

**PROGRESÍVNE TECHNOLOGIE PRE KÁBLOVÉ A POTRUBNÉ
PRESTUPY S KOMBINOVANOU OCHRANOU
PRE TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY**

**PROGRESSIVE TECHNOLOGIES FOR CABLE AND PIPE TRANSITS
WITH THE MULTIPLE PROTECTIONS FOR TUNNELS AND
UNDERGROUND CONSTRUCTIONS**

Miroslav Holý

ABSTRAKT

Pri tuneloch a podzemných stavbách je nevyhnutné zabezpečiť ochranu pred tlakovou vodou a požiarom. Citlivým miestom tu bývajú hlavne káblové a potrubné prestupy, kde sa naruší celistvosť a kompaktnosť stavebnej konštrukcie. Na trhu je k dispozícii viacero tesniacich systémov, ktoré dokážu zabezpečiť jednotlivú ochranu buď voči požiaru alebo voči vlhkosti. V prípade požiadaviek na kombinovanú ochranu je to už zložitejšie. Vo svojom príspevku by som chcel preto predstaviť progresívnu technológiu, ktorá poskytuje certifikovanú kombinovanú ochranu voči tlakovej vode (4 bar), požiaru, vibráciám, hlodavcom aj UV žiareniu. Táto technológia dokonca umožňuje jednoduchú výmenu a dokladanie káblov a trubiek v budúcnosti, čím znižuje prevádzkové náklady konkrétneho zariadenia. Zameriavam sa na konkrétne aplikácie vhodné práve pre tunelové a podzemné stavby. Vysokú spoľahlivosť týchto systémov prezentujem na dlhoročnej skúsenosti s odvolaním sa na významné referenčné stavby minimálne európskeho formátu. Táto švédka technológia má za sebou 25 rokov skúseností v náročných aplikáciách po celom svete a určite ju privítajú investori, projektanti a zhotovitelia tunelov a podzemných stavieb aj na Slovensku.

ABSTRACT

In tunnels and underground constructions it is absolutely inevitable to provide the protection against the water and fire. The cable and pipe transits used to be the most sensitive place, due to the interference of building construction integrity and compactness. There are many sealing system on the market, which provide the single protection either towards fire or towards humidity. In the case of requirement for multiple protection, the situation is much more complicate. Therefore I would like to introduce the progressive technology, which presents certified multiple protection towards pressurized water (4 bars), fire, vibration, rodent and UV radiation. This technology even allows simple exchange and insertion of the cables and pipes in the future and thereby decrease operating cost. In my presentation I will focus to the concrete applications convenient mainly for tunnels and underground constructions. High reliability of these the system will be presented by long time know-how with the reference to the important construction of the continental importance. This Swedish technology has above 25 years of experience in the demanding application all over the world. We believe, that this progressive sealing system will be well accepted also by Slovak investors, designers, constructors and operators.

1 Úvod

Elektroinštalčné káble a trubky prechádzajú rôznymi stavebnými konštrukciami (stena, základy, priečka, strop, podlaha) alebo stenami rôznych skriň či kabinetov. Pre zabezpečenie spoľahlivej funkčnosti a bezpečnosti je nevyhnutné, aby boli tieto káble a trubky utesnené a zabezpečovali tak požadovaný stupeň ochrany. Pokiaľ sa vyžaduje len **požiarna odolnosť**, väčšinou sa to dá riešiť rôznymi tmelmi alebo minerálnou vlnou kombinovanou protipožiarnym náterom. Všeobecne takýmto prestupom hovoríme protipožiarnu upchávku. Keďže tieto nie sú odolné vode, hlodavcom ani vonkajším klimatickým vplyvom, ich použitie v podzemných stavbách a tuneloch sa javí ako extrémne rizikové. Všetky exteriérové a veľká časť interiérových prestupov musí pri takýchto stavbách zároveň spĺňať aj podmienku **odolnosti voči tlakovej vode**. Požiar a voda sú 2 základné živly, ktoré dokážu v podzemných stavbách spôsobiť obrovské škody na ľudských životoch aj na majetku. Z tohto dôvodu si ochrana voči nim vyžaduje mimoriadnu pozornosť a pri technických riešeniach na ochranu podzemných stavieb voči požiaru a vode by si nikto zo zainteresovaného reťazca projektant – dodávateľ – investor nemal dovoliť robiť kompromisy.

