A.5.1 Podklad pro IS

Podkladní konstrukce není součástí IS. Před aplikací IS musí být podkladní konstrukce provedena tak, aby byly splněny podmínky stanovené pro jednotlivé druhy IS (uvedeny v části B dle jednotlivých druhů IS). Podrobně musí být požadavky upřesněny v RDS dle konkrétních použitých výrobků.

Za úpravu podkladní konstrukce zodpovídá zhotovitel konstrukce. Zhotovitel IS za účasti objednatele/správce stavby přejímá podkladní konstrukci od jejího zhotovitele na základě podrobné prohlídky a doložených výsledků zkoušek a měření. Takto upravený podklad slouží jako nosič izolace.

### A.5.2 Základní skladba izolačního souvrství

Izolační souvrství je obvykle tvořeno následujícími vrstvami:

#### A.5.2.1 Primární vrstva

Primární vrstva se aplikuje celoplošně nátěrem nebo nástřikem přímo na podkladní konstrukci. Zajišťuje trvalou funkčnost vlastní izolační vrstvy, musí mít stejnou životnost jako izolační vrstva. Dle použitého IS (podrobně je specifikováno v části B) se jedná o ošetření (úpravu) podkladní konstrukce s cílem zajistit dostatečnou přilnavost izolační vrstvy k podkladní konstrukci. Realizaci zajišťuje zhotovitel IS.

#### A.5.2.2 Izolační vrstva

Je vrstva nebo souvrství zajišťující vlastní vodotěsnost konstrukce vnitřního prostoru tunelové stavby. Izolační funkci může plnit také samotná vodonepropustná konstrukce ostění tunelové stavby v kombinaci s těsněním pracovních a dilatačních spár.

#### A.5.2.3 Ochranná vrstva

Vrstva nebo souvrství zajišťující dlouhodobou ochranu izolační vrstvy proti jejímu poškození během realizace IS, výstavby tunelu, a dále po celou dobu životnosti tunelu. Rozeznáváme vnější a vnitřní ochrannou vrstvu dle umístění v díle vůči izolační vrstvě.

### A.5.3 Dočasná ochranná vrstva

Není trvalou součástí IS, ale za její provedení zodpovídá zhotovitel IS. Používá se dočasně v místech, kde může být izolace ohrožena pohybem mechanizace, pracovníků, výstavbou bednění, lešení nebo jiných dočasných konstrukcí. Dále se používá v místech, kde je izolace dočasně ukončena z důvodů etapizace výstavby. Pro dočasnou ochrannou vrstvu bude použita kombinace geotextilie (300 g/m<sup>2</sup>) a recyklované pryže v tloušťce min. 50 mm (lze nahradit stříkaným betonem ve stejné tloušťce). Musí být stanoveno v PDPS a podrobně specifikováno v TePř.

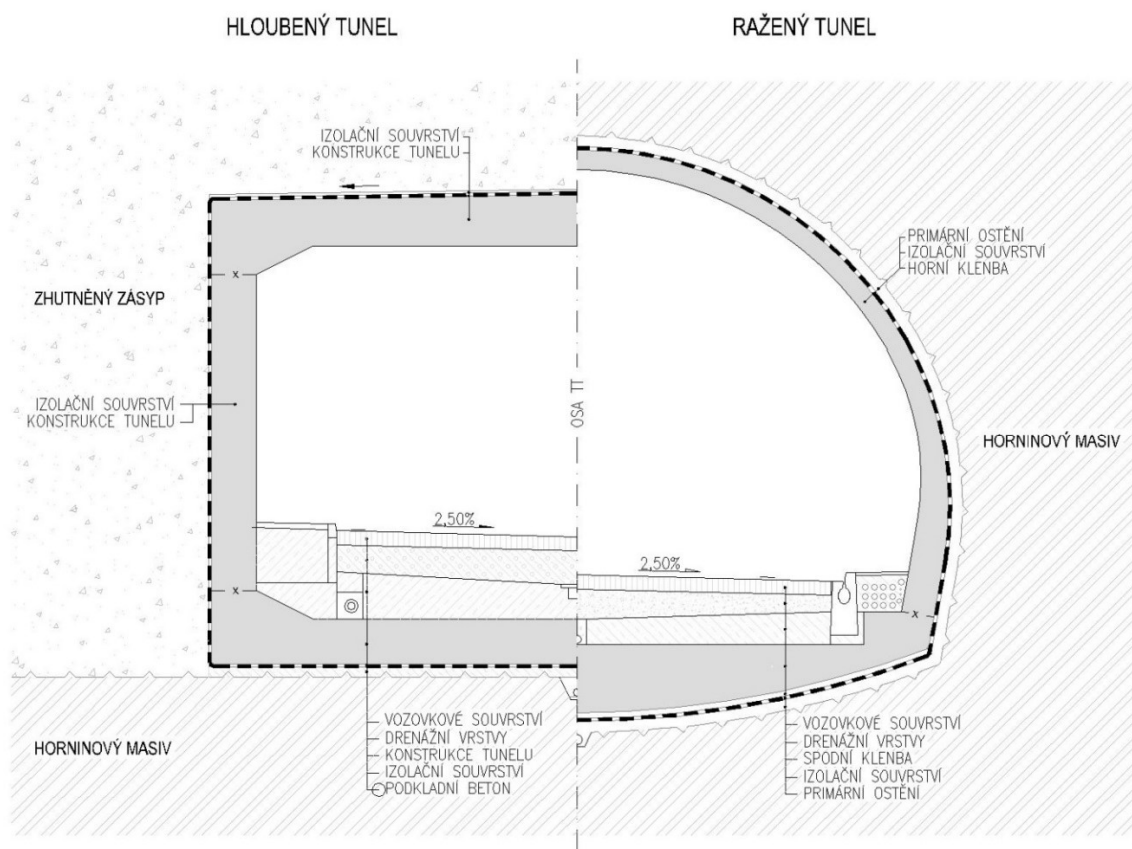
## A.6 Systémy izolace

Izolace tunelů se provádí buď jako tlakový nebo jako deštníkový systém.

### A.6.1 Tlakový systém izolace

Tlakový systém izolace je systém, kdy je IS provedeno po celém obvodě díla viz obr. 1. Provádí se zejména v případě, kdy je dílo trvale pod úrovní hladiny podzemní vody a pohyb (pokles) hladiny podzemí vody může negativně ovlivnit (ohrožit) objekty v zóně ovlivnění (zastavěné území, ztráta vody ve studních, ochrana léčivých pramenů, rizikové oblasti z pohledu ochrany přírody apod.). Dalším případem použití tlakového systému jsou tunely bez možnosti gravitačního odvodnění.

**Obr. 1:** Tlakový systém izolace

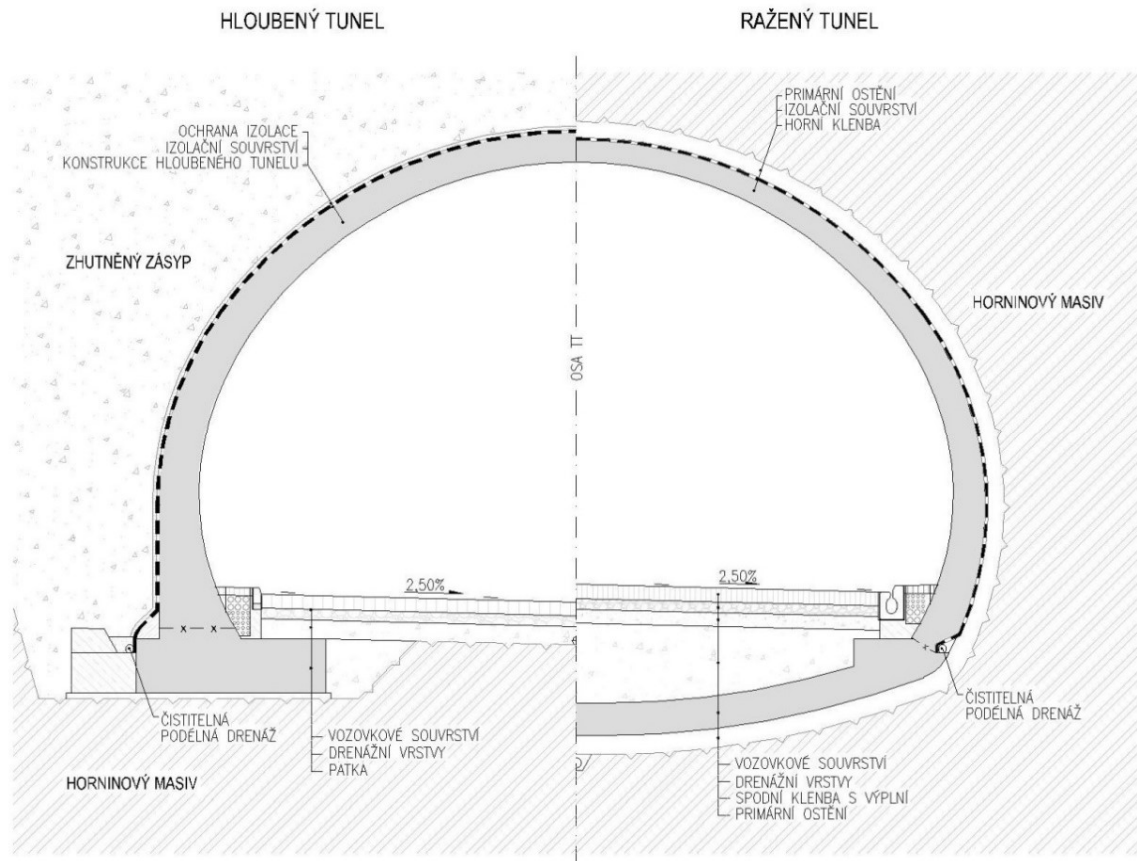


### A.6.2 Deštníkový systém izolace

Deštníkový systém izolace je systém, kdy je IS provedeno na bocích a v horní části profilu tunelového díla (dno není izolováno), viz obr. 2. IS je doplněno o podélnou boční drenáž vedenou vně ostění, která je uložena přibližně v úrovni základové spáry patky horní klenby. Vzhledem k tomu, že nelze vyloučit průsak vody do konstrukčních vrstev vozovky, je systém odvodnění doplněn i o drenáž sloužící k odvodnění pláně.



**Obr. 2: Deštníkový systém izolace**



## A.7 Požadavky na vodotěsnost tunelů

IS je navrhováno tak, aby splňovalo požadavky na průnik vody do vnitřního prostoru tunelové stavby dle tab. 1.

**Tab. 1: Kritéria vodotěsnosti**

Třída	Charakter	Využití	Definice	Průsaky $q^{(1)}$ [l.den <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]
1	zcela suché	technologické prostory (PTO, rozvodny)	ostění tak těsné, že uvnitř nejsou patrné žádné vlhké skvrny	0,0
2	v podstatě suché	úseky tunelů PK ohrožené mrazem (portálové úseky)	na líci ostění nesmí být vlhkost, která navlhčí savý papír	0,1
3	kapilární průnik vlhkosti	ostatní části tunelů PK: technické chodby a propojky, větrací šachty, únikové komunikace, vstupy pro záchranné týmy	na vlhké skvrny přiložený savý nebo novinový papír se namočí vlhkost lze odstranit intenzivním větráním voda nestéká po líci ostění	0,2
4	vlhké slabé úkapy	požární kanály a pomocné štoly, šachty a komunální tunely	vlhké plochy místy občasná kapání	0,5
5	slabé pramínky průsaků	odvodňovací kanalizační štoly (znečištěná voda)	pramínky prosakující vody lokálně přípustné	1,0
6	pramínky průsaků	odvodňovací drenážní štoly (mimo místa jímání)	pramínky prosakující vody přípustné (bez tlaku)	3,0

Pozn.: (1) Průsak  $q$  v litrech na 1 m<sup>2</sup> izolovaného líce tunelu za den při posuzování daného úseku zpravidla 3 bloků sekundárního ostění (délka cca 40 m).

## A.8 Materiály izolační vrstvy IS

Pro realizaci izolace tunelových staveb se v praxi používají různé izolační materiály, případně jejich kombinace. Volba materiálu izolace závisí především na typu konstrukce tunelové stavby, umístění stavby a izolačním systému. V těchto TP jsou uvedeny nejčastěji používané základní materiály včetně jejich obvyklého použití:

- **Fóliové izolace** (podrobně viz část B1) – nejčastěji používaný materiál izolací, jak pro tlakový, tak dešťníkový izolační systém, ražené i hloubené tunely, štol, kolektory atd.;
- **Stříkané izolace** (podrobně viz část B2) – vhodné pro ražené i hloubené objekty s atypickým tvarem, velkým množstvím prostupů, v místech křížení apod.;
- **Bentonitové izolace** (podrobně viz část B3) – nejčastěji používány na hloubené tunely a další podzemní objekty;
- **Asfaltové izolační pásy** (podrobně viz část B4) – hloubené (přesypané) tunely, jak pro tlakový, tak dešťníkový izolační systém;
- **Tunelová ostění bez bariérové izolace** (podrobně viz část B5) – v tomto případě izolaci zajišťuje samotná konstrukce realizovaná z betonu s omezenou hloubkou průsaku (BOP) s těsněním spár, lze použít na všechny podzemní konstrukce (s monolitickým i prefabrikovaným ostěním).

## A.9 Požadavky na projektovou dokumentaci

### A.9.1 Požadavky na projektovou dokumentaci pro provádění stavby IS

Projektová dokumentace pro provádění stavby (PDPS) musí jednoznačně definovat veškeré technické požadavky, informace a údaje ke zhotovení díla tak, aby bylo možné provést ocenění díla budoucím zhotovitelem stavby tunelu/IS.

V PDPS je nutné definovat v samostatné příloze IS následující údaje:

- systém izolace včetně případného PS (s ohledem na ovlivnění režimu podzemní vody),
- požadavky na podklad IS,
- návrh skladby a parametrů IS (s ohledem na agresivitu prostředí),
- specifikace detailů IS (těsnění spár, kouty, rohy, ukončení IS, napojování IS sousedních objektů apod.),
- specifikace případného PS (základní schéma, atypické dilatační celky).

### A.9.2 Požadavky na realizační dokumentaci IS

Realizační dokumentace stavby (RDS) musí splňovat požadavky stanovené v DSP, ZDS a ve Smlouvě. Musí zohledňovat možnosti vybraného zhotovitele IS a parametry vybraných výrobků IS.

V RDS je nutné definovat v samostatné příloze IS následující údaje:

- přesný a jednoznačný popis materiálů IS – včetně tloušťky a spotřeby jednotlivých složek IS,
- Technologický postup realizace IS včetně kontrolních zkoušek,
- rozdělení izolace v příčném a podélném směru se zohledněním polohy dilatačních a pracovních spár, základní geometrie tunelu (základní profil, nouzový záliv, výklenky apod.),

- upřesnění detailů IS s ohledem na vybrané materiály a výrobky (těsnění spár, kouty, rohy, ukončení IS, napojování IS sousedních objektů apod.),
- způsoby dodatečné ochrany izolační vrstvy v různých částech tunelu dle etapizace a postupu výstavby, s důrazem na exponované části stavby, kde hrozí poškození IS,
- systém požárního zabezpečení díla při vlastní realizaci IS (např. omezení pro maximální délku nezakrytého úseku IS),
- systém BOZP.

## A.10 Konstrukční zásady

Při tvorbě dokumentace tunelových staveb a jejich IS se vychází ze Vzorových listů VL 5 – Tunely, Směrnice pro dokumentaci staveb, příslušných kapitol TKP a z požadavků uvedených v těchto TP se zohledněním aktuálního stavu poznání a technického vývoje v oboru.

Návrhu a provádění IS v místech detailů (např. těsnění spár) je nutno věnovat mimořádnou pozornost – zejména celistvosti, napojení, ukončení, dodržení tloušťky IS apod. Podrobněji jsou detaily řešeny v části B jednotlivých typů IS.

### A.10.1 Dilatační a pracovní spáry

U veškerých pracovních a dilatačních spár musí být splněny požadavky na IS uvedené v těchto TP (viz speciální části B1 – B5).

#### A.10.1.1 Spáry mezi bloky sekundárního ostění

Provedení spár mezi bloky sekundárního ostění bude podrobně specifikováno v ZDS, PDPS. Pokud budou spáry provedeny jako dilatační (s výplní), musí být výplň spáry provedena z nenasákavého pružného materiálu, který umožňuje dilatační pohyby.

#### A.10.1.2 Pracovní spáry

Všechny pracovní spáry v definitivní konstrukci musí být příslušně ošetřeny dle TKP 18 a schváleného TePř.

#### A.10.1.3 Spára mezi hloubenou a raženou částí tunelu

Spára mezi hloubenou a raženou částí je velmi komplikovaný detail v rámci celého IS a proto je nutné v tomto místě vždy navrhnout a realizovat pojistný systém. Tomuto místu je nutné věnovat zvýšenou pozornost, jak při jeho navrhování, tak při provádění a kontrole.

Obdobně je nutné řešit spáry mezi propojkou a vlastní tunelovou troubou.

## A.11 Realizace IS

### A.11.1 Obecné zásady

Podrobně je specifikováno v částech B1 – B5. Realizace IS musí být prováděna v souladu s TePř včetně použitých mechanismů, nástrojů a pomůcek.

Každý dokončený úsek izolace spodní klenby (včetně osazených těsnících pásů a injekčních rozvodů pojistného systému) musí být neprodleně (po provedené kontrole a zkouškách všech spojů a záplat) překryt ochrannou vrstvou.

Maximální předstih dokončené izolace je nutné řešit s ohledem na ochranu již položené izolace při následných pracích a požární zatížení rozestavěného díla (tunelu). Předstih je zpravidla 150 m před betonáží sekundárního ostění.

Rozpěrné prvky bednění (např. čela klenby) nesmí být bez další ochrany zapírány do izolace.

Prostupy přes izolaci provádí pouze zhotovitel IS v souladu s RDS a TePř pokládky izolací. Veškeré opravy budou vždy protokolárně přezkoušeny.

Při skladování a provádění musí být dodržena klimatická omezení pro jednotlivé složky IS a příslušné technologické přestávky mezi aplikací jednotlivých vrstev IS. Konkrétní podmínky pro klimatické omezení jednotlivých výrobků IS jsou uvedeny v části B těchto TP.

### **A.11.2 Způsobilost provádění prací**

Pro zajištění kvality se požaduje, aby veškeré izolační práce byly prováděny výhradně specializovaným zhotovitelem s odbornou způsobilostí. Zhotovitel prokazuje svoji odbornou způsobilost pro zajištění jakosti prací při provádění dle Metodického pokynu SJ-PK, části II/4 Provádění silničních a stavebních prací.

Zhotovitel IS je kromě toho povinen prokázat, že disponuje technicky způsobilým strojním a pracovním vybavením, dostatečným počtem pracovníků předepsané kvalifikace vedených odborným pracovníkem se znalostí českého jazyka. Zhotovitel IS musí objednateli předložit doklad o proškolení pracovníků ve znalostech TePř pro prováděnou skladbu IS. Zkušenost s prováděním prokazuje zhotovitel IS referencemi z provedených izolačních prací v souladu s čl. 1.4.3 TKP 1.

Konkrétní požadavky na kvalifikaci pracovníků zhotovitele IS jsou uvedeny v části B.

### **A.11.3 Technologický předpis (TePř)**

Před zahájením prací musí zhotovitel stavby tunelu (zhotovitel IS) zpracovat TePř. TePř je základním dokumentem zhotovitele pro aplikaci IS, který musí být zpracován dle TKP 1, čl. 1.3.3.3.1. v souladu se ZDS.

TePř konkretizuje technologický postup zhotovovacích prací jednotlivých technologických procesů pro konkrétní stavbu/objekt a prováděnou skladbu IS v souladu se ZDS. TePř musí být v souladu s pokyny výrobce izolačních hmot a použitých výrobků a musí respektovat ustanovení těchto TP.

TePř předkládá zhotovitel minimálně 14 dní před zahájením izolačních prací objednateli/správci stavby k odsouhlasení.

## **A.12 Popis a kvalita stavebních materiálů a výrobků**

### **A.12.1 Všeobecně**

Všechny výrobky, stavební materiály a směsi pro realizaci IS, které budou použity na/ke stavbě musí splňovat požadavky podle TKP 1. Veškeré doklady IS předloží zhotovitel objednateli/správci stavby ke schválení v termínech uvedených ve Smlouvě.

## **A.12.2 Kvalita stavebních materiálů**

Popis a kvalita materiálů IS je uvedena v části B těchto TP, obecně je uvedena v ZDS a konkrétně je pak stanovena v RDS. Zde musí být uvedeny Materiálové a Technické listy výrobců jednotlivých výrobků a materiálů.

## **A.12.3 Specifické požadavky na jednotlivé části IS**

### **A.12.3.1 Spárové těsnicí pásy**

Základní požadavky na použití spárových pásů s ohledem na předpokládané pohyby v dilatační spáře jsou definovány v ZDS. Jedná se o následující požadavky:

- vnější spárové pásy musí být kompatibilní s materiálem izolační vrstvy,
- minimální počet žeber je 4 (doporučuje se 6 žeber),
- šířka pásů musí být minimálně 300 mm (doporučuje se 500–600 mm); vzhledem k možnostem a přesnosti vytyčení a osazení bednicí formy je lepší použít širší pásy,
- konkrétní výrobek musí být navržen v RDS s ohledem na předpokládaný pohyb v dilatační spáře a odolnost vůči budoucímu tlaku vodního sloupce stanovený v RDS.

### **A.12.3.2 Bobtnavé těsnicí pásy**

Bobtnavé pásy se používají k utěsnění pracovních spár, zvláště v případě spár se složitější geometrií. Těsnicí účinek je způsoben proniknutím vody do pracovní spáry, které v pásku vyvolá proces bobtnání.

Požadavky na použití bobtnavých těsnicích pásů jsou stanoveny v ZDS a musí splnit následující obecná kritéria:

- silně bobtnající (přes 500 %),
- plastický,
- tvarově stabilní,
- ochrana na povrchu proti předčasné reakci s vodou (ochrana před deštěm),
- chemická stálost v daném prostředí.

V případě předpokládaného působení proudící vody musí těsnicí pásy splňovat:

- bobtnání a smrštění je trvale reverzibilní,
- odolnost/ochrana proti rozplavení proudící vodou.

### **A.12.3.3 Plechy do pracovních spár**

Do tvarově jednoduchých spár lze použít těsnicí plechy s antikorozií úpravou, které jsou vhodné jak pro vertikální, tak i horizontální pracovní spáry. Jedná se o podélný prvek o tloušťce minimálně 0,5 mm, který se před betonáží umístí do spáry. Plech je zpravidla oboustranně opatřen povlakem zajišťujícím přilnavost k čerstvému betonu. Jednotlivé úseky plechů se spojují výrobcem dodávanými spojkami. Instalace plechů probíhá dle předpisu výrobce. Plech se umísťuje tak, aby byl zapuštěn minimálně 60 mm do obou spojujovaných částí konstrukce ostění.

## A.13 Zkoušení a kontrola kvality

Pro dosažení požadované kvality izolačních systémů v tunelech je nutné vlastnosti jednotlivých složek celého IS ověřovat zkouškami. Základní ustanovení o zkouškách je uvedeno v TKP 1. Je nezbytné provádět technickou kontrolu používaných strojních zařízení, provádět kontrolu vyškolení pracovníků a dodržování předepsaných pracovních postupů a dodržování podmínek popsanych v TePř.

### A.13.1 Způsobilost k provádění zkoušek

Zkoušky typu/průkazní zkoušky a kontrolní zkoušky jsou oprávněny provádět laboratoře se způsobilostí A – akreditované a laboratoře se způsobilostí OZ – odborně způsobilé dle Metodického pokynu SJ-PK, Část II/3 Zkušebnictví (laboratorní činnost).

### A.13.2 Zkoušky typu / průkazní zkoušky

Zkoušky typu výrobků (materiálů, směsí, prvků apod.) zajišťuje zhotovitel u výrobce/dovozce na své náklady. Uznávají se i zkoušky typu dle EN provedené v zahraničí za podmínek uvedených v MP SJ-PK. Zhotovitel objednateli předkládá k jednotlivým materiálům další doklady o posouzení shody ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., nebo doklady o ověření vhodnosti ve smyslu MP SJ-PK (Prohlášení o vlastnostech/Prohlášení o shodě/Prohlášení shody/Certifikát).

