



**NOVÁKOVÝCH 6, PRAHA 8, 180 00**

266310101, 266316273

[www.průzkum.cz](http://www.průzkum.cz)

*e-mail: [kucera@průzkum.cz](mailto:kucera@průzkum.cz)*

## **HRACHOLUSKY**

### **Přestavba areálu VD Hracholusky**

***Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum***  
***Posouzení podmínek vsakování srážkových vod***

Mgr. Jan Kučera, Ph.D., RNDr. David Štorek



**Objednatel:** Povodí Vltavy, státní podnik

Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 - Smíchov

**Praha, srpen 2017**

## OBSAH

1. Úvod. Zadání, cíle, rozsah a metodika průzkumu .....	3
2. Přírodní charakteristika zájmové oblasti .....	4
3. Geologické poměry zájmového území .....	5
3.1. Horninové podloží – svrchní proterozoikum .....	5
3.2. Zeminy kvartérního pokryvu.....	6
4. Hydrogeologické poměry .....	7
5. Hydrogeologický průzkum pro ověření vsakovacích poměrů území.....	8
5.1. Hydrodynamické nálevové zkoušky, realizace a vyhodnocení .....	8
5.2. Zhodnocení podmínek likvidace srážkových vod vsakováním do geologického prostředí ..	9
6. Geotechnické vlastnosti a zatřídění zemin a hornin .....	11
7. Závěrečné inženýrskogeologické hodnocení .....	12
7.1. Hodnocení základových poměrů.....	12
7.2. Založení komunikací a parkovacích ploch .....	13
7.3. Zemní práce .....	14
7.4. Zajištění stavební jámy .....	15
7.5. Použitelnost výkopku do zpětných zásypů a násypů .....	15

## PŘÍLOHY

- č. 1. Přehledná situace v měřítku 1 : 10 000
- č. 2. **Situace zájmového území v měřítku 1 : 200**
- č. 3.1 Geologický řez A-A' v měřítku 1 : 200/100
- č. 3.2 Geologický řez B-B' v měřítku 1 : 200/100
- č. 4. Dokumentace průzkumných sond
- č. 5. Vyhodnocení vsakovacích zkoušek
- č. 6. Fotodokumentace terénních prací

## 1. Úvod. Zadání, cíle, rozsah a metodika průzkumu

Na základě objednávky státního podniku Povodí Vltavy jsme zpracovali inženýrsko-geologický průzkum pro projektovanou přestavbu provozního areálu u VD Hracholusky a hydrogeologický průzkum pro ověření možnosti vsakování srážkových vod akumulovaných na zpevněných plochách a střechách.

Zájmové území se nachází v obci Úlice v katastrálním území Hracholusky nade Mží (viz Příloha č. 1). Předmětné staveniště leží na parcelách č. 234/38, 242/3, 242/4 a st. 114, které jsou situované jihozápadně od hráze přehrady Hracholusky. V současné době je v místě projektované výstavby situován přízemní provozní objekt hrázného Povodí Vltavy a přilehlý sklad. Obě tyto budovy budou během výstavby zbourány. Okolní pozemek má charakter zahrady porostlé trávou a řadou stromů. V severovýchodní části území je situovaný dvoupodlažní objekt – dům hrázného, na jehož zahradě jsou situovány stávající vsakovací objekty. Areál je přístupný po asfaltové komunikaci vedoucí k hrázi vodního díla Hracholusky.

Projektovaná novostavba provozního objektu hrázného Povodí Vltavy má obdélníkový tvar o rozměrech 35,65 x 13,10 m, s delším rozměrem ve směru severozápad – jihovýchod, tj. paralelně s místní komunikací. Stavba je konstrukčně koncipována jako podsklepená dvoupodlažní budova s jedním podzemním a jedním nadzemním podlažím. Podle dodaných podkladů je  $\pm 0,00$  objektu (podlaha 1. PP) situována ve výškové úrovni 361,30 m n. m. Jihozápadně od projektovaného objektu je situováno kruhové parkoviště.