V stavebníctve sa používa množstvo tesniacich systémov, ktoré síce disponujú certifikátom voči ohňu či vode, avšak dostatočne nešpecifikujú podmienky a okolnosti, za ktorých sú tieto vlastnosti garantované. Pri tuneloch a podzemných stavbách treba preto zvlášť brať do úvahy aj ďalšie riziká, ako sú **náročné klimatické podmienky, vysoké mechanické namáhanie, hlodavce, vibrácie** a podobne. Pri riešení bezpečnosti takýchto objektov je preto nevyhnutné pracovať s takými technológiami, ktoré garantujú kombinovanú ochranu voči všetkým uvedeným rizikám.

2 Odolnosť voči požiaru a vode

Pri káblových a potrubných prestupoch z exteriéru do interiéru pod úrovňou terénu vždy hrozí, že sa otvorom popri kábloch dostane do vnútra aj zemná vlhkosť. K prieniku vody cez káblové prestupy a následným materiálnym škodám dochádza často aj pri rôznych haváriách na vodovodných nádržiach a potrubiach. V mnohých prípadoch je preto potrebné, aby protipožiarné prestupy boli zároveň aj vodotesné.



Obr. 1 V mnohých prípadoch je potrebné, aby protipožiarné prestupy boli aj vodotesné
Fig. 1 In many cases is needed, that fire protection transit must be also watertight

Veľké materiálne škody na zariadeniach aj na stavbe utrpela napríklad elektráreň Tušimice v ČR, keď ich v októbri 2009 zaplavila voda presiaknutá cez mäkké požiarne upchávky. Keďže tesniaci modulárny systém je možné aplikovať aj na naťahané káble, investor sa rozhodol prerobiť všetky rizikové prestupy. Hoci to nebola lacná záležitosť, finančný efekt a vysoká spoľahlivosť tohto moderného systému ho inšpirovala k tomu, že ho dnes využíva všade tam, kde hrozí riziko zatekania alebo hlodavcov.



Obr. 2 Pohľad zdola na presiaknuté mäkké upchávky a pohľad zhora na sanáciu prestupu
Fig. 2 Bottom view on the soak soft sealing and top view on transit renovation



Obr. 3 Zaliatie tesniaceho rámu do betónu a utesnenie káblov modulmi
Fig. 3 Concreting of the sealing frame and sealing - off cable modules

3 Odolnosť voči hlodavcom

Kuny, potkany, myši a iné hlodavce hľadajú spôsob, ako sa dostať za potravou alebo za teplom do rôznych objektov. Veľmi často sa im to podarí práve cez káblové prestupy, pretože prehrýzť mäkké upchávky nie je pre ne žiaden problém. Keďže v prevádzkových miestnostiach zvyknú ohlodávať káblovú izoláciu, vzniká veľké riziko, že prehryznutím káblu môže dôjsť k výpadkom energie, poruchám na riadení, či signalizácii a následne k veľkým škodám na majetku alebo dokonca na ľudských životoch. Z tohto dôvodu je veľmi dôležité zabezpečiť, aby káblové prestupy boli odolné voči hlodavcom.



Obr. 4 Príklady ohrozenia a znefunkčenia protipožiarneho prestupu hlodavcami
Fig. 4 Examples of fire protection transits devaluation by rodents

4 Odolnosť voči mechanickým, či klimatickým vplyvom a UV žiareniu

Prasknutá tesniaca tzv. „zmršťovacia“ hadica je častým dôvodom prenikania vlhkosti do stavebných konštrukcií. Klimatické zmeny a časté striedanie teploty, vlhkosti, mrazu, vetra, slnečného žiarenia relatívne rýchlo naruší povrch tzv. mäkkých protipožiarneho upchávok, čím sa zakrátko stávajú úplne nefunkčné a treba ich opäť obnovovať. Jednak tým vznikajú ďalšie prevádzkové náklady ale ešte väčšou hrozbou je tu možnosť šírenia požiaru, keďže takto narušené prestupy strácajú svoju funkčnosť.