Zkouškami typu se ověřují kvalitativní parametry a vlastnosti veškerých výrobků, materiálů a hmot jednotlivých vrstev IS, vzájemná slučitelnost a přílnavost jednotlivých vrstev a vlastnosti IS jako celku. Hodnoty kvalitativních parametrů musí splňovat kvalitativní požadavky pro jednotlivé IS stanovené v části B těchto TP a další dle ZDS.

Zkoušky typu se musí provést vždy. Výsledky zkoušek typu předkládá zhotovitel v souladu s čl. A.12.1 těchto TP. Musí být doložen protokol o průkazních zkouškách/zkouškách typu IS, který nesmí být starší než 5 let.

Zhotovitel izolačních prací je povinen předem prokázat objednateli kvalitu jednotlivých složek IS minimálně 28 dní před zahájením prací.

Před zahájením vlastních izolačních prací a v odůvodnitelných případech může objednatel po zhotoviteli požadovat předvedení a odzkoušení IS, zejména detailů, na zkušební, referenční ploše.

Nové zkoušky typu/průkazní zkoušky IS musí zhotovitel předložit, pokud se změní některý materiál, skladba IS.

### A.13.3 Kontrolní zkoušky na stavbě

Kontrolními zkouškami se ověřuje, buď v laboratoři nebo přímo na stavbě, shoda s výsledky zkoušek typu/průkazních zkoušek.

Zhotovitel musí před zahájením prací vypracovat Kontrolní a zkušební plán (KZP), ve kterém specifikuje druh a četnost kontrolních zkoušek pro jednotlivé IS, a předložit ho objednateli/správci stavby ke schválení. Základní kontrolní zkoušky pro jednotlivé IS jsou uvedeny v části B těchto TP, doplňující potom v ZTKP stavby.

Kontrolní zkoušky se provádí po aplikaci jednotlivých složek IS a jejich kladné výsledky podmiňují pokračování prací na dalších vrstvách. Kontrolní zkoušky se provádějí i na dokončeném IS.

Z každého pracovního postupu (např. bloku betonáže) musí být vyhotoven a dokladován protokol, který předává zhotovitel stavební části objednateli/správci stavby.

Pokud objednatel/správce stavby požaduje zajištění archivních vzorků, zhotovitel má povinnost zajistit jejich odběr za přítomnosti objednatele/správce stavby a archivovat je nebo předat podle pokynů objednatele/správce stavby.

#### **A.13.4 Přejímací zkoušky IS**

Jedná se o zkoušky specifikované ve Smlouvě nebo dohodnuté objednatelem se zhotovitelem nebo nařízené jako variace, kterými se prověřuje kvalita hotových konstrukcí nebo ucelených částí zhotovovacích prací a jsou dále podkladem pro provedení odsouhlasení nebo přejímky sekce, objektu nebo všech dokončených zhotovovacích prací předepsaných Smlouvou.

#### **A.13.5 Rozhodčí zkoušky**

Rozhodčí zkoušky jsou opakované kontrolní nebo přejímací zkoušky, které se provádějí v případě sporů. Musí je provádět akreditovaná zkušební laboratoř, kterou uznají oba partneři a která neprováděla předcházející zkoušky. Výsledek rozhodčí zkoušky nahrazuje výsledek původní kontrolní nebo přejímací zkoušky. Náklady se hradí podle VOP a ZOP stavby.

### **A.14 Dodávka a skladování**

Zhotovitel IS zodpovídá za dodávku veškerých izolačních hmot a výrobků včetně manipulace a skladování v souladu s návodem výrobce. Při dodávce hmot a výrobků zástupce zhotovitele spolu s objednatelem/správce stavby kontrolují zejména:

- a) dodací listy a označení dodávky,
- b) neporušenost obalů,
- c) datum výroby,
- d) záruční lhůty,
- e) povolenou dobu skladování a způsob skladování včetně klimatických podmínek pro skladování.

O výsledcích kontrol je nutné sepsat zápis do stavebního deníku.

### **A.15 Ekologie**

Obecné požadavky jsou uvedeny v TKP 1 a TKP 21. Při provádění stavby musí zhotovitel dodržovat požadavky všech předpisů týkajících se životního prostředí. Ustanovení příslušných předpisů se musí uplatnit při skladování materiálů, jejich manipulaci, provádění všech stavebních prací a při nakládání s odpady.

Podmínky ochrany životního prostředí při realizaci stavby jsou konkrétně obsaženy v podmínkách stavebního povolení a ve stanovisku orgánů životního prostředí dle zákona č. 100/2001 Sb.

### **A.16 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci**

Požadavky na bezpečnost práce a technických zařízení, jakož i na požární ochranu obecně, stanovuje TKP 1 a TKP 21. Zhotovitel IS je povinen vydat podmínky pro bezpečnost zdraví a hygienu práce při

provádění a přepravě, skladování a používání příslušných materiálů a seznámit s nimi všechny pracovníky. Při provádění tunelové stavby je nutné zpracovat dokument Identifikace a hodnocení rizik pro danou činnost a staveniště.



## **B - SPECIÁLNÍ ČÁST**

## B1 - Fóliové izolace

### B1.1 Všeobecně

Základní rozdělení izolačních systémů se provádí podle způsobu použití zejména v závislosti na hydrogeologických podmínkách. Zároveň se podle těchto podmínek stanovuje minimální nutná tloušťka izolační vrstvy (fólie bez signální vrstvy). Výška vodního sloupce je uvažována nad vrcholem klenby.

Tlakové namáhání vodou může u podzemních konstrukcí nebo jejich částí vzniknout i hromaděním vody v zásypech na nepropustných zeminách nebo jiných vrstvách (např. podkladní nebo výplňový beton), a přitom se nemusí jednat o tlakové namáhání vyplývající z geologických podmínek místa stavby a chování podzemní vody.

**Tab. 2:** Parametry fóliového IS

Podzemní voda /Systém izolace	Minimální tloušťka izolační fólie <sup>(1)</sup>	Pojistný systém	Spárové pásy v příčných dilatačních spárách	Spárové pásy v podélných pracovních spárách
Bez tlaku deštníková	2 mm	ne	ne <sup>(2)</sup>	ne
Tlak do 30 m uzavřená	3 mm	ano	ano	ano
Tlak nad 30 m uzavřená	3 mm + konstrukce se stanoveným max. průsakem nebo 3 + 2 mm <sup>(3)</sup>	ano	ano	ano

Pozn.:

(1) Minimální tloušťka izolační fólie bez započítání signální vrstvy.

(2) O použití spárových pásů v příčných dilatačních spárách rozhodne projektant.

(3) V případě použití dvouvrstvé izolace budou podmínky stanoveny v ZTKP.

### B1.2 Základní vlastnosti používaných materiálů

#### B1.2.1 Základní rozdělení

Fóliové izolace jsou vyrobeny z polymerních látek. V současné době se v tunelech používají dva základní typy izolačních fólií:

- Fólie se signální vrstvou, která umožňuje vizuální kontrolu mechanického poškození fólie.
- Fólie bez signální vrstvy.

Polymery lze podle fyzikálních vlastností dělit na dvě základní skupiny:

- **Elastomery** (kaučuky) – vyznačují se velkou pružností, účinkem vnější síly se výrazně deformují a po ukončení působení síly opět zaujmají původní tvar. Dělí se na přírodní a na syntetické (vyrábí se polymerací nenasycených uhlovodíků).
- **Plastomery** (plasty) – jejich deformace je nevratná, zůstávají deformovány, i když deformující napětí přestane působit.

Plastomery se dále dělí podle toho, jak se chovají při zahřívání:

- **Termoplasty** – opakovaným zahřátím je lze uvádět do plastického stavu, dají se tvarovat. Do této skupiny lze zařadit PE (polyetylen), PP (polypropylen), polystyren, PVC (polyvinylchlorid), PA (polyamid) a další.
- **Reaktoplasty** – po zahřátí proběhne reakce, jejímž výsledkem je tvrdý materiál, který ani další zahřátí neuvede do plastického stavu. Patří sem pryskyřice, tvrdý polyuretan (PUR), polyestery (PES).

### B1.2.2 Měkčený polyvinylchlorid – PVC

Jedná se o termoplast. Výsledné vlastnosti závisí především na technologii výroby a typu a obsahu přísad. Ohebnost a pružnost PVC lze dosáhnout měkčením.

PVC se vyznačuje malou hořlavostí (při hoření se ale uvolňuje jedovatý chlorovodík), je samozhášivý. Vzhledem ke svým vlastnostem je dobře zpracovatelný i pro ruční svařování. Výrobce dodávají fólie transparentní i se signální vrstvou. PVC je stále elastický při jednoosém i při dvouosém namáhání.

Hlavním nedostatkem měkčeného PVC je „vypocování“ změkčovadel. Tato nepříznivá vlastnost se projevuje tím, že hmota křehne v čase.

### B1.2.3 Polyetylen – PE

Jedná se o termoplast. Podle způsobu výroby se dělí na vysokohustotní (PE-HD) a nízkohustotní (PE-LD). Jako izolační fólie v tunelech se používá lineární nízkohustotní (PE-LLD).

PE je velice odolný proti chemikáliím, mechanickému poškození, proti biodegradaci, proti stárnutí. Hoří od teploty 370 °C.

Výhodou tohoto materiálu je malý obsah přísad, vlastnosti fólií různých výrobců se příliš neliší.

PE vyžaduje spojování poměrně vysokou spojovací silou. Vytvoření ručního svaru je prakticky neproveditelné, proto se doporučuje svařovat strojním způsobem.

### B1.2.4 Termoplastické polyolefiny – TPO

Pro výrobu izolačních fólií se používají především směsi elastomeru s termoplastem, označované jako termoplastické polyolefiny (TPO).

Vlastnosti TPO jsou podobné jako PVC, nicméně mají několik výhod:

- neobsahují žádná změkčovadla, dlouhodobě si zachovávají pružnost a flexibilitu,
- jsou inertní, během své životnosti minimálně mění vlastnosti,
- jsou snadno recyklovatelné,
- výrobky lze svařovat i při extrémně nízkých teplotách okolního prostředí (až – 40 °C).

## B1.3 Požadavky na materiály

Kvalitativní parametry pro jednotlivé IS, pokud nejsou specifikovány v ČSN, ČSN EN, nebo těchto TP, případně jiných technických předpisech, musí být specifikovány v ZDS. Zde musí být uvedeny zejména technické a kvalitativní parametry, druh a rozsah zkoušek a další požadavky potřebné pro realizaci IS.

### B1.3.1 Požadavky na fóliovou izolační vrstvu PVC-P, PE, TPO

**Tab. 3:** Požadavky na fóliovou izolační vrstvu

Parametr ČSN EN 13256, jiné evropské normy		Zkušební metoda	Požadované hodnoty
1	Značení výrobků	ČSN EN 13491	výrobky budou označeny dle ČSN EN 13491
	Dokumentace		Prohlášení o vlastnostech
2	Obecné charakteristiky	ČSN EN 1850-2	bez bublin, dutin, jiných zjevných vad
			celoplošná soudržnost signální vrstvy s vrstvou základní
3	Přímost	ČSN EN 1848-2	$\leq 50$ mm
	Rovinnost		$\leq 10$ mm
4	Tloušťka bez signální vrstvy <sup>(1)</sup>	ČSN EN 1849-2	3 mm / 2 mm <sup>(5)</sup>
	jmenovitá tloušťka		3,2 mm / 2,2 mm <sup>(5)</sup>
	průměrná hodnota		$\geq$ jmenovitá tloušťka
	minimální hodnota		průměrná hodnota - 5 %
	Tloušťka signální vrstvy		$\leq 0,2$ mm
	Barva signální vrstvy		světlá, zřetelný kontrast s vrstvou základní
5	Pevnost v tahu <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 527	$\geq 15$ N/mm <sup>2</sup>
6	Max. prodloužení <sup>(3)</sup>	ČSN EN ISO 527	PVC-P $\geq 300$ % - PE a TPO $\geq 500$ %
7	Statická zkouška protřetí (CBR test)	ČSN EN ISO 12236	3,0 kN (3 mm) / 2,0 kN (2 mm)
8	Odolnost proti roztržení <sup>(4)</sup>	ČSN ISO 34-1	$\geq 100$ N/mm
9	Vícerozměrné namáhání	ČSN EN 14151	$\geq 50$ %
10	Provedení svarů	DVS 2225-2	bez vad
	Chování svarů při zkoušce stříhem	DVS 2226-2	přetržení mimo oblast svaru
	Chování svarů při zkoušce rozlupem	DVS 2226-3	přetržení mimo oblast svaru
11	Propustnost vody	ČSN EN 14150	$\leq 0,00001$ m <sup>3</sup> x m <sup>-2</sup> x d <sup>-1</sup>
12	Stanovení odolnosti proti nárazu	ČSN EN 12691 metoda A	Nesmí dojít k proražení při pádu zkušební tělesa z výšky min. 750 mm
13	Stanovení ohebnosti při nízkých teplotách	ČSN EN 495-5	bez trhlin při -20 °C
14	Reakce na oheň	ČSN EN ISO 11925-2	E

Pozn.:

- (1) Tloušťku stanoví projektant na základě hydrofyzikálního namáhání stavby, do požadované tloušťky nesmí být započítána signální vrstva.
- (2) Použije se ČSN EN ISO 527 části 1 a 3, zkušební vzorek typu 5, rychlost 100 mm/min a uvede se maximální pevnost naměřená podle metody zkoušení.
- (3) Použije se ČSN EN ISO 527 části 1 a 3, zkušební vzorek typu 5, rychlost 100 mm/min, prodloužení se musí vypočítat podle ČSN EN ISO 527-1:1997, bod 10.2 za použití měření vzdálenosti svorek.
- (4) Použije se ISO 34-1 metoda B, úhlový zkušební vzorek bez vrubu (obrázek 2 v normě), rychlost 50 mm/min.
- (5) Požadovaná hodnota tloušťky závisí na konkrétním systému izolace, viz tabulka č. 2.

### B1.3.2 Požadavky na geotextilie

Tab. 4: Požadavky na geotextilie

Parametr ČSN EN 13256, ČSN EN 13252		Zkušební metoda	Požadavky na geotextilie	
			ražená část	hloubená část
1	Druh výrobku		mechanicky zpevněná geotextilie výhradně původní surovina – polyolefiny	
2	DSC – analýza	ČSN EN ISO 11357-1	výhradně PP a PE	
3	Značení	ČSN EN ISO 10320	výrobky budou označeny podle ČSN EN ISO 10320	
	Dokumentace		Certifikát FPC, Prohlášení o vlastnostech	
4	Plošná hmotnost	ČSN EN ISO 9864	$\geq 800 \text{ g/m}^2$	$\geq 500 \text{ g/m}^2$ <sup>(1)</sup> (ochrana mezi kcí a fólií)
5	Tloušťka	ČSN EN ISO 9863-1		
	při 2 kPa		max. 10 mm	
	při 20 kPa		min. 4 mm	min. 2,5 mm
6	Pevnost v tahu <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 10319	min. 40 kN/m	min. 20 kN/m <sup>(1)</sup>
7	Protážení při maximální pevnosti <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 10319	min. 60 %	min. 60 %
8	Statické protržení (zkouška CBR)	ČSN EN ISO 12236	min. 8,0 kN	min. 5,0 kN <sup>(1)</sup>
9	Odolnost proti dynamickému protržení (zk. padajícím kuželem)	ČSN EN ISO 13433	0 mm	max. 6 mm <sup>(1)</sup>
10	Charakteristická velikost otvorů	ČSN EN ISO 12956	-- <sup>(3)</sup>	-- <sup>(3)</sup>
11	Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1 ČSN EN ISO 11925-2	třída E	--
12	Transmisivita <sup>(4)</sup>	ČSN EN ISO 12958	$\geq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$	$\geq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$

Pozn.: U minimálních, resp. maximálních hodnot se jedná o minimální, resp. maximální hodnoty v rámci 95 % intervalu spolehlivosti.

(1) V případě ochrany fólie směrem k zásypu je nutné individuální posouzení s ohledem na druh, výšku a způsob hutnění zásypového materiálu (min. 800 g/m<sup>2</sup>, CBR min. 8,0 kN, odolnost proti dynamickému protržení 0 mm).

(2) Průměr z minimálních hodnot pro podélný (MD) a příčný (CMD) směr.

(3) V případě použití geotextilie jako drenážní vrstvy je nutné stanovit velikost otvorů (hrozí jejich ucpání částicemi vyplavovanými z přilehlého prostředí).

(4) Požadavek na transmisivitu (schopnost proudění vody v rovině výrobku vyjádřená při hydraulickém gradientu 1,  $\geq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ ) se vztahuje ke geotextiliím pro vnější ochrannou vrstvu u tunelů s dešťníkovým systémem izolace.

### B1.3.3 Požadavky na upevňovací prvky

Nosný terč je plastový nastřelovací kotouč (rondel), který je součástí IS. Musí být z materiálu slučitelného s použitou izolační fólií. Při odtržení izolační fólie od terče nesmí dojít k jejímu poškození.

Mezi hlavou hřebíku a terčem musí být umístěny kovové podložky průměru minimálně 20 mm a tloušťky minimálně 1 mm, aby při nastřelování hřebíku nebyl připevňovací ani připevňovaný prvek proražen. Pro zapuštění podložky a hřebíku musí být střed připevňovacího prvku prohlouben minimálně o 4 mm.

### B1.3.4 Požadavky na výrobky pro prostupy

- Materiál musí být kompatibilní s použitou izolační fólií.
- Tloušťka manžety musí odpovídat použité tloušťce izolační fólie.

- Veškeré výrobky pro prostupy musí odpovídat předpokládanému zatížení tlakem podzemní vody.

## B1.4 Obecné zásady

Konstrukční zásady jsou v podobě opakovaných technických řešení včetně detailů uvedeny ve VL 5 Tunely.

Základní požadavky:

- IS se navrhuje tak, aby na něj působily pouze rovnoměrně rozložené síly kolmé k jeho povrchu.
- V místech namáhání smykovými silami (např. v dilatačních spárách) musí být navrženy konstrukční úpravy (zesílení, vyztužení apod.).

### B1.4.1 Napojování různých IS

Pro tento detail musí být vypracovaný samostatný TePř dle výrobků a materiálů uvedených v RDS.

### B1.4.2 Spára mezi hloubenou a raženou částí tunelu

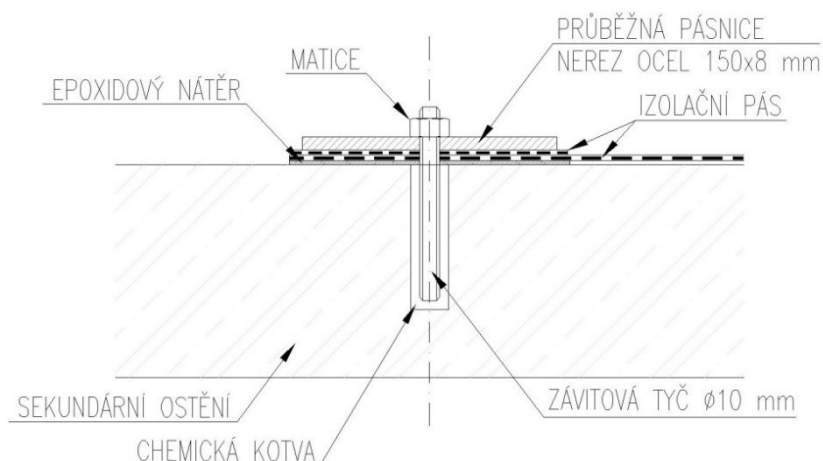
Řešení této spáry je vždy individuální a musí být doloženo v RDS. Musí zde být vždy použit pojistný systém.

### B1.4.3 Ukončení izolace

Z důvodu bezpečnosti a trvanlivosti IS je nutné na portálových úsecích tunelů realizovat zakončení IS již pod násypem. Zakončení izolace je chráněno proti mechanickému poškození přetažením ochranných vrstev.

Zakončení fóliové izolace na hloubeném úseku tunelové stavby lze provádět přikotvením k podkladu pomocí nerezové lišty, viz obr. 3.

**Obr. 3:** Příklad zakončení fóliové izolace



### B1.4.4 Dvouvrstvý fóliový izolační systém

Dvouvrstvý izolační systém se skládá ze dvou fólií, mezi kterými je separační vrstva oddělující obě fólie. Tato vrstva musí zároveň umožnit dokonalý prostup injektážní hmoty při případných sanacích.

Fólie jsou mezi sebou svařené do uzavřených polí – sektorů, jejichž plocha a tvar závisí na členitosti izolované části, případně na napětí v základové spáře. Uzavřené sektory se mezi drenážní vložkou a fólií osadí kontrolními a přechodovými trubicemi, na které se napojí injektážní hadice a zavedou se do injektážních krabic.

Kontrola se provádí vysáváním vzduchu z kontrolované sekce a sledováním vzrůstu tlaku (podtlaková kontrola).

V případě poškození izolace je dvojitý izolační systém možné těsnit (aktivovat) vyplněním prostoru mezi fóliemi injektážním materiálem pomocí přechodových trubic a injektážní hadice.

## **B1.5 Realizace IS**

### **B1.5.1 Úvod**

Při realizaci IS tunelových staveb se postupuje proudovou metodou. Izolační práce se zahajují úpravou podkladu IS, pak následuje upevnění geotextilie, izolační fólie včetně spárových těsnicích pásů a případného PS.

Každý dokončený úsek izolační vrstvy (včetně spárových těsnicích pásů, případně PS) musí být neprodleně po provedené kontrole a zkouškách všech spojů zakryt ochrannou vrstvou ve spodní části profilu, nebo musí být provedena jiná vhodná ochranná opatření proti mechanickému poškození položené izolace v průběhu dalších stavebních prací.

### **B1.5.2 Zásady realizace**

IS v jednotlivých blocích betonáže se musí osadit (smontovat) jen s časově nutným předstihem před betonáží. Tento předstih je nutno uvést v TePř. Předstih nesmí být větší než 6 týdnů a zejména z požárních důvodů musí být co nejkratší. Délka předstihu smí být nejvýše 150 m. Pokud je předstih souvislého rozpracování IS delší než 150 m je třeba pro zajištění požární bezpečnosti instalaci IS přerušit v délce minimálně 10 m, následně lze v izolačních pracích pokračovat. Ze stejného důvodu je po každé směně nutné zajistit úklid a odvoz zbytků izolačních materiálů mimo tunel.

Bednění čela smí být zapřeno přímo do realizovaného IS pouze při použití ochranných prvků.

### **B1.5.3 Klimatická omezení**

Při provádění izolace musí být respektovány a dodržovány klimatické podmínky stanovené výrobcem prvků IS a příslušným TePř. V závislosti na použitých výrobcích zhotovitel tunelové stavby musí zajistit při pokládání a svařování izolace optimální teplotu vzduchu, podkladu i samotné izolace v rozmezí +5 ° až +30 °C, včetně zajištění dalších podmínek (rosný bod, relativní vlhkost).

### **B1.5.4 Provádění ochranných vrstev**

Geotextilie se pokládá s přesahy minimálně 100 mm a jednotlivé pásy se spojují mechanicky nebo pomocí horkého vzduchu. Geotextilie musí vytvářet souvislou ochranu izolační fólie, tj. musí být instalována s dostatečnou vůlí s ohledem na nerovnosti podkladu.

### B1.5.5 Kladení izolačních fólií

Díly izolační fólie se pokládají jak příčně, tak podélně, u ražených tunelů se díly fólie pokládají převážně kolmo na osu tunelu (příčně). Při pokládce musí být vyloučeny křížové spoje izolačních dílů, tj. styk 4 dílů v jednom místě. Jednotlivé izolační díly se musí překrývat minimálně o 80 mm.

### B1.5.6 Spojování izolačních fóliových dílů

Všechny způsoby svařování musí být popsány v TePř zhotovitele IS a dopředu odsouhlaseny.

Spoje fóliových dílů jsou standardně prováděny strojně dvoustopým swarem se zkušebním kanálkem. Šířka jednotlivých švů dvoustopého svaru je minimálně 15 mm, zkušební kanálek mezi oběma svary je třeba provést v závislosti na materiálu v šíři minimálně 20 mm (z důvodu průchodnosti). V místech, kde nelze provést strojní svaření, se spoje provádějí ruční svářečkou.

Před začátkem svařovacích prací na stavbě, resp. po každém znovuvvedení přístroje do provozu, musí být uskutečněna kontrola nastavení svařovací teploty přístroje provedením zkušebních svarů.

Svařované plochy v místě svaru musí být čisté a suché. Okolní teplota a teplota podkladu nesmí při pokládce a zejména při svařování izolace klesnout pod +5 °C. Dále musí být splněny požadavky výrobce spojovaného izolačního materiálu.