Objednatel průzkumu předal pro účely vypracování tohoto posudku následující podklady:

- situaci zájmového území s polohopisem a výškopisem v měřítku 1:200
- koordinační situaci v měřítku 1:200

Před zahájením průzkumu byla zhodnocena dostupná archivní dokumentace z České geologické služby – Geofondu Praha. S ohledem na detailní prozkoumanost provedenou novými jádrovými vrty nebyly archivní sondy použity pro konstrukci vrtů. Převzat byl pouze profil šachty č. 10 situovaný v blízkosti projektovaného vsakovacího objektu (viz příloha č. 4).

Seznam prostudované archivní dokumentace:

Jarolímek L. (1958): Zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu pro vodní dílo na Mži u Hracholusk, MS Ústav Stavební geologie Praha. MS Geofond Praha, P010960.

Jarolímek L., Jonáš J. (1960): Zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu pro zadávací projekt pro vodní dílo na Mži u Hracholusk, MS Ústav Stavební geologie Praha. MS Geofond Praha, P014752.

Beneš J. (1988): Zpráva o základových poměrech staveniště stožáru VKV u údolní nádrže Hracholusky, okres Plzeň - sever, MS Stavoprojekt Plzeň. MS Geofond Praha, P063083.

Terénní inženýrskogeologický průzkum byl proveden pěti jádrovými vrtly J1-J5 a pro potřeby posouzení vsakovacích poměrů lokality byl proveden ještě mělčí jádrový vrt J6 v určené části zájmového území. S ohledem na velmi slabou průlinovou propustnost zemin ve vrtu J6, byla provedena další nálevová zkouška ve vrtu J1. Hloubky nově vrtaných IG sond byly 2 až 5 metrů a vždy bylo dosaženo břidličného podloží. Vrtné práce pro nás v subdodávce provedla firma Aquabo jádrovou vrtnou soupravou UGB 1VS (vrtmistr V. Hruška). Pro potřeby hydrogeologického posouzení vsakovacích poměrů lokality byly ve vrtech J1 a J6 realizovány nálevové vsakovací zkoušky. Průběhy nálevových zkoušek jsou zřejmé z přílohy č. 5.

Podle nově provedených průzkumných vrtů bylo možné sestavit dva geologické řezy (přílohy č. 3.1 a 3.2), které názorně představují místní geologickou stavbu. Do řezů je schematicky zanesen navrhovaný stavební objekt (výšková úroveň podlahy 1.PP), aby bylo možno rovněž přehledně posoudit základové poměry tohoto objektu pod úrovní stavebního výkopu.

## 2. Přírodní charakteristika zájmové oblasti

Podle **klimatické rajonizace** (Quitt, 1971) spadá zájmové území do mírně teplé klimatické oblasti MT11, která se vyznačuje dlouhým teplým a suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Mírně teplá klimatická oblast je charakterizována srážkovými úhrny 550-650 mm a průměrnou roční teplotou 8,5°C.

**Geomorfologicky** je zájmová oblast součástí České vysočiny, Poberounská subprovincie, oblast Plzeňská pahorkatina, celek Plaská pahorkatina, podcelek Stříbrská pahorkatina a okrsek Svojšínská vrchovina. Zájmový pozemek navrhované stavby je v jižní části území mírně ukloněný směrem k severovýchodu. V severní části území je pak situován strmý zářez ve svahu, který se svažuje k severovýchodu k místní komunikaci vedoucí k hrázi vodního díla. Nadmořská výška v ploše projektovaného objektu a kruhového parkoviště se pohybuje mezi 360,60 až 368,30 m. V místě projektovaného vsakovacího objektu se svah uklání rovněž k severovýchodu směrem k toku řeky Mže pod hrází přehrady. Nejnížší část území se zde nachází v nadmořské výšce 354,84 m.

Z **hydrologického hlediska** se zájmové území nachází na svahu uklánějícímu se k vodnímu dílu Hracholusky, které je situováno ve vzdálenosti cca 60 metrů směrem k severovýchodu. Zájmové území je možno zařadit do hlavního povodí 1-12-01 (povodí Mže po soutok s Radbuzou), konkrétní číslo hydrologického pořadí lokality je možno označit jako 1-10-01-174 – povodí Mže.

