

# **TECHNICKÉ A EKOLOGICKÉ ASPEKTY SANACÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**

Garant: Ing. Zdeněk Jeřábek, CSc.

# BOP – OPTO-KÁBLE V KANALIZÁCIÍ

## BOP OPTOCABLES IN PIPE-LINES

**Martin PRUSAK** (1)  
**Frank DELESEN** (2)

(1) Prusak GmbH Grub, Švajčiarsko  
prusak@surfeu.ch

(2) Brand-Rex Limited, Glenrothes, Veľká Británia  
fdelesen@brand-rex.com

---

**Anotace:** Příspěvek se stručně zabývá oblastí ukládání kabelů do kanalizace. Konkrétně jsou uvedeny aplikace technologie BOP (Bytes in Old Pipes), kterou vyvinula společnost Prusak GmbH Grub ze Švýcarska, a která je v mnoha zemích patentována. Při použití výrobků BloLite a BloCable britského výrobce kabelů BRAND-REX ve spolupráci s americkou elektronickou společností TYCO byl uveden na trh kompletní systém uložení sítí opto-kabelů do průchodných a neprůchodných potrubí.

**Abstract:** The paper deals with laying optocables in pipe-lines, and describes the use of the BOP (Bytes in Old Pipes) technology which was developed by the Prusak, GmbH, Grub company in Switzerland and patented in many countries. A complete system of laying optocables into walk-through and not walk-through pipe-lines has been developed using the BloLite and BloCable products of the British BRAND-REX cable manufacturer, and launched in co-operation with the American TYCO electronics company.

### 1. ÚVOD

Technológia BOP (Bytes in Old Pipes) bola vyvinutá pred tri a pol rokmi spoločnosťou Prusak GmbH Grub, Švajčiarsko a následne bola patentovaná v rôznych krajinách sveta. Použitím produktov BloLite a BloCable britského výrobcu káblov BRAND-REX a spolupráce s americkou elektronickou spoločnosťou TYCO sa nám podarilo dať na trh kompletný systém na ukladanie sietí opto-káblov do priechodných a nepriechodných potrubí od DN 100.

### 2. SITUÁCIA NA TRHU V OBLASTI UKLADANIA KÁBLOV DO KANALIZÁCIE

Existujú viaceré technológie ako uložiť kábel do kanalizácie. Nápad použiť kanalizáciu aj na iné účely ako na odvádzanie odpadovej vody nie je nový. Napríklad v Paríži už v 19. storočí ukládali rôzne vedenia do kanalizácie, dokonca aj železničné kolaje. Tie dodnes slúžia návštevníkom Parížskeho múzea kanalizácií k pohodlnej obhliadke podzemia.

Uloženie káblových vedení do priechodnej kanalizácie je technicky pomerne jednoduché. Najčastejšie sa samotný kábel alebo celé zväzky káblov pripevnia k stene potrubia. V niektorých prípadoch sa kábel jednoducho položí na dno kanalizácie. Špe-

ciálny plášť z ocele a umelej hmoty zabezpečujú vodotesnosť a chránia kábel pred hľadavcami. Takto opatrené káble ležia už roky nielen v kanalizácií ale spájajú napr. cez dno oceánov rôzne kontinenty.

Bez ohľadu na existenciu konkrétneho dopytu na prenos dát, viaceré firmy po celom svete už teraz budujú siete opto-káblov s konečným cieľom „Fiber to the desk“ – doviesť vedenie opto-káblov do každej budovy, na každý pracovný stôl. Dôvod je jednoduchý: opto-kábel dokáže sprostredkovať prenos doteraz neuveriteľného množstva dát medzi dvoma miestami s rýchlosťou šírenia sa svetelného lúča. Doterajšie medené vedenia, ktoré už nepostačujú požiadavkám prevádzkovateľov, budú čo najrýchlejšie nahradené alebo odpredané (pozri nemecký Telekom). Rádiový prenos je dočasné riešenie na ceste k opto-káblom avšak v žiadnom prípade tieto vedenia nie sú porovnateľné. Prenos dát pomocou satelitnej techniky je síce výkonnejší ako rádiový prenos, ale čistota prenosu je závislá od viacerých faktorov a samozrejme prevádzka a údržba satelitov je veľmi nákladná.

Vývoj technológie opto-káblov je pomerne nový, ale veľmi dynamický, skoro týždenne sa prekonávajú doterajšie prenosové rekordy. A veru trh si žiada stále rýchlejší prenos dát. pozrime sa len na vývoj internetu.

Nečudo teda, že vznikajú mnohé súkromné spoločnosti, ktoré ponúkajú telefonicke, televízne a iné prenosové siete. A opto-kábel sa javí ako optimálne riešenie pre tieto prenosy – opto-kábel, ktorý môže obsiahnuť stovky vlákien so stále väčšou kapacitou prenosu dát, nie je v priereze obzvlášť hrubý, preto jeho ukladanie aj do menších, nepriechodných profilov potrubí je prakticky riešiteľné.

### **3. UKLADANIE METÓDOU BOP**

Našu metódu na ukladanie káblov sme vyvíjali so zreteľom, aby kábel bol v kanalizácii chránený a zároveň netvoril prekážku pre prevádzkovateľa kanalizácie, aby bol presvedčený o vhodnosti použitia. Princíp BOP je pomerne jednoduchý. Chránička opto-kábla je obalená filcovou kapsou a v tej pozicionovaná – celok nazývame filcovým modulom. Filcový modul impregnovaný živicom je pomocou rukáva pod tlakom prilepený k stene potrubia. Či sa použije inverzný rukáv so stlačeným vzduchom alebo rukáv tlakovaný vodou, nehrá žiadnu rolu.

Ukladanie modulu sa deje pomocou kamery s podávacím ramenom, ktorý umožňuje vedenie modulu v kanalizácii po požadovanej línii a obchádzanie prípadných prípojok. Pohyb kamery s podávacím ramenom je riadený v súlade napredovaním tlakovaného rukáva, ktorý modul pritlačí k stene potrubia a tam po vytvrdnutí živice ostáva pevne prilepený. Vytvrdnutie živice môže byť indikované uplynutím určitého času alebo dosiahnutím určitej teploty. Po dosiahnutí požadovanej tvrdosti živice rukáv na tlakovanie sa odstráni z kanalizácie (pri inej alternatíve rukáv na tlakovanie je zároveň rukáv na sanáciu potrubia a ten je prilepený po celom obvode a tvorí novú rúru)

### **4. ŽIVICA**

V prípade, že modul je zavedený súčasne so sanáciou potrubia, používame rovnakú živicu ako na sanáciu. V prípade, že ukladáme do kanalizácie len modul je možné použiť širokú škálu živíc, ktoré majú dobrú príľnavosť na materiál potrubia. Vytvorený lepený spoj musí dobre držať pri tlaku 200 bar, ktorému sa spoj podrobí splachovou skúškou.

## 5. ŠACHTOVÉ OBJEKTY

V tejto oblasti je na trhu viac riešení. Naša mienka je tá, že kábel ani v šachtových objektoch by nemal byť viditeľne vedený. Môže tvoriť rušivý element pri prácach v kanalizácii a opačne môže byť pri týchto prácach poškodený ale nedá sa vylúčiť ani úmyselné poškodzovanie. Nami ukladané káble sú v šachtových objektoch vedené vo vopred vytvorených drážkach po stene šachty a následne zapracované maltovou hmotou alebo použitou živicom.

Rozdelovacie boxy sú umiestnené buď priamo v šachtových objektoch alebo v ich bezprostrednej blízkosti.

## 6. VÝHODY BOP

Veľa výhod metódy BOP je jasných na prvý pohľad. V prvom rade sú to výhody oproti klasickej kabeláži: nemusia sa vykonávať žiadne výkopové práce, práce sú nezávislé od poveternostných podmienok, rýchle tempo ukladania, z dôvodu hĺbky kanalizácie káble sú dostatočne chránené. Metóda však ponúka aj ďalšie výhody:

Výhody pre prevádzkovateľov kanalizácie:

- možnosť vykonania sanácie kanalizácie v jednom pracovnom úkone
- kábel je bezpečne chránený v živicovom lôžku
- kábel nevisí voľne v potrubí
- žiadne prichytávacie súčiastky v potrubí
- žiadne prekážky pre prevádzku kanalizácie
- všetky úkony údržby kanalizácie ako čistenie, skúšky tesnosti sú neobmedzené
- kábel netvorí žiadnu prekážku v šachtovom objekte
- lokálna alebo celoplošná sanácia kanalizácie je možná aj po rokoch bez odstránenia káblov

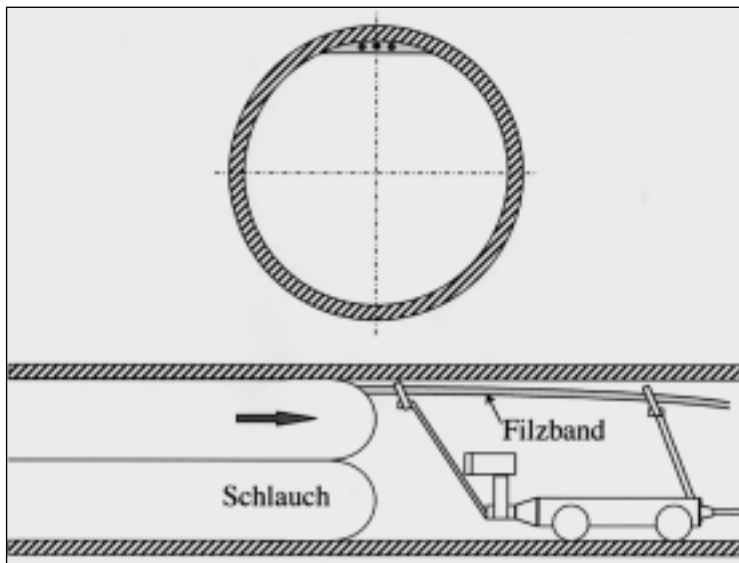
Výhody pre prevádzkovateľov komunikačných sietí :

- žiadne výkopové práce na vytvorenie nových sietí
- žiadne dlhotrvajúce povoloňacie konania
- rýchle ukladanie kábla
- bezvýkopové ukladanie až po konečného spotrebiteľa
- bezpečné dátové siete
- jednoduchá výmena alebo rozšírenie káblov je hocikedy možné
- ukladanie aj v malých dimenziách potrubí – aj do domových prípojk
- možnosť kombinácie rôznych druhov káblov
- ďalšie pripojenie sa cez šachtový objekt je hocikedy možné
- kapacita opto-káblov môže byť hocikedy zvýšená
- vedenie opto-káblov uložené v živicovom lôžku je chránené od vlhkosti
- vedenie opto-káblov je chránené od hlodavcov

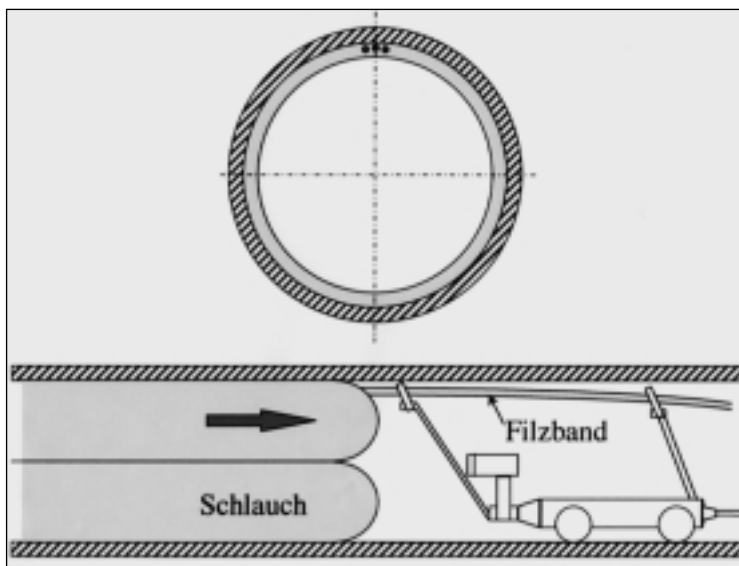
## 7. MICROBLO

Postup MicroBlo od firmy Brand-Rex zahŕňa optimálne riešenie pre ukladanie do kanalizácie. V postupe sú použité malé chráničky Microducts, do ktorých v prípade potreby sú zavedené malé zväzky vlákien fúkaním. Vlákna sú pri zavádzaní do chráničiek bez vonkajších zaťažení – tlaku, ťahu.

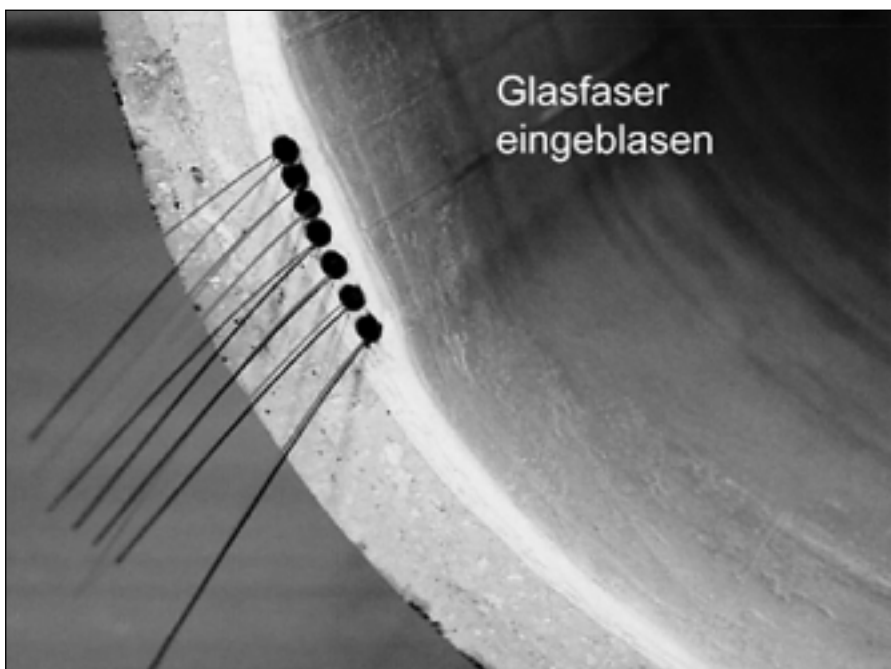
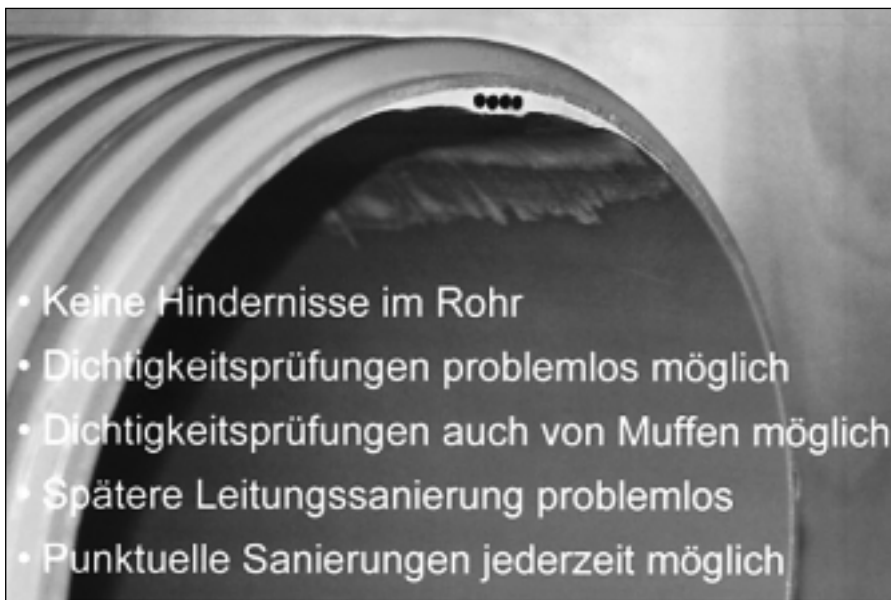
Vlákná sú identické s opto-vláknami, ktoré sú používané v LWL-kábloch. Do pripravených káblov v prípade potreby je možné zaviesť vlákna zaľúkaním a pre budúce generácie sú pripravené siete, do ktorých je možné zaviesť vlákna ešte výkonnejšie . A to všetko bez výkopov jednoducho pomocou vzduchu.



*Kladenie opto-káblov*



*Kladenie so súčinnou sanáciou potrubia*



## MicroBlo - BOP Duct

Issue 1 / 20 November 2001

**TELECOM OUTSIDE PLANT**

The BOP duct module product range has been developed for use in the harsh utility pipe environment and has a tough polyurethane sheath which will resist chemical degradation and provide resistance to the resins used for standard BOP installation. The duct modules have been created around the Brand-Rex 5.00mm, 8.00mm and 10.00mm Micro Ducts. The modules are supplied encapsulated by a polyester needle felt sock ready for impregnation and installation using the patented BOP system.