**Tab. 5: Přehled metod svařování**

Svařovací metoda	Svařovací technika	Plastifikace svařovaných ploch	Svařovací přísada	Forma spoje	Použití
<b>Svařování horkým klínem</b>	Svařovací stroje	Kontaktní teplo (elektricky nebo vzduchem zahřátý klín)	Žádná	Přeplátovaný spoj se zkušebním kanálem	Běžné svary, dlouhé délky švů
<b>Extruzní svařování (extrudérem)</b>	Ruční svářečky	Konvekce (proudění horkého plynu nebo vzduchu)	Extrudát	Překryvný (nanášený) svar	Úpravy (zlepšení), dodatečné práce, krátké délky švů

#### B1.5.6.1 Svařování horkým klínem

Přeplátované spoje se zkušebním kanálem musí být prováděny výhradně stroji pro svařování horkým klínem. Tuto metodu lze charakterizovat takto:

- Svařování probíhá bez svařovací přísady.
- Svařované plochy jsou ohřáté a plastifikované (natavené) prostřednictvím přímého kontaktu s elektricky nebo vzduchem ohřátým klínem.
- Spojovací síla působí okamžitě po natavení svařovaných ploch.
- Svařovací stroje jsou vybaveny přítlačným systémem se stejnou spojovací silou na obou stranách svaru.
- Přístroje mají možnost samostatně nastavit, řídit a regulovat rychlost posuvu, teplotu horkého klínu nebo horkého plynu a spojovací sílu.
- Teplota horkého klínu nebo horkého plynu, spojovací síla a rychlost posuvu musí být nastaveny v souladu s materiálem a tloušťkou izolační fólie a externími podmínkami.



### **B1.5.6.2 Extruzní svařování (extrudérem)**

Ruční extruzní svařování je omezeno pouze na malé délky švů, svařovací místa se špatným přístupem, zvláštní spoje a úpravy (zlepšení).

Ručním extrudérem jsou vyráběny pouze překryvné svary. Tuto metodu lze charakterizovat takto:

- Svařovací drát zavedený do extruzního přístroje je nejprve rozmělněn a poté v extruzní komoře roztaven na požadovanou teplotu.
- Z komory je roztavená hmota (extrudát) nanesena jako pás pomocí hubice svařovací pistole.
- Svařované plochy jsou ohřáté a natavené horkým plynem (vzduchem).
- Spojovací tlak působí prostřednictvím svařovacího kabelového oka během nanášení svařovací hmoty.
- Svařovací hmota musí být slučitelná se základním materiálem fólie.
- Svářecí zařízení musí umožňovat samostatnou regulaci teploty extrudátu a horkého plynu.

### **B1.5.7 Spojování spárových (těsnicích) pásů**

Požadavky musí být specifikovány v ZDS (především požadavek na vodotěsnost spoje, způsob vzájemného spojování pásů, křížový styk, teplota svařování a kontrola).

V případě požadavku na vodotěsnost spoje musí být pásy vodotěsně svařeny s izolační fólií ručními jednostopými svary šířky minimálně 30 mm. Rovný styk dvou pásů je nutné vodotěsně svařit celou plochou včetně žebírek a dilatačních komůrek. Styk příčných a podélných spárových těsnicích pásů se musí řešit prefabrikovanými kusy tvaru X nebo T s délkou jednotlivých ramen minimálně 500 mm.

Pokud bude poloměr podkladu izolace menší než 0,5 m, musí být provedena úprava těsnicího pásu tak, aby nedošlo k položení (sklopení) žeber pásu. Těsnicí pásy se vzhledem k tvarové paměti nesmí dlouhodobě skladovat svinuté.

Před aplikací spárového pásu se vždy musí zkontrolovat, jestli jsou jednotlivé trny pásu neporušené a nesklopené. Kontrola svarů těsnicích pásů k fólii bude prováděna vizuálně a mechanicky (jehlou s tupým hrotem). Převzetí a kontrola těsnicích pásů musí být protokolárně zpracována za účasti ze strany objednatele/správce stavby, zhotovitele stavební části a zhotovitele izolací.

### **B1.5.8 Záplaty a prostupy**

Záplaty jsou standardní technologická řešení. Používají se v místech ukončování dvoustopých svarů, pro opravu poškozené izolace, v místech nevyhovujících dvoustopých svarů apod.

Provádí se zpravidla svařováním horkým vzduchem s ručním přitlakem. Musí mít rozměry minimálně 200 x 200 mm s oblými rohy (přesah oproti poškození musí být minimálně 100 mm). Šířka svaru musí být minimálně 30 mm. Záplata musí být ze stejného materiálu, jako je poškozený izolační díl.

Práce musí být prováděny za stálé přítomnosti stavebního dozoru a zaznamenány do stavebního deníku. Jednotlivé záplaty jsou odzkoušeny, autorizovány (signovány přímo na záplatu) zhotovitelem IS, zhotovitelem stavby tunelu a zástupcem objednatele/správce stavby.

V místě vpichu jehly při zkoušce dvoustopého svaru je možné použít záplatu o průměru 80 mm, která nemusí být zkoušena.

Prostupy přes IS je nutno provádět pouze s výslovným souhlasem stavebního dozoru a zhotovitele IS, pod jejich trvalým dohledem a způsobem, který bude obsažen v TePř pokládky izolací.

Opravy musí být vždy přezkoušeny (kontrolní zkoušky svarů musí být stanoveny v TePř) a zaznamenány do stavebního deníku.

## B1.6 Kvalifikace zhotovitele IS

Izolační práce může provádět pouze zhotovitel IS, který má certifikát systému jakosti ISO 9001 pro provádění izolačních prací a disponuje potřebným technickým a odborným personálem. Kvalifikace zhotovitele musí být prokázána certifikací svářečského personálu plastů v autorizovaném školicím středisku (akreditované českým institutem pro akreditaci podle ČSN EN ISO/TEC 17024) pro danou metodu svařování a použité materiály. Podrobnosti specifikuje ZTKP a ZDS.

### B1.6.1 Vyšší svářečský personál

- **Certifikovaný svářečský technolog svařování plastů** (celý obor nebo hydroizolační a plynotěsnicí fólie) - Technolog spolupracuje na zpracování TePř, zajišťuje kvalitu svářečských prací, dozoruje při svářečských pracích (dle ČSN EN ISO 14731), zajišťuje zkoušky svarů, výběr strojů, inovace technologií a jiné.
- **Pracovník NDT (nedestruktivní testování)** - vizuální kontrola termoplastů. Zkouška dle ČSN EN 13100-1 a ČSN EN ISO 9712. Pracovník je oprávněn provádět a vyhodnocovat vizuální kontroly svarů.

### B1.6.2 Nižší svářečský personál

- **Certifikovaný svářeč plastů** – zkoušky dle ČSN EN 13067 - Svářeč provádí veškeré „nosné“ svary, tj. spojování fólií, záplaty apod.
- **Zaškolený svářeč** – zkoušky dle ČSN 05 0705 - Zaškolený pracovník není oprávněn svařovat namáhané konstrukce a výrobky podléhající prokázání shody třetí nezávislou stranou. Provádí konstrukční svary, tj. přivaření fólie na rondely, přivaření a spojování spárových pásů apod.

## B1.7 Zkoušení a kontrola kvality

### B1.7.1 Kontrolní zkoušky na stavbě

Kontrolní zkoušky na stavbě zajišťuje zhotovitel z důvodu ověření, zda jakost odpovídá smluvním požadavkům a prohlášením o vlastnostech, resp. prohlášení o shodě a výsledkům zkoušek typu/průkazným zkouškám.

Zhotovitel IS zajišťuje kontrolní zkoušky jednotlivých izolačních vrstev včetně kontroly kvality betonového podkladu. O výsledcích zkoušek musí být laboratoří splňující požadavky části II/3 MP SJ-PK vystaven protokol.

Druh kontrolních zkoušek a jejich četnost je konkretizován v Kontrolním a zkušebním plánu (KZP), který je součástí TePř. Je nutné provádět pravidelné vizuální kontroly celistvosti fólie, případně porušení signální vrstvy (pokud je použita fólie se signální vrstvou) v každé fázi provádění prací. Dále je třeba přednostně využívat metod provádění zkoušek pomocí přístrojů.

V průběhu provádění izolačních prací zajišťuje zhotovitel stavby za účasti objednatele/správce stavby a přímého zhotovitele izolačních prací zejména kontrolní/přejímací zkoušky.

### B1.7.2 Druh a rozsah zkoušek svarů

Zkoušky na stavbě se vztahují na následující vlastnosti:

- Vnější vzhled svaru
- Rozměry svaru
- Pevnost svaru
- Nepropustnost svaru

U spojů se kontinuálně kontrolují vnější vlastnosti a těsnost a namátkově rozměry a pevnost. Namátkové zkoušky se dělají přednostně na zkušebních spojkách a na koncích spojů.

Povaha a rozsah zkoušek, které jsou popsány v tomto předpisu, se vzájemně doplňují. Není možné učinit prohlášení o všech vlastnostech svaru na základě jedné zkušební metody.

**Tab. 6:** Druh a rozsah zkoušek na stavbě

Kvalitativní kritéria		Typy spojů		
		Přeplátované svařované spoje bez zkušebního kanálku	Přeplátované svařované spoje se zkušebním kanálkem	Překryvný (nanášený) svar
Vzhled svaru	Kontrola celé délky	Vizuální zkouška	Vizuální zkouška	Vizuální zkouška
		Zkušební jehla	Zkušební jehla	Zkušební jehla
Rozměry svaru	Namátkové vzorky	Mechanická zkouška	Mechanická zkouška	Mechanická zkouška
		Zkouška ultrazvukem	Zkouška ultrazvukem	
Pevnost svaru	Namátkové vzorky	Odtřhová zkouška	Odtřhová zkouška	Odtřhová zkouška
Nepropustnost svaru	Kontrola celé délky	Zkouška ultrazvukem	Zkouška stlačeným vzduchem	Vakuová zkouška
		Vakuová zkouška		Zkouška vysokým napětím
		Zkouška vysokým napětím		

### B1.7.3 Kontrola vnějšího vzhledu svaru

#### B1.7.3.1 Postup

Vnější vzhled svarů se kontroluje vizuální metodou. S pomocí zkušební jehly je možné odhalit vady na okraji svarů. Kontrola vnějšího vzhledu je primárně prováděna proto, aby se zkontrolovalo správné manuální provedení svaru.

#### B1.7.3.2 Oblast použití

Všechny oblasti kolem svarů, včetně T – spojů a spojení s prvky pro prostupy IS. Svary jsou hodnoceny nezávisle na spojovací metodě a struktuře svaru.

#### **B1.7.3.3 Provedení zkoušky**

Vizuální zkouška se provádí po celé délce svaru. Zkušební jehla se zavede do cíleně vybraných úseků nebo, v případě měkkých elastických fólií, se jehlou přejíždí konstantním tlakem po celé délce svaru. Za nevyhovující se považuje místo, kde hrot jehly vnikne do spoje.

#### **B1.7.3.4 Výsledky zkoušky**

Testování vnějšího vzhledu svaru se zaměřuje na nepravidelnosti a viditelné vady.

Tato zkouška se zaměřuje na:

- Strukturu a rovnoměrnost dráhy svaru
- Vyboulení na přední hraně svaru u přeplátovaných spojů
- Centrální polohu a jednotné okrajové oblasti u povrchových svarů
- Hladký a jednotný povrch svarů
- Zářezy a rýhy kolem svaru
- Defekty, například nesvařené a přiskřípnuté plochy

#### **B1.7.3.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Vnější vzhled svaru je vyhovující, pokud nevykazuje žádné nepravidelnosti a vady s následujícím upřesněním:

- a) Nepravidelnosti vyskytující se v malé míře nesnižují vhodnost svarů k použití.
- b) Vyboulení na přední hraně přeplátovaných spojů nebo na rozhraní povrchových svarů jsou přípustná, pokud se vyskytují jen místy a nejsou silnější než spojovaná fólie.
- c) Zářezy a rýhy s hladkými přechody jsou v omezené míře přípustné, a to až do hloubky 10 % tloušťky fólie.
- d) U větších a často se vyskytujících výše popsaných nesrovnalostí musí být dotčené svary opraveny.
- e) Závažné vady musí být vždy odstraněny.

Aby se předešlo nejasnostem během provádění prací, doporučuje se, aby kritéria pro vnější vzhled byla stanovena před začátkem stavby s použitím přiměřeně dlouhého zkušebního svaru.

V případě pochybnosti musí být vzorky odebrány ze svarů, které umožňují testování všech vlastností.

#### **B1.7.3.6 Omezení zkušební metody**

Správné posouzení vnějšího vzhledu vyžaduje speciální znalosti a zkušenosti. Posouzení týkající se nepropustnosti a pevnosti svaru lze na základě této metody vyvodit pouze v omezené míře.

### **B1.7.4 Kontrola rozměrů svaru**

#### **B1.7.4.1 Metoda**

Kritické rozměry svaru se určují na vzorcích ve tvaru proužku nebo na samotném zhotoveném svaru.

#### B1.7.4.2 Oblast použití

Touto metodou je možné zkontrolovat všechny typy svarů. Rozměry svaru umožňují správné nastavení parametrů procesu pomocí zkušebních spojů. Umožňují vyvodit závěry o jednotném udržení parametrů spojovacího procesu.

#### B1.7.4.3 Provedení zkoušky

Rozměry svaru se určují dle vzorků odebraných ze zkušebních spojů nebo z konců svaru. Tloušťka svaru může být také náhodně měřena na hotovém svaru, a to s pomocí ultrazvuku.

#### B1.7.4.4 Výsledky zkoušky

V závislosti na struktuře svaru se určují následující rozměry (viz obr. 4 – 6):

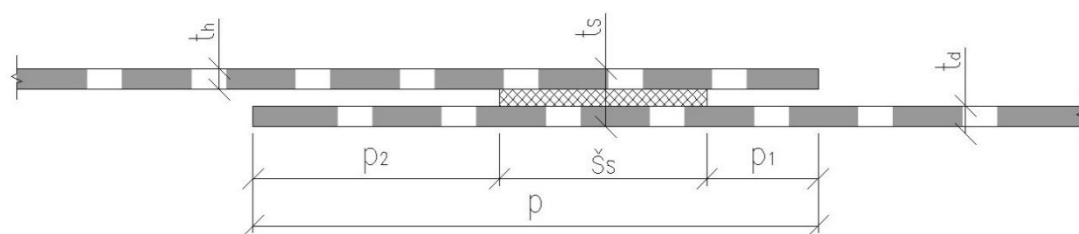
- $p$  = celkové překrytí
- $p_1$  = přední volné překrytí
- $p_2$  = zadní volný přesah
- $\check{s}_s$  = celková šířka svaru
- $\check{s}_{s1}$  = šířka přední části svaru
- $\check{s}_{s2}$  = šířka zadních částí svaru
- $\check{s}_k$  = šířka zkušebního kanálku
- $t_h$  = tloušťka horní fólie
- $t_d$  = tloušťka spodní fólie
- $t_s$  = tloušťka svaru
- $t_{s1}$  = tloušťka přední části svaru
- $t_{s2}$  = tloušťka zadní částí svaru

Tímto způsobem lze určit kritéria pro tloušťku svaru:

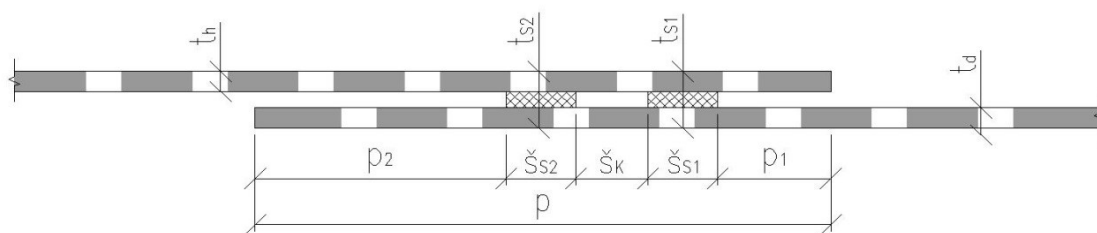
$$f_{sc} = \text{tloušťka překryvného svaru} = t_s / (t_h + t_d)$$

$$\Lambda_{ts} = \text{dráha svaru (změna tloušťky) pro přeplátovaný spoj} = (t_h + t_d) - t_s$$

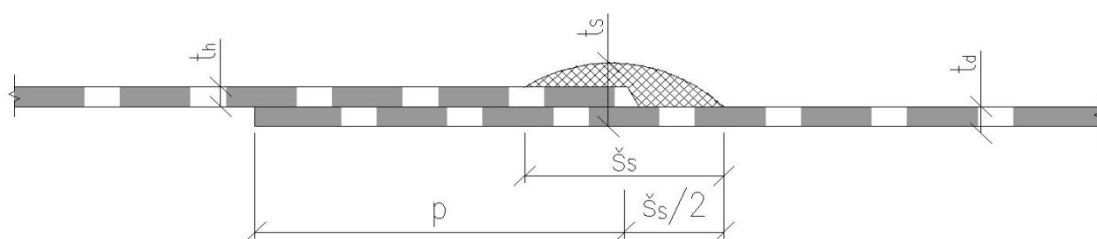
**Obr. 4:** Rozměry svaru – Přeplátované svařované spoje bez zkušebního kanálku



**Obr. 5:** Rozměry svaru – Přeplátované svařované spoje se zkušebním kanálkem



**Obr. 6: Rozměry svaru – Povrchový svar**



#### **B1.7.4.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Musí být prokázáno, že rozměry svaru odpovídají zásadám, které souvisí se spojovaným materiálem a s požadavky TePř:

- Zadní volný přesah musí mít délku minimálně 40 mm. Přední volný přesah musí být maximálně pětinásobkem tloušťky fólie. Drobné odchylky však neovlivní kvalitu svaru.
- Je nutné dodržet šířku švu a zkušebního kanálku tak, jak je stanoveno v TePř.
- V případě povrchových svarů musí být excentricita (nesouosost) svaru maximálně 5 mm.

#### **B1.7.4.6 Omezení zkušební metody**

Touto metodou nelze zjistit nepropustnost svaru. Pevnost svaru lze posoudit pouze nezávazně v omezené míře.

### **B1.7.5 Zkouška pevnosti svaru**

#### **B1.7.5.1 Postup**

Pro kvalitativní stanovení pevnosti svaru se provádějí destruktivní zkoušky z náhodně vybraných vzorků. Tyto testy jsou určeny pro posouzení deformace a poruchového chování svaru. Odlupovací zkoušky se provádí na 20 až 50 mm širokých proužcích.

#### **B1.7.5.2 Oblast použití**

Odlupovací zkoušky lze použít ke kontrole všech typů svarů. Zkoušky slouží jak k úpravě parametrů při provádění zkušebních spojů, tak ke kontrole dosažené pevnosti svaru.

#### **B1.7.5.3 Provedení zkoušky**

Zkouška se provádí na vzorcích, které se odtrhnou vodorovným tahem. Proužky vzorků musí být odebrány tak, aby byly k dispozici přiměřené upínací délky po obou stranách svaru.

Zkoušky jsou prováděny zkušebními nástroji vhodnými pro použití na staveništi a umožňujícími rovnoměrné použití tahové síly a rychlosti protažení. V případě termoplastických materiálů se měří předepsané tahové síly stanovené v TePř.

#### **B1.7.5.4 Výsledky zkoušky**

Deformace (protažení) základního materiálu a jeho poruchové chování je posuzováno kvalitativně. Pevnost svaru v odloupnutí je stanovená a posuzuje se tedy kvantitativně.

#### **B1.7.5.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Výsledky zkoušky slouží k ověření a posouzení dosažené pevnosti spojů (pevnost v odlupování) vůči předepsaným hodnotám.

Svar má dostatečnou kvalitu, dochází-li:

- K natahování jednovrstvého základního materiálu mimo svar, bez odlupování svaru.
- V případě vícevrstvých nebo laminovaných fólií, k oddělování zesilujících komponent nebo vrstev základního materiálu fóliové izolace, mimo svar, bez odlupování svaru.
- Dosahuje-li pevnost v odlupování nejméně 60 % pevnosti nesvařené fólie (u fólií, které vykazují mez kluzu, se sleduje pevnost v mezi kluzu; u ostatních fólií se sleduje pevnost při 100 % prodloužení).

#### **B1.7.5.6 Omezení zkušební metody**

Krátkodobé odlupovací zkoušky se provádí v rámci interní kontroly pro úpravu parametrů procesu svařování a pro kvalitativní posouzení svaru. V rámci externí kontroly musí být doplněny o laboratorní testy, které musí být provedeny v souladu s příslušnými zkušebními normami. Výsledkem je dosažení bezpečného a kvantifikovaného závěru o pevnosti spoje.

### **B1.7.6 Zkouška nepropustnosti svaru**

#### **B1.7.6.1 Obecné informace**

V případě průběžného testování nepropustnosti svarů musí být testovací metoda v souladu s daným typem svaru. Musí být použita některá z následujících metod:

- a) Přeplátované svařované spoje bez zkušebního kanálku
  - Zkouška vysokým napětím
  - Zkouška ultrazvukem
  - Vakuová zkouška
- b) Přeplátované svařované spoje se zkušebním kanálkem
  - Zkouška stlačeným vzduchem
- c) Povrchové svary
  - Zkouška vysokým napětím
  - Vakuová zkouška

## **B1.7.7 Zkouška stlačeným vzduchem**

### **B1.7.7.1 Postup**

Zkouška stlačeným vzduchem se používá k testování nepropustnosti přeplátovaných spojů se zkušebním kanálkem (dvojitě svař), které jsou vystaveny mechanické námaze.

Podmínky této zkoušky, jako například zkušební tlak a doba trvání zkoušky, musí být přizpůsobeny materiálu fólie, její tloušťce, rozměrům zkušebního kanálku a teplotě.

### **B1.7.7.2 Oblast použití**

Zkouška stlačeným vzduchem je nedestruktivní metoda testování, která umožňuje zkontrolovat přeplátované spoje se zkušebním kanálkem po celé jejich délce, a to v rámci jedné zkoušky.

### **B1.7.7.3 Provedení zkoušky**

Zkouška by měla probíhat nejdříve hodinu po provedení spoje.

Zařízení určené k aplikaci stlačeného vzduchu (vybavené tlakoměrem nebo zapisovačem tlaku) je namontováno na jednom konci svaru a vzduchotěsně uzavírá zkušební kanálek. Stlačený vzduch je přiváděn do zkušebního kanálku a testuje se tak nepropustnost svaru. Druhý konec svaru je vzduchotěsně uzavřen, např. upínacím zařízením.

Aktuální zkušební tlak je možné měřit po jedné minutě v okamžiku, kdy se ustálí teplota a tlak. Tento počáteční tlak může být vyšší než výsledný zkušební tlak.

Zkušební tlak je nutné sledovat a zaznamenávat po dobu 10 minut. Po skončení testování musí být opačný konec spoje (vůči konci do kterého byl zasunutý tlakoměr) rozříznut. Vzduch musí okamžitě uniknout.

Zkušební tlak musí být přizpůsoben teplotě, šířce a tloušťce zkušebního kanálku a materiálu fólie.

### **B1.7.7.4 Výsledky zkoušky**

Tlak je znázorněn v závislosti na testovací době nebo je zaznamenán tlak na začátku a na konci testovacího intervalu.

### **B1.7.7.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Svar je považován za nepropustný, jestliže tlak ve zkušebním kanálku neklesne o více než 10 % počáteční hodnoty při předepsané době trvání zkoušky.

### **B1.7.7.6 Omezení zkušební metody**

Zkouška stlačeným vzduchem testuje nepropustnost svaru pouze jeho mechanickým namáháním.

## **B1.7.8 Vakuová zkouška**

### **B1.7.8.1 Postup**

Vakuová zkouška je vhodná pro testování nepropustnosti jak přeplátovaných spojů, tak povrchových svarů.



Tento test se provádí s průhledným testovacím zvonem (například z polymethylmetakrylátu), který je spojen s vakuovým čerpadlem. Zvon je vybaven těsnicím kroužkem, aby byla zaručena vzduchotěsnost testované oblasti.

V průběhu zkoušky se ve zvonu vytvoří vakuum. Vakuum se musí přizpůsobit materiálu fólie, její tloušťce a rozměrům zkušebního zvonu.