**Hydrogeologický rajón** – ve smyslu Vyhlášky č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod je možno zájmové území začlenit do rajónu 6221 – Krystalinikum v mezipovodí Mže pod Stříbrem. Toto vymezení souvisí s místní geologickou predispozicí, která je dále specifikována v textu posudku.

**Vodohospodářsky chráněná území, ochranná pásma** – v daném území nejsou stanovena žádná ochranná pásma vodních zdrojů a nenachází se zde ani případné pásmo ochrany přírodních léčivých zdrojů nebo zdrojů minerálních vod.

### 3. Geologické poměry zájmového území

#### 3.1. Horninové podloží – svrchní proterozoikum

Z regionálně geologického hlediska spadá zájmové území do základní jednotky svrchního proterozoika Barrandienu. Skalní podloží je budováno flyšoidním sedimentárním komplexem hornin tzv. **kralupsko-zbraslavské skupiny** (blovicekého souvrství), která představuje nejstarší stratigrafický oddíl barrandienského svrchního proterozoika. Litologicky jsou zastoupeny zejména fylitické břidlice s polohami fylitických drob. V rámci zkoumaného území jsou jednoznačně dominantním horninovým typem fylitické břidlice s tence až středně deskovitou foliací. Tektonické porušení skalního masívu není v zájmové oblasti příliš intenzivní. Vrásnění proterozoika (kadomská orogeneze) bylo v dané oblasti mírné, často jen s nevelkým zvlněním vrstev. Místy jsou přítomny drobné žilky sekrečního křemene o mocnosti 0,1 až 1 cm, max. až 4 cm. Horniny byly postiženy slabou regionální metamorfózou. Vrstevnatost je orientována ve směru SZ – JV s úklonem 80° k severovýchodu. Povrch horninového masívu se vyskytuje v hloubce 0,05 – 1,00 m pod povrchem terénu.

Z hlediska stupně zvětrání jsme připovrchovou část horninového masívu v dosahu provedených průzkumných sond (tj. do hloubky limitně 5 metrů) účelově rozdělili do dvou kvalitativních skupin (zvětralinových zón):

##### **a) mírně zvětralé fylitické břidlice – geotechnický typ GT4**

Svrchní zvětralinovou zónu zastupují mírně zvětralé nahnědlé šedé až šedé fylitizované břidlice. Horniny jsou převážně velmi tence vrstevnaté, ploše úlomkovitě až kusovitě rozpadavé (o velikosti 2 – 10 cm, max. 15 cm). Na vrstevních plochách a puklinách jsou místy limonitizované, lokálně až hojně limonitizované. V ruce jsou převážně obtížně lámatelné až nelámatelné. V této zóně je horninový masív silně připovrchově rozpukáný až rozvolněný - střední hustota diskontinuit je zde velmi velká až velká. Mocnost zóny mírně zvětralých, rozvolněných hornin se pohybuje mezi 0,50 až 2,05 m. Povrch této zvětralinové zóny se v severní zářezové části území nachází v hloubce 0,05 až 0,40 m pod úrovní terénu. V jižní výše položené části území se

povrch hornin GT4 nachází v hloubce 0,80 až 1,00 m pod úrovní terénu. Zatřídění dle ČSN P 73 1005 odpovídá převážně třídě **R4**.

### **b) slabě zvětralé fylitické břidlice – geotechnický typ GT5**

Spodní zvětralinovou zónu zastupují slabě zvětralé, nazelenale šedé fylitizované břidlice. Horniny jsou tence až středně vrstevnaté, hrubě úlomkovitě až kusovitě rozpadavé (o velikosti 6 až více než 22 cm). Na vrstevních plochách a puklinách jsou ojediněle limonitizované, lokálně až hojně limonitizované. Horniny typu GT5 jsou v ruce nelámatelné, kladivem pak rozpojitelné několika údery. Horninový masív již nabývá masivnějšího charakteru, střední hustota diskontinuit je zde velká až střední. Povrch této zóny v severní zářezové části území se nachází v hloubce 0,55 až 2,45 m pod povrchem terénu. V jižní výše položené části území se povrch hornin GT5 nachází v hloubce 2,65 až 3,00 m pod úrovní terénu. Báze slabě zvětralých hornin nebyla do hloubky 5 m zastižena. Zatřídění dle ČSN P 73 1005 odpovídá pevnostní třídě **R3**.