### Standard Specifications

**5.00mm MicroBlo Micro Duct**  
Inner Material: Polyolefin  
Bore Diameter: 3.50mm Nominal  
Outer Material: HDPE  
Identification: Numerical Print



**8.00mm and 10.00mm MicroBlo Micro Duct**  
Material: HDPE  
Bore Diameter: 6.00mm, 8.00mm Nominal  
Identification: Numerical Print

### Final Assemblies

**Lay** Straight  
**Tape** Polyester 100% Coverage  
**Sheath** Black, Polyurethane 1.50mm Thickness, 1.00mm on 10.00mm products  
**Identification** BRAND-REX (G) MICROBLO (BOP) X x Ymm mm/yyxxxxM

#### Brand-Rex Limited

Viewfield Industrial Estate  
Drogheda  
Co. DU  
KY5 2RS

Tel: +44 (0) 1582 772 124  
Fax: +44 (0) 1592 775 214

Internet Website  
<http://www.brand-rbx.com>

#### Tyco Electronics Raychem NV

Telecom Outside Plant

Deindelenweg 6/02  
3010 Rosendal  
Belgium

Tel: +32 36 35 1 001  
Fax: +32 15 35 1 997

Internet Website  
<http://www.tycoelectronics.com>

The information contained in this document is valid and correct at the time of issue. However, we reserve the right to modify details without notice in the light of subsequent standard / specification changes and on going technological developments.



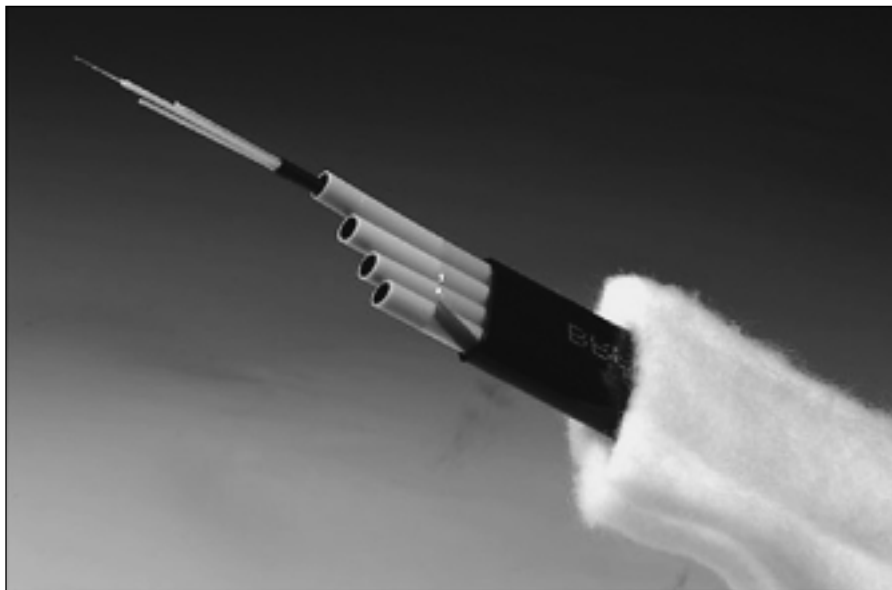
Layout	External Dim.	Product Weight	Datasheet
2 x 5.00mm	13.10mm x 8.10mm	78.50kg	G41919
2 x 8.00mm	19.10mm x 11.10mm	148.50kg	G41920
2 x 10.00mm	22.10mm x 12.10mm	137.10kg	G41921
4 x 5.00mm	23.10mm x 8.10mm	110.50kg	G41922
4 x 8.00mm	35.10mm x 11.10mm	225.50kg	G41923
4 x 10.00mm	42.10mm x 12.10mm	271.50kg	G41924



### Options

For high fibre requirements, multiple combinations of modules are possible. A standard containment system has been designed to handle multiple combinations of modules. Ducts are connected at 'Duct Flexibility Points' using standard pneumatic connectors and sealed, at points which service wells are required.





*MicroBlo*



*BOP v kanalizácii DN 150 mm*

# STAVBY NA POVODŇOVÉM ÚZEMÍ

## STRUCTURES ON THE FLOOD AREAS

Ing. Jaroslav Solař, Ph.D.

VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Ludvíka Podéště 1875, 708 00 Ostrava-Poruba, tel.: 069/732 1301, e-mail: jaroslav.solar@vsb.cz

---

**Anotace:** Na Stavební fakultě VŠB-TU Ostrava se v současné době zpracovává grantový projekt, který se zabývá problematikou staveb situovaných na povodňovém území. Příspěvek předkládá část technických požadavků a zásad, které byly v rámci tohoto výzkumného úkolu formulovány.

**Abstract:** The Faculty of Building of the VŠB-TU Ostrava is developing a granted research project focussed on building in flood afflicted areas. The paper sums up the technologic requirements and principles set up in the framework of this project.

### 1. ZAKLÁDÁNÍ NA POVODŇOVÉM ÚZEMÍ

Základové poměry na povodňovém území lze charakterizovat podle 2. nebo 3. geotechnické kategorie v souladu s ČSN 73 1001 - lit. [3].

Každý objekt, nebo alespoň každý z jeho dilatačních celků musí být založen ve stejné výškové úrovni. To proto, aby byl vyloučen vznik trhlin od nerovnoměrného sedání objektu, ke kterému by mohlo dojít v důsledku toho, že při stoupající hladině povodňové vody u základů, které jsou založeny v nižší výškové úrovni dojde k podmáčení dřive, než u základů v úrovni vyšší.

Pokud není možno realizovat založení objektu nad úrovní hladiny povodňové vlny tak, aby podmáčení základů neovlivnilo jeho statické chování, nebo nelze-li objekt založit na hlubinných základech, doporučuje se provést založení na tuhém železobetonovém základovém roštu, nebo na roštu z předpjatého betonu. A to tak, aby byl eliminován vliv podmáčení, který se projeví nerovnoměrným sednutím základů. Založení na železobetonové základové desce je z konstrukčního hlediska velmi vhodné, ale zpravidla ekonomicky nákladné.

V případě hlubinného zakládání se nedoporučuje navrhovat plovoucí piloty. Je vhodné použít piloty vetknuté nebo opřené. V případě použití plovoucích pilot je třeba prokázat jejich únosnost i v případě poklesu tření na plášti v důsledku zaplavení povodňovou vlnou.

Hloubku založení je nutno volit s ohledem na případnou objemovou nestálost základové půdy vlivem jejího bobtnání či vysychání.

Plocha základové spáry musí být navržena na sníženou hodnotu výpočtové únosnosti základové půdy  $R_d$  [MPa] v důsledku jejího podmáčení.

Při návrhu základů je nutno uvážit vliv nerovnoměrného sedání objektu a nerovnoměrného naklonění tak, aby v případě jejich podmáčení nebyly překročeny mezní hodnoty sednutí uvedené v ČSN 73 1001. - lit. [3].

Materiál základů - beton třídy minimálně B 15. V případě založení na základové vaně, skříni, skořepině, apod. se doporučuje použití vodostavebního betonu (značka betonu se volí podle výšky vodního sloupce), který je dán hloubkou povodňové vlny  $h$  [m]. Nedoporučuje se použití prefabrikovaných základů.

Základové konstrukce a podlahy, které se nacházejí pod úrovní hladiny povodňové vlny musí být posouzeny na vyplavení v souladu s ustanovením - viz níže.

U základových konstrukcí ze železobetonu, které se nacházejí pod úrovní hladiny povodňové vlny nebo do úrovně 300 mm nad tuto hladinu, je nutno provést krytí ocelové výztuže o minimální tloušťce alespoň 50 mm. U ostatních konstrukcí se tato hodnota doporučuje.

## 2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

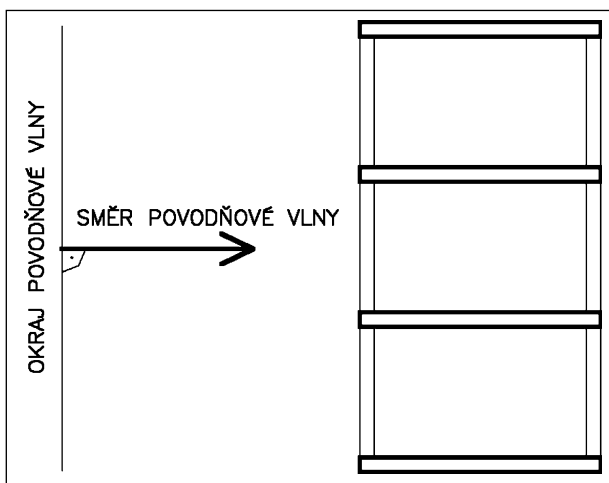
Nesmí se používat konstrukce, jejichž únosnost nebo stabilita je ohrožena změnou tvaru (zděné klenby, oblouky bez táhel, apod.).

Doporučuje se, aby překlady nad otvory (okenními, dveřními, apod.) byly spojeny se ztužujícími věnci.

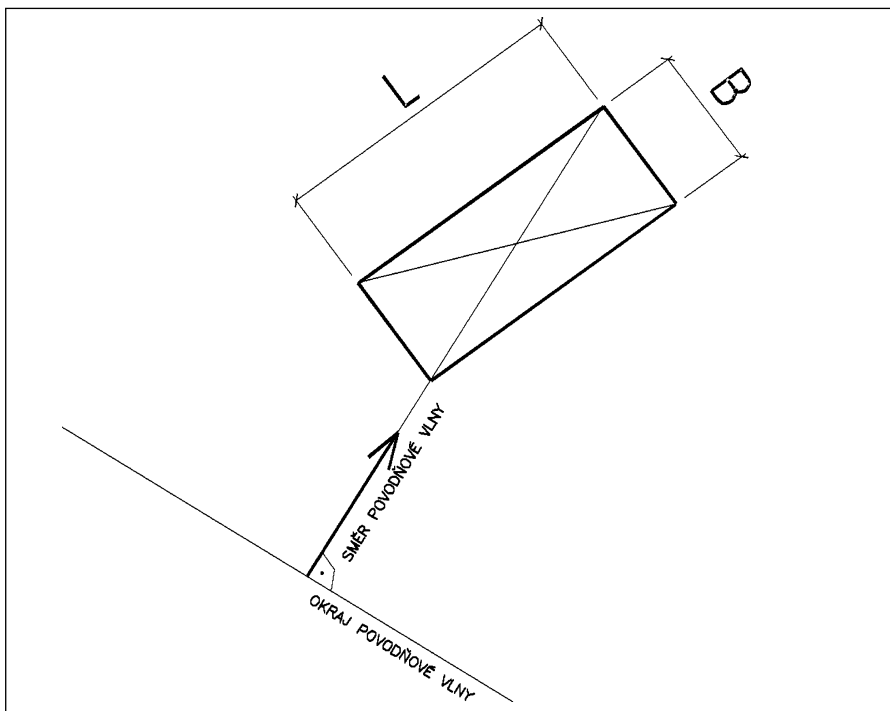
Každý objekt musí mít dostatečnou prostorovou tuhost. **Prostorová tuhost se zajišťuje:**

a) **U novostaveb** - dvojným způsobem:

**Volbou vhodného konstrukčního systému** - použitím obousměrného stěnového (resp. skeletového) konstrukčního systému, nebo vhodným situováním nosných stěn - v případě použití příčného nebo podélného stěnového (resp. skeletového rámového) systému je vhodné, pokud je to možné, nosné stěny (resp. rámy skeletu) situovat rovnoběžně se směrem povodňové vlny - viz obr. 1. Pokud situace v terénu orientaci objektu uvedeným způsobem nedovoluje<sup>1</sup>, je možno orientovat objekt způsobem znázorněným na obr. 2, tedy aby jejich úhlopříčka byla přibližně kolmá k předpokládanému směru povodňové vlny. Podle způsobu orientace objektu je pak možno navrhnout vhodný konstrukční systém.



Obr. 1: Situování nosných stěn vzhledem ke směru povodňové vlny



Obr. 2: Situace objektu vzhledem ke směru povodňové vlny

**Vodorovným ztužením po celém půdorysu objektu, resp. dilatačního celku.**

Ztužení se navrhne jak v základech, tak v úrovních stropních konstrukcí v jednotlivých podlažích. Ztužení v základech se provede přídatnou ocelovou výztuží. Ztužení v místě stropních konstrukcí je možno provést pomocí železobetonových věnců a tuhé stropní konstrukce (např. železobetonovým monolitickým stropem). Pokud je stropní konstrukce řešena jiným způsobem, pak je nutno zajistit řádné ukotvení všech stropních nosníků do pozdních věnců. Tento způsob je však méně vhodný.

Výztuž ztužujících věnců musí být navržena tak, aby byla schopna přenést tahovou sílu  $N = 25 b$  [kN], kde  $b$  [m] je délka, resp. šířka objektu kolmo k posuzovaným věncům. U železobetonových monolitických konstrukcí je možno tahovou sílu rozdělit také ve stropní desce.

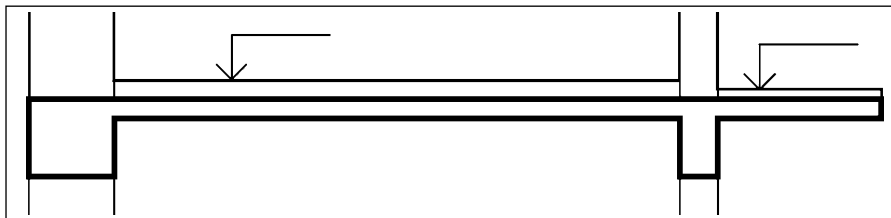
**b) U stávajících objektů - dodatečným stažením objektu pomocí ocelových předpjatých lan.**

Každá obvodová zeď musí být dimenzována na hydrostatický tlak vyvozený vodním sloupcem o výšce hladiny povodňové vlny.

Veškeré zdivo, které se nachází pod hladinou povodňové vlny a do úrovně 2 m nad tuto hladinu nesmí být navrženo z materiálů o vysoké nasákavosti (např. z pórobetonu, apod.)

Schodiště musí být železobetonové monolitické nebo ocelové. Nedoporučuje se používání schodišť montovaných, aby v důsledku poklesu podpory nedošlo k posuvu schodišťového ramene v místě uložení a tím k jeho havárii. Při použití montovaných schodišť je nutno provést v místech jejich uložení takové konstrukční úpravy, aby bylo znemožněno zkrácení úložné délky. Je zakázáno používat konzolově vyložená (visutá) schodiště a schodiště, která jsou sestavena z malých dílců.

Převislé konstrukce (balkóny, arkýře, lodžie, apod.) je zakázáno řešit jako konzolově vyložené. Je nutno je řešit jako součást přilehlé stropní konstrukce - viz obr. 3.



Obr. 3: Princip řešení převislých konstrukcí

Připojení inženýrských sítí na objekty musí být provedeno s dostatečnou rezervou v profilu prostupu v základech nebo stěnách. U objektů, které jsou členěny na dilatační celky se doporučuje navrhnout samostatné přípojky jednotlivých sítí pro každý dilatační celek.

Světlost prostupu potrubních přípojek se doporučuje zvětšit o 50 % profilu. U kabelových prostupů se doporučuje průměr chráničky zvětšit na dvojnásobek průměru kabelu.

Všechny prostupy v obvodových stěnách, které se nacházejí do výškové úrovně 300 mm nad úroveň hladiny povodňové vlny musí být důkladně utěsněny. Těsnící výplň musí být trvanlivá, poddajná a vodotěsná. Pro řešení těsnosti prostupů proti tlakové vodě platí ČSN P 73 0600 - lit. [1] a ČSN P 73 0606 - lit. [2].

Doporučuje se, aby veškeré tepelné izolace pod úrovní hladiny povodňové vlny a do úrovně 300 mm nad tuto hladinu musí být navrženy z nenásákových materiálů (např. extrudovaný polystyrén)

Nášlapná vrstva všech komunikačních ploch a únikových cest (chodby, schodiště) musí být řešena jako protiskluzová.

Všechny výplně otvorů (okna, dveře, vrata, atd.), které se nacházejí v obvodových stěnách pod úrovní hladiny povodňové vlny a do úrovně 300 mm nad tuto hladinu musí být navrženy jako vodotěsné. Dveře musí být otevíratelné směrem dovnitř. Doporučuje se minimalizovat návrh počtu výplně otvorů pod úrovní hladiny povodňové vlny a do úrovně 300 mm nad tuto hladinu. Okna musí být opatřena mřížemi, dimenzovanými na případný náraz plovoucího předmětu.

Schodiště, výtahové šachty, komíny je nutno umísťovat co nejbližše středu dilatačního celku.

Podzemní kolektory a kanály určené pro potrubní a kabelové rozvody musí být řešeny jako vodotěsné, pokud se úroveň hladiny povodňové vlny nenachází alespoň 300 mm pod spodní úrovní nosné konstrukce dna.