Obr. 5 Prasknutá tesniaca hadica, tzv. zmršťovacia
Fig. 5 Split shrink sealing pipe



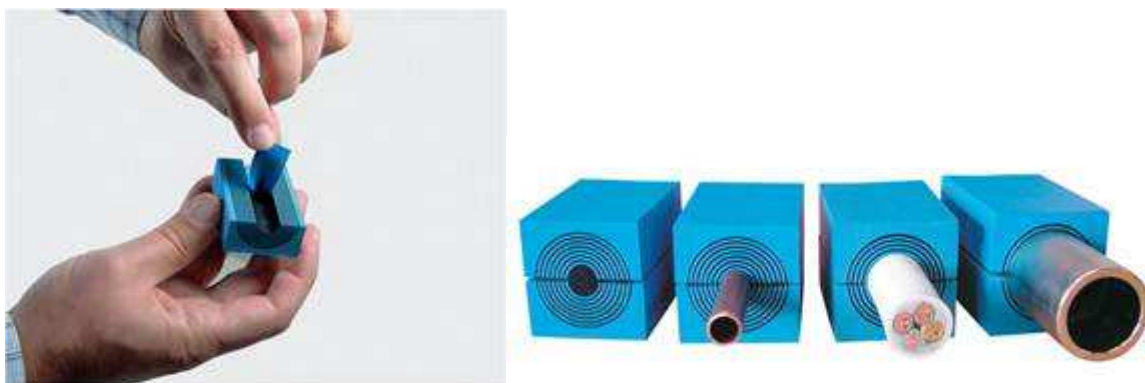
Obr. 6 Mäkké protipožiarne upchávky dlho nevydržia a treba ich často renovovať. Zvyšujú sa tým prevádzkové náklady a navyše aj riziko požiaru a zatekania.

Fig. 6 Soft ant fire sealing need frequent renovation, which increase the operation costs and also risk of fire and water penetration.

5 Progresívna technológia pre kombinovanú ochranu káblových prestupov

Riešením načrtnutých problémov môže byť použitie progresívnej technológie vo forme tzv. modulárneho tesniaceho systému, ktorý okrem požadovanej kombinovanej ochrany navyše zabezpečí aj vytváranie káblových rezerv a vysokú flexibilitu pre budúce zmeny. Kľúčovým prvkom sa tu javia 3 faktory:

1. Použitý materiál EPDM: (ethylene propylene diene terpolymer) – bezhalogénový syntetický kaučuk, ktorý v tomto prípade spĺňa všetky protichodné požiadavky: pružnosť, nízka horľavosť (60min/60mm), odolnosť voči vode aj hlodavcom, fotostabilita, odolnosť vibráciám a teplote v rozsahu -60 °C až +80 °C a pod.
2. Patentovaná technológia Multidiameter™, pri ktorej sa vnútorný otvor modulu dá prispôbiť priemeru káblu odlúpnutím príslušného počtu vrstiev priamo na stavbe.



3. Ucelený tesniaci systém so širokým sortimentom rámov hranatého aj kruhového tvaru z rôznych materiálov (nerez, galvanizovaná aj lakovaná oceľ, hliník, ľahké kompozitné materiály), ktoré sa dajú spoľahlivo osadiť do rôznorodej prekážky priskrutkovaním, navarením alebo zaliatím do betónu.



Vnútorná (integrovaná) alebo externá kompresná jednotka svojím tlakom zabezpečí, že prestup je nie len vodotesný ale dokonca aj plynotesný. Povolením kompresnej jednotky sa dá s modulmi aj káblami opäť voľne manipulovať.

Väčšina certifikovaných modulárnych prestupov dokáže zabezpečiť jednotlivú aj kombinovanú ochranu s nasledovnými parametrami:

- požiarne odolnosť 60, 90 alebo 120 minút
- vodotesnosť 4 bar, resp. IP krytie 44-68 pre skriňové aplikácie
- plynotesnosť 2,5 bar
- prachotesnosť a hlukotesnosť
- odolnosť voči UV žiareniu, hlodavcom, vibráciám, atď.