#### **B1.7.8.2 Oblast použití**

Nedestruktivní zkouška vakuem je vhodná pro kontrolu přeplátovaných spojů se zarovnanou (uzavřenou) přední hranou a pro kontrolu povrchových svarů. Na drážky, hrany a rohy je nutné použít vhodně tvarované testovací zvony.

#### **B1.7.8.3 Provedení zkoušky**

Tuto zkoušku je možné provést po uplynutí jedné hodiny od samotného provedení spoje. Na povrch zkoušené oblasti se nanese kapalina s povrchově aktivním činidlem, například mýdlová voda. (Je třeba dbát na to, aby zkušební kapalina byla kompatibilní s materiálem zkoušených objektů). Zkušební zvon se umístí nad zkoušené místo tak, že testovaný svar se nachází přibližně ve středu osy testovacího zvonu. V případě delších svarů je nutné zvon přemístit nad požadované místo. Při posouvání zvonu se zkušební plochy musí překrývat přibližně o 100 mm. Měkké pružné fólie, například z PVC-P, jsou testovány podtlakem 0,2 bar, tužší membrány 0,5 bar. Dosažená hodnota podtlaku by měla být konstantní po dobu 10 sekund.

#### **B1.7.8.4 Výsledky zkoušky**

Podtlak je zobrazen na tlakoměru. V případě, že je šev porušený, dojde k tvorbě bublinek. Oblasti, které jsou propustné, je nutné označit.

#### **B1.7.8.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Svar je považován za nepropustný, pokud se podtlak vytváří nepřetržitě, je konstantní a nedochází k tvorbě bublinek.

#### **B1.7.8.6 Omezení zkušební metody**

Vzhledem k délce doby potřebné pro testování delších svarů, se tato metoda zpravidla omezuje na krátké úseky a dílčí oblasti, jako jsou rohy, připojení, tupé T – spoje apod. V mnoha případech tato zkouška slouží jako doplňková testovací metoda.

### **B1.7.9 Zkouška ultrazvukem**

#### **B1.7.9.1 Postup**

Zkouška ultrazvukem je založena na impulzní ultrazvukové odrazové metodě. Vada svaru se kontroluje pomocí principu měření tloušťky. Svar je považován za nepropustný na základě ověření jeho homogenity.

Testovací zařízení sestává ze sondy a ultrazvukového přístroje. Vysílač a přijímač jsou obsaženy v sondě. Základní jednotka může být vybavena analogovým (monitor) nebo digitálním displejem.

Informace o správném testování (například spojení sondy a svaru) a výsledky testů jsou zobrazeny na displeji a mohou být doprovázeny akustickou signalizací. Frekvenční rozsah leží mezi 4 a 10 MHz.

#### **B1.7.9.2 Oblast použití**

Ultrazvuková zkouška je nedestruktivní testovací metoda, která se používá pro kontinuální nebo náhodné testování svarů, především na fóliích vyrobených z PE-HD.

Kontinuálně se mohou touto metodou testovat pouze přeplátované svařované spoje bez zkušebního kanálku.

Přeplátované spoje se zkušebním kanálkem se touto metodou mohou testovat pouze náhodně a v případě těchto spojů slouží ultrazvuková metoda jako doplňková zkouška k testování stlačeným vzduchem. Povrchové svary mohou být touto metodou testovány pouze v případě, že jsou svařené plochy dostatečně ploché, hladké a prakticky rovnoběžné se spodní stranou svaru s dostatečnou šířkou.

#### **B1.7.9.3 Provedení zkoušky**

Zkouška může být provedena pouze v případě, že se svar po provedení spoje přizpůsobil okolním podmínkám. Zkouška by měla probíhat nejdříve hodinu po provedení spoje.

Svar musí být širší než je průměr sondy, oblast, která se bude testovat, musí být plochá a čistá.

Rozhraní mezi vysílačem a přijímačem je uspořádáno kolmo ke směru zkoušky, sonda je umístěna kolmo k povrchu svaru (zkušební ploše). Pro spojení mezi sondou a testovaným povrchem se používají speciální pasty.

Před zahájením zkoušky je přístroj nastaven a provede se zkouška na rovnoběžných deskách ze stejného materiálu jako zkoušená fólie v souladu s pokyny výrobce.

V případě kontinuálního testování je sonda posouvána v podélném směru rychlostí přibližně 1 m/min.

#### **B1.7.9.4 Výsledky zkoušky**

Výsledky testů jsou zobrazovány na displeji a mohou být doprovázeny akustickou signalizací.

U nástrojů na monitorování je tloušťka svaru indikována odrazem od zadní plochy a nesvařené oblasti pomocí ozvěn. Nehomogenity a vměstky v oblasti svaru jsou zobrazeny jako vady. U přístrojů s digitálním displejem se zobrazí délka (hloubka) nenarušené oblasti.

#### **B1.7.9.5 Vyhodnocení výsledků**

Svar je považován za nepropustný a homogenní, pokud v šíři, která odpovídá trojnásobku tloušťky fólie, minimálně však 10 mm, nevykazuje žádné vady a nedochází k odrazům ultrazvukových vln. Výška odrazu musí odpovídat hodnotě vstupního signálu.

#### **B1.7.9.6 Omezení zkušební metody**

Touto metodou je možné testovat pouze hladké a prakticky rovnoběžné povrchy. Šířka svaru musí být větší než šířka testovací sondy. Metoda zjišťuje především homogenitu svaru. Závěr informující o pevnosti svaru lze touto metodou stanovit jen v omezeném rozsahu.

Ultrazvukové zkoušky může provádět pouze vyškolený personál (kvalifikovaní pracovníci) s dostatkem zkušeností.

## **B1.7.10 Zkouška vysokým napětím**

### **B1.7.10.1 Postup**

Tato zkušební metoda je založena na principu výboje plynu v okamžiku, kdy je do dráhy výboje aplikováno vysoké elektrické napětí. Testovací sestava se skládá ze zdroje napětí a kartáčové elektrody. Metoda předpokládá, že na zadní straně svaru je protielektroda z vodivého materiálu.

### **B1.7.10.2 Oblast použití**

Touto metodou je možné testovat všechny typy svarů. Zkouška je nejvhodnější pro testování povrchových svarů, které nemají zkušební kanálek ani rovinné rovnoběžné povrchy.

### **B1.7.10.3 Provedení**

Svar musí být suchý a čistý. Nečistoty mohou vytvořit izolační vrstvu a ovlivnit tak průběh testu. Zkušební napětí musí odpovídat materiálu a tloušťce fólie a šířce svaru.

Kartáčová elektroda je posouvána po svaru rychlostí přibližně 10 m/min. Je třeba dbát na to, aby síla pole, která je nezbytná pro tvorbu výboje, byla dostatečná.

### **B1.7.10.4 Výsledky zkoušky**

Pokud je testovaný úsek netěsný (polovina šířky svaru), dochází k vytvoření výboje, který je viditelný a slyšitelný.

### **B1.7.10.5 Vyhodnocení výsledků zkoušky**

Svar je považován za nepropustný, pokud nedojde ke vzniku výboje.

### **B1.7.10.6 Omezení zkušební metody**

Mohou být detekovány pouze úniky, které jsou souvislé a probíhají prakticky kolmo na svar.

## **B1.8 Dodávka a skladování**

Zhotovitel zodpovídá za dodávku izolačních hmot a výrobků, manipulaci a za způsob skladování. Skladování a manipulace musí odpovídat návodu výrobce, TEP a TePř tak, aby nedošlo k porušení vlastností a kvality materiálů a výrobků.

## **B1.9 Rizika při realizaci**

Fóliový izolační systém a jeho jednotlivé prvky jsou ohroženy celou řadou rizik (převážně charakteru mechanického poškození), od dopravy na stavbu po aplikaci izolace, provedení výztuže a betonáže a její fungování během životnosti tunelu. Zejména:

- neodborná manipulace (během přepravy a skladování),
- špatná technologie pokládky a svařování, přílišné či nedostatečné napnutí fólie,
- nedostatečná kontrola realizované části izolace včetně svarů,
- poškození již aplikované izolace (pohyb mechanismů po izolaci, provádění zásypů, armování a betonáž),

- požár,
- špatné klimatické podmínky,
- nesprávná realizace pojistného systému (špatné uchycení injektážních hadic k fólii – ohrožení posunem při betonáži, netěsné spojování hadic a pakrů),
- nevyhovující podklad – povrch ostění je s ostrými výčnělky, při zatížení zásypem dojde k proražení izolace,
- volné prostory pod izolací, které mohou způsobit protržení izolace o nezabetonovanou armaturu (neprovedení výplňových injektáží v oblasti vrchlíku apod.).

## B1.10 Tunely ražené

### B1.10.1 Úvod

V ražených tunelech je IS uzavřeno mezi primární a sekundární ostění, kde musí být izolace pevně sevřená. IS se aplikuje na primární ostění (nejčastěji stříkaný beton) a následně je překryto sekundárním ostěním.

V ražené části tunelu musí být izolační fólie vždy instalována s dostatečnou vůlí s ohledem na nerovnosti podkladu a riziko protržení tlakem betonové směsi sekundárního ostění. V případě, že se vyskytnou volné prostory, je nutné je zaplnit.

Pokud kvalita povrchu podkladu nevyhoví požadavkům daným tímto předpisem, musí zhotovitel tunelu povrch opravit ještě před začátkem izolačních prací (před předáním staveniště pro realizaci IS).

Realizace IS v ražených tunelech se vyznačuje prováděním prací v uzavřeném prostoru, což je spojeno s dalšími riziky při jejich provádění.

### B1.10.2 Požadavky na podklad

Zhotovitel tunelu musí předat zhotoviteli IS podklad, který odpovídá kvalitativním parametrům (včetně jejich tolerancí) stanoveným v ZDS. Dále zhotovitel předá průkazný doklad o provedení profilace.

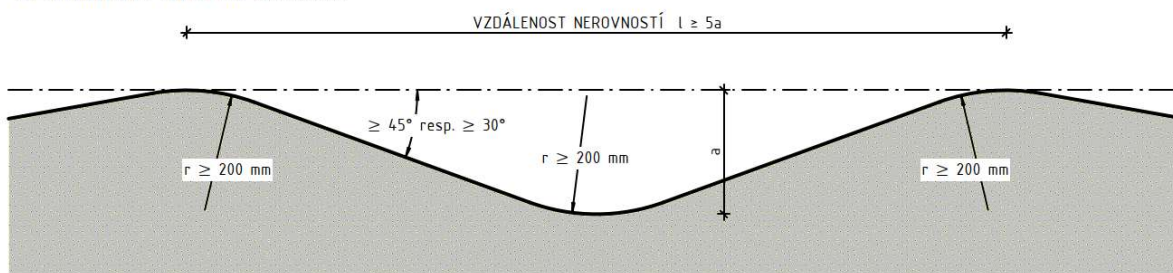
Podklad musí splňovat následující požadavky:

- povrch podkladu musí být plynulý, hladký, bez výčnělků, hran, úskoků a náhlých nerovností,
- zrnitost kameniva povrchové vrstvy stříkaného betonu se volí 0–4 mm, u oblého (těženého) kameniva maximálně 8 mm; tloušťka podkladní vrstvy musí být kvůli ukotvení nastřelovacích hřebíků minimálně 50 mm,
- podkladní vrstva musí být dostatečně pevná pro uchycení izolace a musí přenášet předepsané zatížení (minimální pevnost v tahu 1,5 MPa určená podle ČSN 73 6242),
- hrany, lomy a lokální nerovnosti (např. zastříkané hlavy kotev) musí být zaobleny poloměrem minimálně 200 mm,
- poměr vzdálenosti k výšce sousedních nerovností může být maximálně v poměru 5:1 pro deštníkový systém izolace a 10:1 pro tlakový systém izolace,
- veškeré výčnělky ocelových prvků musí být odstraněny nebo bezpečně a vyhovujícím způsobem upraveny např. stříkaným betonem,

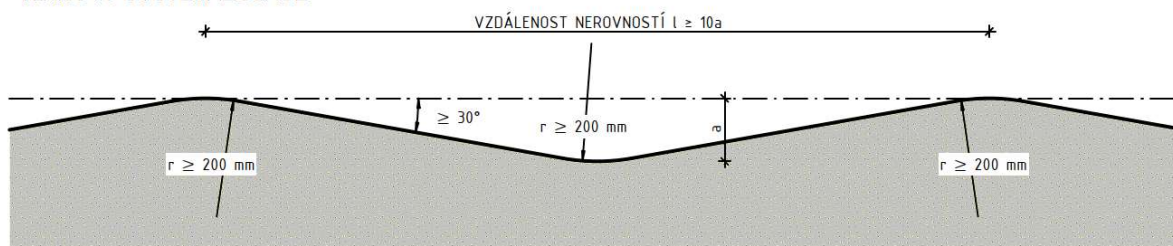
- vlhkost podkladu musí být udržena v přijatelných mezích, které nebrání kvalitnímu provedení izolace (zejména svařování), prosakující vodu je třeba svést pomocí pásů nopové fólie nebo svodnic do tunelové drenáže, nebo zatěsnit injektážemi,
- v místech izolace dna nesmí stát voda,
- v případě použití drátkobetonu na primární ostění musí být povrch nastříkán další vrstvou stříkaného betonu bez drátků, aby se zabránilo proražení izolace.

**Obr. 7:** Schéma přípustných nerovností

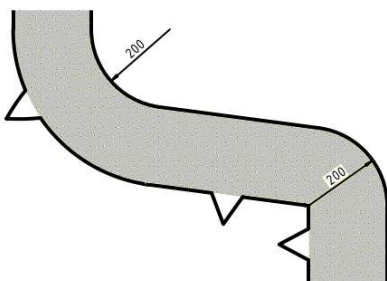
#### DEŠTNÍKOVÝ SYSTÉM IZOLACE



#### TLAKOVÝ SYSTÉM IZOLACE



#### ZAOBLENÍ HRAN



### B1.10.3 Požadavky na podklad pod těsnicí pásy

V případě tlakového systému izolace platí pro uložení vnějších těsnicích spárových pásů zpřísněné požadavky:

- hrany, lomy a lokální nerovnosti musí být odstraněny a musí být provedeno jejich vyrovnání do projektovaného tvaru líce primárního ostění,
- poměr vzdálenosti k výšce sousedních nerovností může být maximálně v poměru 20:1.

### B1.10.4 Pomocné konstrukční prvky IS

Pomocné prvky jsou především nosné terče izolační fólie - tzv. rondely. Dále jsou to výrobky sloužící pro organizovaný svod průsakových vod či systémové prvky izolace, které svojí konstrukcí umožňují prostup izolační fólií a zavěšení břemene, aniž by byla porušena vodonepropustnost izolační vrstvy.

Na tyto prvky se musí fólie tepelně přivařit. Fólie se nesmí o tyto prvky nebo jejich jednotlivé díly prorazit. Spojení mezi volně položenou fólií a těmito prvky, nebo prvek sám, musí prokázat menší pevnost než pevnost fólie na protržení (při odtržení nesmí dojít k porušení fóliové izolace).

Nedostatečně upevněné pomocné prvky je nutné odstranit a nahradit novými z důvodu nebezpečí proražení fólie. Po uchycení geotextilie (před přivařením fólie) provede kontrolu pomocných prvků stavební dozor.

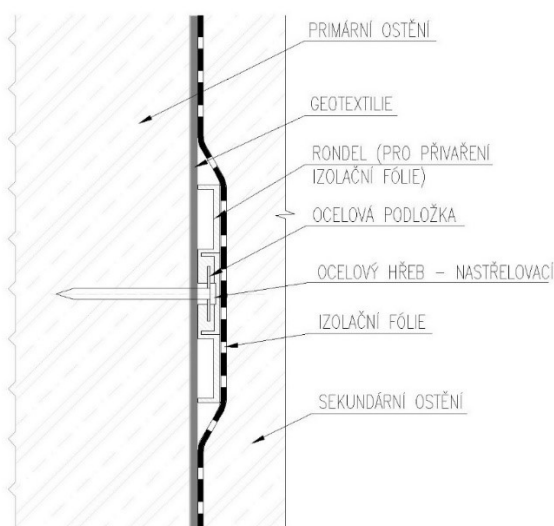
Na rondel je horkým vzduchem přivařena izolační fólie s tím, že tento spoj musí být funkční do doby zabetonování sekundárního ostění.

Aby byla izolace co nejméně namáhaná tahem při betonáži sekundárního ostění, je vhodné nosné terče osazovat do prohlubní primárního ostění.

Minimální množství upevňovacích bodů je následující:

- 1 ks / m<sup>2</sup> – ve dně,
- 2 ks / m<sup>2</sup> – v bocích, na opěrách,
- 3 ks / m<sup>2</sup> – v klenbě.

**Obr. 8:** Příklad uchycení izolace



## **B1.10.5 Tunely s tlakovým systémem izolace**

### **B1.10.5.1 Úvod**

V průběhu výstavby musí být funkční dočasný drenážní systém zajišťující požadované prostředí pro realizaci IS a konstrukce.

IS ve dně tunelového díla musí být chráněno dočasnou ochranou v závislosti na postupu betonáže sekundárního ostění. Pro tlakový systém izolace je nutné použití pojistného systému.

### **B1.10.5.2 Primární vrstva**

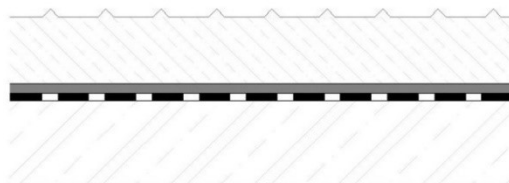
U fóliových izolací se primární vrstva IS neprovádí. Izolační vrstva u ražených tunelů se realizuje na vnější ochrannou vrstvu (geotextilii), která se aplikuje přímo na upravený podklad (primární ostění).

### B1.10.5.3 Vnější ochranná vrstva

Vnější ochranná vrstva se provádí celoplošně geotextilií. V ZDS musí být stanoveny požadavky na plošnou hmotnost geotextilie (minimálně 800 g/m<sup>2</sup> s odolností proti statickému a dynamickému protržení) a na kvalitu (viz tab. 4) včetně materiálového složení geotextilie (slučitelnost s ostatními použitými materiály a prvky IS).

*Obr. 9: Příklad IS – horní klenba – ražený tunel*

- PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ
- GEOTEXTILIE (VNĚJŠÍ OCHRANNÁ VRSTVA)
- IZOLAČNÍ FÓLIE SE SIGNÁLNÍ VRSTVOU
- SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

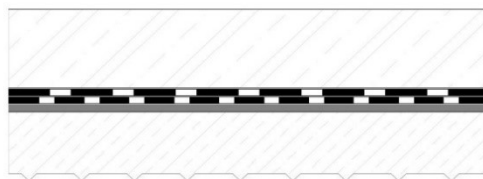


### B1.10.5.4 Vnitřní ochranná vrstva

Vnitřní ochranná vrstva (lícová ochrana) se používá ve spodní klenbě. V průběhu provádění IS je nutné veškeré vrstvy ochránit proti mechanickému poškození. Izolace spodní klenby se na líci chrání geotextilií (minimálně o hmotnosti 800 g/m<sup>2</sup>, další požadavky viz tab. 4) doplněnou dočasnou ochrannou vrstvou zabraňující mechanickému poškození.

*Obr. 10: Příklad IS – spodní klenba – ražený tunel*

- SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ – SPODNÍ KLENBA
- OCHRANNÁ VRSTVA (FÓLIE, DESKY)
- IZOLAČNÍ FÓLIE SE SIGNÁLNÍ VRSTVOU
- GEOTEXTILIE (VNĚJŠÍ OCHRANNÁ VRSTVA)
- PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ



### B1.10.5.5 Pojistný systém

#### B1.10.5.5.1 Úvod

Pojistný systém (PS) izolace umožňuje nedestruktivním způsobem dodatečné zatěsnění případných průsaků vody sekundárním ostěním (např. z důvodu poškození izolační fólie). Základní rozsah a umístění pojistného systému stanovuje ZDS a je upřesněno v RDS.

Součástí pojistného systému není výplň volných prostorů (nejčastěji ve vrchlíku), která se provádí po betonáži sekundárního ostění a je součástí sekundárního ostění.

S ohledem na zkušenosti z realizovaných děl se ve spárách v místech tunelových propojek a na rozhraní hloubených a ražených tunelů vždy provede systémová aktivace pojistného systému. O aktivaci celoplošného systému rozhoduje objednatel/správce stavby na základě skutečného stavu tunelu. Náklady na aktivaci pojistného systému jsou předmětem Smlouvy.

#### B1.10.5.5.2 Členění na sekce a sektory

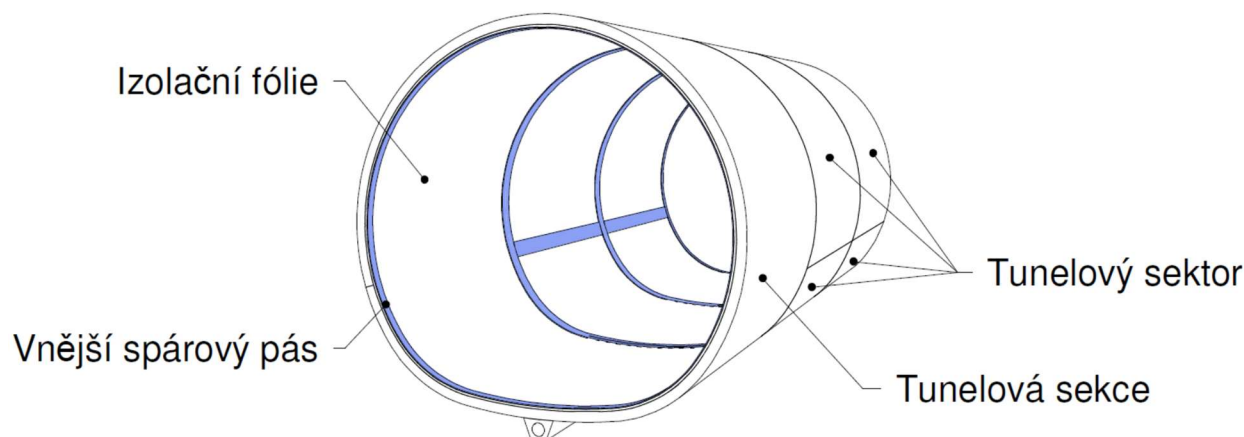
Vzhledem k tomu, že fóliová izolace umožňuje migraci vody za ostěním, není možné přesně určit místo případného poškození izolace. Proto je výhodné prostřednictvím vnějších spárových pásů v dilatačních a pracovních spárách vytvořit oddělené úseky. Tunel se člení na (viz obr. 11):

- **Sekce** – plocha izolace vymezená příčnými spárami sekundárního ostění.

- **Sektor** – je jedním z dílů sekce. Jedná se o plochu IS ohraničenou vnějšími spárovými pásy.

Každý sektor je možné pomocí injektážních rozvodů injektovat samostatně a zatěsnit tak případné průsaky.

**Obr. 11:** Příklad dělení tunelu na sekce a sektory



#### B1.10.5.5.3 Injektážní rozvody

Injektážní systém musí umožňovat spolehlivé proinjektování daného sektoru. Pro injektování prostorů mezi fóliovou izolací a sekundárním ostěním se pro necementové injektážní materiály používají zpravidla injektážní hadičky profilu DN 10, u spárových pásů profily DN 6–8. Vzhledem k tomu, že nelze připustit proudění vody podél injektážních hadiček, nesmí se při prostupu betonovým ostěním používat hadičky s hladkým povrchem (doporučuje se např. s vláknitým opletem). Při montáži injektážních rozvodů je nutná jejich dostatečná fixace k povrchu spárových pásů a fóliové izolace tak, aby nedošlo k poškození nebo posunutí při armování a následné betonáži sekundárního ostění. Injektážní rozvody se obvykle upevňují pomocí pásků z materiálu shodného s izolační fólií pevně přichycených k izolaci.

Prostupy injektážních hadiček přes žebra spárových pásů musí být provedeny vodotěsně (ovařením, zatmelením). Hadičky nesmí procházet kolmo přes spárové pásy – nesmí dojít k propojení sekcí. Maximální počet souběžně vedených perforovaných hadiček (jdou vedle sebe a nejsou odděleny žebry spárového pásu) jsou dvě a délka souběhu je maximálně 1 m.

Rozvody jsou vedeny v ploše jednotlivých dilatačních segmentů, např.:

- **Paprskově** – rozvody tohoto systému končí na předem stanoveném místě sektoru, v tzv. bodu injektáže. Každý rozvod k injektážnímu bodu je v celé své délce bez perforace a na konci je opatřen speciální koncovkou, tzv. injektážním prvkem.
- **V patrech** – injektážní rozvody jsou vedeny v patrech a mají sběrnou krabici na obou koncích sekce, tedy jedna krabice je vstupní a druhá výstupní. Jedno patro rozvodů tak lze obsluhovat z obou krabic.