Veškeré podzemní i nadzemní konstrukce musí být posouzeny na vyplavení vodou o výšce hladiny povodňové vlny. Musí být splněna podmínka:

$$G > 1,3 F_{\text{vztlak}} \quad [\text{kN}] \quad (1)$$

kde:  $G$  [kN] – celková tíha posuzované konstrukce (normová hodnota zatížení, stanovená podle ČSN 73 0035 - lit. [8]),

$F_{\text{vztlak}}$  [kN] – výsledná vztlaková síla, která se vypočte ze vztahu:

$$F_{\text{vztlak}} = 10 V_{\text{pon.}} \quad [\text{kN}] \quad (2)$$

kde:  $V_{\text{pon.}}$  [m<sup>3</sup>] – celkový objem ponořené části konstrukce.

### 3. DILATACE

Pro určení maximálních velikostí dilatačních úseků platí příslušné předpisy podle konstrukčního systému stavby (ČSN 73 1101 - lit. [5], ČSN 73 1201 - lit. [6], ČSN 73 1401 - lit. [7]). S ohledem na případné nerovnoměrné sedání objektu (podle druhu základové půdy a podle způsobu založení), se doporučuje velikosti dilatačních úseků zmenšit. Maximální velikosti dilatačních úseků však není nutno zmenšovat, pokud bylo navrženo založení hlubinným způsobem, nebo u plošného způsobu při dodržení zásad uvedených v kap. 1.

Dilatační spáry pod úrovní hladiny povodňové vlny a do úrovně 300 mm nad tuto hladinu musí být řešeny jako vodotěsné v souladu s ČSN P 73 0600 - lit. [1] a ČSN P 73 0606 - lit. [2].

Dilatační spára musí procházet celým objektem, včetně základů a střechy. Dilatační spára má být, pokud možno, rovná, nelomená a po celou dobu životnosti objektu nevyplněná. Dilatační spára musí být v celém průběhu spojitě izolována jediným způsobem. Izolace dilatační spáry musí být navržena na velikost hydrostatického tlaku, který je vyvozen hloubkou povodňové vlny  $h$  [m].

Minimální šířka dilatační spáry je 50 mm. Minimální vzdálenost dilatační spáry od hrany nebo koutu činí 400 mm.

### 4. VNITŘNÍ ROZVODY

Pod úrovní hladiny povodňové vlny se mají potrubní a kabelové rozvody navrhovat pouze v minimálním, nezbytně nutném rozsahu.

Vodovodní potrubí, které je situováno pod úroveň hladiny povodňové vlny musí být zabezpečeno proti zpětnému nasátí vody.

Všechny přípojky vnitřní kanalizace musí být opatřeny zpětnou klapkou z důvodu zabránění vnikání povodňové vody do objektu skrze kanalizační přípojku.

Hlavní uzavěr plynu, plynoměr a regulátor tlaku plynu musí být umístěny minimálně 300 mm nad úrovní hladiny povodňové vlny.

Veškeré části potrubních rozvodů (vodovod, plynovod, ústřední vytápění, vzduchotechnika), které vedou pod úroveň hladiny povodňové vlny musí být opatřeny samostatnými uzavěry, které se umístí minimálně 300 mm nad úroveň hladiny povodňové

vlny. Stejně tak části rozvodů elektrické energie musí být opatřeny samostatnými vypínači, rovněž výškově umístěnými minimálně 300 mm nad úrovní hladiny povodňové vlny. To proto, aby v případě povodně bylo možno tyto větve uzavřít (resp. vypnout, aniž aby v ostatních částech musel být přerušen provoz.

Hlavní domovní skříň rozvodu elektrické energie, hlavní jistič elektrického obvodu celého zařízení, případně veškeré další rozvaděče musí být umístěny pouze v podlažích, které se nacházejí nad úrovní hladiny povodňové vlny.

Regulační prvky vzduchotechnických zařízení (větrání, klimatizace, teplovzdušného vytápění, atd.), které nejsou napojeny na hlavní elektrický rozvod strojovny, musí mít vypínač umístěn minimálně 300 mm nad úrovní hladiny povodňové vlny.

V nejnižším místě potrubních rozvodů vzduchotechnických zařízení musí být umístěno čidlo pro registraci výškové úrovně hladiny vody.

## 5. LITERATURA

- [1] ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb - Základní ustanovení (listopad 2000)
- [2] ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb - Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení (listopad 2000)
- [3] ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy (1987)
- [4] ČSN 73 6760 Vnitřní kanalizace(červen 1995)
- [5] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (1980)
- [6] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí (1986)
- [7] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí (1998)
- [8] ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí(1986)

*Příspěvek byl vypracován za podpory výzkumného záměru CEZ 29 005.*

# VYSOKOTLAKOVÉ AGREGÁTY A PRÍSLUŠENSTVO URACA A ICH VYUŽITIE NA HYDRODEMOLÁCIU A REZANIE VODNÝM LÚČOM

URACA HIGH PRESSURE SETS AND ACCESSORY, AND THEIR USE  
FOR HYDRAULIC DEMOLITION AND WATER JET CUTTING

**Dr.-Ing. Zdenko KRAJNÝ**

AQUACLEAN, s.r.o., výhradné zastúp. fy URACA pre Českú a Slovenskú republiku,  
Mišíkova 20, SK - 811 06 BRATISLAVA, tel./fax: 00421-2-52495312,  
mob.: 0905708171, aquaclean@netax.sk

---

**Anotace:** Technológia vodného lúča sa v poslednom období stáva tak široko spekt-  
rálnou aplikáciou, s množstvom mnohých modifikácií, že použitie pojmu  
„obrábanie vodným lúčom“ je primerané. Preto je pomenovaná ako WJM  
(Water Jet Machining). Široké aplikačné spektrum je dané najmä univer-  
zálnosťou tejto technológie a ekologickými vlastnosťami. Vysokotlakové  
agregáty URACA Pumpenfabrik vyrábané pre tlaky až 2800 bar, t.j. 280  
MPa majú široké aplikačné spektrum od čistenia cez hydrodemolácie až po  
rezanie materiálov

**Abstract:** Water jet technology has recently become a wide spread method with  
a series of modifications, so that the term "water jet machining" is quite  
adequate. The wide spectrum of application results from the universality  
and ecological properties of this technology. URACA Pumpenfabrik high  
pressure sets designed for pressure up to 2800 bar, i.e. 280 MPa have  
a wide spectrum of application, from cleaning, through hydraulic demolition  
up to cutting of materials.

## ÚVOD

Univerzálnosť WJM spočíva v možnosti obrábania širokého sortimentu materiá-  
lov. V oblasti strojárkeho, automobilového a leteckého priemyslu je sortiment ma-  
teriálov definovaný použitím a vlastnosťami a je „konečný“. Naproti tomu v oblasti  
baníctva, stavebníctva a pod. je sortiment obrábaných materiálov s najrozličnejšími  
fyzikálnymi a pevnostnými vlastnosťami takmer „nekonečný“. Existuje veľký počet  
druhov hornín (od sypkých, málo súdržných a dobre obrobiteľných cez plasticky  
málo pevné a obrobiteľné až po veľmi pevné a ťažko obrobiteľné), rôznych typov be-  
tónov (liate, vibrované, striekané, armované a nearmované, drátované atď.) s rôz-  
nou abrazívnosťou a odporom voči obrábaniu. Keďže proces obrábania je ešte stá-  
le založený viac-menej na empirických poznatkoch, najmä z hľadiska stanovenia  
optimálnych rezných parametrov, a vzhľadom na široký sortiment materiálov s „ne-  
známymi“ fyzikálnymi a pevnostnými charakteristikami je potrebné, aby zariadenia

generujúce vodný lúč mali vysoké výkony, t.j. aby boli univerzálnejšie, zahrňujúce možnosť použitia širokej kombinácie parametrov obrábania. Pri obrábaní materiálov v baníctve či stavebníctve sa stretávame väčšinou s požiadavkou spracovať tieto materiály priamo v teréne, čo je z pohľadu možnosti alebo hmotnosti jediná alternatíva. Aby sa dokázalo vyhovieť aj týmto požiadavkám, hydraulické zariadenia na obrábanie vodným lúčom sú mobilné a vzhľadom na požiadavku vysokých výkonov (ale i možnosti regulácie parametrov, najmä tlaku) sú poháňané najmä dieselovými motormi.

Pôsobenie vodného lúča na materiál zahŕňa najmä tieto spôsoby:

- rezanie vodným lúčom,
- čistenie vodným lúčom,
- a iné, napr. sústruženie, hydrodemolácie.

Bližšie rozdelenie jednotlivých spôsobov obrábania vodným lúčom je možné na základe v súlade s nemeckou normou DIN 8200.

## I. ŠPECIFIKÁCIA PARAMETROV VODNÉHO LÚČA

Principiálne možno povedať, že na rezanie materiálov treba vyššie tlaky a menšie prietokové množstvá a na čistenie nižšie tlaky a väčšie množstvá technologickej kvapaliny.

Vzhľadom na to, že požiadavky na rýchlosť a kvalitu obrábania materiálov neustále rastú, dochádza k prelínaniu technologických parametrov generovaných zariadeniami na rezanie a čistenie vodným lúčom, hoci oba druhy zariadení pracujú na odlišných princípoch generovania vysokých tlakov. Dominantnú úlohu pritom hrá množstvo dodávanej kvapaliny, najmä z pohľadu možnosti odtransportovania odobratého materiálu z miesta rezu a výkonu obrábania.

Pri obrábaní materiálov vysokorýchlostným vodným lúčom možno rozlišovať dva pracovné stupne; odrezanie a odtransportovanie materiálu z miesta rezu. Obidve požiadavky musia byť pri rezaní vodným lúčom splnené.

Pri konštrukčne danom výkone zariadenia je výkon rezania vodným lúčom najvyšší pri použití vysokej rýchlosti lúča  $v_L$ , kde  $[v = f(p)]$  a malom priemere dýzy. Účinné odtransportovanie od rezaného materiálu vyžaduje väčšie množstvo kvapaliny, pričom tlak zohráva relatívne malú úlohu. Obe tieto požiadavky sú protikladné, a tak musia byť pre každý konkrétny prípad osobitne posúdené.

So stúpajúcim prietokom sa adekvátne znižuje tlak (limitou je max. príkon zariadenia). Účinok rezania sa znižuje, čiže rastie výkon - množstvo odtransportovaných častíc.

## II. KONŠTRUKCIA VYSOKOTLAKOVÝCH AGREGÁTOV

Zariadenia pracujúce pri vysokých tlakoch a malými prietokmi sa nazývajú multiplikátory. Pracujú na princípe hydraulického zosilňovača tlaku. Nevýhodou týchto systémov je však relatívne „nízke“ dodávané množstvo kvapaliny. Principiálna hydraulická schéma zariadenia s multiplikátorom je konštrukčne jednoduchá. Pri rezaní materiálov vodným lúčom sa používa max. pracovný tlak do 400 MPa pri prietoku vody ca. 4 l.min.<sup>-1</sup>. Paralelným zaradením multiplikátorov [1] (tvoria sa systémy Dual, Triple až Kvatro) možno pri výkone do 75 kW dosiahnuť prietoky až 15 l.min.<sup>-1</sup>.

Na generovanie vysokých tlakov pri čistení sa používajú zariadenia na báze trojpiestových hydrogenerátorov. Súčasné svetové maximum z hľadiska týchto vysokotlakových zariadení je takmer 3000 bar, t.j. 280 MPa.

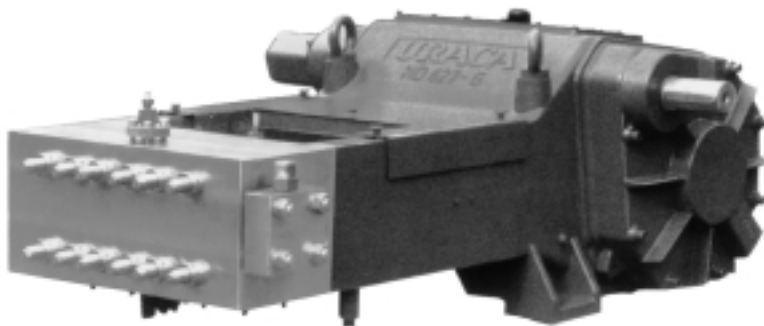


Takéto zariadenia už môžu úspešne konkurovať klasickým systémom na báze multiplikátorov. Samozrejme v oblastiach ako stavebníctvo, kde je potreba používať tieto systémy outdoor (čiže stroj dopravovať k delenému materiálu) a vyžaduje sa nezávislý pohon, získavajú tieto systémy prednosť, ktorá ich tiež vzhľadom na vyššie prietoky predurčuje na delenie veľmi hrubých, pevných materiálov aké sa používajú najmä v stavebníctve a to aj podstatne väčších rezných rýchlostiach.

### III. VYSOKOTLAKOVÉ AGREGÁTY URACA TYP PROFI POWER 2800 BAR

Na obrábanie materiálov tlakovou vodou v súčasnosti fy URACA vyrába zariadenia s pracovnými tlakmi pre dlhodobú prevádzku 280 MPa, a to pri dodávanom množstve vody až  $38,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , kde hydraulický výkon zariadenia dosahuje viac ako 185 kW. Uvedené zariadenia našej firmy URACA Pumpenfabrik GmbH & Co.KG. Nemecko sa s výhodou využívajú na sanáciu betónov, odstraňovanie náterov a pri použití abraziva na rezanie betónu, skál a pod., t.j. materiálov v stavebníctve a kameňopriemysle.

Konštrukcia vysokotlakového čerpadla URACA typ KD 627 s integrovaným prevodom do pomala (zaručuje nižšie stredné rýchlosti piesta), t.j. vyššiu životnosť je na obr. č 1.



Obr. 1 Trojpiestové čerpadlo fy. URACA PUMPENFABRIK typ KD 627, s parametrami 2800 bar a prietoku  $38,5 \text{ l}/\text{min}$ .

Vzhľadom na vysoké pracovné tlaky sa zvyšuje kvalita konštrukčných materiálov, používajú sa napr. kombinované tesnenia z PTFE, keramické povlaky piestov s kvalitou povrchu pod 0,2 mm a tvrdokovové sedlá ventilov. Na zabezpečenie dostatočnej kvality vody sa priamo na čerpadlách používajú tzv. spätné preplachovacie filtre s kovovou mriežkou a systémom indikácie zanesenia filtrov na zabránenie chodu na prázdno a následnej kavitácii čerpadla.

V každom prípade v dôsledku vysokých pracovných tlakov a extrémneho zaťaženia treba počítať pri eksploatacii aj s určitým opotrebením a spotrebou najmä spotrebného materiálu ako napr. vodné či abrazívne trysky. Vyrábané zariadenia pracujú s kontinuálnym lúčom, ktorý je charakteristický stálou energetickou hladinou počas rezania. Z toho dôvodu sú potrebné relatívne nízke upínacie sily na fixné uchytenie obrobku. Veľa krát postačuje iba vlastná hmotnosť výrobku.

Ako už bolo uvedené na čistenie a rezanie materiálov v teréne sa používajú mobilné čistiace agregáty URACA Pumpenfabrik GmbH. poháňané dieselovými motormi (p. obr. 2).



Obr. 2 Konštrukcia mobilného tlakového agregátu URACA typ RS 716D /2800 bar.

Všeobecne je známe, že statické pôsobenie vodného lúča nevyvoláva v základnom materiáli nežiadúce trhliny, t.j. pôsobí staticky bez dynamických rázov, čím technológia vodného lúča získava neoceniteľné prednosti pred inými technológiami na úpravu povrchu betónu. Betón je po čistení vodným lúčom navyše dostatočne drsný a porézny pre ďalšie ošetrenie. Taktiež kvalita reznej plochy deleného materiálu abrazívnym vodným lúčom býva výbornej kvality. Kvalita závisí najmä od veľkosti pracovného tlaku, rýchlosti posuvu a tiež druhu, množstva a kvality použitého abraziva.

Je samozrejmosťou, že vysokotlakové čistiace zariadenia a ich základné technické vybavenie (príslušenstvo) sú neustále zlepšované a vyvíjané tak, že dnes prakticky nemôžu chýbať pri žiadnej sanácii objektov, u ktorých je vyžadovaný perfektný základový povrch.

Firma URACA PUMPENFABRIK GmbH & Co. KG. Nemecko je komplexným a renomovaným svetovým výrobcom vysokotlakových hydraulických zariadení a príslušenstva na vysokotlakové čistenie. Svojím výrobným sortimentom poskytujeme komplexnú škálu čerpadiel a agregátov aj pre tie najzložitejšie a najťažšie aplikácie. Široký sortiment vyrábaného príslušenstva a viac ako 105-ročná tradícia výroby to plne umožňujú.