6 Flexibilný systém pre technologické zmeny v budúcnosti

Popri vysokej spoľahlivosti je ďalšou obrovskou výhodou týchto riešení ich jednoduchá rozoberateľnosť. Povolením kompresnej jednotky možno s modulmi opäť manipulovať. Vytvára sa tak priestor pre dodatočné vkladanie káblov a trubiiek rôznych priemerov. Ďalšie prednosti tohto systému vyplývajú z nasledovných faktov:

- rámy je možné ukladať do zostáv nad seba aj vedľa seba, čím sa dá utesniť množstvo káblov na relatívne malom priestore,
- niekoľko typov rámov je otvárateľných, čo umožňuje dodatočne utesniť už natáhané káble bez toho, aby sa vyťahovali,
- voľný priestor v ráme umožňuje osadiť aj predkonektorované káble,
- prestupy spĺňajú svoju funkčnosť v horizontálnej aj vertikálnej rovine (steny, stropy, podlahy),
- ucelený a praxou overený systém umožňuje jednoduchú inštaláciu s minimálnym rizikom vzniku prípadných porúch,
- použitie dodávaného lubrikantu zabezpečí pružnosť gumených prstencov a správnu funkčnosť prestupu aj po mnohých rokoch a neobmedzuje počet rozobratí a následných utesnení prestupu,
- vysoká spoľahlivosť voči kombinovaným rizikám a nízke prevádzkové náklady garantujú rýchlu návratnosť vstupnej investície a pokojný spánok všetkým zainteresovaným osobám.

Špeciálne upravené moduly (skupina **EMC**) dokážu zabezpečiť elektromagnetickú kompatibilitu a skupina **Ex** spĺňa všetky požiadavky pre použitie vo výbušnom prostredí.



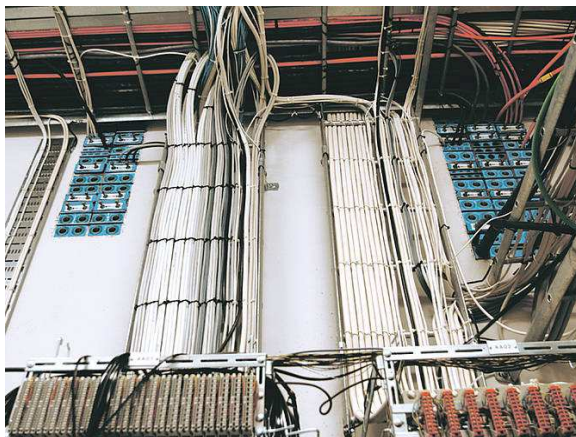
7 Investičné verus prevádzkové náklady

Jedinou výhodou klasických mäkkých upchávok je ich nižšia cena, ktorá je bohužiaľ v mnohých prípadoch jediný rozhodujúci činiteľ. Treba pri tom zdôrazniť, že pokiaľ sa berú do úvahy len investičné náklady, je to veľmi zavádzajúce. Z pohľadu dlhodobého užívania je korektné zobrať do úvahy aj prevádzkové náklady a v takomto prípade vychádza cena systémových modulárnych riešení v mnohých prípadoch priaznivejšia. Stačí zobrať do úvahy, že náklady pri výmene resp. dopĺňaní ďalších káblov sú takmer nulové a to už nehovoríme o veľkých sumách, ktoré nám tento systém dokáže ušetriť pri rôznych poruchách, či havarijných stavoch. Mnohé firmy, čo si takúto dôslednú kalkuláciu urobili, dnes používajú rozoberateľné tesnenia s kombinovanou ochranou štandardne. Firmy, ktoré si takúto kalkuláciu nedokážu urobiť sa jednoducho môžu spoľahnúť na ich výpočty a skúsenosti. Stačí sa rozhodnúť, ktorý prestup vyžaduje kombinovanú ochranu a kde je pravdepodobnosť dokladania, resp. výmeny káblov.