## **3.2. Zeminy kvartérního pokryvu**

Proterozoické horniny jsou v zájmovém prostoru navrhované výstavby celoplošně zakryty mělkými kvartérními pokryvnými zeminami, jejichž celková mocnost se tu pohybuje mezi 0,05 až 1,00 m. Mocnost kvartérních uloženin je nejnižší v severní části území (v místě vrtu J1), v zářezu místní silnice vedoucí k hrázy přehrady. Pokryvné útvary jsou zastoupeny navážkami, kulturními vrstvami půdy a deluviálními sedimenty.

V prostoru stávajících zasakovacích objektů a tedy v místě i nové sondy J6 je situace zcela odlišná a podle údajů archivní sondy – šachtice č.10 – je mocnost kvartérních uloženin zhruba 10 metrů.

Svrchní patro kvartérních sedimentů představují mimo antropogenně dotčené sektory **kulturní vrstvy půdy (ornice)**. Ty jsou reprezentovány 0,05 až 0,20 m mocnou vrstvou světle až tmavě hnědých humózních, písčitých hlín pevné konzistence. Tyto humózní vrstvy nezařazujeme do žádného geotechnického typu, při stavbě budou sejmuty v rámci skrývky ornice.

**Navážky (antropogenní sedimenty, geotechnický typ GT1)** byly zastiženy ve svrchním patře kvartérních sedimentů zejména v místě vsakovacího vrtu J6 a v jižní části území v místě vrtů J4 a J5. Jedná se o světle hnědé, žlutohnědé, ojediněle až načervenalé a černošedé písčité hlíny a slabě zahliněné jemně až hrubě zrnité písky. Konzistence písčitých hlín je pevná. Navážky obsahují úlomky a valouny hornin a křemene a ojedinělých černých uhlíků o velikosti 1 až 4 cm, max. 10 cm. V místě vrtu J6 se vyskytuje na bázi navážek 6 cm mocná poloha škváry. Zastoupení štěrkovité frakce se pohybuje mezi 0 až 20%. Podle ČSN P 73 1005 lze klasifikovat dané zeminy třídou **F3-Y** (hlína písčitá) a **S3-Y** (písek s příměsí jemnozrnné zeminy).

**Deluviální sedimenty** (tzv. svahové sedimenty) byly zastiženy kromě vrtu J1 ve všech provedených sondách. Tyto zeminy obsahují převážně krátce transportovaný materiál pocházející ze zvětralinového obalu skalního podkladu. Jedná se o hlinito-jílovité svahové sedimenty s variabilní příměsí úlomků hornin, na jejímž základě byly rozděleny do následujících dvou geotypů:

#### **a) jíl písčitý – geotechnický typ GT2**

Zahrnuje žlutohnědé a šedé, hnědožluté smouhované, písčité jíly pevné konzistence. Zeminy obsahují příměs poloostrohranných až polozaoblených plochých úlomků břidlice a ojedinělého křemene o velikosti do 4 cm (objemový podíl štěrku dosahuje až 15%). Zeminy GT2 byly zastiženy pouze v místě vrtu J6, vzdáleně situovaném severovýchodně od projektované budovy v místě vsakovacích objektů. Ve vrtu byly zachyceny dané zeminy pod navážkami v intervalu 0,96 – 1,5 metru. Podle blízké archivní sondy Š10 je zde jejich mocnost více než 6 metrů. Podle ČSN P 73 1005 lze klasifikovat dané zeminy třídou **F4 CS** (jíl písčitý)