*Obr. 3: Praktické využitie agregátu URACA 2800 bar na rezanie abrazívnym vodným lúčom nerezovej ocele hr. 60 mm s abrazívnou rezacou hlavicoú.*

## **ZÁVER**

Vysokotlakový vodný lúč a práce ním vykonávané sú vysoko efektívne a navyše ekologické. V súčasnosti vzhľadom na vysoké generované pracovné tlaky ho možno efektívne tiež využiť aj na rezanie všetkých známych technických materiálov. S prísadou abrazíva možno bez problémov deliť oceľ, mramor, žulu, sklo či iné materiály.

## **LITERATÚRA**

[1] KRAJNÝ, Z.: Vodný lúč v praxi - WJM. EPOS Bratislava, 1998, s. 384.

# PŘÍSLUŠENSTVÍ SE ZNAČKOU HAMMELMANN – NOVÉ TRENDY V NÁSTROJOVÉM VYBAVENÍ PRO SANACE BETONOVÝCH A OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ

HAMMELMANN MADE ACCESSORY – NEW TRENDS IN TOOLING FOR REPAIR  
OF CONCRETE AND STEEL STRUCTURES

Norbert M. Steinbrecher (1)

Dipl. Ing. Ladislav Glovacz (2)

1) Steinbrecher AG., CH-8484 Weisslingen, Schweiz

tel.: 0041-52 394 30 60, fax: 0041-52 394 30 66

2) Odborný poradce fy Steinbrecher AG pro ČR

Mikulčická 8, 627 00 Brno, tel.+fax: 00420-5 4521 8332

---

**Anotace:** Příspěvek představuje nová technická řešení základních nástrojů využívajících technologii vysokotlakého vodního paprsku pro práce na sanacích betonových konstrukcí. Nové ergonomické tvary nástrojů, netradiční rozmístění trysek a další zlepšení – to vše zvyšuje kulturu práce, spolehlivost a celkový výkon.

**Abstract:** The paper describes new technologic solutions to problems of tooling for repair of concrete structures, based on the use of high pressure water jet. New ergonomic shapes of tools, non traditional location of jets and other improvements raise work culture, reliability and performance.

## 1. ÚVOD

Sanace betonových konstrukcí si již dnes nedovedeme představit bez technologie vysokotlakého vodního paprsku. Firma HAMMELMANN vyrábí a dodává vše co s technologií vysokotlakého vodního paprsku souvisí, tj. kompletní systémy od vysokotlakého čerpadla až po poslední trysku umístěnou v konkrétním nástroji. Bez nadsázky se dá konstatovat, že firma Hammelmann v mnohých ohledech určuje směr technického pokroku jak u vysokotlakých pístových čerpadel tak i v oblasti nástrojů používaných na konkrétní práce využívajících vysokotlaký vodní paprsek. Pro příklady nemusíme chodit daleko. Příkladem může být dnes všeobecně užívaný systém rotujícího raménka s tryskami, s kterým jako první přišla na trh naše firma pod názvem AQUABLAST-plošný čistič. Vývoji nových technických řešení věnuje firma HAMMELMANN mnoho úsilí a také finančních prostředků. Výsledkem je nová řada vysokotlakých čerpadel pracujících s provozním tlakem 3000 barů a nové nástroje pro tento pracovní tlak.

## 2. VYSOKOTLAKÁ ČERPADLA HAMMELMANN – NOVÁ ŘADA AQUAJET®

Všeobecným trendem při používání vysokotlakého vodního paprsku je zvyšování jeho účinnosti. Hlavní možností je zvyšování pracovního tlaku používaného vodního paprsku.

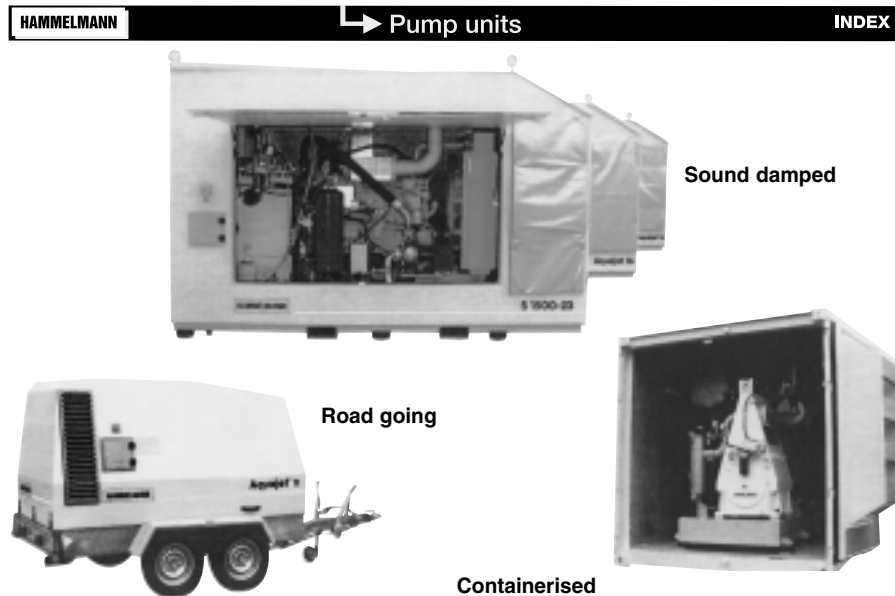
Zkušenosti ukazují, že sanace betonových konstrukcí vyžadují, aby vodní paprsek měl minimální tlak 1500 až 2000 barů. Jestliže chceme provádět hlubší zásahy do konstrukce je vhodné pracovat až s tlakem 2500 barů a vyšším. Také sanace povrchů ocelových konstrukcí, tj. odstraňování různých typů barev a příprava kovových povrchů na příslušné stupně čistoty pro aplikaci nových nátěrů vyžaduje vyšší tlak vodního paprsku přes 2500 a vyšší. **Čerpadla HAMMELMANN s provozním tlakem 3000 bar získala například certifikát EU pro přípravu kovových povrchů s požadovaným stupněm Sa 2 1/2**, tj. účinnost vysokotlakého vodního paprsku s tlakem 3000 bar zajišťují požadovanou kvalitu kovového povrchu a není nutné pak provádět další operace.

Nová řada vysokotlakých zařízení pod označením AQUAJET®, navazuje na velmi úspěšnou řadu S-Klasse, která pracovala s maximálním provozním tlakem 1500 až 2500 bar.

Pro vysokotlaká zařízení AQUAJET®, je charakteristické, že v každé výrobní řadě je čerpadlo s provozním tlakem 3000 barů. V zařízeních jsou použita vysokotlaká čerpadla HAMMELMANN se třemi nebo pěti písty ve svislé poloze. Samozřejmostí je tzv. dynamický labyrintový bezdotykový systém utěsnění pístů a válců, který je patentem firmy HAMMELMANN. O tomto systému jsem již ve Sborníku referoval. Komfort obsluhy všech typů zařízení zajišťuje elektronická ovládací jednotka, která soustřeďuje všechny ovládací a kontrolní funkce do jednoho centra. V zemích Evropské unie a ve Švýcarsku je používání zařízení HAMMELMANN s provozním tlakem 3000 barů již běžnou záležitostí.

U nás je zatím jen jedno zařízení AQUAJET®, 11 (provozní tlak 3000 bar, dopravené množství vody 18 l/min.) a to u firmy BETOSAN spol. s r.o. Praha.

Firma HAMMELMANN samozřejmě neřekla poslední slovo a v současné době má již ve stádiu provozních zkoušek pístové čerpadlo s **provozním tlakem 4000 barů**.



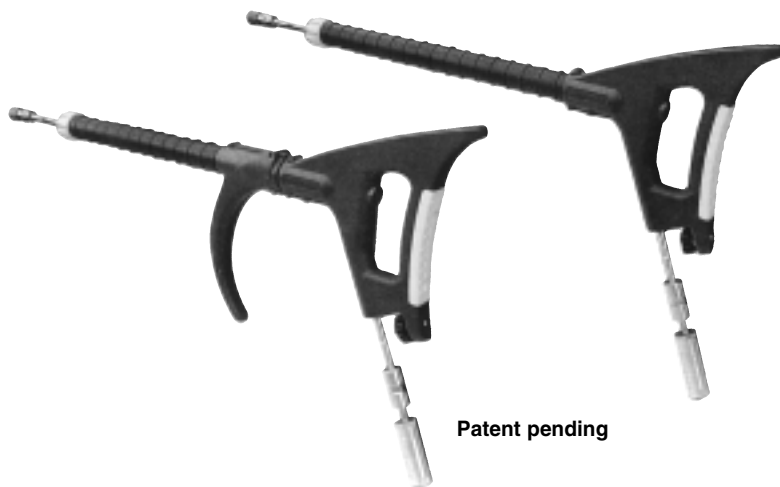
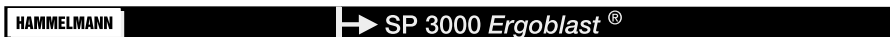
Obr. 1 Čerpadla HAMMELMANN typové řady AQUAJET®

### 3. VYSOKOTLAKÁ STŘÍKACÍ PISTOLE HAMMELMANN SP 3000 ERGOBLAST® – PŘEDOBRAZ NOVÉ GENERACE STŘÍKACÍCH PISTOLÍ.

Firma HAMMELMANN věnuje pozornost nejen vývoji čerpadel ale i vývoj nového příslušenství je nedílnou součástí strategie firmy. Výsledkem jsou nová zařízení s vyššími užitnými vlastnostmi, která v mnoha případech posouvají vývoj daného typu novým směrem.

Vysokotlaká stříkací pistole je základním a nejběžnějším příslušenstvím vysokotlakového systému pro manuální provádění sanačních a čistících prací. Denně jsou v provozu tisíce stříkacích pistolí různých typů a velikostí. Pracovníci je berou do rukou a provádí konkrétní pracovní operace s tlakovou vodou. Je to nelehká práce, kdy pracovník musí při manipulaci se stříkací pistolí překonávat nejen váhu samotné pistole a případně nasazeného nástroje (např. rotační tryska) ale i reakční sílu vodního paprsku, která je stanovena ve výši max. 150 N bez opory nebo 250 N s oporou. Firma HAMMELMANN pověřila své vývojové pracovníky úkolem vytvořit nástroj, který bude co nejlépe vyhovovat ergonomii lidského těla a ruky. Dalším úkolem bylo maximálně zjednodušit konstrukci ovládacích prvků a za využití nejmodernějších elektroniky dosáhnout maximální spolehlivosti.

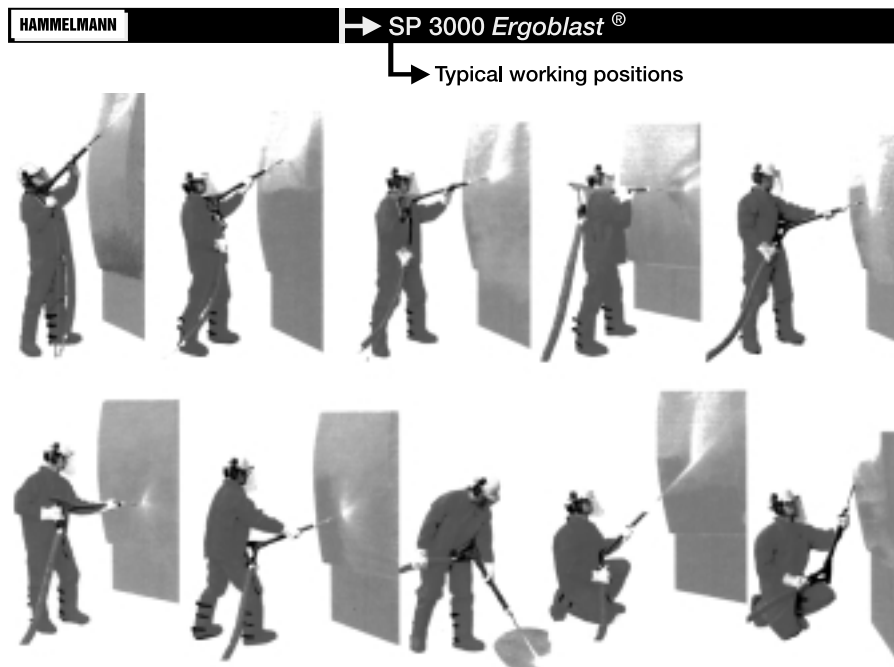
Vysokotlaká stříkací pistole HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®, je stříkací pistole nové generace.



Obr. 2 Vysokotlaká stříkací pistole HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®.

Technická data:	– max. provozní tlak	3000 bar
	– max. průtok při D 5 bar	45 l / min.
	– délka	935 mm
	– váha	4,4 kg
	– připojovací závit	M 26 x 1,5

Již na první pohled je zřejmé, že pistole má neatřelý tvar. Tělo pistole je vyrobeno z velmi odolné umělé hmoty a tvar jednotlivých částí byl vyvinut tak, aby pracovník mohl s pistolí při práci dobře manipulovat a opírat si jí o různé části těla aniž by potřeboval další nadstavce nebo ramenní opěrku. Různé pracovní pozice si můžete prohlédnout na obr. 3.



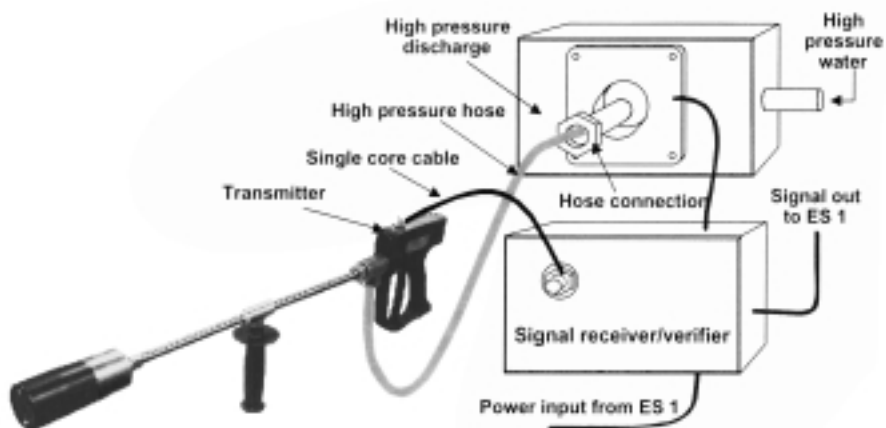
Obr. 3 Typické pracovní pozice s vysokotlakou stříkací pistolí HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®.

V ergonomicky tvarovaném těle pistole se skrývají elektronické ovládací prvky, kterými pracovník přímo z místa ovládá nejen samotnou pistoli ale i čerpadlo. Základem je již vyzkoušený tzv. jednodrátový systém. Současné běžné stříkací pistole používají pro přenos ovládacího impulsu čtyřpólový elektrický kabel. Kabel i spojovací konektory jsou sice konstruovány proti průniku vody ale při běžném provozu dochází často k poškození kabelu nebo spojovacích konektorů okruhy zkratují nebo se přeruší a pistole nefunguje.

Jednodrátový systém využívá skutečnosti, že každá vysokotlaká hadice má ve své konstrukci vždy vrstvu kovových vláken, které jsou využity jako vodič. Hadice tedy tvoří jednu část elektrického okruhu a druhou část tvoří obyčejný drát s izolovaným povrchem. Obnažené konce drátu se připojí pomocí jednoduchých šroubových přichytek na pistolí a na snímací skříňku u čerpadla. Princip činnosti je zřejmý z obrázků č. 4 a 5.

