



▲ Obr. 1 Rozsah havárie

## Havárie kanalizační stoky na Pražském hradě



Ing. Michal Sedláček, Ph.D.

Vystudoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor konstrukce a dopravní stavby. V současné době působí jako projektant ve firmě KO-KA s.r.o. Je autorizovaným inženýrem pro geotechniku, statiku a dynamiku staveb.

Spoluautor: Ing. Jan Řehoř, KO-KA s.r.o.

Článek je zaměřen na sanaci havárie kanalizační stoky, která se nachází ve svahu se sklonem 31°. Sklon nivelety potrubí je v tomto úseku 600 ‰. Původní technické řešení, skluz, se ukázalo jako nevyhovující, a proto bylo nahrazeno spadištěm a odtokovou stokou.

### Vznik havárie

Počátkem června 2018 zasáhla Prahu silná bouřka. Na Pražském hradě v místě Jeleního příkopu se vyvrátily vzrostlé stromy, čímž byla poškozena kanalizační stoka uložená mělce pod terénem v prudkém svahu. Po zvodnění narušeného svahu vlivem srážek a odpadní vody z poškozené kanalizační stoky došlo ke ztrátě stability svahu a jeho následnému sesuvu. Důsledkem svahového pohybu byl totální kolaps kanalizační kameninové stoky DN 500.

### Koncept řešení

Pro okamžitou funkční zprovoznění kanalizační stoky byla provedena provizorní

sanace, která spočívala v uložení nového potrubí PVC DN 500 a jeho stabilizaci ve svahu stříkaným betonem.

Stávající vodohospodářská koncepce překonání výškového rozdílu skluzem byla nevyhovující zejména z následujících dále popsaných důvodů. Sklon stoky v místě svahu je 600 ‰ a kapacitní rychlost proudění v odpadním potrubí je 14 m/s (50 km/h). Městské standardy hlavního města Prahy připouštějí ve zcela výjimečných a odůvodněných případech maximální průtočnou rychlost 10 m/s (36 km/h). V úsecích, kde je překročena maximální povolená rychlost, se má navrhnout spadiště. Současně se doporučuje minimalizovat počet spadišť a preferovat jedno hlubší spadiště oproti většímu počtu mělčích spadišť v kaskádě. Na základě výše uvedeného bylo rozhodnuto o výstavbě jednoho spadiště a odtokové stoky.

### Spadiště

Spadiště je navrženo v místě stávající revizní šachty RŠ1, nacházející se na horní hraně Jeleního příkopu. Nátok do spadiště je stávající zděnou stokou vejčitého profilu 600/1 100, která odvodňuje Hradčanské náměstí a přilehlé ulice směrem přes zahradu Na Baště do Jeleního příkopu. Pro spadiště s nízkým spádem ( $H < 10$  m) se doporučuje použít typového řešení podle městských standardů vodovodů a kanalizací na území hlavního města Prahy. V našem případě však výškový spád činí 15 m. Technické řešení takového spadiště s vysokým spádem je vždy nutné řešit individuálně s ohledem na požadavky investora, provozovatele a místní poměry.

Navržené spadiště lze rozdělit na nátokovou část, spadišťový prostor a uklidňovací prostor. V nátokové části je pro potřeby revidovatelnosti spadiště navrženo svislé „manipulační“ obtokové potrubí DN 300, které lze využít při zahrazení stoky na nátok. Spadiště nemá, po dohodě s provozovatelem, trvalé funkční obtokové potrubí, tzn. splaškový i dešťový průtok je sveden do společného spadišťového prostoru, jenž má čtvercový půdorys o světlych rozměrech 1,0 × 1,0 m a je z opracovaného kamene. Po celé výšce spadišťového prostoru vyčnívají ze stěn opracované kameny – rozražeče, které mají za úkol tlumit kinetickou energii vody. Ve spodní části spadišťové šachty se nachází uklidňovací prostor šířky 1,0 m, výšky 2,0 m a délky 4,0 m. Pro zajištění cirkulace vzduchu a zabránění kavitace (pulsování) je horní část