Obvykle se kombinují perforované a neperforované rozvody tak, aby došlo k rozdělení do sekcí, které během injektáže umožní lokální zainjektování ploch, ve kterých dochází k průsakům.

Opakování injektáže je zpravidla obtížně proveditelné. Při návrhu je nutné počítat s tím, že se při první opravě injektáží využije pouze část rozvodů a na další opravy je ponechána minimálně 40 % rezerva



nepoužitých a nezaslepených rozvodů. Rozmístění hadic musí zamezit jejich vzájemnému zainjektování.

#### **B1.10.5.5.4 Injektážní krabice (pro vyvedení injektážních rozvodů)**

Injektážní krabice musí odolávat agresivnímu prostředí v tunelu a musí být opakovatelně uzavíratelná (zpravidla vyrobená z tvrzeného plastu nebo nerezového plechu). V zadní stěně jsou otvory pro vstup injektážních hadic do krabice. Tyto krabice jsou osazeny do armokoše před betonáží sekundárního ostění.

Injektážní rozvody jsou ukončeny v injektážních krabicích osazených v líci sekundárního ostění dle schématu uvedeného v RDS. Pro následnou orientaci je třeba veškeré ukončení trubiček v krabicích řádně trvale označit. Systém značení a vedení hadiček do krabic je jednoznačně definován v TePř. Toto musí stavební dozor na stavbě kontrolovat. PS musí být jednoznačně zdokumentován do DSPS a zpracován do Provozní dokumentace.

#### **B1.10.5.5.5 Materiál pro injektáž**

Materiál pro injektáž musí být slučitelný s materiály IS, tzn. nesmí docházet k vzájemnému negativnímu ovlivňování funkčnosti a životnosti. Vzhledem k poměrně velké ploše pro injektáž musí mít takovou viskozitu a dobu zpracovatelnosti, aby bylo možné proinjektovat celý sektor. Životnost injektážního materiálu musí být stejná jako životnost izolační fólie. Požadavky na vlastnosti materiálu musí být stanoveny v ZDS, v rámci RDS je specifikován konkrétní materiál pro injektáž. Následně se jeho použití schvaluje v rámci systému TePř.

#### **B1.10.5.6 Konstrukční zásady**

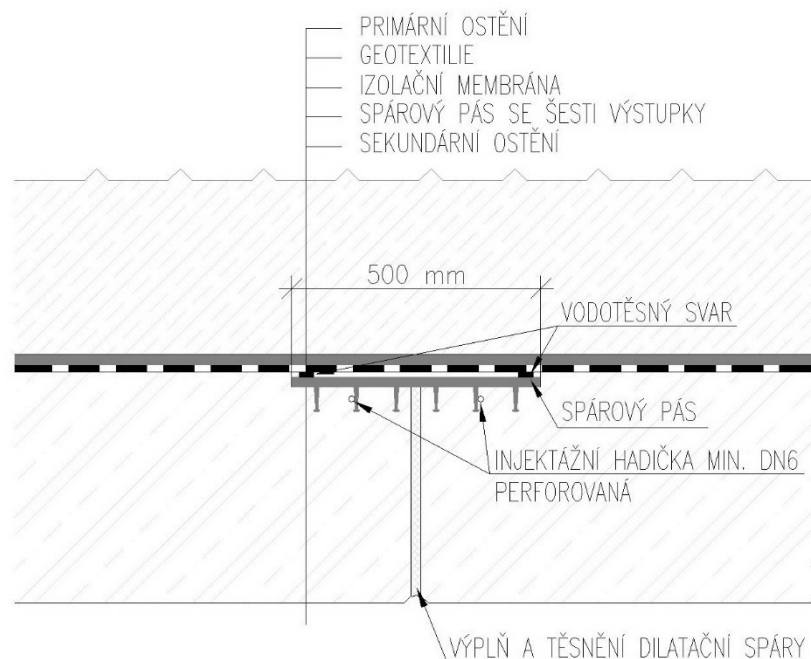
Konstrukční zásady jsou v podobě opakovaných technických řešení včetně detailů uvedeny ve VL 5 Tunely, které jsou součástí podkladů pro vypracování projektové dokumentace.

##### **B1.10.5.6.1 Dilatační spáry**

V dilatačních spárách je u tlakového systému izolace nutné provádět pojistný systém (pokud není použit dvouvrstvý IS).

Na rubu jsou dilatační spáry zatěsněny párovým pásem s žebry, navařeným vodotěsně na fólii. Žebra jsou později zabetonována. Tím dochází k oddělení jednotlivých sekcí. Podél krajních žebírek jsou vedeny perforované injektážní hadičky, vyvedené do injektážních krabic v líci sekundárního ostění. Funkcí těchto hadiček je dotěsnění dilatační nebo pracovní spáry v případě průsaků vody do tunelu v těchto místech (doplnění chybějícího betonu okolo žeber párového pásu).

**Obr. 12:** Dilatační spára raženého tunelu – tlakový IS

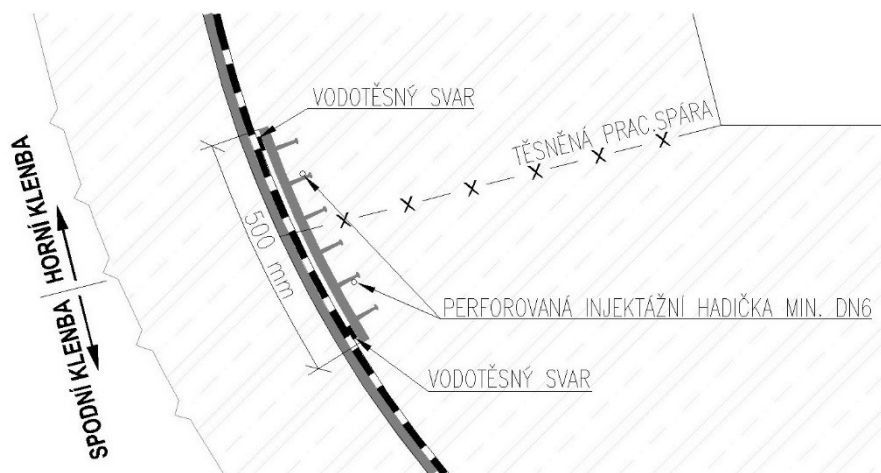


#### B1.10.5.6.2 Pracovní spáry

Provedení příčných pracovních spár mezi bloky (sekcemi) tunelu bude podrobně specifikováno v ZDS, PDPS. Obdobně musí být specifikovány pracovní spáry v místech napojení tunelu na propojky, větrací šachty, technologické prostory apod.

Podélné pracovní spáry mezi spodní a horní klenbou (spáry mezi sektory) budou opatřeny vnějším spárovým pásem, ale nebudou provedeny jako dilatační.

**Obr. 13:** Pracovní spára raženého tunelu – tlakový IS



#### B1.10.5.6.3 Ochrana v místě dodatečné injektáže

V místě dodatečné injektáže (výplň vrchlíku klenby sekundárního ostění) musí být provedeno zesílení izolační fólie proti poškození při instalaci pomocného injektážního zařízení. Doporučuje se navaření fólie stejného materiálu o rozměrech minimálně 500 mm x 500 mm.

## **B1.10.6 Tunely s deštníkovým systémem izolace**

### **B1.10.6.1 Úvod**

Deštníkový systém se používá pro tunelové stavby, které umožňují gravitační odvedení podzemní vody směrem k portálům bez negativního vlivu na objekty v nadloží a režim podzemní vody v ovlivněné oblasti. Tento systém vyžaduje plnohodnotný a trvale funkční drenážní systém, který odvádí vodu stékající po IS. Potrubí drenáže musí být čistitelné z drenážních šachet.

### **B1.10.6.2 Primární vrstva**

U fóliových izolací se primární vrstva IS neprovádí. Izolační vrstva u ražených tunelů se realizuje na vnější ochrannou vrstvu (geotextilii), která se aplikuje přímo na upravený podklad (primární ostění).

### **B1.10.6.3 Vnější ochranná vrstva**

Vnější ochranná vrstva se provádí celoplošně geotextilií. V ZDS musí být stanoveny požadavky na plošnou hmotnost geotextilie (minimálně 800 g/m<sup>2</sup>), na transmisivitu (schopnost proudění vody v rovině výrobku vyjádřená při hydraulickém gradientu 1,  $\geq 1 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/(m.s)) a na kvalitu (viz tab. 4) včetně materiálového složení geotextilie (slučitelnost s ostatními použitými materiály a prvky IS).

### **B1.10.6.4 Vnitřní ochranná vrstva**

Vzhledem k tomu, že se izolační vrstva neprovádí ve dně díla, vnitřní ochranná vrstva se neprovádí.

### **B1.10.6.5 Konstrukční zásady**

Konstrukční zásady jsou v podobě opakovaných technických řešení včetně detailů uvedeny ve VL 5 Tunely, které jsou součástí podkladů pro vypracování projektové dokumentace.

#### **B1.10.6.5.1 Dilatační spáry**

O použití spárových pásů v příčných dilatačních spárách rozhodne projektant. Z důvodu ochrany izolační fólie proti mechanickému poškození při bednění čela (tzv. čílkování) bloku betonáže se použije dodatečný pás hydroizolační fólie šířky 500 mm.

#### **B1.10.6.5.2 Pracovní spáry**

Provedení příčných pracovních spár mezi bloky (sekcemi) tunelu bude podrobně specifikováno v ZDS, PDPS. Obdobně musí být specifikovány pracovní spáry v místech napojení tunelu na propojky, větrací šachty, technologické prostory apod.

#### **B1.10.6.5.3 Ochrana v místě dodatečné injektáže**

V místě dodatečné injektáže (výplň vrchlíku klenby sekundárního ostění) musí být provedeno zesílení izolační fólie proti poškození při instalaci pomocného injektážního zařízení. Doporučuje se navaření fólie stejného materiálu o rozměrech minimálně 500 mm x 500 mm.

## **B1.11 Tunely hloubené**

### **B1.11.1 Úvod**

Hloubené tunely jsou prováděné buď v zajištěné stavební jámě, nebo metodou podzemních stěn s hloubením pod ochranou stropní konstrukce. Tomu musí odpovídat návrh a provádění IS.

### **B1.11.2 Požadavky na podklad**

Zhotovitel tunelu musí předat zhotoviteli IS podklad, který odpovídá kvalitativním parametrům (včetně jejich tolerancí) stanoveným v ZDS.

Podklad musí splňovat následující požadavky:

- povrch podkladu musí být plynulý, hladký, bez výčnělků, hran, úskoků a náhlých nerovností,
- podkladní vrstva musí být dostatečně pevná pro uchycení izolace a musí přenášet předepsané zatížení (minimální pevnost 1,5 MPa určená podle ČSN 73 6242),
- hrany, lomy a lokální nerovnosti musí být zaobleny poloměrem minimálně 200 mm,
- poměr vzdálenosti k výšce sousedních nerovností může být maximálně v poměru 5:1 pro deštníkový systém izolace a 10:1 pro tlakový systém izolace,
- vlhkost podkladu musí být udržena v přijatelných mezích, které nebrání kvalitnímu provedení izolace (zejména svařování),
- v místech pokládky izolace nesmí stát voda.

### **B1.11.3 Tunely s tlakovým systémem izolace**

#### **B1.11.3.1 Úvod**

V průběhu výstavby musí být funkční dočasný systém odvodnění stavební jámy zajišťující požadované prostředí pro realizaci IS a konstrukce.

#### **B1.11.3.2 Primární vrstva**

U fóliových izolací se primární vrstva IS neprovádí. Izolační vrstva u hloubených tunelů se realizuje na vnitřní ochrannou vrstvu (geotextilii), která se aplikuje přímo na upravený podklad (konstrukci tunelu).

#### **B1.11.3.3 Vnitřní ochranná vrstva**

Vnitřní ochranná vrstva se u hloubených tunelů provádí z geotextilie, která se aplikuje přímo na upravený povrch konstrukce. V ZDS musí být stanoveny požadavky na plošnou hmotnost geotextilie (minimálně 500 g/m<sup>2</sup>) a na kvalitu (viz tab. 4) včetně materiálového složení geotextilie (slučitelnost s ostatními použitými materiály a prvky IS).

#### **B1.11.3.4 Vnější ochranná vrstva**

Vnější ochranná vrstva zajišťuje odolnost izolace vůči poškození od zásypových materiálů včetně hutnění a stavebních mechanismů. Upřednostňuje se celoplošná ochrana provedená z drenážně – ochranných desek (pásů) z recyklovaného materiálu (o minimální tloušťce 50 mm) a vlastní zásyp provedený v tloušťce 1 m z vybraného materiálu (do maximální velikosti zrna 63 mm).

#### **B1.11.3.5 Pojistný systém**

Platí čl. B1.10.5.5.

#### **B1.11.3.6 Konstrukční zásady**

Konstrukční zásady jsou uvedeny ve VL 5 Tunely, které jsou součástí podkladů pro vypracování projektové dokumentace.

#### **B1.11.3.6.1 Dilatační spáry**

Provedení v místě dilatační spáry musí vždy umožnit předpokládané pohyby konstrukce ve spáře.

V dilatačních spárách je u tlakového systému izolace nutné realizovat pojistný systém. Na rubu jsou dilatační spáry zatěsněny spárovým pásem s žebry, který je před betonáží vložen do bednění. Vnější izolační fólie bude na tyto těsnicí profily následně vodotěsně navažena. Tím dochází k oddělení jednotlivých sekcí. Podél krajních žebírek jsou vedeny perforované injektážní hadičky, vyvedené do injektážních krabic v líci konstrukce. Funkcí těchto hadiček je dodatečné dotěsnění spáry v případě průsaků vody do tunelu v těchto místech (doplnění chybějícího betonu okolo žebírek spárového pásu).

#### **B1.11.3.6.2 Pracovní spáry**

Provedení příčných pracovních spár mezi bloky (sekcemi) tunelu bude podrobně specifikováno v ZDS, PDPS. Obdobně musí být specifikovány pracovní spáry v místech, kde není vyžadována dilatační spára (napojení tunelu na propojky, větrací šachty, technologické prostory apod.).

Podélné pracovní spáry mezi spodní a horní klenbou (jedná se o spáry mezi sektory) budou před betonáží osazeny vnějším spárovým pásem, ale nebudou provedeny jako dilatační.

### **B1.11.4 Tunely s deštníkovým systémem izolace**

#### **B1.11.4.1 Úvod**

Tento systém vyžaduje plnohodnotný a trvale funkční gravitační drenážní systém, který odvádí vodu stékající po fóliové izolaci. Potrubí drenáže musí být čistitelné z drenážních šachet.

Platí čl. B1.11.3, ale není požadován pojistný systém.

## B2 - Stříkané izolace

### B2.1 Všeobecně

Stříkané izolace jsou vhodné zejména do tunelových staveb s komplikovanou geometrií, jako jsou postranní výklenky, křížení chodeb, odbočky a přechodové kaverny, dále objekty s velkým množstvím prostupů přes izolaci. Stříkaná izolace může být navrhována i v kombinaci s dalšími typy izolací za podmínky prokázání vodotěsnosti a slučitelnosti obou typů izolačních souvrství.

Pro stříkanou izolační vrstvu je obecně požadována celková tloušťka minimálně 3 mm. Ve všech spárách (dilatačních a pracovních) musí být provedeno zesílení izolace na tloušťku minimálně 5 mm v šířce minimálně 500 mm.

U stříkaných izolací se zpravidla nenavrhuje PS. Stříkané izolace není vhodné navrhovat v místě přechodu hloubené a ražené části tunelu.

### B2.2 Základní vlastnosti používaných materiálů

#### B2.2.1 Základní rozdělení

Pro stříkané izolace v tunelech se používají různé systémy, u kterých vodonepropustnou vrstvu tvoří převážně polymerní látky. Tyto polymerní látky lze rozdělit na reaktivní nebo vodou ředitelné:

- **Reaktivní polymery** vznikají vzájemnou reakcí nízkomolekulárních látek (nástřik vzniká reakcí více složek) a neobsahují další přísady a složky (polyuretan, polymetylmetakrylát nebo polyurea). Vzhledem k tomu, že nejsou ředitelné vodou, nelze je aplikovat na vlhký podklad.

K vytvrzení nástřiku dochází v krátké době (v řádech minut), takže je nástřik možné provádět i na šikmé či vertikální povrchy bez stékání nebo tvorby kapek a horizontální povrchy jsou pochozí krátce po aplikaci.

- **Vodou ředitelné polymery** jsou obsaženy v izolační hmotě ve formě vodní disperze. Jedná se o polymerní částice (kulovitěho tvaru velikosti 100 nm) rozptýlené ve vodě. Jsou tedy ředitelné vodou a mohou se nanášet i na vlhký podklad. Vodou ředitelné polymery lze dispergovat i v cementové kaši (polyvinylacetáty).

Doba tvrdnutí izolace je delší (v řádech dnů) v závislosti na vnějších podmínkách. Na povrch izolace lze následně přímo aplikovat beton sekundárního ostění.

Z uvedeného dělení materiálů pro stříkané izolace vyplývají rozdílné požadavky na podkladní beton, na primární a ochrannou vrstvu a na kvalitativní parametry izolační vrstvy.

#### B2.2.2 Požadavky na materiály

Kvalitativní parametry stříkané izolace musí být uvedeny v ZDS. V RDS musí být uveden systém, který prokazatelně splňuje požadavky ZDS (průkazní zkoušky/zkoušky typu). Kvalitativní parametry izolačního souvrství musí odpovídat parametrům uvedeným v technických listech výrobce izolačních hmot a musí být uvedeny v TePř zhotovitele, který podrobně rozpracovává RDS a musí být před zahájením prací odsouhlasen objednatelem/správcem stavby.

Izolační vrstvy musí být navzájem slučitelné a nesmí docházet k vzájemnému negativnímu ovlivňování funkčnosti a životnosti jednotlivých vrstev a případných pomocných prvků.

Obecně lze konstatovat, že na rozdíl od vodou ředitelných polymerů, jsou reaktivní polymery velmi citlivé na vlhkost podkladu, ovzduší a nízkou teplotu. Přílnavost izolační vrstvy k podkladu určená podle ČSN 73 6242 musí být minimálně  $1,0 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ .

Pro výrobu stříkané izolační směsi je vhodná pitná voda bez dalších zkoušek. Pokud je použita voda z místních zdrojů, je nutné provést chemický rozbor. Voda musí splňovat kritéria pro použití záměsové vody do betonu podle ČSN EN 1008.

## B2.3 Pomocné konstrukční prvky IS

Pomocnými prvky u stříkaných izolací jsou výztužné vložky v místě prostupů a spár, nebo prvky pro přechod stříkané izolace na jiný typ izolace.

## B2.4 Požadavky na úpravu podkladu

Zhotovitel tunelu musí předat zhotoviteli IS podklad, který odpovídá kvalitativním parametrům (včetně jejich tolerancí) stanoveným v ZDS.

Betonový podklad musí splňovat zejména následující podmínky:

- Povrch podkladu musí být bez trhlin a bez ostrých výstupků. Při použití stříkaného betonu lze použít maximální zrno kameniva 8 mm. Spotřeba izolačního materiálu stoupá s vyšší drsností podkladu. Pokud se nepodaří docílit vhodné kvality povrchu podkladu, je možné aplikovat tenkou vrstvu stříkaným betonem o velikosti frakce kameniva 0–4 mm.
- Povrch betonu nesmí být znečištěn prachem, olejem, sazemi ani jinými uvolnitelnými částicemi nebo ošetřovacími prostředky. Znečištěný povrch snižuje přílnavost izolační vrstvy. Z tohoto důvodu je před nástřikem izolační vrstvy nutné podklad očistit, např. tlakovou vodou.
- Stříkanou izolaci není možné aplikovat na aktivní průsaky vody v podkladu. Stékající vodu je nutné odstranit technologickým zásahem (utěsněním místního výronu, injektáží, odvedením vody drenáží, geokompozitem apod.).
- Směsi na bázi cementu se smí stříkat pouze na dostatečně provlhčený povrch (bez stékající vody), protože je nebezpečí, že suchý povrch odebere čerstvě nastříkané hydroizolační vrstvě záměsovou vodu a tím dojde k podstatnému zhoršení vlastností hydroizolační vrstvy.

## B2.5 Požadavky na ochrannou vrstvu

### B2.5.1 Vnitřní ochrana stříkané izolace ražených tunelů ve spodní klenbě

V oblasti spodní klenby je nutno stříkanou izolaci chránit před poškozením následnými pracemi (pohyb mechanismů, armovací práce apod.). Toto lze provést např. ochrannou vrstvou betonu minimální tloušťky 100 mm.

## B2.5.2 Ochrana izolace hloubených tunelů

Pokud je stříkaná izolace použita u hloubených tunelů, je nutné tuto izolaci ochránit (sevřít) ochrannou vrstvou z betonu (nebo stříkaného betonu) tl. min. 100 mm, případně jiných materiálů (viz TKP 21, část B: Izolace betonových povrchů základů a ostatní částí spodních staveb a mostů s přesypávkou).

## B2.6 Realizace IS

Konkrétní požadavky, klimatická omezení, technologické přestávky a postup realizace pro jednotlivé typy IS musí být uvedeny v příslušném TePř zpracovaném v souladu s podklady výrobce izolační hmoty.

Při práci je nutné dodržovat podmínky uvedené v TePř jednotlivých nástřikových izolačních směsí a návodů k obsluze jednotlivých technologických zařízení pro realizaci stříkaných izolací. Plnění stroje, seřízení stroje, dávkování směsi, světlost hadic, množství a tlaky pracovního vzduchu jsou uvedeny v návodu k obsluze, který musí být součástí TePř.

Stříkácké zařízení musí být vybaveno prachovým filtrem nebo jinou prach zachytávající soustavou a při plnění je třeba dbát, aby nedocházelo ke zvýšenému prášení. Podlahové plochy v okolí čerpadla musí být v průběhu aplikace pokropené vodou pro snížení prašnosti.

### B2.6.1 Klimatická omezení

Přesné klimatické omezení stanoví výrobce hmot. Během zrání stříkané izolace je nutné zajistit dostatečnou ventilaci.

### B2.6.2 Provádění IS

Při realizaci stříkané izolace se postupuje většinou proudovou metodou. Izolační práce se zahajují přípravou podkladu, poté následují technologická opatření vedoucí k zamezení průsaků. Následuje vlastní aplikace stříkané izolace a na ni navazující ochranné vrstvy. Nejdříve je vhodné aplikovat stříkanou izolaci v oblasti horní klenby, potom následuje izolace klenby spodní.

#### B2.6.2.1 Technologická opatření proti průsakům

V případě, že po povrchu stěn určených ke stříkání stéká voda, je nutné průsakům, případně výronům vody před aplikací stříkané izolace vhodným technologickým zásahem zabránit.

- **Povrchové drenážní svody** – Pokud jsou na podkladní konstrukci silně tekoucí místa, je možné vytvořit lokální drenážní svody, které vodu svedou mimo upravovaný podklad pro budoucí izolaci. Drenážní prvek (např. drenážní svodnice, pásy nopové fólie nebo speciální drenážní tkaniny (geokompozity)) musí být co nejužší, jednoduchý na instalaci, s možností pevného přichycení k podkladu. Systém je nutno před aplikací stříkané izolace přestříkat stříkaným betonem s jemnou frakcí 0–4 mm. Po dokončení definitivních konstrukcí se musí drenážní svody zrušit (nejlépe zainjektovat).
- **Těsnící injektáže** – Místa s výraznějšími průsaky vody je možné zatěsnit cílenou injektáží. Lze použít různé druhy injektážních produktů podle intenzity průsaků a jejich zdrojů. Cílem injektáží je dočasně (do doby provedení sekundárního ostění) zredukovat průsaky tak, aby byl podklad maximálně vlhký (matně tmavé plochy). Mokrá místa (lesklé plochy, kapající nebo stékající voda) jsou nepřijatelná. Používají se polyuretanové pryskyřice, injektážní gely (metakrylátové, akrylátové), materiály na bázi vodního skla atd. Použitý druh určuje TePř.