#### **b) hlinitý štěrk – geotechnický typ GT3**

Jedná se o suťovité sedimenty reprezentované hojnými poloostrohrannými úlomky ploché fylitizované břidlice o velikosti 1 až 10 cm, max. 18 cm (objemový podíl štěrku se pohybuje mezi 50 až 80%). Mezerň hmotu tvoří hnědožlutá, místy světle hnědá písčitá hlína pevné konzistence. Zeminy GT3 jsou situovány v místě plánované přestavby provozního areálu (viz řezy A, B), kde se jejich mocnost pohybuje mezi 0,65 až 0,80 m (místy je menší, protože byly při úpravě terénu v zářezových partiích odtěženy). Jejich povrch v „běžném“ terénu leží v hloubce 0,10 – 0,20 m pod terénem. Podle ČSN P 73 1005 lze klasifikovat dané zeminy třídou **G4 GM** (štěrk hlinitý).

## **4. Hydrogeologické poměry**

Hydrogeologické poměry zájmového území jsou podmíněny řadou faktorů, z nichž rozhodující jsou geologická stavba území a propustnost jednotlivých geologických prostředí, morfologie terénu, potenciální zdroje podzemních vod a v menší míře i antropogenní vlivy.

Vlastní litologická predispozice území je z hlediska tvorby významnějších podzemních akumulací vod značně nepříznivá. Skalní masív tvořený proterozoickými fylitizovanými břidlicemi se vyznačuje omezenou puklinovou propustností a filtrační nestejnorodostí podmíněnou zejména rozdílným stupněm tektonického porušení a zvětrání masívu. Obecně se však jedná o prostředí s omezenou puklinovou propustností s velmi nízkou celkovou vydatností podzemních vod. Slabé zvodnění bývá obvykle zastiženo v pásmu povrchového rozvolnění, směrem do hloubky se pukliny uzavírají a skalní masív se tak stává obecně nepropustným, s výjimkou lokálních cirkulací podzemní vody po predisponovaných, nezajílovaných tektonických strukturách. Nadložní

kvartérní zeminy dosahují velmi nízkých mocností převážně do 1,0 m a vyznačují se navíc nízkou průlinovou propustností. Skutečné zvodnění v patře kvartérních zemin není vyvinuto. Směr proudění podzemní vody je přibližně shodný s povrchem terénu a to ve směru od jihu k severu.

Hladina podzemní vody (HPV) nebyla naražena v žádném z nově provedených vrtů až do hloubky 5,0 m pod terénem. Zjištěna byla pouze vlhkost na plochách diskontinuity břidlic na bázi vrtů J2, J3 a J4. V nejhlubším 5 metrů hlubokém vrtu J3 nedošlo k nastoupání HPV ani po 1 týdnu pozorování. Podle dokumentace archivních sond z roku 1958, 1960 a 1988 nebyla HPV uváděna ani v hlubších sondách (např. u Š10 do hloubky 12,60 m p.t.). Z toho je patrné, že HPV je vázána na hlubší část skalního masivu.

Realizace průzkumu proběhla z krátkodobého hlediska ve srážkově spíše mírně podnormálním období, z dlouhodobého hlediska jsou roční úhrny posledních tří let 2014 až 2016 rovněž podnormální. U horninového masívu s puklinovým charakterem zvodnění je nutné obecně počítat s vyšší amplitudou výkyvů v úrovni HPV a rychlejšími změnami, které jsou způsobeny poměrně malou kapacitou puklinového systému. V dlouhodobě suchém období dochází k výraznému zaklesnutí "hladin", naopak v době výraznější srážkové činnosti a například i v období na přelomu zimy a jara (případně včetně tání sněhu) dochází ke krátkodobým nástupům HPV. Pro toto puklinové prostředí je typická i „nespojitosť“ hladiny podzemní vody, neboť podzemní voda proudí preferenčně po příhodných puklinách, mezi nimiž na ni nemusí být vůbec naraženo (myšleno především při bodovém vrtném průzkumu).