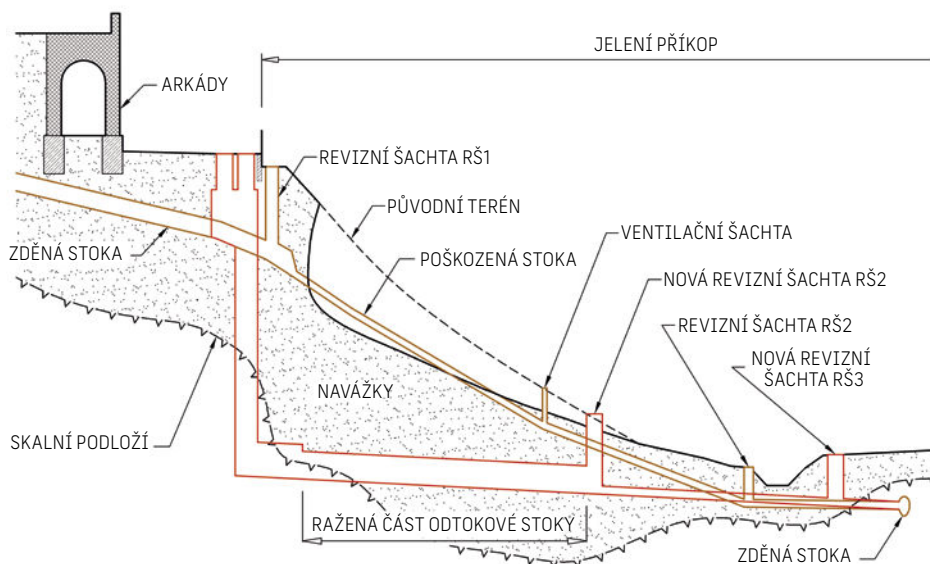
spadišťové šachty propojena s ukliďňovacím prostorem zavzdušňovacím potrubím DN 200. Je třeba uvést, že na tento prvek se v minulosti při návrhu spadiště často zapomínalo. Na základě zkušeností získaných při provozování spadišť lze konstatovat, že pulzace vody při nezavzdušnění dolní části spadiště a při větších průtocích může vést k poškození spadiště. V optimálním případě je vzduch přiveden z úrovně terénu, vzhledem k prostředí Pražského hradu však toto řešení nebylo možné, a proto byl zvolen výše uvedený způsob cirkulace. Celková hloubka šachty pro spadiště činí 21,5 m, měřeno od vstupního poklopu po základovou spáru.

## Odtoková stoka

První část odtokové stoky je navržena v ražbě, jedná se o úsek mezi spadištěm a novou revizní šachtou RŠ2. Stoka je v tomto úseku zděná, z kanalizačních kyselinovzdorných cihel, dno stoky tvoří čedičový žlab. V příčném řezu má stoka vejčitý profil 1 000/1 750 a je navržena jako průchozí pro potřeby revidovatelnosti spodní části spadiště. Délka ražené části stoky je 19,5 m. Druhá část odtokové stoky je navržena v otevřeném výkopu, jedná se o úsek mezi novou revizní šachtou RŠ2 a zaústěním do stávající zděné stoky vejčitého profilu 700/1 250. V tomto úseku je odtoková stoka tvořena z čedičového potrubí DN 500. V této části se také nachází nová revizní šachta RŠ3, od níž je potrubí vedeno ve směrovém oblouku, aby bylo možné napojení do stávající zděné stoky prostřednictvím spojné komory. Délka druhé části odtokové stoky činí 20,5 m.