- **Bodové drenáže** – Jedná se o použití kombinace drenáže a injektáže. Před aplikací stříkané izolace se v místě výronu vody vyvrtá malý odlehčovací vrt, který svede prosakující vody do jednoho bodu, a vrt se opatří pakrem a krátkou cca 100 mm dlouhou gumovou hadičkou. Pakr se nechá otevřený, aby skrz něj mohla voda volně protékat a v průběhu aplikace a tvrdnutí stříkané izolace byla zajištěna dočasná drenáž. Následně se aplikuje stříkaná izolace a nástřik finálního ostění a teprve následně se provedou případné těsnící injektáže (ochrana IS před vysokým tlakem vody a odtržením IS).
- **Dočasné utěsnění** – Pro slabé výrony může být použita metoda dočasného předtěsnění, kdy pomocí rychle tuhnoucí malty je aplikačním pracovníkem provedeno ruční zatěsnění.

### B2.6.2.2 Příprava izolační směsi

Regulace poměru jednotlivých složek izolační směsi se stanoví v TePř.

Před vlastním nástřikem se vždy provede zkušební nástřik. Dle výsledků se případně upraví poměr jednotlivých složek a tlak vzduchu.

U cementových materiálů lze vizuálně posoudit správnost dávkování vody takto:

- málo navlhčená směs zvyšuje prašnost a současně odpadají z povrchu stříkané stěny suché částice,
- správně navlhčená směs má při stříkání minimální odpad a nástřik má matný povrch,
- příliš provlhčená směs způsobuje stékání.

### B2.6.2.3 Vlastní aplikace

Stříkané izolace se podle typu materiálu aplikují mokřým nebo suchým způsobem stříkání. Přesnost dávkování jednotlivých složek musí splňovat požadavky výrobce směsi a musí být uvedeny ve schváleném TePř.

Aplikace se provádí takovým způsobem, aby bylo zajištěno celistvé pokrytí izolované plochy. Zejména je třeba zamezit stínům, které mohou vzniknout zvýšenou hrubostí podkladové plochy.

Ukončení stříkané izolace, úprava dilatačních spár, prostupů a přechod na jiný izolační systém musí být provedeny podle schválených detailů v TePř.

Pokud se aplikace provádí ve více vrstvách, musí se vrstvy od sebe barevně odlišit.

Pro aplikaci a kontrolu stříkané izolace je třeba zajistit řádné osvětlení izolované plochy a vhodnou pracovní plošinu či lešení.

### B2.6.2.4 Provádění nástřiku

Vzdálenost trysky od stříkaného povrchu má být v předepsaném rozmezí dle použitého nástřikového materiálu a typu aplikačního stříkacího stroje. Zmenšení nebo zvětšení této vzdálenosti má za následek zvýšení odpadu izolační směsi při stříkání.

Izolační směs se stříká vždy kolmo k povrchu. Při stříkání je nutno stříkací tryskou provádět elipsovité pohyby o průměru 100 až 150 mm pod úhlem maximálně 8°. Obsluhu musí provádět zaškolený pracovník.

Provádí-li se nástřik ve více vrstvách či etapách, smí se další vrstva nanášet až po dostatečném zatvrdnutí vrstvy předcházející. Při napojování je přesah nástřiku minimálně 200 mm.

### B2.6.3 Opravy

V místech, kde dojde k lokálnímu mechanickému poškození izolační vrstvy, lze provést opravu ručním nanesením izolační stěrky. V případě poškození větších ploch je nutné poškozenou vrstvu odstranit, znovu upravit podklad (jak z hlediska kvality a rovinatosti, tak z hlediska výronů vody) a aplikovat znovu stříkanou izolaci s přesahem minimálně 200 mm.

### B2.6.4 Realizace ochranné vrstvy

Práce na navazujících konstrukcích je možné provádět až po vyzrání IS. Po vyzrání IS je možné rovnou provést sekundární ostění nebo nastříkat dostatečnou ochrannou vrstvu (např. stříkaného betonu z jemné frakce), aby se omezilo poškození nebo znečištění IS. Před zahájením prací je vždy nutné IS opláchnout tlakovou vodou.

## B2.7 Konstrukční zásady

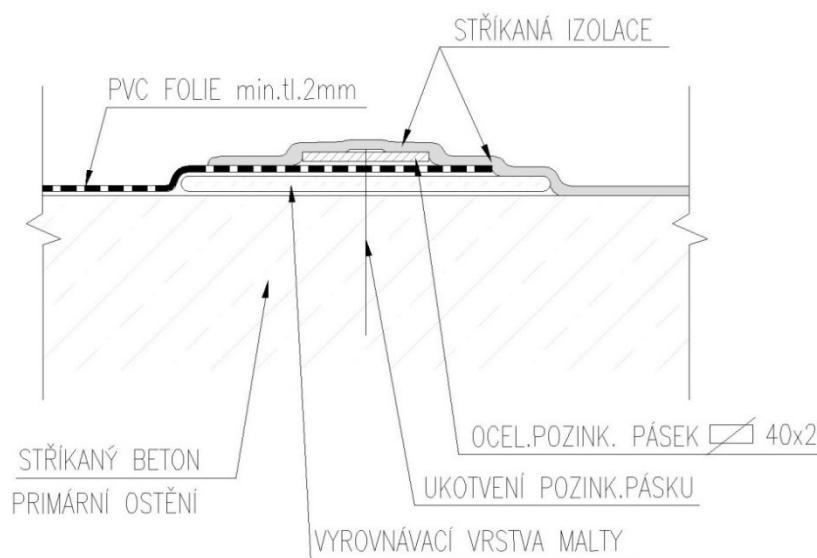
### B2.7.1 Opatření v místě pracovních a dilatačních spár

V místě pracovní či dilatační spáry musí být proveden dvojitý nástřik stříkané izolace. V případě dilatační spáry musí být izolace zesílena i vhodnou tkaninou vloženou do aplikované „čerstvé“ izolace a následně přestříkána druhou vrstvou izolace. Více namáhané dilatační spáry musí být osazeny dilatačním spárovým pásem (musí stanovit projektant).

### B2.7.2 Přejít fóliové izolace na stříkanou izolaci

Stříkaná izolace může být aplikována v kombinaci s dalšími typy izolací za využití vhodných detailů řešících přechody mezi těmito izolacemi.

**Obr. 14:** Příklad detailu přechodu fóliové izolace na stříkanou



## B2.8 Zkoušení a kontrola kvality

### B2.8.1 Zkoušky typu / průkazní zkoušky

Pro zkoušky typu lze v případě IS na bázi polyuretanu použít požadavky dle TP 164 a v případě IS na bázi metylmetakrylátu TP 178 přiměřeně s ohledem na izolační systém a zvláštnosti konstrukce tunelu. Pro jiné izolační hmoty, pro které nejsou zatím zpracovány TP nebo jiné technické předpisy či normy, se postupuje dle čl. 6.3.4.6 ČSN 73 6242.

### B2.8.2 Kontrolní zkoušky na stavbě

Kontrolní zkoušky na stavbě zajišťuje zhotovitel z důvodu ověření, zda jakost odpovídá smluvním požadavkům a prohlášením o vlastnostech, resp. prohlášením o shodě a výsledkům zkoušek typu/průkazním zkouškám.

Druh kontrolních zkoušek a jejich četnost je konkretizován v Kontrolním a zkušebním plánu (KZP), který je odsouhlasen objednatelem/správcem stavby.

Kontrolní zkoušky se provádí po aplikaci jednotlivých složek IS a jejich kladné výsledky podmiňují pokračování prací na dalších vrstvách. Aplikace další izolační vrstvy je možná až po předání kladných výsledků kontrolních zkoušek předchozí vrstvy IS objednateli/správcí stavby.

Z každého pracovního postupu (např. bloku betonáže) musí být vyhotoven a dokladován protokol, který předává zhotovitel stavební části objednateli/správcí stavby.

#### B2.8.2.1 Zkoušky k průběžnému ověřování vlastností stříkané izolace

Provedení kontrolních zkoušek je zaznamenáno do protokolu o provedeném nástřiku a ověřuje ji objednatel/správe stavby. Kontrolními zkouškami se především ověřuje:

- **Teoretická měrná spotřeba** na 1 mm tloušťky.
- **Spotřeba na požadovanou tloušťku stříkané izolace** – spotřeba slouží mimo jiné k orientačnímu stanovení minimální, průměrné a jmenovité tloušťky nástřiku.
- **Tloušťka nastříkané vrstvy** – tloušťka nástřiku se kontroluje v jednotlivých místech nastříkané plochy, provádí se hloubkoměrem (penetrační jehlou).
- **Vizuální kontrola celistvosti nástřiku** – průběžně po dokončení každé vrstvy umožňuje barevné odlišení jednotlivých vrstev.
- **Kontrola tvrdosti** – před provedením další vrstvy nebo sekundárního ostění je nutné provést kontrolu tvrdosti, která ověřuje vytvrzení nástřikové hmoty.

## B2.9 Dodávka a skladování

Zhotovitel zodpovídá za dodávku izolačních hmot a výrobků, manipulaci a za způsob skladování. Skladování a manipulace musí odpovídat návodu výrobce, TEP a TePř tak, aby nedošlo k porušení vlastností a kvality materiálů a výrobků.

## B2.10 Rizika při realizaci

Stříkané IS je ohroženo celou řadou rizik spojených převážně se špatným způsobem manipulace a prováděním IS. K rizikům patří nízká teplota, soustředěné přítoky vody, technologická nekázeň. Těmto rizikům je nutné předcházet, aby bylo IS plně funkční po celou dobu životnosti tunelu. Mezi rizika patří zejména:

- znehodnocení materiálu (během přepravy a skladování),
- sjetí (až odpadnutí) nevytvrzené izolační vrstvy po aplikaci,
- aplikace na povrch s aktivními výtoky vody,
- špatné klimatické podmínky,
- neodborná manipulace,
- neodborná aplikace,
- špatný poměr míchání jednotlivých složek izolace,
- nedodržení teploty předehřátí složek nástřiku,
- nedostatečná kontrola tloušťky nanesené vrstvy izolace,
- poškození již aplikované izolace (pohyb mechanismů po izolaci, provádění zásypů, armování a betonáž).

## B3 - Bentonitové izolace

### B3.1 Všeobecně

Bentonitové izolace se používají pouze pro izolaci hloubených tunelů a ostatních stavebních objektů budovaných v otevřených stavebních jámách a dále jako pojistný prvek v kombinaci s dalšími IS (těsnění spár apod.). Funkčnost bentonitové izolace je podmíněna jejím sevřením mezi dvě konstrukce tak, aby nedocházelo k vyplavování nebo sesypání bentonitu v příslušném prvku. Při montáži izolace je třeba zamezit přístupu vody do místa pokládky, aby během pokládky nedocházelo k předčasnému bobtnání bentonitu ve styku s vodou.

V současné době se používají 3 základní typy bentonitových izolací:

- **Bentonitové rohože** – rohož se skládá ze dvou vrstev polypropylenových geotextilií (tkané a netkané), prostor mezi nimi je vyplněn bentonitovým granulátem. Sesypání bentonitu zamezuje speciální systém prošíť. Rohože mohou být variantně doplněny o PE fólii, která zajišťuje odolnost proti radonu a proti bludným proudům.
- **Bentonitové rohože vícevrstvé** (zpravidla dvouvrstvé) - mají speciálně řešené (nopové) přepážky, které zabraňují přesypávání bentonitového prášku. Tenčí vrstva ve skladbě zajišťuje svým nabobtnáním ochranu silnější vrstvy, která při případném styku s vodou (např. při pokládce na stavbě) zůstává nadále funkční. Tyto rohože jsou plněny jemně mletým bentonitovým práškem.
- **Bentonitové kompozity** – jsou tvořené izolací zpravidla z polymerní fólie (především PE) a na ni nalaminovaným granulátem bentonitu sodného.

Při návrhu bentonitové izolace specifikuje projektant především požadovanou odolnost proti hydrostatickému tlaku a stupeň odolnosti proti agresivitě podzemní vody.

### B3.2 Základní vlastnosti používaných materiálů

Specifikace a vlastnosti jednotlivých typů tohoto IS a možnosti jeho vhodného použití jsou uvedeny v ČSN EN 13491.

Funkce bentonitové izolace je založena na chování přírodního materiálu bentonitu při styku s vodou. Bentonit je jílovitý materiál se značnými sorpčními schopnostmi, který při styku s vodou okamžitě reaguje bobtnáním.

Do bentonitové izolace se používají dva základní druhy bentonitu, suchý nebo předhydratovaný. Ty se mohou dále upravovat především podle agresivity podzemní vody tak, aby byla zajištěna dostatečná životnost a funkčnost bentonitové izolace. Konkrétní vlastnosti a detailní podmínky pro použití udává výrobce.

Trvale působící tlak nabobtnání umožňuje samouzavření malých poškození bentonitových izolací. Tato vlastnost zároveň umožňuje těsnit i případné trhliny v izolovaných konstrukcích, běžně až do šířky 2 mm, bez nutnosti provádění dodatečných opatření. Výhodou bentonitových rohoží je možnost provádění izolačních prací zpravidla již od -30 °C.

### B3.3 Požadavky na úpravu podkladu

- Podklad musí být hladký bez ostrých hran, nečistot, úlomků betonu, drtě, ledu, nebo jiných materiálů, které by mohly překážet při pokládce systému.
- Na podkladu při pokládce nesmí být povrchová voda (kaluže, stojatá voda apod.).
- Povrch nesmí obsahovat výčnělky větší než 10 mm (tyto výčnělky musí být předem srovnány do úrovně povrchu, resp. na výšku menší než 10 mm).
- Povrch nesmí obsahovat prohlubně (lokální díry) větší než 10 mm (tyto prohlubně musí být předem vyrovnány do úrovně povrchu např. cementovou maltou).
- Na venkovních i vnitřních rozích a hranách se musí provést zesilující pásy.
- Prohlubně (rovinatost) v ploše s pozvolným vlněním a sklonem 1:2 nemá vliv na kvalitu samotné izolace.
- Otvory po spojovacích tyčích oboustranného bednění musí být předem zaslepeny.
- Potrubí nebo chráničky v prostupu musí být řádně upevněny a zajištěny proti posunu. Prostor mezi betonovou konstrukcí a chráničkou, resp. potrubím musí být plně vyplněn cementovou maltou případně jinými materiály.

### B3.4 Požadavky na ochrannou vrstvu

#### B3.4.1 Svislé konstrukce

Bentonitové izolace lze v hloubených tunelech aplikovat buď přímo na samotnou konstrukci z vnější strany (v případě výstavby v otevřené stavební jámě) nebo na konstrukce zajišťující stabilitu stavební jámy (např. ocelové štětové stěny, podzemní stěny, vrtané železobetonové piloty i stavební konstrukce ze stříkaného betonu). Všechny konstrukce, které tvoří podklad pro instalaci bentonitových izolací, musí splňovat podmínky pro podklad dané výrobcem materiálu a specifikované v TePř. Obecně jsou uvedeny v čl. B3.3 tohoto předpisu.

##### B3.4.1.1 Aplikace na konstrukci tunelu v otevřené stavební jámě

Ochranná vrstva izolace je na stěnách tvořená geotextilií zpravidla o plošné hmotnosti 800 g/m<sup>2</sup>. U otevřené stavební jámy se jako výplň mezi konstrukcí a zajištěním stavební jámy používá nejlépe výplňový beton, jemnozrnná zálivka (např. sprašovou suspenzí) nebo zásyp zeminou. Zemina musí být z dobře zhutnitelného jemnozrnného materiálu s největší velikostí zrna do 20 mm. Tento jemnozrnný materiál se musí použít minimálně v šířce 300 mm od izolované konstrukce. Hutnění materiálu musí probíhat po vrstvách o mocnosti nejvýše 300 mm alespoň na 85 % Proctor standard, a to z důvodu zajištění rovnoměrného přitlaku na izolaci. Minimální přitlak na bentonitovou izolaci předepisuje výrobce.

##### B3.4.1.2 Aplikace na konstrukce zajišťující stabilitu stavební jámy (systém výstavby „do vany“)

Všechny konstrukce zajišťující stabilitu stavební jámy, na které budou instalovány bentonitové izolace, musí splňovat podmínky úpravy podkladu dané výrobcem materiálu a specifikované v TePř. Ochrannou vrstvu bentonitové izolace zde případně může tvořit geotextilie vyrovnávající nerovnosti podkladu.

Obecné podmínky jsou uvedeny v čl. B3.3 tohoto předpisu. Vhodnost použití geotextilie a její plošná hmotnost musí být specifikovány v TePř.

### **B3.4.2 Základové konstrukce**

U základových konstrukcí se bentonitová izolace pokládá na upravený podkladní beton dle požadavků v čl. B3.3. Ochrannou vrstvu umístěnou na podkladní beton zde případně může tvořit geotextilie o plošné hmotnosti minimálně 150 g/m<sup>2</sup> vyrovnávající nerovnosti podkladního betonu. Použití geotextilie stanoví TePř.

### **B3.4.3 Stropní konstrukce**

Bentonitová izolace se pokládá na hotovou stropní konstrukci. Pro aplikaci s následnými násypy se bentonitová izolace zpravidla ochraňuje betonovou mazaninou tloušťky minimálně 50 mm.

## **B3.5 Provedení IS**

### **B3.5.1 Obecné zásady, klimatická omezení**

Bentonitové rohože jsou především vhodné jako IS realizované na pomocné konstrukce před betonáží vlastní železobetonové konstrukce (např. vodorovná izolace pod základovou deskou, izolace konstrukcí zajišťujících stabilitu stavební jámy systém výstavby „do vany“ apod.) a to především z důvodu jejich velmi nízké odolnosti vůči srážkám a vodě v montážním stavu. Po betonáži pak dochází ke spolupůsobení bentonitové rohože s železobetonovou konstrukcí (beton částečně vnikne do bentonitové rohože směrem k bentonitu).

Pro IS realizované na již hotovou železobetonovou konstrukci (především svislé izolace stěn v otevřených stavebních jámách) se doporučuje používat bentonitové kompozity, které jsou orientovány bentonitovou vrstvou směrem k izolované konstrukci. Tento typ bentonitové izolace použitý na svislých konstrukcích prakticky vylučuje migraci vody mezi bentonitovou izolací a železobetonovou konstrukcí.

Při provádění bentonitové izolace musí být respektovány a dodržovány klimatické podmínky stanovené výrobcem prvků IS a příslušným TePř. Pokládka se nesmí provádět za deště.

### **B3.5.2 Vlastní realizace**

Systém spojování bentonitových izolací je prováděn dle schváleného TePř, vycházejícího z těchto TP a pokynů výrobce izolace. Montáž izolace se skládá z pokládky a spojení jednotlivých bentonitových pásů kompositu nebo rohoží.

Bentonitové rohože se na vodorovné konstrukce pokládají s podélným i příčným přesahem minimálně 100 mm a s šachovitým odsazením konců rolí minimálně 300 mm.

Bentonitová rohož se pokládá tak, aby netkaná geotextilie byla směrem k budoucí betonové konstrukci a tkaná geotextilie byla orientovaná směrem k vnějšímu prostředí, resp. vodě.

Bentonitové rohože lze pokládat i na vlastní konstrukce zajištění stavební jámy (např. ocelové štětové stěny, podzemní železobetonové stěny, záporové pažení, vrtané železobetonové piloty apod.). Zde se celý systém pokládky včetně přesahů a odsazení konců rolí řídí TePř vycházejícím z technologického postupu předepsaného výrobcem izolace podle typu izolované konstrukce.

Spoje bentonitových rohoží se provádějí nejlépe svařováním horkým vzduchem, což zamezuje zatečení betonu do těchto spojů.

Bentonitové kompozity se na vodorovné konstrukce pokládají s podélným i příčným přesahem minimálně 40 mm a přelepují se hydroizolační páskou. U svislých konstrukcí je minimálně přesah 80 mm a izolace se v překrytí kotví po minimálně 600 mm.

Kompozit se pokládá nalamínovanou vrstvou bentonitu směrem k izolované konstrukci.

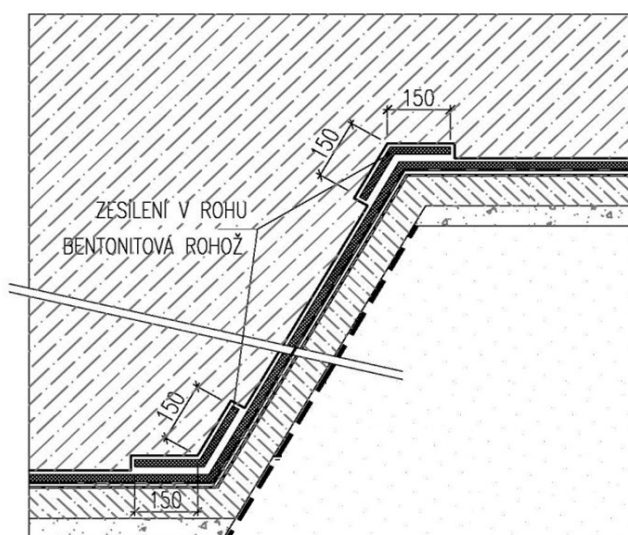
### B3.5.3 Opravy a prostupy

V případě opravy poškozeného místa nebo realizace detailů koutů a rohů musí zesilující pás (záplata) přesahovat na každou stranu minimálně 150 mm, viz obr. 15.

Opravované nebo zesilované místo se musí zaplnit bentonitovým práškem (vodorovná izolace) nebo bentonitovým tmelem (svislá izolace).

Prostupy stí, sloupů apod. se řeší zesílením bentonitové rohože v místě prostupu v kombinaci s bentonitovou pastou a bentonitovými pásky.

**Obr. 15:** Příklad zesílení izolace



### B3.5.4 Ochrana izolace při výstavbě

V případě nutnosti pohybu pracovníků po položené izolaci (např. při instalaci výztuže) nebo nebezpečí porušení při následných pracích je nutné izolaci mechanicky chránit (roznášecí desky).

Pohyb pracovníků po položené izolaci je možný pouze se souhlasem zhotovitele IS. Pohyb po navlhnuté bentonitové rohoži je nevhodný.

Při přerušení prací je nutno ochránit již položenou izolaci tak, aby nedošlo k vyšlapání bentonitu z rohože, nebo jinému poškození vlivem pohybu osob. Je nutné dodržet následující požadavky:

#### B3.5.4.1 Vodorovná plocha

Přerušení prací je možné po dokončení příslušného pracovního záběru izolace. V případě přerušení prací se izolační vrstva chrání proti zatečení vody, zapadnutí nežádoucích předmětů pod izolaci a proti mechanickému poškození (proražení).



Ochrana se provádí na volném konci izolace (sloužící následně pro napojení dalšího pásu izolace) překrytím geotextilií a přichycením ke konstrukci pomocí lepivého bentonitového tmelu.

V případě dlouhodobějšího přerušení izolačních prací se izolace dále vhodným způsobem chrání překrytím např. dostatečně silnou geotextilií (o minimální plošné hmotnosti 1000 g/m<sup>2</sup>), dřevěnými deskami apod.

Při pokládání jiného materiálu na položenou izolaci je nutné rozložit bodové zatížení do plochy tak, aby nedošlo k poškození izolace (pomocí plošných desek minimálně šíře 1,0 m).

#### **B3.5.4.2 Svislá plocha**

Při přerušení prací se navíc horní okraj izolace opatří na beton nalepenou ochrannou fólií šířky minimálně 100 mm, která překrytím izolace zabraňuje jak zatékání vody, tak i zapadání materiálu a předmětů za izolaci.

#### **B3.5.5 Úprava bentonitové izolace v místě dilatačních spár**

V místě dilatační spáry se provádí zdvojení bentonitové izolace a to v šířce minimálně 600 mm (300 mm na každou stranu od dilatační spáry) a zpravidla se do konstrukce navíc vkládá dilatační spárový profil.

### **B3.6 Zkoušení a kontrola kvality**

#### **B3.6.1 Kontrolní zkoušky na stavbě**

Za účelem provádění kontroly pokládky bentonitového IS je vypracován kontrolní a zkušební plán, který obsahuje závazné kontroly a zkoušky, které je nutné provádět v průběhu vlastní montáže. Jedná se zejména o:

- kontrolu neporušenosti izolace před betonáží,
- kontrolu neporušenosti izolace a geotextilie před provedením zásypu,
- kontrolu provedení utěsnění prostupů.

#### **B3.7 Dodávka a skladování**

Zhotovitel zodpovídá za dodávku izolačních hmot a výrobků, manipulaci a za způsob skladování. Skladování a manipulace musí odpovídat návodu výrobce, TEP a TePř tak, aby nedošlo k porušení vlastností a kvality materiálů a výrobků.