## → 1 wire technology

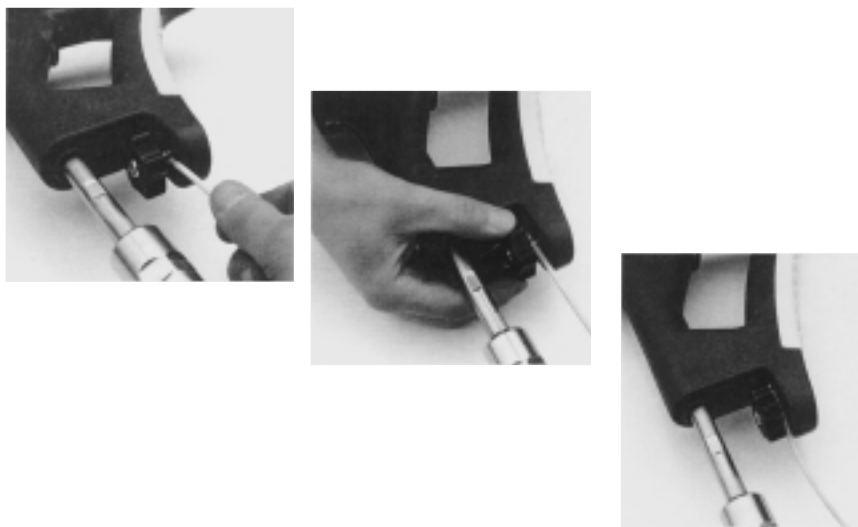
↳ 1 gun operation



Obr. 4: Princip jednodrátového systému pro stříkáci pistole HAMMELMANN

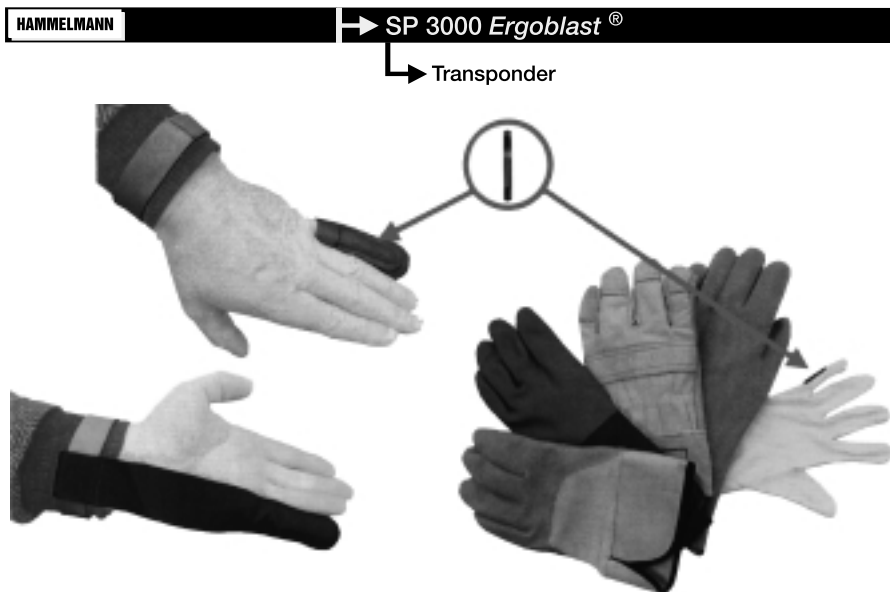
## → SP 3000 Ergoblast®

↳ 1 wire connection



Obr. 5: Jednoduché připojení drátu jednodrátového systému u vysokotlaké stříkáci pistole HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®

V rukojeti stříkací pistole je umístěn dotykový spínač. Spínač složí nejen k ovládání pistole ale s jeho pomocí pracovník provádí nastartování nebo vypnutí vznětového motoru pohánějícího vysokotlaké čerpadlo. Dalším ovládacím prvkem je anténa umístěná v krytu nástavce pistole a snímací čidlo, které si pracovník připíná na malíček ruky pomocí rukavice se záhybem. Viz obr. č. 6.

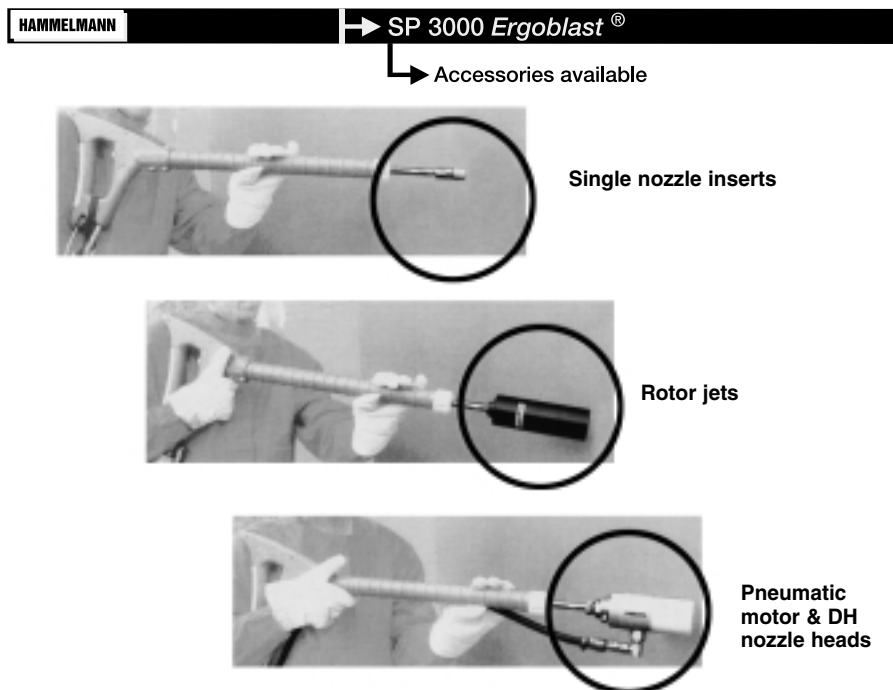


Obr. 6 Umístění čidla do rukavice pracovníka ovládajícího stříkací pistoli HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®

Jak celý systém funguje. Pracovník nejprve třikrát zmáčkne dotykový spínač v rukojeti pistole a tím dá signál ke spuštění vznětového motoru do volnoběžných otáček a vysokotlaké čerpadlo se rozběhne. Čerpadlo je připraveno pro práci. Pracovník opět jednou zmáčkne dotykový spínač v rukojeti a druhou rukou uchopí celou dlaní kryt nástavce pistole. V rukavici této ruky je, jak je uvedeno výše, umístěno snímací čidlo. Tím je vyslán druhý signál do snímací skříňky čerpadla a po 2-3 sekundové prodlevě se čerpadlo rozběhne do vysokotlakového režimu. Chce-li pracovník ukončit probíhající práci oddálí čidlo umístěné na malíčku ruky (v rukavici) od krytu nástavce na vzdálenost min. 30 mm. Tím je opět vyslán signál do snímací skříňky a po 2-3 sekundové prodlevě čerpadlo přejde zpět do volnoběžných otáček tj. do nízkotlakového režimu. V praxi to znamená, že pracovník např. zvedne malíček ruky nebo sundá celou ruku z krytu nástavce pistole. Pro pokračování v práci stačí jen opět jednou zmáčkнуть dotykový spínač v rukojeti a druhou rukou uchopit pevně kryt nástavce pistole. Čerpadlo přejde opět po 2-3 sekundové prodlevě do vysokotlakového režimu.

Úplné odstavení zařízení pak provede pracovník tak, že třikrát po sobě zmáčkne dotykový spínač v rukojeti a vznětový motor se zastaví.

Jako nástroje lze na nadstavec pistole HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast® umístit bodovou trysku s kruhovým nebo plošným paprskem, rotační trysku nového typu nebo nadstavec pro vzduchový pohon pro rotaci držáku trysek. Držáků trysek je mnoho druhů a jsou konstruovány pro konkrétní pracovní operace. (viz. obr. 7)



Obr. 7 Používané nástroje pro stříkací pistoli HAMMELMANN SP 3000 Ergoblast®.

#### 4. NOVÉ VYSOKOTLAKÉ ROTAČNÍ TRYSKY HAMMELMANN RD 3001-4

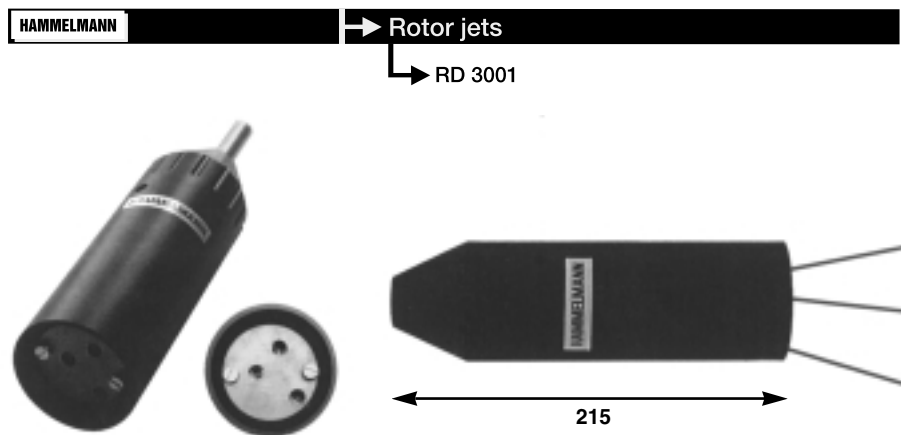
Se zvýšením pracovního tlaku sériově vyráběných čerpadel HAMMELMANN na 3000 barů bylo nutné vyvinout i novou řadu nástrojů. Nejběžnějším nástrojem je rotační tryska. Nová řada rotačních trysek vychází z osvědčených typů RD 2505-7. Nové rotační trysky mají mírně přepracovaný vzhled ale hlavně došlo ke změnám konstrukce uvnitř trysky.

Změna byla provedena na labyrintového systému, který těsní přechod mezi rotujícími částmi a stojícími. Průsak vody zde byl vlastně konstrukční nutností. Postupné opotřebení labyrintu pak zvyšovalo únik vody a tím i energetické ztráty celého systému. Nový systém uvedené záporu odstraňuje. Labyrint byl zkrácen a doplněn tzv. dynamickým těsnícím kroužkem, který využívá dynamiku proudící vody k dokonalému utěsnění přechodu mezi rotujícími a stojícími díly.

Další změny byly provedeny v konstrukční sestavě magnetické brzdy. Zkušenosti z práce starších typů rotačních trysek ukázaly, že sestava magnetické brzdy byla otevřená a pronikající vlhkost vytvářela vrstvu rzi. Rez a nečistoty pak zapříčinily, že v prostoru magnetické brzdy docházelo až k mechanickému brždění rotace a rotační tryska ztrácela otáčky. Nová konstrukční sestava magnetické brzdy je umístěna přímo do uzavřeného pouzdra rotační trysky a vlhkost se sem nedostane.

U rotačních trysek typ RD 3001a RD 3004 je také použit asymetrický systém umístění tří trysek, který vyvinula firma HAMMELMANN a použila již u předchozí výrobní řady.

Každá ze tří trysek je umístěna tak, že krouží na svém samostatném poloměru a paprsky jednotlivých trysek se ještě při rotaci kříží. Efekt tohoto uspořádání je zřejmý při porovnání s klasickým uspořádáním, kdy 2-8 trysek je umístěno v kruhu na jednom poloměru. Jestliže pracovník při práci nechá rotační trysku s klasickým uspořádáním trysek bez kývavého pohybu, na čistěném povrchu jsou vidět výrazné kruhy. U asymetrického umístění trysek k tomuto efektu nedochází. Technické parametry jednotlivých rotačních trysek jsou uvedeny na obrázcích č. 8, 9, 10 a 11.



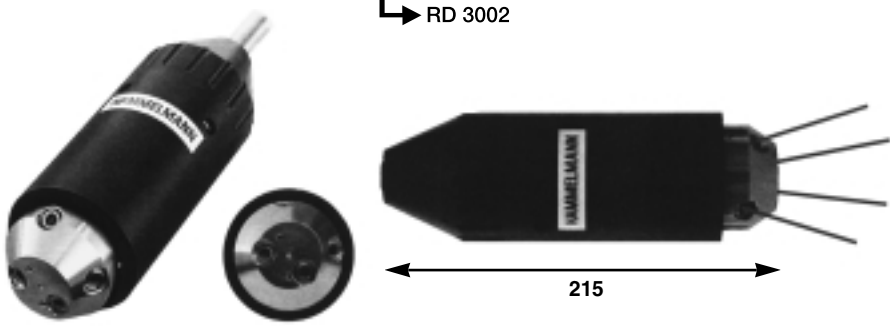
Max. pressure	3000 bar
Flow rate	14 to 22 l/min
Nozzle inserts	3
Insert type	M 10 Type „P“
Material	Corrosion resistant
Weight	2,0 kg
Rotation speed	approx. 3000 r.p.m

- 3 cohesive jets for metal surface prep.
- Coating (paints, rubber etc.) removal
- Ship hull stripping, cleaning turbine blades, propellers etc.
- Cleaning, stripping and spot blasting ballast tanks
- Spray booth grid and skid cleaning

Obr. 8: Vysokotlaká rotační tryska HAMMELMANN RD 3001

**HAMMELMANN** → Rotor jets

↳ RD 3002



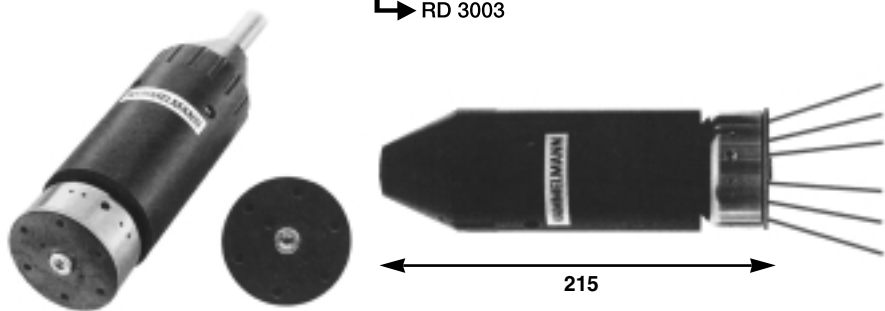
Max. pressure	3000 bar
Flow rate	14 to 22 l/min
Nozzle inserts	5
Insert type	M 10 Type „P“
Material	Corrosion resistant
Weight	1,950 kg
Rotation speed	approx. 3000 r.p.m

- Stripping angled steel structures
- Coating removal from U and T profiles in ballast tanks, double bottoms, holds and superstructures
- Surface preparation on bridges and other steel structures

Obr. 9: Vysokotlaká rotační tryska HAMMELMANN RD 3002

**HAMMELMANN** → Rotor jets

↳ RD 3003

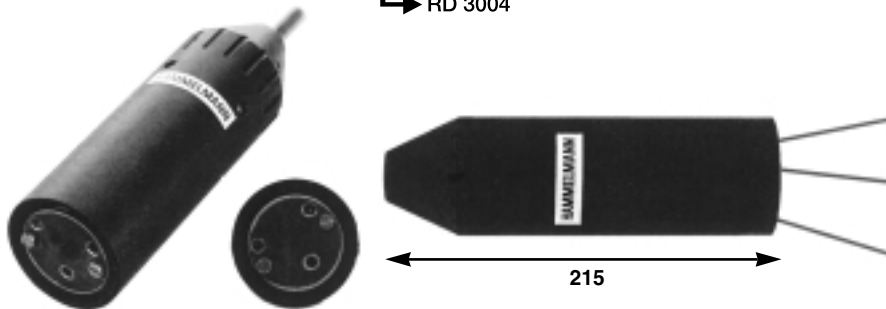


Max. pressure	3000 bar
Flow rate	14 to 22 l/min
Nozzle inserts	6
Insert type	M 10 Type „P“
Material	Corrosion resistant
Weight	2,250 kg
Rotation speed	approx. 3000 r.p.m

- Designed for the construction industry
- Roughening concrete surfaces
- Cutting out expansion joints
- Facade and general concrete cleaning
- Exposing reinforcement bars
- Removal of hard rubbers

Obr. 10: Vysokotlaká rotační tryska HAMMELMANN RD 3003

→ RD 3004



Max. pressure	3000 bar
Flow rate	8 to 14 l/min
Nozzle inserts	3
Insert type	M 10 Type „P“
Material	Corrosion resistant
Weight	2,000 kg
Rotation speed	approx. 3000 r.p.m

- Metal surface prep. with low flow rate
- Coating (paints, rubber etc.) removal
- Ship hull stripping. Cleaning turbine blades, propellers etc.
- Cleaning, stripping and spot blasting ballast tanks
- Spray booth grid and skid cleaning

Obr. 11: Vysokotlaká rotační tryska HAMMELMANN RD 3004

## 5. ZÁVĚR

Náš příspěvek představuje nové strojní vybavení pro sanace betonových konstrukcí a pro provádění čistících prací na ocelových konstrukcích. Ukazuje na nové trendy, které se uplatňují v zemích Evropské unie a ve Švýcarsku. Zde se již běžně pracuje s výkonnými čerpadly, které při provozním tlaku 3000 barů mají i dostatečně velký průtok vody, což dává předpoklady pro nasazení na běžné sanační úkoly. Výkonná zařízení se pak stávají pro investory ekonomicky zajímavá. Vysokotlaká čerpadla s pracovním tlakem 3000 barů a dostatečným výkonem nejsou v České republice zatím běžně používána. Pokrok je zřejmý také v nástrojovém vybavení. Nové typy nástrojů zvyšují výkony a také přispívají ke zlepšování kultury práce.

Závěrem chci poděkovat za pomoc firmě HAMMELMANN při přípravě našeho příspěvku.

# NOVÉ SANAČNÍ MATERIÁLY – PŘÍNOS PRO EKOLOGII

## NEW REPAIRING MATERIALS – ENVIRONMENTAL ADVANTAGES

**Ing. Nikol Kohutová**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,  
Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 662 37 Brno,  
tel.: 05-41147515, fax: 05-41147502, email: kohutova.n@fce.vutbr.cz

---

**Anotace:** Rostoucí množství odpadů, omezený prostor pro jejich skladování a neustále se zvyšující náklady spojené s likvidací odpadů vedou k potřebě efektivního hospodaření s odpady. V době, kdy intenzivně pocítujeme následky vlivu průmyslu na životní prostředí, sílí tlak také na producenty průmyslových odpadů, kteří jsou nuceni hledat nové způsoby jejich likvidace.