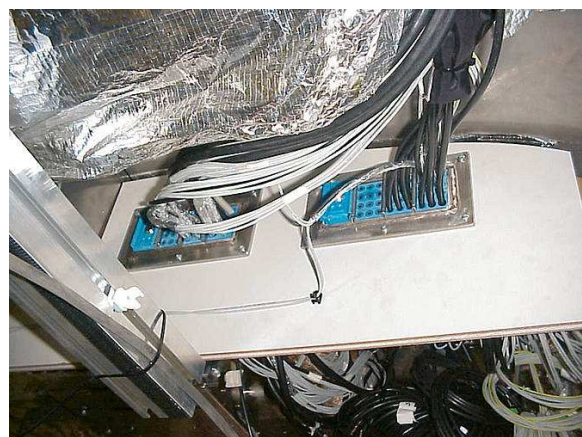


8 Referencie tesniacich systémov Roxtec v tuneloch a podzemných stavbách

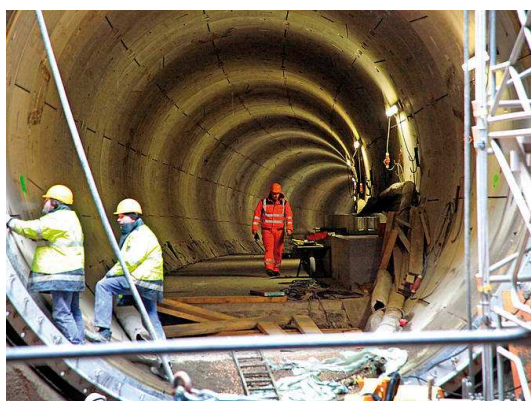
8.1 Tunel Øresund Link netreba asi nikomu zvlášť predstavovať. Táto unikátna stavba na preklopenie 16 km vzdialenosti medzi Dánskom a Švédskom v kombinácii most, ostrov a tunel získala viacero ocenení a drží niekoľko európskych aj svetových rekordov. Tunel je síce dlhý „len“ 4 km, aj tak je však najdlhším tunelom na svete pre kombinovanú cestnú aj železničnú dopravu a je známy niekoľkými ďalšími unikátnosťami.



Tesniace systémy Roxtec tu boli použité na stovkách káblových aj potrubných prestupov rôznych aplikácií: oddeľovanie požiarnych úsekov, hydroizolačné prestupy, technologické miestnosti, platobné terminály, GSM systém, signalizácia, napájanie a podobne.



8.2 Metro Hamburg je výnimočné svojou náročnosťou na vodotesnosť, keďže sa celé nachádza pod komplexom prírodných tokov a umelých kanálov riek Elbe a Alster. Už počas výstavby, keď sa otvory a šachty zaplavovali vodou, začali stavbári používať flexibilný rozoberateľný utesňovací systém Roxtec. Keďže s výsledkami boli všetci spokojní, rozhodli sa ho použiť aj na samotnej stavbe. Roky spoľahlivej prevádzky na Hamburskom metre potvrdili, že Roxtec riešenie je pre spoľahlivé utesnenie správna voľba



8.3 Metro BANGALORE, India Roxtec tesniaci systém sa už dlhé roky používa aj v ázijských či afrických rozvojových krajinách. Okrem štandardných vlastností ako odolnosť voči ohňu a vode je v týchto exotických krajinách veľmi vysoko hodnotená najmä odolnosť voči hlodavcom, či termitom, ktoré znamenajú značné nebezpečenstvo pre všetky technológie.



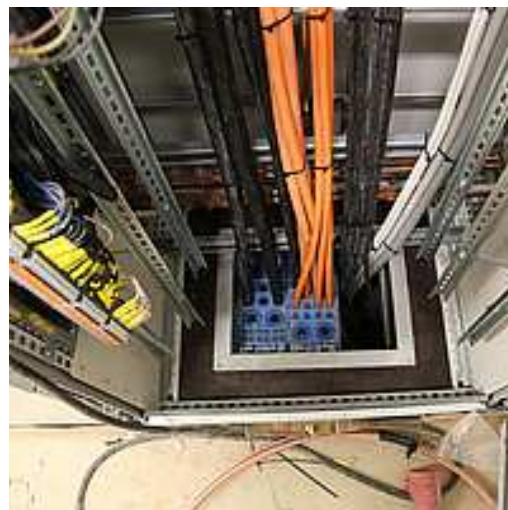
Spoločnosť Roxtec na utesnenie neforemných silových káblov pre túto stavbu dodávala inovatívne a flexibilné riešenia ušité na mieru podľa požiadaviek autorov tohto projektu.