### **B3.8 Rizika při realizaci**

Použití bentonitových izolací je ohroženo těmito riziky:

- poškození při manipulaci (během přepravy a skladování),
- pokládka na mokré povrchy nebo styk s vodou po pokládce izolace, kdy dojde k nabobtnání ještě před sevřením IS mezi konstrukci a ochranné vrstvy,
- sesunutí výplně v bentonitové rohoži,
- mechanické poškození již aplikované izolace – pohyb mechanismů a osob po izolaci, provádění zásypů apod.

## B4 - Asfaltové pásové izolace

### B4.1 Všeobecně

Tato část TP platí pro IS tunelů, kde vlastní izolační vrstvu tvoří asfaltové izolační pásy (AIP). AIP jsou vyrobeny z modifikovaného asfaltu, obsahují výztužnou vložku a mají výrobcem deklarované rozměry včetně tloušťky pásu.

IS z AIP se používají u hloubených tunelů. U tunelů ražených se tento systém neaplikuje, především pro nebezpečí plynoucích z používání otevřeného ohně při natavování a vzájemném svařování AIP v uzavřeném prostoru. Lze použít i pro doplňkové konstrukce (PTO, podzemní nádrže).

Pro návrh izolačního systému jsou nejdůležitějšími činiteli hydrogeologické podmínky a druh hydrofyzikálního namáhání (tlaková voda, zemní vlhkost, volně stékající voda). Dále je nutno zohlednit zejména chemické vlivy (agresivitu prostředí) a velikost mechanického zatížení. Výška vodního sloupce pro návrh je vždy uvažována nad vrcholem klenby.

Hydrogeologické podmínky a druh hydrofyzikálního namáhání musí být zohledněny v ZDS, stejně tak jako návrh skladby a požadované parametry IS.

V tab. č. 7 je uvedeno základní rozdělení izolačních systémů z AIP.

**Tab. 7:** Základní rozdělení izolačních systémů z asfaltových izolačních pásů

Podzemní voda <sup>(3)</sup> Systém izolace	Minimální tloušťka pásu	Pojistný systém	Spárové pásy v příčných dilatačních spárách <sup>(4)</sup>	Spárové pásy v podélných pracovních spárách <sup>(4)</sup>
Bez tlaku Deštníková	4 mm	ne <sup>(2)</sup>	ano/ne <sup>(1)</sup>	ne
Tlaková Uzavřená	4 mm + 4 mm celoplošně spojené	ne <sup>(2)</sup>	ano	ano

Pozn.:

(1) V závislosti na šířce dilatační spáry a jejím uvažovaném pohybu. Pro dilatační spáru 20 +/- 15 mm je možné provést izolaci a těsnění spáry v rámci IS bez spárového pásu.

(2) U AIP se obvykle pojistný systém v ploše nenavrhne.

(3) Tlakové namáhání vodou může u podzemních konstrukcí nebo jejich částí vzniknout i hromaděním vody v zásypech na nepropustných zeminách nebo vrstvách (např. i podkladní beton mimo půdorysný obrys stavby), a přitom se nemusí jednat o tlakové namáhání vyplývající z geologických podmínek místa stavby a chování podzemní vody.

(4) Možno pouze u monolitických konstrukcí.

#### B4.1.1 Způsoby provádění

##### B4.1.1.1 Celoplošné natavení

Celoplošným natavením AIP je zajištěna přilnavost pásu k primární vrstvě ve 100 % izolované plochy a nedochází k migraci vody mezi AIP a primární vrstvou. V případě eventuální poruchy AIP je poměrně snadná identifikace místa poruchy (průsaku) a způsob opravy. Problém může nastat u montovaných konstrukcí z důvodu rozměrových tolerancí mezi jednotlivými prefabrikovanými prvky a schopností AIP přemostit tyto mezery (trhliny). Přesahy celoplošně natavovaných pásů musí být minimálně 100 mm.

#### **B4.1.1.2 Volné pokládání**

Pro volné pokládání se používají AIP větších rozměrů (šířka minimálně 2 m a délka minimálně 10 m), takže množství spojů mezi jednotlivými volně pokládanými AIP je menší. Tím se snižuje riziko nekvalitně provedených spojů a aplikace IS je rychlejší oproti celoplošnému natavování. Pro minimalizaci rizika nekvalitně provedených spojů se spoj provádí o šířce minimálně 150 až 200 mm.

### **B4.1.2 Systémy izolace**

#### **B4.1.2.1 Deštníkový systém**

Pro deštníkové izolační systémy se používá jeden AIP tloušťky 4,0 mm. Jedná se o jednovrstvý izolační systém. AIP může být aplikován na podkladní primární vrstvu celoplošným natavením nebo může být volně pokládán.

#### **B4.1.2.2 Tlakový systém izolace**

Pro tlakové (uzavřené) izolační systémy se používají dva AIP tloušťky 4,0 mm. Lze použít dvojitý i dvouvrstvý systém.

## **B4.2 Základní popis jednotlivých vrstev IS**

Obvyklá skladba IS s použitím AIP v tunelech je primární nátěr, asfaltový izolační pás a ochranná vrstva.

### **B4.2.1 Primární vrstva**

U celoplošně natavených AIP se pro výrobu primární vrstvy používá penetračně adhezní nátěr, kotevní impregnační nátěr nebo pečetící vrstva. U volně pokládaných AIP se pro výrobu primární vrstvy používá penetračně adhezní nátěr.

#### **B4.2.1.1 Penetračně adhezní nátěr**

Penetračně adhezní nátěr zvyšuje přilnavost jednotlivých vrstev IS. Materiálově se jedná o speciální, nízkoviskózní modifikované asfalty nebo asfaltové emulze, které se aplikují za studena nátěrem nebo nástřikem v množství 300–500 g.m<sup>-2</sup>.

#### **B4.2.1.2 Kotevní impregnační nátěr**

Kotevní impregnační nátěr plní částečně funkci penetrační, současně také vyplňuje a utěsňuje otevřené póry v podkladu a zvyšuje drsnost podkladního betonu. Pro výrobu kotevního impregnačního nátěru se používají výhradně bezrozpouštědlové, nízkoviskózní epoxidové pryskyřice a vysušený křemičitý písek frakce 0,3 – 1,0 mm nebo 0,7 – 1,2 mm. Spotřeba epoxidové pryskyřice je 300 až 500 g.m<sup>-2</sup> a křemičitého písku cca 1 000 g.m<sup>-2</sup>.

#### **B4.2.1.3 Pečetící vrstva**

Pečetící vrstva uzavírá povrch betonového podkladu. Skládá se z kotevního impregnačního nátěru opatřeného posypem vysušeným křemičitým pískem a uzavíracího nátěru. Pečetící vrstva je tedy tvořena dvěma epoxidovými nátěry, mezi kterými je proveden posyp křemičitým pískem.

Pro uzavírací nátěr i pro kotevní impregnační nátěr se používá stejný materiál (nízkoviskózní epoxidová pryskyřice). Spotřeba uzavíracího nátěru je mírně vyšší než u kotevního impregnačního nátěru, 600 až 800 g.m<sup>-2</sup>. Uzavírací nátěr se provádí na dokonale vytvrzený a suchý kotevní impregnační nátěr.

### **B4.2.2 Izolační vrstva**

Jako vlastní izolační vrstva se používají AIP, které se natavují na podklad nebo se volně pokládají. AIP tvoří hlavní vodotěsnou vrstvu IS.

AIP jsou průmyslově vyráběné výrobky o přesně definovaných rozměrech a vlastnostech. Jsou vyrobeny z modifikovaného asfaltu. Jako modifikátory se používají buď termoplastické elastomery (nejběžnější je styren-butadien-styren (SBS)) nebo plastomery. AIP s hmotou modifikovanou plastomery se běžně označují jako APP, přestože se pro jejich modifikaci ataktický polypropylen (APP) již nepoužívá. AIP jsou opatřeny nosnou výztužnou vložkou nejčastěji z netkaného polyesteru o definované plošné gramáži. Horní povrch AIP je opatřen minerálním posypem a dolní povrch pásu je opatřen snadno tavitelnou polyetylenovou fólií.

### **B4.2.3 Ochranná vrstva**

Ochranná vrstva musí být provedena co nejdříve po nanesení hlavní izolační vrstvy, protože chrání izolaci proti mechanickému poškození při dalších a dokončovacích pracích. Ochranná vrstva může plnit i další funkce jako např. drenážní.

Jako ochranná vrstva se nejčastěji používá geotextilie minimálně 500 g/m<sup>2</sup>. Je možné používat i extrudovaný polystyren, případně další polymerní materiály, pryžové recykláty apod. v kombinaci s vhodnou geotextilií. Následný zásyp a jeho provádění nesmí poškodit izolační souvrství.

## **B4.3 Požadavky na podkladní konstrukci**

Podklad pro izolační systém u hloubených tunelů tvoří beton trvalého ostění. Povrch betonu musí být homogenní stejnoměrně uzavřený a hutný, nesmí obsahovat hnízda.

Beton musí splňovat vybrané požadavky uvedené v ČSN 73 6242 s výjimkou nerovnosti povrchu měřenou latí délky 2 m. U volně pokládaných AIP není požadován parametr hloubky makrotextury povrchu betonu podle ČSN EN 13 036-1. Souhrnné požadavky na betonový podklad včetně vyrovnávek jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Případné opravy povrchu betonu nesplňující požadavky ČSN 73 6242 je nutné provést ihned po odbednění. Pro opravy povrchu musí být použity materiály splňující požadavky TKP 18 a TKP 31 a musí být zpracovaný technologický předpis pro opravu povrchu betonu, který musí být schválen objednatelem/správcem stavby před zahájením prací.

**Tab. 8:** Souhrnné kvalitativní požadavky na betonový podklad včetně vyrovnávek

Požadavek	Jednotka	Způsob aplikace AIP				Zkušební metoda
		Celoplošné natavení		Volně pokládáný		
		Druh materiálu, směsi				
		Beton třídy min. C 25/30 XF3, XD3	Lokální oprava	Beton třídy min. C 25/30 XF3, XD3	Lokální oprava	
		Kvalitativní požadavky				
Pevnost v tahu povrchových vrstev	N/mm <sup>2</sup>	min. 1,5	min. 1,5	min. 1,5	min. 1,5	ČSN 73 6242, příloha B
Přilnavost k podkladnímu betonu	N/mm <sup>2</sup>	min. 1,2	min. 1,0	min. 1,2	min. 1,0	ČSN 73 6242, příloha B
Doporučená hloubka makrotextury <sup>(1)</sup> povrchu (MTD) pro Penetračně adhezní nátěr	mm	0,6 až 1,2	0,6 až 1,2	–	–	ČSN EN 13036-1
Kotevní impregnační nátěr	mm	0,4 až 1,0	0,4 až 1,0			
Maximální hodnota MTD	mm	max. 1,5	max. 1,5	–	–	
Minimální hodnota MTD	mm	min. 0,3	min. 0,3	–	–	
Vlhkost betonu	% hm.	max. 4	max. 4	max. 4	max. 4	

Pozn.:

(1) Hloubka makrotextury (drsnot povrchu) závisí na typu prováděného IS. Vyšší hloubka makrotextury je vhodná pro zajištění požadované přilnavosti u IS s penetračně adhezním nátěrem, při provádění kotevních impregnačních nátěrů se doporučuje nižší hloubka makrotextury povrchu.

## B4.4 Požadavky na jednotlivé vrstvy IS

Požadavky na jednotlivé vrstvy IS jsou uvedeny v tabulkách č. 9–15.

Splnění požadavků pro jednotlivé vrstvy IS se předkládají v rámci zkoušek typu (průkazních zkoušek).

### B4.4.1 Požadavky na primární vrstvu

Penetračně adhezní nátěry musí splňovat požadavky uvedené v ČSN 73 6242 a jsou souhrnně uvedeny v tabulce č. 9.

**Tab. 9:** Penetračně adhezivní nátěr pro primární vrstvu, kvalitativní požadavky

Požadavek	Hodnota	Zkušební metoda
<b>Kvalitativní požadavky na hmotu</b>		
Objemová hmotnost při 20 °C	900 kg/m <sup>3</sup> až 1 000 kg/m <sup>3</sup>	ČSN EN ISO 3838 (65 6010)
Bod vzplanutí v uzavřeném kelímku	> 21 °C	ČSN EN ISO 2719 (65 6064)
Konzistence výtokovým pohárkem F 4 při 23 °C	< 60 s	ČSN EN ISO 2431 (67 3013)
Obsah netěkavých látek	> 40 %	ČSN EN ISO 3251 (67 3031)
<b>Kvalitativní požadavky na provedení nátěr</b>		
Přilnavost k podkladu: – při +8 °C – při +23 °C	min. 0,7 MPa min. 0,4 MPa	ČSN 73 6242 příloha B Přilnavost nátěru k podkladu se ověřuje při zkoušce přilnavosti izolační vrstvy

Požadavky na kotevní impregnační nátěr, na vysušený křemičitý písek a na pečetivní vrstvu musí splňovat požadavky TP 164 - Izolační systémy mostů (polyuretany) a jsou uvedeny v tabulkách č. 10 až č. 13.

**Tab. 10:** Kvalitativní požadavky na hmoty pro primární vrstvu – vstupní suroviny (komponenty A a B) nízkoviskózní epoxidové pryskyřice

Název požadavku	Jednotka	Požadovaná hodnota		Zkušební metoda
		složka A	složka B	
hustota při 20 °C	g.cm <sup>-3</sup>	0,95 – 1,25	0,95 – 1,25	TP-BEL-EP čl. 3.1.1

**Tab. 11:** Kvalitativní požadavky na hmotu pro primární vrstvu – namíchaná popřípadě vytvrzená nízkoviskózní epoxidová pryskyřice

Název požadavku	Jednotka	Požadovaná hodnota	Zkušební metoda
viskozita při 12 °C	mPa.s	maximálně 4 000	TP-BEL-EP čl. 3.2.1
zbytek po žíhání	% hmot.	maximálně 1	TP-BEL-EP čl. 3.2.2
doba zpracovatelnosti	minuty	minimálně 10	TP-BEL-EP čl. 3.2.3
doba vytvrzení	a) –  b) –  c) –	a) tvrdost po 7 dnech minimálně 60 b) tvrdost po 18 hodinách minimálně 50% hodnoty zjištěné zkouškou a) c) po 40 hodinách při teplotě 12 °C minimálně 50% hodnoty zjištěné zkouškou a)	TP-BEL-EP čl. 3.2.4
citlivost na vlhkost	–	žádné zbělení	TP-BEL-EP čl. 3.2.5
netěkavé podíly	% hmotn.	minimálně 98	TP-BEL-EP čl. 3.2.6
extrahovatelné podíly	% hmotn.	maximálně 10	TP-BEL-EP čl. 3.2.7
nasákavost vodou	% hmotn.	maximálně 2,5	TP-BEL-EP čl. 3.2.8

**Tab. 12:** Kvalitativní požadavky pro betonová zkušební tělesa opatřené primární vrstvou z nízkoviskózní epoxidové pryskyřice

Název požadavku	Jednotka	Požadovaná hodnota	Zkušební metoda
elektrický izolační odpor (pouze pro pečetící vrstvu)	MΩ	minimálně 500	ČSN 73 6242 příloha D
přilnavost k podkladu	N.mm <sup>-2</sup>	minimálně 1,5	ČSN 73 6242 příloha B
tepelná zatěžovací zkouška se silikonovým olejem	–	žádné poškození (bubliny, trhliny) nebo odlupování žádné vylupování křemičitého písku	TP-BEL-EP čl. 3.3.3.1
tepelná zatěžovací zkouška natavováním	–	žádné odlupování větší než 1 mm <sup>3</sup> , žádné bubliny a trhliny nebo jiné porušení, přilnavost k podkladu musí být minimálně 1,5 N.mm <sup>-2</sup> , lom musí být v betonu	TP-BEL-EP čl. 3.3.3.2

**Tab. 13:** Kvalitativní požadavky pro vysušený křemičitý písek

Název požadavku	Jednotka	Požadovaná hodnota	Zkušební metoda
zbytek na sítu 1,0 (1,2) mm	% hmotn.	maximálně 10,0	ČSN EN 933-1
propad sítem 0,3 (0,7) mm	% hmotn.	maximálně 10,0	ČSN EN 933-1
vlhkost	% hmotn.	maximálně 0,5	ČSN EN 1097-5
obsah odplavitelných částic	% hmotn.	0,0	ČSN EN 933-9

#### B4.4.2 Požadavky na AIP

Požadavky na izolační vrstvu z AIP jsou uvedeny v tabulce č. 14. Tloušťka jednoho AIP musí být minimálně 4 mm pro jednovrstvý i dvouvrstvý systém. Tyto kvalitativní požadavky platí pro AIP natavované i pro AIP volně pokládané. Ostatní kvalitativní parametry jsou v souladu s vybranými požadavky uvedenými v ČSN 73 6242.

**Tab. 14:** Kvalitativní požadavky na IS s AIP

Název požadavku	Rozměr	Hodnota	Zkušební metoda
<b>AIP</b>			
Tloušťka jednoho AIP			
Jednopásové	mm	min. 4,0	ČSN EN 1849-1
Dvoupásové	mm	min. 4,0	ČSN EN 1849-1
Druh výztužné vložky <sup>(1)</sup>		tkaný, netkaný polyester	
Pevnost v tahu v podélném směru	N/50 mm	min. 800	ČSN EN 12311-1
Pevnost v tahu v příčném směru	N/50 mm	min. 600	ČSN EN 12311-1
Tažnost podélná	%	min. 35	ČSN EN 12311-1
Tažnost příčná	%	min. 35	ČSN EN 12311-1
Ohebnost při stanovené teplotě (na trnu o průměru 30 mm)	při -15 °C	bez trhlin	ČSN EN 1109
Nasákavost vodou po 28 dnech při (23 ± 3) °C	%	max. 1,5	ČSN EN 14223
Nepropustnost (vodotěsnost)	–	nepropouští	ČSN EN 14694
Odolnost proti stékání při zvýšené teplotě	°C	min. 100	ČSN EN 1110
<b>Izolační souvrství</b>			
Hodnota přilnavosti v tahu mezi AIP a podkladem při + 8 °C a při + 23 °C	N/mm <sup>2</sup>	min. 0,7 při + 8 °C min. 0,4 při + 23 °C	ČSN EN 13596
Hodnota přilnavosti ve smyku při +23 °C	N/mm <sup>2</sup>	min. 0,15	ČSN EN 13653
Statické přemostění trhlin při – 10 °C		min. do 2 mm beze změny	příloha C ČSN 73 6242
Dynamické přemostění trhlin při stanovené teplotě	°C	vyhovuje bez poškození při stanovené teplotě	ČSN EN 14224

Pozn.:

(1) Druh výztužné vložky; kromě polyesteru je možno použít i jiný materiál obdobných vlastností.



### B4.4.3 Požadavky na ochrannou vrstvu

Požadavky na ochrannou vrstvu izolace jsou souhrnně uvedeny v tabulce č. 15. Vždy je nutné stanovit požadavky na betonový podklad a v závislosti na něm pak odpovídajícím způsobem zvýšit minimální požadavky na geotextilii.

**Tab. 15:** Požadavky na ochrannou vrstvu izolace

Parametr ČSN EN 13256, ČSN EN 13252		Zkušební metoda	Požadavky na geotextilie
			hloubená část
1	Druh výrobku		mechanicky zpevněná geotextilie výhradně původní surovina – polyolefiny
2	DSC – analýza	ČSN EN ISO 11357-1	výhradně polyolefiny
3	Značení	ČSN EN ISO 10320	výrobky budou označeny podle ČSN EN ISO 10320
	Dokumentace		Certifikát FPC, Prohlášení o vlastnostech
4	Plošná hmotnost	ČSN EN ISO 9864	$\geq 500 \text{ g/m}^2$ <sup>(1)(3)</sup> (ochrana mezi konstrukcí a fólií)
5	Tloušťka	ČSN EN ISO 9863-1	
	při 2 kPa		
	při 20 kPa		min. 2,5 mm
6	Pevnost v tahu <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 10319	min. 20 kN/m <sup>(1)</sup>
7	Protážení při maximální pevnosti <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 10319	min. 60 %
8	Statické protřetí (zkouška CBR)	ČSN EN ISO 12236	min. 5,0 kN <sup>(1)</sup>
9	Odolnost proti dynamickému protřetí (zk. padajícím kuželem)	ČSN EN ISO 13433	max. 6 mm <sup>(1)</sup>

Pozn.:

- (1) V případě ochrany fólie směrem k zásyvu je nutné individuální posouzení s ohledem na druh, výšku a způsob hutnění zásyvového materiálu (min. 800 g/m<sup>2</sup>, CBR min. 8,0 kN, odolnost proti dynamickému protřetí 0 mm).
- (2) Průměr z minimálních hodnot pro podélný (MD) a příčný (CMD) směr.
- (3) U minimálních, resp. maximálních hodnot se jedná o minimální, resp. maximální hodnoty v rámci 95 % intervalu spolehlivosti.

## B4.5 Pomocné konstrukční prvky IS

Pomocné konstrukční prvky řeší překlenutí dilatačních pohybů, těsnění spár a případné přechody a napojení na jiné izolační materiály apod.

Pomocné konstrukční prvky musí být specifikovány v ZDS a podrobně dopracovány v RDS nebo v technologickém předpisu pro izolace. Konkrétní použité prvky musí splňovat požadavky stanovené v DSP, ZDS a musí být odsouhlaseny autorským dozorem. Pro využití pomocných konstrukčních prvků lze vycházet ze Vzorových listů VL 5 a v přiměřeném rozsahu VL 4.

Je vhodné používat prvky, které jsou dlouhodobě odzkoušené a praxí prověřené. V případě používání nových prvků je nezbytné prokázat jejich funkčnost.

## B4.6 Realizace IS

### B4.6.1 Obecné zásady

Při realizaci IS je nezbytné postupovat podle technologického předpisu zhotovitele, přičemž musí být dodrženy zásady stanovené v těchto TP a v projektové dokumentaci.

Při provádění IS musí být použity jen ty materiály, stavební směsi a výrobky, jejichž vhodnost byla v daném systému ověřena. Způsob ověření vhodnosti jednotlivých materiálů izolačního souvrství je uveden v článku B.4.4 těchto TP. Jakákoli záměna materiálů, směsí a výrobků je nepřípustná. Žádnou z vrstev nelze vypustit nebo nahradit vrstvou jinou. IS musí být odsouhlasen objednatelem/správcem stavby.

Před prováděním a v průběhu provádění musí být veškeré materiály a výrobky skladovány podle návodu výrobce, přičemž mohou být použity jen ty materiály a výrobky, u kterých byla provedena kontrola označení obalů, data výroby, záručních lhůt apod., a u nichž nedošlo k znehodnocení ani poškození.

Při provádění IS musí být od zahájení izolačních prací zajištěna nepřetržitá přítomnost odborného pracovníka zhotovitele a stavebního dozoru. Izolace může provádět pouze odborně způsobilý zhotovitel.

Pro provádění mohou být použity jen takové mechanizmy, které svým technickým stavem zaručují dodržení předepsané technologie a dosažení stanovených parametrů a požadavků.

Jednotlivé pracovní postupy od přípravy povrchu betonu až po dokončení ochranné vrstvy mají po sobě následovat plynule, s výjimkou technologicky odůvodněných případů a s výjimkou takového zhoršení povětrnostních podmínek, které by vedlo k znehodnocení prováděných prací.

Všechna místa po provedených zkouškách a místa, kde došlo k lokálnímu poškození, musí být před prováděním další vrstvy odborně opravena v souladu s postupem provádění oprav uvedeným v TePř a zkontrolována stavebním dozorem.

#### **B4.6.2 Klimatická omezení**

Izolační práce je možno provádět pouze ve vhodných klimatických podmínkách, které jsou uvedeny v příslušných materiálových normách, TP a TKP. Klimatická omezení musí být detailně popsána v TePř pro provádění izolací.

Izolační práce nesmějí být prováděny za deště, mokra ani při tvorbě rosy. V případě natavování AIP na betonový podklad musí být splněn požadavek vlhkosti betonového podkladu (maximálně 4 % do hloubky 20 mm) a jeho teplota musí být minimálně 3 °C. Teplota povrchu podkladu musí být minimálně o 3 °C vyšší než je teplota rosného bodu, aby nedocházelo k rosení povrchu betonové konstrukce.

Při aplikaci epoxidových pryskyřic pro výrobu kotevního impregnačního nátěru nebo pečetící vrstvy jsou požadavky zpřísněné. Teplota povrchu podkladu musí být vyšší než 8 °C a nesmí překročit 40 °C. Maximální přípustná relativní vlhkost vzduchu musí být 75 % a minimální přípustná teplota vzduchu musí být 10 °C.