**Abstract:** Still growth of waste, limited disposal area and higher prices for waste disposal, these are the factors leading to effective waste managing. Nowadays, when the influence of industry on environment is growing, producers of industrial waste are forced to find some new efficient ways of waste disposal.

### 1 ÚVOD

Dnešní činnosti člověka lze ve vztahu k přírodě označit jako energomateriální. Lidstvo svou činností stabilně zvyšuje množství odpadů v přírodě, čímž dochází k narušení křehkého ekosystému a následně negativní dopady na člověka jsou bohužel již denní realitou. Všichni intenzivně pocítujeme následky činnosti člověka na životní prostředí a proto jsou producenti odpadů nuceni hledat nové způsoby jejich likvidace a jsou podporovány bezodpadové a maloodpadové technologie.

### 2 EKOLOGIE A ODPADY

Ekologie se zabývá vztahem organismů a jejich prostředí a vztahem organismů navzájem. Ekologie zkoumá mimo jiné problémy životního prostředí způsobené znečišťováním ovzduší, půdy a vody prostřednictvím odpadů.

Za odpad se považuje vše, co při výrobě nebo jiné lidské činnosti nebylo ani po další úpravě z původního zdroje využito. Z hlediska využitelnosti můžeme odpad klasifikovat jako nevyužitelný a využitelný, kde lze využitelný dále rozdělit na využívaný a nevyužívaný. Využitelný odpad je možné používat jako druhotnou surovinu pro další zpracování buď přímo, nebo po potřebné úpravě.

Hlavní principy řešení problematiky odpadů spočívají v předcházení tvorby a výrazném omezení odpadů zaváděním maloodpadových a bezodpadových technologií. Vzniklé odpady by měl pokud možno využívat sám původce, protože v případě potřeby transportu těchto materiálů většinou dopravní náklady výrazně převyšují tržní cenu,

za kterou je možné využitelné odpady u producenta zakoupit. Pokud sám původce využitelného odpadu není schopen vyprodukovaný odpad efektivně spotřebovat, měl by ho nabídnout k využití jinému výrobcí a v případě nevyužitelného odpadu zajistit nezávadné zneškodnění.

### **3 VYUŽITÍ ODPADNÍCH SUROVIN VE STAVEBNICTVÍ**

Stavebnictví skýtá významný prostor pro rozsáhlé využití odpadních surovin ve výrobě nových stavebních hmot a dílců, ale i přímo do konstrukcí pozemních, inženýrských a vodních staveb. Nejen zájem o aktivní ekologické chování, ale hlavně očekávaný ekonomický přínos plynoucí z použití odpadních surovin je důvodem, proč se výrobci stavebních hmot tímto problémem stále častěji zabývají. Předpokladem využívání odpadních surovin při výrobě stavebních hmot je finanční zvýhodnění nejen samotného výrobce, ale také to, že se tento postup pozitivně promítne i do ceny pro konečného odběratele, při zachování téměř shodných fyzikálně mechanických vlastností výrobků.

Využití odpadních surovin musí splňovat jednak náročné ekologické požadavky, technické parametry při zpracování v nových stavebních hmotách, ale zároveň musí být pro podnik i ekonomicky výhodné.

### **4 VÝZKUM**

Na Ústavu technologie stavebních hmot a dílců, FAST, VUT v Brně jsou již několik let ve výzkumu nové stavební hmoty využívající průmyslové odpady. Jedná se mimo jiné o správkové malty na betonové konstrukce a lepicí hmoty vhodné také pro povrchové úpravy při sanacích.

#### **4.1 Správkové malty**

V rámci výzkumu na UTHD, FAST, VUT Brno jsou prováděny práce, jejichž cílem je ověření možnosti využití odpadních surovin pro výrobu správkových hmot, vhodných pro sanace a reprofilace. Byly sestaveny návrhy receptur, zjišťovány základní fyzikálně mechanické vlastnosti a u vybraných směsí byly provedeny další předepsané zkoušky.

Odpadní materiály byly v tomto případě použity jako náhrada plniva - křemičitého písku.

#### **Použité odpadní materiály:**

- Slévárenský písek - odpadní produkt slévárenských provozů, kde se čistý křemičitý písek smísí s určitým podílem bentonitu a vodního skla a pak se jím plní formy.
- Odpad z praní těžných písků a štěrkopísků - částice, které vznikají při promývání.
- Elektrárenský popílek - nerostný zbytek po spalování tuhých paliv získávaný zachycováním plynných spalin v odlučovacích zařízeních.

Na základě dosažených výsledků byly vyhodnoceny směsi uvedené v tab. č. 1 – č. 5 jako nejvhodnější pro použití v praxi.

Tab. č. 1

<b>SMĚS SO5 E</b>				
<b>Přímý materiál - náklady na 1 t suchého pojiva</b>				
Materiál	m.j.	Spotřeba materiálu m.j./t	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/m.j.	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/t
Cement I 52,5R	t	0,3603	2 680,00	965,60
Propírka	t	0,2870	200,00	57,40
Slévárenský písek	t	0,2870	110,00	31,57
Směs přísad S 05	t	0,0657	60 000,00	3 942,00
			<b>Celkem Kč:</b>	<b>4 996,57</b>

Tab. č. 2

<b>SMĚS SO5 F</b>				
<b>Přímý materiál - náklady na 1 t suchého pojiva</b>				
Materiál	m.j.	Spotřeba materiálu m.j./t	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/m.j.	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/t
Cement I 52,5R	t	0,3603	2 680,00	965,60
Propírka	t	0,4305	200,00	86,10
Slévárenský písek	t	0,1435	110,00	15,79
Směs přísad S 05	t	0,0657	60 000,00	3 942,00
			<b>Celkem Kč:</b>	<b>5 009,49</b>

Tab. č. 3

<b>SMĚS SO7 F</b>				
<b>Přímý materiál - náklady na 1 t suchého pojiva</b>				
Materiál	m.j.	Spotřeba materiálu m.j./t	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/m.j.	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/t
Cement I 52,5R	t	0,3645	2 680,00	976,86
Propírka	t	0,4267	200,00	85,34
Slévárenský písek	t	0,1423	110,00	15,65
Směs přísad S 07	t	0,0665	60 000,00	3 990,00
			<b>Celkem Kč:</b>	<b>5 067,85</b>

Tab. č. 4

<b>SMĚS SO5 J</b>				
<b>Přímý materiál - náklady na 1 t suchého pojiva</b>				
Materiál	m.j.	Spotřeba materiálu m.j./t	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/m.j.	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/t
Cement I 52,5R	t	0,3603	2 680,00	965,60
Propírka	t	0,1435	200,00	28,70
Chvaletice	t	0,4305	230,00	99,02
Směs přísad S 05	t	0,0657	60 000,00	3 942,00
			<b>Celkem Kč:</b>	<b>5 035,32</b>

Tab. č. 5

<b>SMĚS SO5 K</b>				
<b>Přímý materiál - náklady na 1 t suchého pojiva</b>				
Materiál	m.j.	Spotřeba materiálu m.j./t	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/m.j.	Cena materiálu + náklady na pořízení Kč/t
Cement I 52,5R	t	0,3603	2 680,00	965,60
Propírka	t	0,5740	200,00	114,80
Směs přísad S 05	t	0,0657	60 000,00	3 942,00
			<b>Celkem Kč:</b>	<b>5 022,40</b>

Vzhledem k tomu, že u vybraných směsí jsou jako plnivo použity pouze levné odpadní materiály, dochází k výraznému snížení nákladů na přímý materiál, což se příznivě promítne i do ceny pro konečného uživatele.

#### 4.2 Lepicí směsi

Ověřování možnosti využití odpadních surovin pro výrobu probíhá na UTHD, FAST, VUT Brno mimo jiné také pro lepicí směsi. Úkolem této práce je náhrada přírodních surovin průmyslovými odpady a to v maximálním možném množství při výrobě lepicích směsí pro keramické obklady. Nově navržené receptury byly sestavovány tak, aby splňovaly požadavky dané výrobcem referenčních směsí složených z cementu, mletého vápence a směsi aditiv.

**Tab. č. 6: Vybrané požadavky na nové lepící hmoty**

Ozn. směsi	Počáteční přídržnost	Přídržnost po zmrazovacích cyklech	Mrazu-vzdornost	Smáčivost	R <sub>o</sub>	R <sub>c</sub>
	(MPa)	(MPa)	(cykly)	(%)	(MPa)	(MPa)
SB	min. 0,6	min. 0,6	min.25	min. 94	min.4	min.18
SC	min. 0,6	min. 0,9	min.25	min. 94	min.4	min.18
SD	min. 0,6	min. 1,5	min.25	min. 94	min.4	min.18
SF	min. 0,6	min.0,9	min.25	min. 97	min.3	min.11

Odpadní materiály byly v tomto případě použity jako částečná náhrada plniva i pojiva.

### **Použité odpadní materiály:**

- Odpad z praní drceného vápence.
- Elektrárenský popílek - nerostný zbytek po spalování tuhých paliv získávaný zachycováním plynných spalin v odlučovacích zařízeních.
- Brusné kaly – odpad vznikající při broušení Teraco dlaždic.

#### **4.2.1 Náhrada části mletého vápence odpadem z praní drceného vápence**

V této části bylo postupně plnivo - mletý vápenec nahrazováno odpadem z praní drceného vápence. Na základě zjištěných fyzikálně mechanických vlastností byly jako optimální zvoleny čtyři směsi, kde se podařilo nahradit 60 - 80% mletého vápence zvoleným odpadním materiálem.

#### **4.2.2 Náhrada části mletého vápence odpadem z praní drceného vápence a náhrada části cementu popílkem**

V této etapě byla ve směsích získaných v části 4.2.1. část cementu postupně nahrazována popílkem. Na základě zjištěných fyzikálně mechanických vlastností byly jako optimální vyhodnoceny směsi, kde byla mimo náhrady mletého vápence ověřena možnost náhrady cementu popílkem a to ve výši 10 – 15%.

#### **4.2.3 Náhrada části mletého vápence brusnými kaly**

Dalším použitým odpadem byly brusné kaly, kde byla tímto odpadem nahrazena opět část mletého vápence. Bylo zjištěno, že je možné nahradit až 80% mletého vápence brusnými kaly. Použitím brusných kalů došlo u některých směsí k výraznému zlepšení vlastností, zejména přídržností.

## **5 ZÁVĚR**

Cílem dílčích částí výzkumu bylo navrhnout a odzkoušet receptury správkových malt a lepících směsí s použitím odpadních surovin. Zhodnotit je a posoudit jejich vhodnost k použití při opravách betonových konstrukcí.

Na základě dosažených technických, ekonomických a ekologických parametrů byla posouzena vhodnost navržených nových receptur správkových malt pro využití při sanacích betonových konstrukcí. Během výzkumu bylo zjištěno, že zde lze provést nejen částečnou, ale i úplnou náhradu plniva odpadními materiály. Směs S05E, kde 50% plniva tvoří odpadní propírka a 50% slévárenský písek, směsi S05F a S07F s odpadní propírkou tvořící 75% plniva a slévárenského písku tvořícího 25% plniva, dále směs S05J, v níž je plnivo zastoupeno 25% odpadní propírkou a 75% elektrárenského popílku a směs S05K, v níž je využito jako plniva pouze odpadní propírky, byly vyhodnoceny jako vhodné pro použití při sanacích betonových konstrukcí.

Z ekonomického hodnocení vyplývá, že nejdražší součástí hodnocených směsí jsou aditiva a nejlevnější součástí odpadní suroviny. Vlivem velmi příznivých cen použitých odpadních surovin zde můžeme očekávat úsporu ve výši 200,- až 300,- Kč / t směsi.

Nově navržené lepící směsi využívající odpadní suroviny svými vlastnostmi splnily základní požadavky, které stanovil výrobce referenčních směsí. Ve většině případů byly překročeny požadované hodnoty a u některých směsí došlo i k výraznému zlepšení vlastností, např. přidrženosti. V případě plniva lze až 80% mletého vápence nahradit odpadem z praní drceného vápence a brusnými kaly. U náhrady cementu popílkem bylo zjištěno, že lze dosáhnout náhrady max. 15%.

Při výrobě nově navržených směsí můžeme očekávat významné úspory nákladů na přímý materiál ve srovnání s referenčními lepícími hmotami. Tato úspora je dána opět nízkými tržními cenami použitých odpadních surovin. Například u směsí s částečnou náhradou (60–80%) mletého vápence odpadem z praní drceného vápence je možné dosáhnout úspory 400,- až 500,- Kč / t směsi.

U výše popsaných, nově navržených hmot využívajících odpadní materiály byly splněny tři základní požadavky vedoucí k uplatnění těchto materiálů na trhu: požadavky technické, ekologické a ekonomické. Výhodou použití odpadních surovin pro materiály vhodné pro sanace je cena výrazně nižší než nahrazovaný materiál. Vysoké procentuální zastoupení odpadních surovin v nově navržených materiálech tak přispívá nejen k řešení problematiky skladování a likvidace odpadů, ale zároveň také šetří základní suroviny a energetické zdroje, proto lze tyto materiály jednoznačně označit za přínos pro ekologii.

## LITERATURA

- [1] DROCHYTKA, R. a kol.: Keramické obklady a dlažby, Hradec Králové 2000, ISBN 80-900860-5-5
- [2] PYTLÍK, P.: Ekologie ve stavebnictví, Praha 1997, ISBN 80-85380-38-2
- [3] SLÍVOVÁ, J.: Možnosti zpracování odpadních hmot v lepících hmotách, VUT Brno 2001
- [4] DROCHYTKA, R., FILIPI, P. Výzkum a vývoj nových materiálů z odpadních surovin a zajištění jejich vyšší trvanlivosti ve stavebních konstrukcích. VUT v Brně. Závěrečná roční zpráva projektu VVZ CEZ MSM 261100008, 2001.

*Práce byla řešena s podporou VVZ CEZ MSM 261100008 „Výzkum a vývoj nových materiálů z odpadních surovin a zajištění jejich vyšší trvanlivosti ve stavebních konstrukcích“.*

# MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ V SANAČNÍCH MATERIÁLECH

## POSSIBILITIES OF WASTE RAW MATERIALS EXPLOITATION FOR REPAIRING MATERIALS

**Ing. Jiří Bydžovský, CSc.**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,  
Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 662 37 Brno,  
tel.: 05-41147511, fax: 05-41147502, e-mail: bydžovsky.j@fce.vutbr.cz

---

**Anotace:** Česká republika, tak jako všechny ostatní státy, je producentem značného množství odpadních látek. Vybrané druhy těchto odpadů lze s úspěchem využít jako složku sanačních materiálů, které jsou při sanacích betonových a železobetonových konstrukcí využívány.

**Abstract:** The Czech Republic, as well as other countries, is producer of remarkable amount of waste raw materials. Selected types of these materials could be successfully used as a part of repairing materials. Repairing materials are largely used for rehabilitation of concrete and reinforced concrete structures.

### 1. PRODUKCE ODPADŮ V ČR

Ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech s účinností od 1. 1. 2002 je odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu.

V naší republice každoročně vzniká značné množství nejrůznějších odpadů, např. cca 9,5 milionu tun elektrárenských popílků, 950 tisíc tun vysokopecní strusky, 300 tisíc tun ocelářenské strusky a velké množství dalších odpadů, jak je pro rok 1998 souhrnně uvedeno v tabulce číslo 1. Proto je velmi žádoucí jejich využití pro některé klasické nebo zcela nové výrobky ve stavebnictví a samozřejmě i v dalších průmyslových odvětvích.

**Tab. 1: Produkce odpadů v České republice v roce 1998**

Kategorie odpadů	Produkce [t]
Nebezpečné odpady	3.917.719
Ostatní odpady	40.200.712
<b>Celkem</b>	<b>44.118.431</b>

Situace s nakládáním se vzniklými odpady je zřejmá z tabulky číslo 2, kde je uveden přehled způsobu zpracování odpadů za rok 1998. Z přehledu je zřejmé, že využití odpadů jako druhotných surovin je pouze 21 %.