## Geologické a hydrogeologické poměry

Geologické prostředí v místě poškozené stoky je tvořeno zejména antropogenními navážkami, které dosahují mocnosti až 15 m. Litologický charakter navážek je



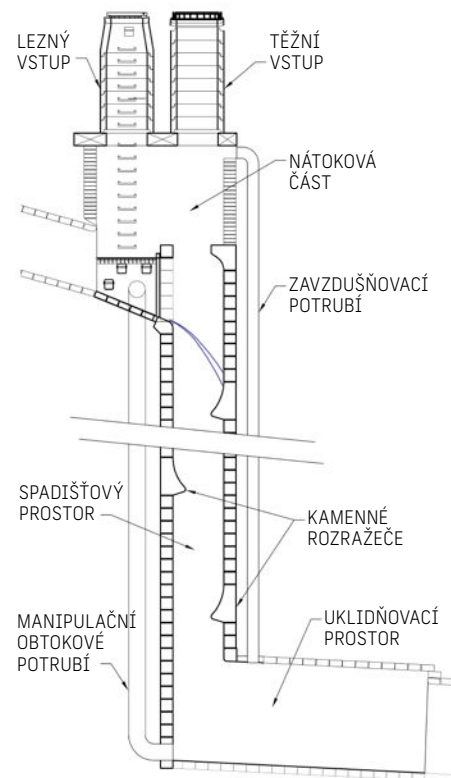
▲ Obr. 2 Podélný profil

značně proměnlivý, v převážné části se jedná o kamenito-hlinitý charakter. Štěrkovou složku tvoří především kusy opuk, křemenců, ale i cihel a keramických fragmentů potrubí. Charakter hlinité složky je výrazně mazlavý. Ve svrchní části převládají navážky s větším či menším podílem organické složky.

Z hydrogeologického hlediska představuje Jelení příkop lokální přirozený drén podzemních vod do toku Brusnice. V místě zkoumané stoky se hladina podzemní vody pohybuje do 2,5 m pod terénem. Směrem do svahu se však hladina pohybuje výrazně ve větších hloubkách, přes 17 m. Propustnost je v případě sedimentů průlinová, v prostoru pod Jízdárnou Pražského hradu a ve svahu je však voda vázána na puklinové prostředí letenského souvrství.

## Technologie výstavby

Hloubení šachty pro spadiště i ražba štol pro odtokovou stoku probíhalo hornickým způsobem. V místě budoucího spadiště



▲ Obr. 3 Schéma spadiště



▲ Obr. 4 Hloubení spadišťové šachty



▲ Obr. 5 Obtokové potrubí



▲ Obr. 6 Spadištvý prostor

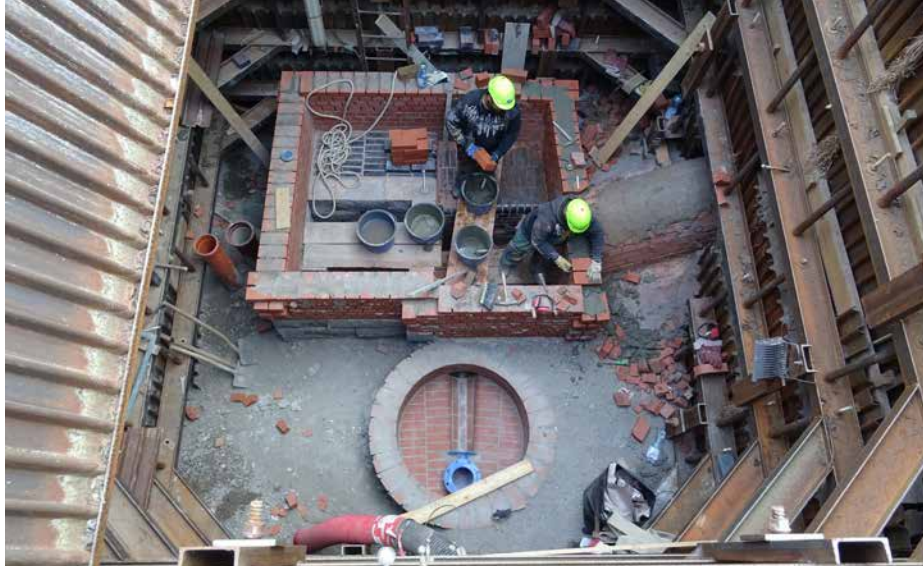
se vyhloubila šachta s obdélníkovým půdorysem o rozměrech 5,2 × 5,0 m. Od hloubky 6,38 m byla šachta zmenšena na profil 3,4 × 3,0 m. Celková hloubka šachty je 21,5 m. Do hloubky 6,38 m byla šachta zajištěna zavěšenými rámy z ocelových válcovaných profilů IPN 200, ocel S235. Od hloubky 6,38 m šachtu zajistila ocelová důlní výztuž korýtkového typu, profilu K21.