8.4 Pri výstavbe **Pražského metra** sa v minulosti ako protipožiarne upchávky používali výhradne požiarne peny a tmely. Zmena nastala po povodni v roku 2004, keď voda presakujúca cez káblivé prestupy narobila v metre obrovské škody. Prevádzkovateľ sa rozhodol zrekonštruovať vyše 3000 káblivých prestupov kruhovými tesniacimi rámami Roxtec. Odvtedy používa na utesňovanie káblov a potrubí tesniaci systém Roxtec štandardne, pretože dokáže spoľahlivo zabezpečiť nasledovné požiadavky:

- Odolnosť voči tlakovej vode
- Požiarnu odolnosť v rozsahu 60, resp. 120 min
- Chemickú odolnosť (voda: pH 3-11)
- Flexibilitu pre budúce zmeny technológií (jednoduchá výmena a dokladanie káblov)
- Nízke prevádzkové náklady



8.5 **Tunel popod horu Hallandsås vo Švédsku** Tento železničný tunel je svojou dĺžkou (8,7 km), horninou a klímou asi najviac podobný našim tunelom na Slovensku. Jeho výstavba bola niekoľkokrát pozastavená kvôli problémom s použitím toxických tesniacich materiálov proti priesakom. Po 23 rokoch výstavby má byť uvedený do prevádzky v decembri 2015. Pre utesňovanie napájacích, signalizačných aj optických káblov vo všetkých rozvodniach, signalizačných a bezpečnostných zariadení boli vzhľadom na výborné skúsenosti z podobných projektov použité tesniace systémy Roxtec.



9 Záver

Je všeobecne známe, že voda aj oheň sú v tuneloch a podzemných stavbách zvlášť nebezpečnými živlami a pri riešení ochrany voči nim by si nikto nemal dovoliť robiť kompromisy. Už pri projektovaní takýchto stavieb treba dôkladne zvážiť aj ďalšie riziká, ktoré síce nemusia priamo ohroziť prevádzku a bezpečnosť tunela, avšak môžu výrazným spôsobom skrátiť životnosť a znefunkčniť vodotesné a požiarne ochrany a tak spôsobiť veľké hospodárske škody, ba dokonca spôsobiť aj katastrofu so stratami na ľudských životoch. Pri riešení káblových a potrubných prestupoch je preto dôležité položiť si 3 otázky:

1. Existuje predpoklad výmeny alebo dokladanie káblov v budúcnosti?
2. Existuje riziko výskytu hlodavcov, vody alebo vlhkosti?
3. Existuje riziko vibrácií a klimatických vplyvov, ktorých vplyvom by požiarne a vodotesné prestupy mohli stratiť svoju funkčnosť?

Ak je splnená čo len 1 z uvedených podmienok, voľba by mala byť jasná. Použiť **rozoberateľný modulárny tesniaci systém s kombinovanou ochranou voči ohňu, vode, hlodavcom, vibráciám a klimatickým vplyvom**. Vyššia investičná cena sa rýchlo vráti v podobe ušetrených prevádzkových nákladov, nízkeho rizika vzniku porúch či havárií a hlavne v podobe pokojnejšieho spánku pre všetkých zainteresovaných konštruktérov, staviteľov aj prevádzkovateľov tunela a akejkolvek podzemnej stavby.

Neberte si príklad od tých, čo boli presvedčení, že s hlodavcami ani vlhkosťou nemajú problémy. Keď tie problémy nastanú, zvyčajne je už neskoro. Berte si príklad od tých, čo majú s takouto problematikou skúsenosti, čo si urobili korektnú kalkuláciu návratnosti investícií a aktívne pracujú s indikátorom TCO - Total Cost Overview (objektívne porovnanie všetkých nákladov počas určitého prevádzkového obdobia). Čas vám potvrdí, že ste sa rozhodli správne.

10 Zoznam použitej literatúry

Katalógy, technické príručky a referenčné brožúry spoločnosti Roxtec.