**Tab. 2: Nakládání s odpady v České republice v roce 1998**

Způsob likvidace odpadu	Jednotka	Odpad		
		Nebezpečný	Ostatní	Celkem
Skládkování	[tis. t]	354	11.516	11.870
	[%]	9	29	27
Spalování	[tis. t]	57	520	577
	[%]	1	1	1
Biol.-met	[tis. t]	211	5.228	5.439
	[%]	5	13	13
F.-chem. met.	[tis. t]	1.172	3.702	4.874
	[%]	30	9	11
Skladování	[tis. t]	184	3.074	3.258
	[%]	5	8	7
Využ. jako druhot. surovin	[tis. t]	890	8.502	9.392
	[%]	23	21	21
Neohlášeno	[tis. t]	1.050	7.659	8.709
	[%]	27	19	20

Předpokládaný vývoj produkce odpadů k roku 2010 je závislý na celkovém vývoji ekonomiky, i když některé zkušenosti vyspělých zemí z posledních let naznačují, že tento vztah může být v jednotlivých kategoriích odpadů rozdílný. Zatímco v letech 1985 - 1995 odpovídal nárůst množství odpadů přírůstkem HDP, v následujícím období se růst produkce odpadů značně zpomalil a v posledních 2 - 3 letech je v nejvyspělejších zemích téměř nulový. Vývoj produkce odpadů je totiž závislý i na dalších faktorech, jako jsou změny v legislativě nebo změny v chování producentů odpadů. Přísnější limity emisí do ovzduší nebo vody mohou například vést k větší produkci odpadů jako produktů čistících procesů. Naopak postupný přechod na ušlechtilější paliva může mít za následek značné omezení produkce odpadů vznikajících při spalování uhlí, omezení vzniku odpadů může přinést i nový zákon o obalech a obalových odpadech. Pokles produkce odpadů z uheľných elektrárn byl téměř vyrovnán nárůstem odpadů ze stavebnictví; nárůst odpadů z průmyslu a služeb byl 1 - 4 %, množství komunálních odpadů se v období 1996 - 1997 nezvýšilo.

Pro období do roku 2010 lze předpokládat mírný nárůst v produkci komunálních odpadů, mírný pokles produkce odpadů z těžby a dolování a setrvalý stav v produkci ostatních druhů odpadů.

## 2. ZÁKLADNÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ODPADŮ

Produkované odpady, pokud by nebyly dále zpracovány, mohou způsobovat velké ekologické škody. Proto je prováděno jejich zpracování nebo likvidace, která obvykle probíhá 3 základními způsoby: energetickým využitím, skládkováním a materiálovým využitím.

## 2.1. Energetické využití odpadů

Energetickým využitím (spalováním) odpadů se rozumí použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie. Spalováním jsou likvidovány spalitelné, převážně komunální odpady. V současné době jsou v České republice v provozu celkem tři spalovny, které jsou uvedeny v tabulce číslo 3.

**Tab. 3: Přehled spaloven v ČR**

<b>Spalovna</b>	<b>Instalovaná kapacita [t/rok]</b>
Praha-Malešice	310.000
Brno	240.000
Liberec	90.000
<b>Celkem</b>	<b>640.000</b>

## 2.2. Skládkování odpadů

Skládováním odpadů se rozumí přechodné umístění odpadů, které byly soustředěny (shromážděny, sesbírány, vykoupěny) do zařízení k tomu určeného a jejich ponechání v něm. Na skládkách by měly končit pouze odpady, které obvykle nejsou jiným způsobem využitelné. Přes veškeré úsilí o prevenci a recyklaci odpadu je v členských státech EU i v ČR skládkování dosud velmi častou metodou zneškodňování zvláště u komunálních odpadů, méně časté je u odpadů nebezpečných a ostatních. Takto dochází ke skládkování i použitelných odpadů a je tak bezdůvodně zatěžováno přírodní prostředí.

Směrnice 1999/31/EC z 26. 4. 1999 o skládkách odpadu dělí skládky do tří kategorií:

- skládky nebezpečných odpadů
- skládky odpadů neklasifikovaných jako nebezpečné
- skládky inertních odpadů

V roce 1999 bylo v ČR legálně provozováno 389 skládek s celkovou projektovanou kapacitou 307.035.540 m<sup>3</sup>. Pro jednotlivé druhy skládek jsou definovány podmínky jejich provozování tak, aby nedocházelo ke zbytečným ekologickým škodám.

## 2.3. Materiálové využití odpadů

Materiálové využití odpadů je dle § 11 zákona č. 185/2001 Sb. preferovanou metodou likvidace odpadů. Materiálovým využitím odpadů se rozumí náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie. Jednou z možností materiálového využití vybraných druhů odpadů je jejich využití ve stavebnictví, kde se využívají například pro výrobu stavebních hmot a dílců. S úspěchem lze zpracovávat např. elektrárenské popílků, granulované vysokopecní a ocelárenské strusky, křemičité úlety, energo i chemosádrovec, ale také betonové recykáty apod. Poměrně značnou nevýhodou je skutečnost, že tyto látky mají často proměnlivé chemické i fázové složení, což negativně ovlivňuje možnosti jejich využití. Je možno je aplikovat například do cementů, malt, betonů, povrchových úprav, keramiky apod.

### 3. VYUŽITÍ ODPADŮ PRO VÝROBU SANAČNÍCH HMOT

V souladu se zákonem č. 185/2001 Sb. existuje snaha najít různé způsoby materiálového využití odpadů, a jednou z těchto cest je využití vybraných odpadů pro přípravu sanačních hmot.

V průběhu vývoje těchto materiálů byly vypracovány receptury správkových malt i povrchových úprav (stěrek a nátěrů), v nichž je využito odpadních hmot. Častým způsobem využití odpadů je částečná resp. úplná náhrada plniva v sanačních hmotách. Obvyklou hranicí, pokud je možná jejich aplikace aniž by došlo k podstatnému zhoršení fyzikálně mechanických parametrů nebo snížení životnosti těchto hmot, je množství do 50%. V některých případech však lze s jejich pomocí ušetřit i část pojiva – zejména cementu. Nejčastěji jsou pro tyto účely využívány popílky z klasického i fluidního spalování, odprašky z různých provozů, strusky apod.

Při vývoji jsou tyto sanační hmoty podrobovány komplexu fyzikálně – mechanických a fyzikálně – chemických zkoušek, a to jak ve stáří 28 dnů, tak i v delších časových intervalech několika let, při uložení v normálním i agresivním prostředí. Takto je ověřována jejich trvanlivost, což je vzhledem k proměnlivému chemickému i fázovému složení odpadů nezbytné.

Další součástí vývoje je ekonomické srovnání. Vzhledem k relativně nízkým cenám těchto surovin (např. popílek cca 30 – 40 Kč/t, struska cca 50 – 100 Kč/t apod.) vychází cenová kalkulace sanačních hmot s přidavkem odpadních hmot příznivěji než u hmot na bázi klasických surovin.

### 4. ZÁVĚR

Výzkumem v oblasti využití vybraných odpadních hmot do sanačních materiálů byla ověřena reálnost těchto aplikací. Při komplexních zkouškách byly prokázány dobré parametry těchto hmot, a také byla potvrzena jejich trvanlivost.

Aplikace odpadů do sanačních materiálů je výhodná z hlediska ekonomického i ekologického.

Mezi nevýhody využití odpadů patří zejména jejich proměnlivé složení, a z toho vyplývající riziko variability vlastností výsledných produktů. I přes tento nedostatek však lze aplikace odpadů do sanačních hmot považovat za výhodné.

### 5. LITERATURA

- [1] Kolektiv autorů: Výzkum a vývoj nových materiálů z odpadních surovin a zajištění jejich vyšší trvanlivosti ve stavebních konstrukcích. VUT FAST v Brně, Brno 2001. Zpráva VVZ CEZ MSM 261100008.
- [2] Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech
- [3] Informace získané z webu Českého ekologického ústavu ([www.ceu.cz](http://www.ceu.cz))
- [4] Informace získané z webu Ministerstva životního prostředí ([www.env.cz](http://www.env.cz))

*Práce byla řešena s podporou VVZ CEZ MSM 261100008 „Výzkum a vývoj nových materiálů z odpadních surovin a zajištění jejich vyšší trvanlivosti ve stavebních konstrukcích“.*

# ROZPOJOVÁNÍ BETONU A HORNIN MODULOVANÝM VODNÍM PAPSREM: LABORATORNÍ EXPERIMENTY

## DESINTEGRATION OF CONCRETE AND ROCKS BY MODULATED WATER JET: LABORATORY EXPERIMENTS

Ing. Libor Sitek, Ph.D. (1)

Ing. Josef Foldyna, CSc. (2)

Ing. Jiří Ščučka (3)

- (1) Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, tel. (069) 6979 323, fax (069) 6919 452, e-mail: sitek@ugn.cas.cz
- (2) Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, tel. (069) 6979 328, fax (069) 6919 452, e-mail: foldyna@ugn.cas.cz
- (3) Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, tel. (069) 6979 334, fax (069) 6919 452, e-mail: scucka@ugn.cas.cz

---

**Anotace:** Článek se zabývá problematikou přípravy povrchu betonu a hornin před sanací pomocí modulovaného vodního paprsku. Jsou uvedeny vybrané výsledky laboratorních zkoušek rozpojování různých druhů betonu a hornin a porovnány s výsledky rozpojování betonu a hornin kontinuálním vodním paprskem za stejných podmínek.

**Abstract:** A problem of preparation of concrete and rock surfaces before repair using modulated water jet is a subject of the paper. Selected results of laboratory tests of disintegration of various types of concrete as well as rocks are presented and compared with results of concrete and rock disintegration by means of continuous water jet under the same operating conditions.

### ÚVOD

Při přípravě povrchů betonu před sanací se u nás již několik let úspěšně využívá vysokorychlostní paprsek. Umožňuje selektivní odstraňování degradovaných vrstev betonu, které je zajištěno vhodným nastavením pracovních parametrů paprsku. Při této operaci nedochází k dynamickému zatížení konstrukce a nevznikají mikrotrhliny. Po aplikaci paprsku navíc není nutno očišťovat povrch konstrukce. V poslední době pak vodní paprsky ve stále větší míře nahrazují otryskávání abrazivy a mechanické způsoby přípravy povrchů před sanací.

Technologie vysokorychlostních vodních paprsků zaznamenala v průběhu posledních dvou desetiletí značný rozmach. Vývoj rotačních těsnění umožnil též využívání ro-

tujících paprsků jak v aplikacích objemového rozpojování a řezání hlubokých zářezů (například při těžbě okrasného kamene), tak i při sanacích. Počátkem osmdesátých let se oblast použitelnosti vysokorychlostních vodních paprsků dále rozšířila zavedením abrazivních vodních paprsků (abrazivní částice se přidávají do vysokorychlostního vodního paprsku – viz např. Foldyna & Martinec 1992), a abrazivních suspenzních paprsků (abrazivní paprsek je vytvářen přímo průtokem abrazivní suspenze tryskou – viz např. Hashish 1991). Technologie navíc umožňuje vysoký stupeň automatizace a možnost nasazení dálkově řízených jednotek.

V současné době je na trhu k dispozici celá řada systémů pro odstraňování degradovaných vrstev betonu s využitím vysokorychlostních vodních a abrazivních paprsků. Maximální pracovní tlaky se v některých aplikacích pohybují do 380 MPa, zkoušely se i paprsky generované při tlacích až 690 MPa (Raghavan & Ting 1991). V jiných aplikacích se zase používají průtoky vody desítky a někdy i stovky  $l \cdot min^{-1}$ , výkony čerpadel pak mohou dosáhnout až 400 kW.

I přes technologický pokrok dosažený v posledních letech v oblasti aplikací vysokorychlostních a abrazivních paprsků při sanacích se některé výzkumné týmy snaží o další zdokonalení této technologie tak, aby se ještě lépe přizpůsobila stále náročnějším ekologickým požadavkům, dále se zvýšila její výkonnost a její použití bylo přesto ekonomicky výhodnější. Pozornost se proto začíná soustředit na možnost využití perspektivních a energeticky méně náročných vysokorychlostních modulovaných pulzních paprsků.

## **PŘEDNOSTI PULZNÍHO PAPERKU**

Základní myšlenka pulzního paprsku vychází z faktu, že tzv. impaktní tlak generovaný dopadem čela sloupce kapaliny dosahuje hodnotu mnohonásobně vyšší než je pak hodnota tzv. stagnačního tlaku, kterým působí kontinuální sloupec kapaliny se stejnými parametry. Zesílení tlaku závisí na rychlosti šíření zvuku v kapalině a rychlosti dopadajícího sloupce (viz např. Sitek a spol. 2001). Jelikož rychlosti dopadu kontinuálních paprsků dnes běžně užívaných při sanacích nepřekračují hodnotu  $700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , z teorie vyplývá, že impaktní tlak pulzního paprsku bude nejméně 4krát vyšší než tlak stagnační za jinak stejných podmínek.

Z předchozí úvahy je tedy zřejmé, že pokud se kontinuální paprsek rozčlení na vzájemně oddělené sloupce vody, výsledný pulzní paprsek bude mít při stejných hydraulických parametrech značně vyšší výkonnost v porovnání s kontinuálním paprskem. Také další účinky vyvolané dopadem pulzního paprsku – zvýšená penetrace paprsku a únavové namáhání rozpojovaného materiálu – budou dále zvyšovat výkonnost pulzních paprsků (např. Vijay & Foldyna 1994).

V průběhu vývoje bylo vyzkoušeno několik druhů pulzních paprsků, od jednotlivých pulzů přes pulzy s nízkou frekvencí až po přerušované paprsky. Nejperspektivnějším způsobem generování pulzních paprsků z hlediska praktického využití je však v současnosti ultrazvuková modulace kontinuálního paprsku (např. Puchala & Vijay 1984). Ultrazvuková modulace paprsku je vytvářena vibrujícím hrotem ultrazvukového transformátoru rychlosti umístěného uvnitř trysky. Hrot vibruje axiálně, vibrace jsou generovány ultrazvukovým zařízením připojeným k trysce. Modulovaný paprsek se formuje do pulzů až po výstupu z trysky působením relativně malé modulace (pouze několik %) a systém pro generování modulovaného pa-

prsku tedy netrpí účinky hydraulického rázu a extrémními změnami reaktivní síly, jako některé dřívější pulzní systémy. Navíc modulace paprsku umožňuje generovat pulzní paprsek s frekvencí řádově desítky tisíc pulzů za sekundu, což významně přispívá k únavovému porušování rozpojovaného materiálu.

V roce 1994 se Ústav geoniky AV ČR v Ostravě zařadil mezi několik málo světových pracovišť zabývajících se výzkumem perspektivní oblasti pulzních vodních paprsků. V současnosti zde probíhá rozsáhlý experimentální program zaměřený na zkoumání základních fyzikálních procesů při generování pulzních paprsků a hodnocení jejich použití při řezání nejrůznějších materiálů. Mezi zkoumané materiály byly zařazeny také betony a horniny. Některé výsledky porovnávací účinnost modulovaného a kontinuálního paprsku při rozpojování betonů, pískovce a žuly jsou prezentovány v následujících kapitolách.

## **EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ**

Experimentální zařízení sestává ze zdroje vysokotlaké vody, systému modulace trysky ultrazvukem a X-Y stolu pro pohyb trysky nad vzorkem.

Jako zdroj vysokotlaké vody bylo užito plunžrové čerpadlo s průtokem vody až  $43 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a tlakem vody do 120 MPa. Hrot ultrazvukové trysky byl připojen k ultrazvukovému měniči vibrujícímu 20 kHz (maximální výkon 600 W).

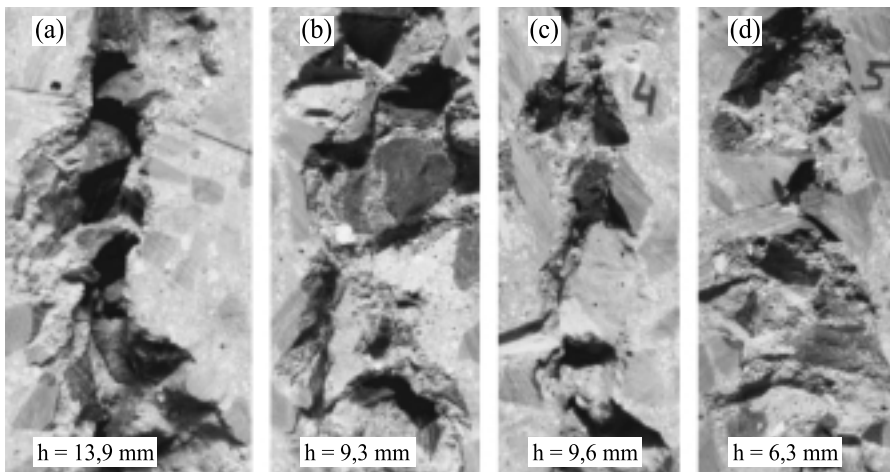
## **VÝSLEDKY A DISKUZE**

### **Rozpojování betonových vzorků**

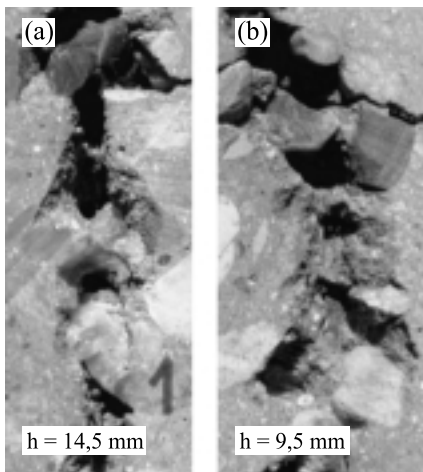
Porovnání účinků rozpojování modulovaným a kontinuálním paprskem bylo provedeno na vzorcích dvou druhů betonu lišících se druhem šterku. Vlastnosti betonů byly následující: beton 1 – cement CEM I 42,5 R, Mokrý (412 kg); písek 0 – 4 mm, Žabčice (780 kg); kamenivo 8 – 16 mm, amfibolit Želešice (1020 kg); voda 210 kg; hustota  $2526 \text{ kg/m}^3$ ; pevnost v tlaku 37,3 MPa; beton 2 - cement CEM I 42,5 R, Mokrý (412 kg); písek 0 – 4 mm, Žabčice (780 kg); kamenivo 8 – 16 mm, kopaný písek Žabčice (1020 kg); voda 210 kg; hustota  $2367 \text{ kg/m}^3$ ; pevnost v tlaku 28,0 MPa.