Jelikož se šachta nacházela ve svahu, působil na ni zemní tlak pouze ze tří stran. Z tohoto důvodu bylo nutné zajistit její stabilitu proti „vysunutí“ směrem do Jeleního příkopu. Šachta byla ukotvena injekčními zavrtávacími tyčemi TITAN 40/20 délky 6,0 m, sklonu 15°.

Rážba štolky pro odtokovou stoku měla v příčném řezu lichoběžníkový tvar, svislé rámy byly navrženy z ocelové důlní výztuže korýtkového typu, profilu K21. Vzdálenost ráků činila 0,8 m, stojky ráků byly osazeny do příčných prahů z ocelových válcovaných profilů IPN 160, oceli S235. V koncovém úseku rážby musela být prováděna stabilizující injektaž předpolí, neboť zeminy v nadloží byly značně nasyceny vodou a hrozilo reálné nebezpečí závalu z lokální zvodně.



▲ Obr. 8 Nátok spadiště



▲ Obr. 7 Horní část spadištvé šachty

## Závěr

Nelze opomenout jeden aspekt „netechnického charakteru“, který výstavbu komplikoval. Z důvodu umístění stavby v areálu Pražského hradu podléhaly veškeré stavební práce přísným bezpečnostním opatřením. Na staveništi byla trvale přítomna hlídka Hradní stráže ozbrojená samopalem, která nepustila na staveniště nikoho bez příslušného průkazu s oprávněním. Žádný odchod pracovníků na svačinu se neobešel bez důkladné kontroly detektory. Na stavbu nemohlo přijet žádné vozidlo bez předchozího nahlášení. Jakákoliv

společenská událost na Pražském hradě pak znamenala automaticky přerušeni výstavby. ■

### Identifikační údaje o stavbě

**Stavba:** Havárie stoky DN 500, Praha 1 – Hradčany

**Investor:** Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

**Návrh:** KO-KA s.r.o.

**Zhotovitel:** Čermák a Hrachovec a.s.

**Doba výstavby:** 9/2019–11/2020

**Náklady:** 29 000 000 Kč bez DPH

### Zdroje:

[1] Projektová dokumentace Havárie stoky DN 500, Praha 1 – Hradčany

### ENGLISH SYNOPSIS

#### Sewage Drain Collapse at Prague Castle

At the beginning of June 2018, a strong storm hit Prague. At Prague Castle, in the area of the Jelení příkop Ditch, mature trees uprooted, damaging a sewage drain buried shallowly under the ground on a steep slope. Waterlogging of the disturbed slope due to rainfall and waste water from the damaged sewer resulted in the lost stability of the slope and its subsequent collapse. The slope movement led to the total collapse of the DN 500 stone sewer. The sewer was reconstructed under strict safety measures – as a technical solution, a drop manhole and a drainage channel was chosen.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** havárie, stoky, spadiště, kanalizace

**KEYWORDS:** collapses, sewers, drop manholes, sewer systems



▲ Obr. 9 Ražená část odtokové stoky