#### **B4.6.3 Vlastní realizace**

Zhotovitel betonové konstrukce musí předat zhotoviteli IS povrch betonu, který odpovídá kvalitativním požadavkům stanoveným v kapitole B.4.3 těchto TP.

##### **B4.6.3.1 Úprava povrchu betonu**

Povrch betonu musí být zbaven nečistot a materiálů nekoherentní povahy jako jsou zemina, bláto, prach, cementové mléko apod. Z povrchu betonu je nutno odstranit veškeré ostré výčnělky.

Pokud jsou zjištěny kladné (pozitivní) lokální nerovnosti větší jak 5 mm, je nutno ještě jednou před zahájením izolačních prací povrch betonu zbrousit nebo otryskat.

Naproti tomu lokální záporné (negativní) nerovnosti (např. otvory po vydrolených zrnech kameniva) je nutno vyrovnat polymermaltou připravenou z epoxidové pryskyřice pro výrobu pečetící vrstvy a křemičitého písku.

Veškeré úpravy podkladu zajišťuje a hradí zhotovitel objektu, tyto úpravy nejsou součástí technologie provádění IS. O odsouhlasení povrchu podkladu se sepíše zápis do stavebního deníku nebo protokol o převzetí za účasti zhotovitele objektu, objednatele/správce stavby a zhotovitele izolačních prací.

### **B4.6.3.2 Primární vrstva**

#### **B4.6.3.2.1 Penetračně adhezní nátěr**

Provádí se na suchý, čistý podklad, který splňuje požadavky stanovené v čl. B4.6.3.1 těchto TP.

Penetračně adhezní nátěr plní funkci adhezní a částečně i impregnační. Jedná se o materiál na bázi modifikovaných asfaltů, rozpouštědel a adhezních přísad. Je slučitelný s další vrstvou IS – AIP. Detailní způsob a podmínky pro nanášení nátěru musí být uvedeny v TePř.

Nátěr se nanáší stěrkou nebo válečkem a poté se doporučuje vykartáčovat nátěr tak, aby pronikl do všech pórů podkladu a zajistil tak dokonalé podmínky pro spojení IS s podkladním betonem. Musí být rovnoměrně natřené všechny plochy, které přijdou do styku s izolací. Po aplikaci se nesmí vytvářet kaluže. Obvyklá spotřeba penetračního nátěru je cca 300–500 g.m<sup>-2</sup>.

Penetrační nátěr je nutno nechat řádně zaschnout, aby došlo k úplnému odpaření rozpouštědel. Doba potřebná k zaschnutí musí být stanovena v TePř a je závislá na pórovitosti podkladu, teplotě, vlhkosti ovzduší apod. Doba zaschnutí je cca 10 až 24 hod.

#### **B4.6.3.2.2 Kotevní impregnační nátěr**

Kotevní impregnační nátěr plní funkci penetrační, vyplňuje a utěsňuje otevřené póry v betonovém podkladu, zlepšuje také drsnost podkladu, zvyšuje pevnost v tahu povrchových vrstev a přilnavost k natavenému AIP.

Provádí se na suchý, čistý podklad, který splňuje požadavky stanovené v čl. B4.6.3.1 těchto TP. Kotevní impregnační nátěr se vyrábí ze speciálních bezrozpouštědlových dvoukomponentních nízkoviskozních epoxidových pryskyřic a vysušeného křemičitého písku.

Epoxidové pryskyřice jsou dodávány ve dvou složkách v příslušném mísícím poměru. Pro dokonalé vytvoření epoxidové pryskyřice je důležité dokonalé promíchání obou složek (komponent): Před vlastním mícháním složek se komponenta A strojně rozmíchá a zhomogenizuje. Potom se složka B vlije do složky A. Je třeba dbát na to, aby složka B vytekla v plném rozsahu, beze zbytku. Promíchání obou složek se provádí elektrickou vrtačkou se speciálním míchacím nástavcem při maximálním počtu otáček cca 300 - 400 ot./min. Nutno míchat velmi důkladně, minimální doba míchání je 3 minuty, ale při tom je nutno dbát, aby nedošlo k vmíchávání vzduchu do epoxidové pryskyřice. Důležité je také důkladné promíchání na stranách a ode dna nádoby tak, aby se tvrdidlo rozmíchalo i ve svislém směru. Teplota obou složek při míchání musí být nejméně 15 °C.

Doba zpracovatelnosti, tj. doba od zamíchání obou komponent do rozprostření na betonový podklad při teplotě 20 °C, je přibližně 30 minut. Doba zpracovatelnosti je ovlivněna teplotou obou komponent, objemem směsi v nádobě a teplotou ovzduší. Dobu zpracovatelnosti lze prodloužit skladováním

materiálu v chladu (ve stínu), mícháním menších dávek a omezením prací při vysokých teplotách ovzduší. Překročení doby zpracovatelnosti se projeví exotermní reakcí, tj. prudkým nárůstem teploty směsi. Tato reakce se projeví zvyšováním viskozity až směs přejde do gelovitého stavu. V takovýchto případech je nutné ihned práce zastavit a odstranit nanesenou hmotu z podkladu.

Namíchaný materiál se nalije na betonový podklad a rozetře se pryžovou stěrkou. Nátěr se krátce nechá působit na povrchu betonu, aby vnikl do pórů betonu. Poté se rozetře válečkem a vetře do podkladního betonu tak, aby bylo dosaženo rovnoměrného rozprostření po povrchu. Spotřeba epoxidové pryskyřice je cca 300 až 500 g.m<sup>-2</sup> podle nasákavosti a drsnosti podkladu.

Aby se zabránilo odtékání epoxidu zpět do prohlubní, provede se bezprostředně po válečkování posyp vysušeným křemičitým pískem frakce např. 0,3 – 1,0 mm nebo 0,7 – 1,2 mm v množství cca 1 000 g/m<sup>2</sup> tak, aby povrch byl rovnoměrně zdrsňen. Po vytvrzení základního kotevního impregnačního nátěru se provede odstranění nepřilepených a nezakotvených zrn křemenného písku ometením.

#### **B4.6.3.2.3 Pečetící vrstva**

Pečetící vrstva se provádí z důvodu dokonalého uzavření povrchu. Skládá se z kotevního impregnačního nátěru, posypu křemičitým pískem a uzavíracího nátěru, který je ze stejné pryskyřice jako kotevní impregnační nátěr.

Příprava a zpracování epoxidové pryskyřice je shodná jako u kotevního impregnačního nátěru, pouze spotřeba je vyšší, cca 600 až 800 g.m<sup>-2</sup>. Uzavírací nátěr se nanáší na zcela vytvrzený základní nátěr (tj. cca 8 hodin při teplotě ovzduší + 20 °C a cca 36 hodin při teplotě ovzduší + 10 °C).

#### **B4.6.4 Pokládka AIP**

AIP se na primární vrstvu celoplošně natavují nebo se na primární vrstvu volně pokládají.

##### **B4.6.4.1 Celoplošné natavování AIP**

Na horní klenbě se AIP natavují kolmo k ose tunelové roury a postupuje se od místa nejnižšího k nejvyššímu. U spodní klenby se AIP mohou natavovat rovnoběžně (podélně) s osou tunelu nebo i kolmo (příčně).

Přesahy jednotlivých AIP podélně a příčně musí být minimálně 100 mm. Délka přesahů musí být uvedena v TePř. Práce postupují tak, aby přesahy jednotlivých pásů byly po směru toku vody, s výjimkou technicky odůvodněných případů.

Natavení AIP musí být dokonalé v celé ploše pásu včetně okrajů tak, aby byla dosažena požadovaná přilnavost k podkladu v celé izolované ploše. Důkazem dokonalého natavení okrajů AIP je viditelný tenký proužek asfaltové hmoty podél okrajů nataveného AIP.

Pro dokonalé přilnutí AIP k podkladu se doporučuje přitlačovat při natavování AIP k podkladu vhodným přípravkem. Pod AIP nesmí zůstat žádné dutiny nebo vzduchové bubliny.

Při natavování nesmí docházet k přepalování asfaltové krycí hmoty AIP a výztužné polyesterové vložky, které se při natavování projeví kouřem, případně i viditelným roztavením asfaltové krycí hmoty na horním povrchu AIP nebo zapálením asfaltové hmoty. V případě poškození výztužné vložky je nutné poškozenou část pásu odstranit a nahradit novým pásem.

Napojení asfaltových pásů na detaily musí být provedeno podle RDS a s maximální pečlivostí. Řešení detailů musí být v souladu s principy uvedenými ve vzorových VL 5 nebo i VL 4. V místech napojení je nutné zajistit požadovanou tloušťku vrstvy, délku přesahu napojení a celistvost vrstvy.

Teplota podkladu (primární vrstvy) pro natavování AIP nesmí klesnout pod 3 °C. Při teplotách blízcích se limitním, je nutné AIP skladovat v temperovaných skladech v souladu s pokyny výrobce a vždy musí být ve svislé poloze.

#### **B4.6.4.2 Volné pokládání izolačních pásů**

Tímto způsobem aplikace se AIP volně pokládají na primární vrstvu a spojují se natavením pouze v přesazích. Na dolní klenbě se asfaltové pásy kladou podélně nebo příčně a v horní klenbě se pásy pokládají vždy kolmo na osu tunelu.

Přesahy jednotlivých pásů jsou při volném pokládání zvýšeny na 150 až 200 mm a musí být popsány v TePř izolačních prací.

U dvojitého systému se druhý izolační pás vždy celoplošně natavuje.

Vzájemné natavení AIP lze provádět ručním propan-butanovým hořákem, ruční horkovzdušnou pistolí nebo speciálním automatizovaným zařízením.

#### **B4.6.5 Ochranná vrstva**

Po dokončení izolační vrstvy z AIP musí být v co nejkratší době realizována ochranná vrstva, aby nedošlo k poškození natavené izolační vrstvy. Při vysokých teplotách ovzduší a při přímém osvitu sluncem je nutné provizorně chránit izolační vrstvu z AIP (např. zakrytím textiliemi bílé barvy).

Geotextilie se pokládá volně, vhodné je její přitížení, aby nedošlo k jejímu shrnutí. Spojuje se v přesazích s minimální šířkou 100 mm, a to mechanicky nebo pomocí horkého vzduchu. Způsob pokládky ochranné vrstvy musí být detailně popsán v TePř. Teplota spojování se stanovuje individuálně podle druhu textilie a její gramáže. Teplota vzduchu a podkladu ani klimatické podmínky nejsou pro pokládání geotextilií rozhodující.

#### **B4.6.6 Opravy**

##### **B4.6.6.1 Primární vrstva**

Pokud došlo k poškození primární vrstvy, poškozené místo se vyčistí a požadovaná vrstva se naaplikuje znovu.

##### **B4.6.6.2 Izolační vrstva**

Porušená izolační vrstva AIP se opravuje pomocí záplat, které se celoplošně nataví v místě poškození. Minimální přesah oproti poškozenému místu je 100 mm. Rohy záplat je nutné zaoblit.

Jestliže se zjistí netěsný spoj, tak ten se musí v místě netěsnosti co nejvíce rozevřít. Pokud je spoj dostatečně přístupný je možné ho znovu natavit nahřáním obou povrchů ve spoji. Pokud je netěsnost spoje tak malá, že není možno použít předešlý postup, pak se spoj zacelí pomocí rozehřáté izolačnické špachtle. V případě pochybností se doporučuje spoj opatřit záplatou.

Je-li zjištěna porucha (místo nenatavené k podkladu) v celoplošně natavené AIP, musí se toto místo šetrným způsobem vyříznout a do vyříznutého místa provést záplatu. Následně se místo zatěsní

nahřátou špachtlí a přes něj se nataví záplata s přesahem minimálně 100 mm. Stejným způsobem se opravují místa po provedení kontrolních odtrhových zkoušek.

#### **B4.6.6.3 Ochranná vrstva**

V případě poškození ochranné vrstvy a z toho plynoucího podezření na poškození izolace je nutné ochrannou vrstvu šetrně odstranit v takovém rozsahu, aby byla možná kontrola neporušenosti izolační vrstvy. Po provedení kontroly a případné opravy izolační vrstvy se následně ochranná vrstva znovu položí či opraví.

Geotextilie lze opravovat záplatami horkým vzduchem s minimálním přesahem 100 mm.

### **B4.7 Konstrukční zásady**

Rozhodující pro podstatnou část návrhu izolace a detailů je, zda se konstrukce hloubeného tunelu staví ve volném výkopu nebo v zapažené jámě. V případě výstavby ve volném výkopu je přístupná celá horní klenba (případně strop konstrukce) z rubové strany a IS je na horní klenbě možno provést až po jejím dokončení. V případě výstavby v zapažené jámě nemusí být část rubové strany horní klenby přístupná a IS je pak nutné alespoň na části horní klenby provést před její stavbou na předem připravenou podpůrnou konstrukci.

#### **B4.7.1 Výplň a těsnění dilatačních spár v monolitické konstrukci**

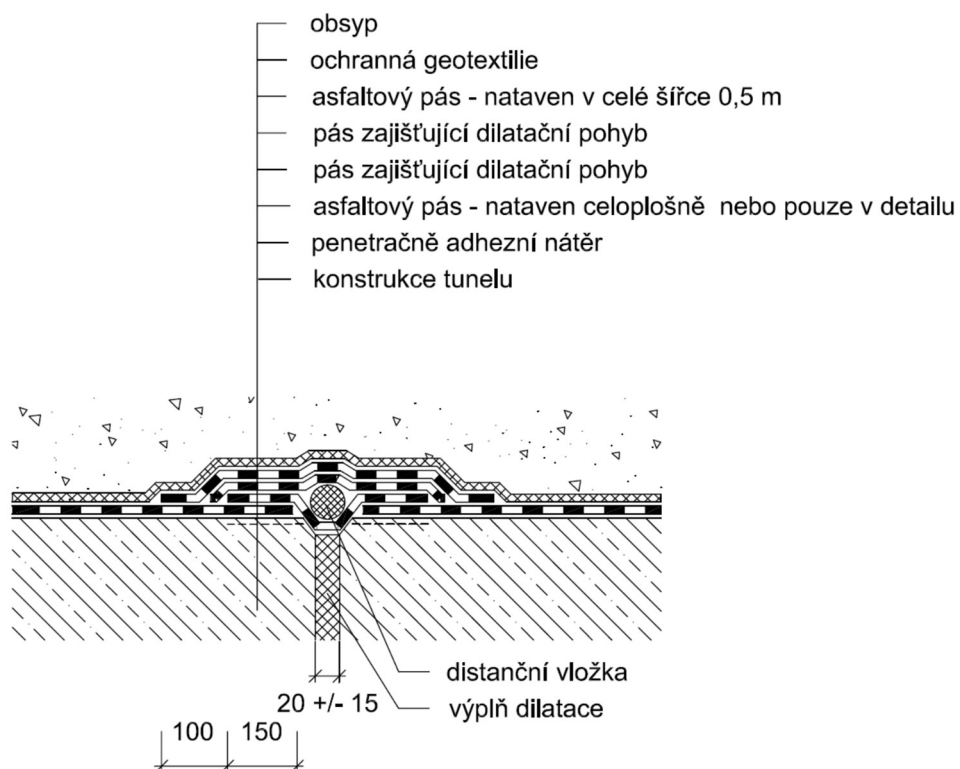
IS musí garantovat přenesení dilatačního pohybu minimálně 20 mm ve všech směrech. Dilatační spáry v monolitické konstrukci se osazují spárovým pásem. Spára se dále uzavře pomocí tmelu při obou površích konstrukce a IS se v místě spáry přeplátuje v šířce minimálně 150 mm na každou stranu od dilatační spáry.

V případě, že se IS v zapažené stavební jámě provádí před stavbou konstrukce, musí být v místě budoucí dilatační spáry provedeno přeplátování předem, případně lze použít speciální spárový pás. Spára se z vnitřní strany konstrukce uzavře pomocí tmelu.

Dilatační spáry s šířkou 20 +/- 15 mm je možno u deštníkového systému izolace řešit bez těsnicího pásu.

Příklad řešení viz obr. 16.

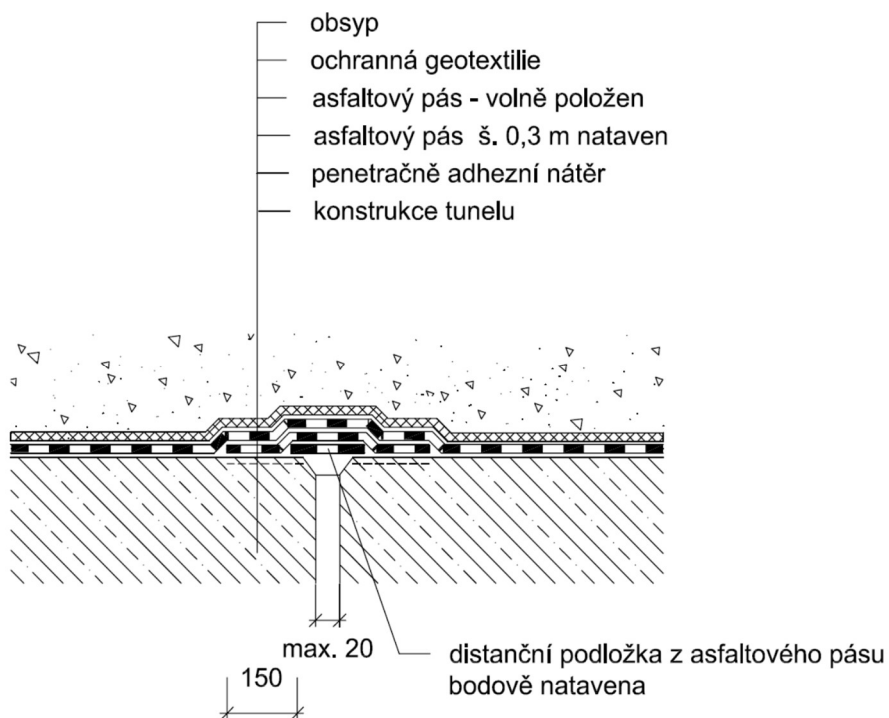
**Obr. 16:** Řešení dilatační spáry v rámci IS bez spárového pásu



#### B4.7.2 Výplň a těsnění dilatačních spár v montované konstrukci

Řešení spáry v montovaných konstrukcích závisí na přesném osazení jednotlivých dílů. Šířka spáry a její případný pohyb je pak rozhodující pro volbu zesílení IS. Příklad řešení viz obr. 17.

**Obr. 17:** Řešení spáry v montované konstrukci



### B4.7.3 Požadavky na těsnicí pásy

Základní požadavky jsou shodné jako pro těsnicí pásy u fóliových izolací (viz část B1). Zásadním požadavkem je pak primární surovina, která musí být snášitelná s asfaltem, např. polyetylen nebo polyolefin.

## B4.8 Zkoušení a kontrola kvality

### B4.8.1 Zkoušky typu / průkazní zkoušky

Zkouškami typu/průkazními zkouškami se ověřují kvalitativní požadavky uvedené v tabulkách č. 8 – č. 15 těchto TP, tj. kvalitativní parametry a vlastnosti jednotlivých materiálů a hmot IS, jejich vzájemná slučitelnost, přilnavost jednotlivých vrstev a vlastnosti IS jako celku.

Pro izolační souvrství v tunelu, které má shodnou skladbu jako schválený izolační systém na mostech pozemních komunikací, lze předložit zkoušky typu (průkazní zkoušky), které byly provedeny a doloženy v rámci procesu schvalování izolačního systému na mostech PK.

### B4.8.2 Kontrolní zkoušky na stavbě

Kontrolní zkoušky na stavbě zajišťuje zhotovitel z důvodu ověření, zda jakost odpovídá smluvním požadavkům a prohlášením o vlastnostech, resp. prohlášení o shodě a výsledkům zkoušek typu/průkazním zkouškám.

Každý provedený spoj, detail i opravná záplata jsou zaznamenány do protokolu o kontrole izolace. Vzorový protokol o předání musí být součástí TePř zhotovitele IS.

#### B4.8.2.1 Nedestruktivní zkoušky

- **Zkouška vizuální** – slouží pro kontrolu všech vrstev v IS.
- **Zkouška rozměrů** – slouží pro kontrolu rozměrů jednotlivých spojů.
- **Zkouška vakuová** – slouží pro ověření těsnosti sektorů dvouvrstvého PS.
- **Zkouška jiskrová** – slouží pro kontrolu IS pomocí ručního elektrického přístroje. Principem jsou opakované impulsy vysokého napětí, které při vhodném vodivém podkladu viditelně ukáže poškození izolace (proražení). Tato zkouška není schopná odhalit netěsnosti ve spojkách.
- **Zkouška bodcem** – slouží pro kontrolu těsnosti spojů v ploše i detailech, spojení spárového těsnicího pásu s izolačním pásem apod. Zkouška se provádí bodcem, který se mírným tlakem zatlačí do spoje.
- **Akustická trasovací zkouška** – slouží pro orientační ověření natavení pásů k podkladu v ploše. Zkouška je založena na rozdílné zvukové odezvě mezi nataveným a nenataveným pásem při posunu diagnostické koule po povrchu pásu.

#### B4.8.2.2 Destruktivní zkoušky

- **Zkoušky přilnavosti** – slouží pro ověření skutečných hodnot přilnavosti k podkladní konstrukci. Provádí se pomocí odtrhového přístroje. Pro izolaci na vodorovné části horní klenby rámových konstrukcí, které budou pojižděny, se počet zkoušek volí v závislosti na ploše izolované konstrukce dle ČSN 73 6242, včetně požadovaných hodnot. Jinak se kontrolní zkoušky



provádějí pouze v případě pochybností. U volně pokládaných systémů se zkoušky přilnavosti neprovádí.

- **Zkouška odlupovací** – používá se na zkoušky svarů izolační vrstvy před zahájením izolačních prací při strojním svařování.

## **B4.9 Dodávka a skladování**

Zhotovitel zodpovídá za dodávku izolačních hmot a výrobků, manipulaci a za způsob skladování. Skladování a manipulace musí odpovídat návodu výrobce, TEP a TePř tak, aby nedošlo k porušení vlastností a kvality materiálů a výrobků.

## **B4.10 Rizika při realizaci**

Asfaltové pásové izolace a jednotlivé prvky jsou ohroženy celou řadou rizik. Zejména:

- neoborná manipulace (během přepravy a skladování),
- špatná technologie pokládky, přepalování AIP, nedodržení technologických přestávek (rychlá aplikace AIP po realizaci primární vrstvy),
- poškození již aplikované izolace – pohyb mechanismů po izolaci, provádění zásypů,
- vystavení izolace přímému slunečnímu svitu – snadné mechanické poškození, varhánkovatění a tečení,
- nevyhovující podklad – nedostatečně suchý podklad, ostré výčnělky, které při zatížení zásypem prorazí izolaci.

## B5 - Tunely s vodonepropustným ostěním

### B5.1 Všeobecně

Betonovým ostěním bez bariérové izolace se rozumí definitivní ostění, které plní izolační funkci prostřednictvím těsnosti betonové konstrukce.

Podmínkou správné funkce vodonepropustného betonového ostění je:

- Hutný beton, u kterého je definována maximální hloubka průsaku
- Přiměřené vyztužení omezující šířku trhlin
- Utěsnění dilatačních a pracovních spár

Problematika vodonepropustného ostění tunelů bude podrobně řešena v samostatném předpisu.

## **TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 263 Izolace tunelů pozemních komunikací**

<b>Schválilo:</b>	Ministerstvo dopravy
<b>Zpracovatel:</b>	Ing. Jiří Svoboda (PRAGOPROJEKT, a.s.) Ing. Michal Hnilička (Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.)
<b>Vydání:</b>	první
<b>Počet stran:</b>	80
<b>Tech. redakční rada:</b>	Ing. Pavla Březnická (Ministerstvo dopravy) Ing. Josef Jalůvka (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Bc. Martin Pokuta (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Otakar Hasík (SAMSON PRAHA spol. s r.o.) Ing. Libor Mařík (SAGASTA s.r.o.) Ing. Vladimír Petržílka (SATRA, spol. s r.o.) Ing. Jiří Trochta (Metrostav a.s.) Ing. Vítězslav Vacek, CSc. (ČVUT v Praze, Kloknerův ústav)
<b>Zástupce koordinátora:</b>	Ing. Alena Poláková (Ředitelství silnic a dálnic ČR)