Byla použita tryska o výstupním průměru 1,98 mm, tlak vody na vstupu do trysky byl udržován na hodnotě 40 MPa, ultrazvukový výkon byl ve všech případech 600 W. Z vyhodnocení zkoušek zaměřených na měření silových účinků paprsku na rozpojovaný materiál (Foldyna a spol. 2001) vyplynulo, že optimální vzdálenost vzorku od trysky bude při daných parametrech modulovaného paprsku 140 mm. Při zkouškách na betonu 1 byly testovány dvě řezné rychlosti: 2 a  $5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , u betonu 2 byla řezná rychlost  $2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Při stejných parametrech byly na vzorcích obou druhů betonu provedeny také zkoušky s běžnou tryskou pro generování kontinuálního paprsku a porovnány s výsledky rozpojování modulovaným paprskem. Jako vztažný parametr k porovnání výkonnosti obou způsobů rozpojování byla stanovena průměrná hloubka řezu (úběru) materiálu.

Výsledky ukazují obr. 1 a 2. Modulovaný i kontinuální paprsek vytvářejí v obou typech betonu drážky nepravidelné šířky a hloubky, jež jsou vytvářeny především vytrháváním kousků cementu kolem větších zrn šterku. Drážky vytvořené působením mo-



Obr. 1: Beton 1 rozpojený modulovaným (a, c) a kontinuálním (b, d) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 2 m.min<sup>-1</sup> (a, b) a 5 m.min<sup>-1</sup> (c, d), vzdálenost od trysky 140 mm



Obr. 2: Beton 2 rozpojený modulovaným (a) a kontinuálním (b) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 2 m.min<sup>-1</sup>, vzdálenost od trysky 140 mm

dulovaného paprsku však mají členitější dno drážky, zvláště při větších rychlostech rozpojování (viz obr. 1c a 1d).

Průměrná hloubka řezu při použití modulovaného paprsku je ve všech případech asi o 50% větší v porovnání s kontinuálním paprskem stejných parametrů. Ukazuje se, že výkonost modulovaného paprsku při rozpojování může být ještě zvýšena, zejména pak optimálním nastavením parametrů paprsku, jako je např. tlak vody či řezná rychlost.

Jedním z kritérií hodnocení kvality povrchu betonu před nanesením sanačních hmot je geometrie upraveného povrchu. Pro zajištění dobré soudržnosti nově aplikovaných správkových materiálů se starým podkladním materiálem je vhodné, aby nově vytvořený povrch byl dostatečně členitý a odstranění degradovaného betonu bylo selektivní. Vzhledem k větší členitosti dna drážky po rozpojování se jeví modulo-

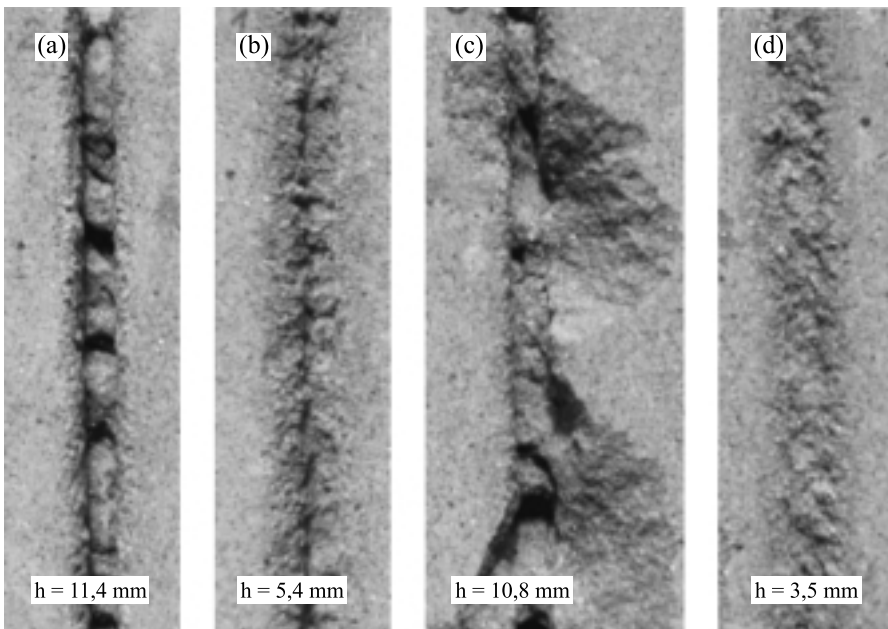
vaný paprsek výhodnější než paprsek kontinuální. Je to způsobeno zejména pulzním zatěžováním povrchu betonu, kdy dochází k snadnějšímu porušení v mikroobjemech degradované vrstvy vlivem několikanásobně nižší pevnosti v tahu u křehkých materiálů (beton, horniny apod.).

## ROZPOJOVÁNÍ HORNINOVÝCH VZORKŮ

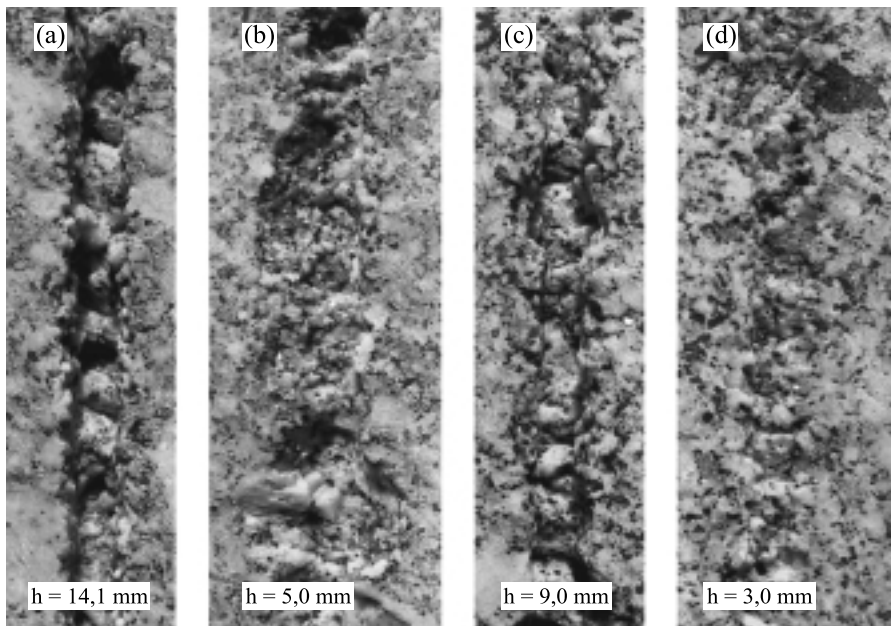
Výraznější rozdíly mezi účinky modulovaného a kontinuálního paprsku lze pozorovat u homogennějších křehkých materiálů jako jsou jemnozrnné betony, pískovce, žuly apod., které při laboratorních zkouškách dostatečně eliminují vliv nehomogenity rozpojovaného materiálu a zachycují lépe vlivy paprsku. Jako zkušební vzorky homogenních horninových materiálů byly vybrány středně zrnitý pískovec z lokality Řeka a středně zrnitá žula z lokality Žulová. Fyzikální vlastnosti testovaných hornin byly následující: pískovec – pevnost v tlaku 115 MPa, pevnost v tahu 5,8 MPa, Youngův modul 19,7 GPa, hustota 2652 kg.m<sup>-3</sup>, měrná hmotnost 2495 kg.m<sup>-3</sup>, porozita 5,8%; žula – pevnost v tlaku 144,5 MPa, pevnost v tahu 11,3 MPa, Youngův modul 45 GPa, hustota 2648 kg.m<sup>-3</sup>, měrná hmotnost 2610 kg.m<sup>-3</sup>, porozita 1,41%.

Opět byla použita tryska o výstupním průměru 1,98 mm, tlak vody na vstupu do trysky byl 40 MPa, vzdálenost vzorku od trysky 140 mm a ultrazvukový výkon 600 W. Pískovec byl řezán rychlostmi 0,10 a 0,25 m.min<sup>-1</sup> a žula rychlostmi 0,5 a 1,0 m.min<sup>-1</sup>. Při stejných parametrech byly na vzorcích opět provedeny také zkoušky s běžnou tryskou pro generování kontinuálního paprsku a porovnány s výsledky rozpojování modulovaným paprskem.

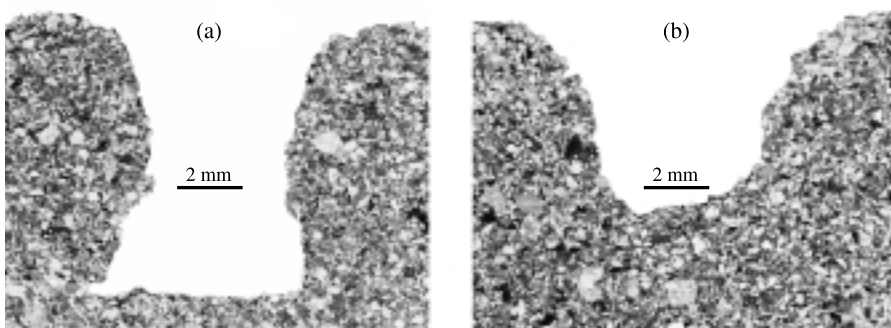
Výsledky v grafické formě jsou prezentovány na obr. 3 pro pískovec a na obr. 4 pro žulu. Drážky v horninách jsou pravidelnější v porovnání s drážkami v betonu, modulovaný paprsek však opět vytváří členitější dno drážky. Příčný průřez drážky vytvořené



Obr. 3: Pískovec rozpojený modulovaným (a, c) a kontinuálním (b, d) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 0,1 m.min<sup>-1</sup> (a, b) a 0,25 m.min<sup>-1</sup> (c, d), vzdálenost od trysky 140 mm

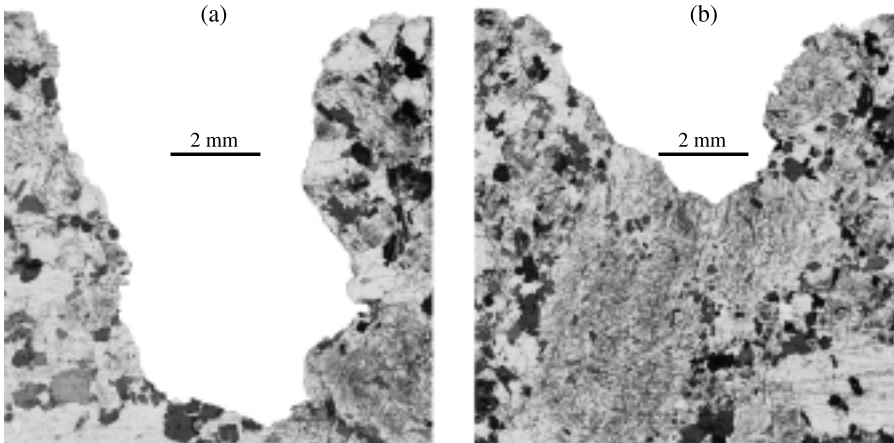


Obr. 4: Žula rozpojená modulovaným (a, c) a kontinuálním (b, d) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 0,5 m.min<sup>-1</sup> (a, b) a 1 m.min<sup>-1</sup> (c, d), vzdálenost od trysky 140 mm



Obr. 5: Příčný řez drážkou v pískovci rozpojeném modulovaným (a) a kontinuálním (b) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 0,1 m.min<sup>-1</sup>, vzdálenost od trysky 140 mm

modulovaným paprskem pak ukazuje na rozšiřující se dno (obr. 5 a 6), což může být výhodou při aplikaci sanačních hmot na upravený povrch. Průměrné hloubky řezu dosažené při použití modulovaného paprsku jsou 2 až 3krát větší u pískovce a 2,8 až 3krát větší u žuly v porovnání s drážkami provedenými kontinuálním paprskem.



Obr. 6: Příčný řez drážkou v žule rozpojené modulovaným (a) a kontinuálním (b) paprskem. Podmínky zkoušky: tlak vody 40 MPa, průměr trysky 1,98 mm, řezná rychlost 0,5 m.min<sup>-1</sup>, vzdálenost od trysky 140 mm

## ZÁVĚR

Provedené experimenty při řezání různých materiálů jednoznačně potvrdily teoretický předpoklad, že modulovaný paprsek se až do určité vzdálenosti od trysky chová jako paprsek kontinuální. Jakmile však dosáhne tzv. rozpadovou délku paprsku, kdy se kontinuální paprsek rozčlení na jednotlivé shluky kapaliny, jeho výkonnost se dramaticky zvýší právě v důsledku uplatnění vlivu impaktního tlaku generovaného dopadem jednotlivých shluků vody.

Při rozpojování betonů bylo dosaženo asi o 50% větší průměrné hloubky řezu při použití modulovaného paprsku v porovnání s kontinuálním paprskem stejných parametrů. Ještě většího rozdílu v hloubce bylo dosaženo při rozpojování hornin, kdy se při použití modulovaného paprsku dosáhlo 2-3krát větší průměrné hloubky řezu. Autoři nicméně věří, že výkonnost modulovaného paprsku při rozpojování může být ještě zvýšena, zejména pak optimálním nastavením parametrů paprsku, jako je např. tlak vody či řezná rychlost.

Povrch materiálů upravený modulovaným pulzním paprskem je členitější v porovnání s povrchem upraveným kontinuálním paprskem, což bude mít výhodu při sanacích konstrukcí z důvodu lepší přilnavosti nově nanesených sanačních hmot na takto upravený povrch.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkumná práce v oblasti vysokorychlostních pulzních paprsků byla usku-  
tečněna v rámci projektů GA AVČR (reg. č. A2086001) a GA ČR (reg. č. 105/00/0235).

## LITERATURA

- [1] Foldyna, J., Jekl, P., Sitek, L. Possibilities of utilization of modulated jets in rock cutting. Proc. of the 1st Int. Conf. Mining Techniques 2001, Filipowicz, Feliks (eds.), AGH, p. 85 – 96, 2001.
- [2] Foldyna, J., Martinec, P. Abrasive material in the process of AWJ cutting. In: Jet Cutting Technology (Proceedings of the 11th International Conference on Jet Cutting Technology, 8-10 September 1992, St. Andrews, Scotland). A. Lichtarowicz (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands: 135-147, 1992.
- [3] Hashish, M. Abrasive-fluid machining systems: Entrainment versus direct pumping. In: Jet Cutting Technology (Proceedings of the 10th International Symposium Amsterdam, Netherlands, 31 October-1 November 1990). D. Saunders (ed.), Elsevier Science Publishers Ltd., London, 1991.
- [4] Puchala, R.J., and Vijay, M.M. Study of an ultrasonically generated cavitating or interrupted jet: Aspects of design. Proceedings of 7th International Symposium on Jet Cutting Technology, Paper B2: pp 69-82, Ottawa, Canada, 1984.
- [5] Raghavan, C., Ting, E. Hyper pressure waterjet cutting of thin sheet metal. Proceedings of the 6th American Water Jet Conference, pp. 493-504, Water Jet Technology Association (WJTA), St. Louis, USA, 1991.
- [6] Sitek, L., Foldyna, J., Nováková, D. Využití modulovaných vodních paprsků v aplikacích čištění a odstraňování povrchových vrstev. Sborník přednášek XI. mezin. Symposia Sanace 2001. SSBK Brno, p. 397 – 405, 2001.
- [7] Vijay, M.M., and Foldyna, J. Ultrasonically Modulated Pulsed Jets: Basic Study. In: 12th International Conference on Jet Cutting Technology, pp 15-35, N. G. Allen, Editor, BHR Group Conference Series, Publication No. 13, Mechanical Engineering Publications Limited, London, 1994.