## **5. Hydrogeologický průzkum pro ověření vsakovacích poměrů území**

### **5.1. Hydrodynamické nálevové zkoušky, realizace a vyhodnocení**

V souladu s platnou ČSN 759010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“ byla v zájmovém území realizována nálevová zkouška v průzkumném vrtu J6, která ověřila vsakovací parametry v deluviálních písčitých jílech GT2. Vrt byl umístěn ve východní části zájmového území v místě stávajících vsakovacích objektů (viz příloha č. 2). S ohledem na velmi slabou průlinovou propustnost písčitých jílu GT2 byla provedena další nálevová zkouška v průzkumném vrtu J1, která ověřila vsakovací parametry ve slabě zvětralých fylitizovaných břidlicích GT5. Vrt byl umístěn v zářezu cesty v severovýchodní části pozemku cca 8,0 m od severní hrany projektovaného objektu. Vsakovací zkoušky byly realizovány jako zkoušky s proměnlivou hladinou. Tato zkouška se provádí tak, že se do sondy najednou nalije určité množství vody a následně se pak průběžně proměřují zároveň výška vodního sloupce a čas (časovým počátkem je okamžik ukončení nálevu). Výsledkem této terénní části je získání podkladů pro výpočet koeficientu vsaku. Hodnota koeficientu vsaku byla určena výpočtem podle ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“, kde je koeficient vsaku  $k_v$  stanoven jako poměr přítoku



vody do průzkumné sondy za určitý časový úsek během zkoušky  $Q_{zk}$  a zkušební vsakovací plochy během zkoušky  $A_{zk}$ .

**Vyhodnocení vsakovacích zkoušek** (detailně viz protokoly v příloze 5 za zprávou):

- **ve vrtu J1** o průměru 22 cm a s konečnou hloubkou 2,00 metru byl pro prostředí slabě zvětralé fylitizované břidlice GT5 stanoven **koeficient vsaku  $k_v = 2,17 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$** . Do sondy bylo nalito 50 litrů pitné vody, výška sloupce vody v sondě byla na počátku 1,25 metru. Během 3 hodin měření zasáklo cca 17,5 l vody. Výpočet koeficientu vsaku byl proveden z 3 hodinového úseku měření. V úrovni 1,17 m pod terénem došlo k výraznějšímu zpomalení vsakování, což je způsobeno uzavíráním puklin směrem do hloubky. Poté byla sonda zlikvidována záhozem.
- **ve vsakovacím vrtu J6** o průměru 22 cm a s konečnou hloubkou 1,50 metru byl pro prostředí písčitého jílu GT2 stanoven **koeficient vsaku  $k_v = 1,49 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$** . Do sondy bylo nalito 20 litrů pitné vody, výška sloupce vody v sondě byla na počátku cca 0,53 metru. Během 7 hodin měření zasáklo cca 1,5 l vody. Výpočet koeficientu vsaku byl proveden ze 7 hodinového úseku měření. Poté byla sonda zlikvidována záhozem.

## 5.2. Zhodnocení podmínek likvidace srážkových vod vsakováním do geologického prostředí

Při navrhování systému likvidace srážkových vod vsakováním je nutné postupovat v souladu s platnou ČSN 759010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“, která stanovuje podmínky pro vsakování srážkových povrchových vod. Podle této normy se v daném případě, vzhledem k rozsahu odvodňovaných ploch, jedná o *náročnou stavbu* s redukováným půdorysným průměrem odvodňované plochy  $A_{red} > 200 \text{ m}^2$  a přírodní poměry klasifikujeme jako *jednoduché*.

V souladu s touto normou jsou z geologického a hydrogeologického hlediska zásadními vstupními faktory pro posouzení vhodnosti infiltrace srážkových vod do podloží:

- a) vymezení úrovně hladiny podzemní vody** - podle ČSN 75 9010 by dno vsakovacího zařízení mělo být alespoň 1 metr nad maximální hladinou podzemní vody. V daném případě, kdy hladina podzemní vody nebyla zastižena provedenými sondami až do hloubky 5 m pod terén, nemá tento požadavek limitující vliv.
- b) geologické vstupní podmínky** (propustnost a související geomechanické vlastnosti připovrchových zón geologického profilu) - tyto jsou pro návrh funkčních vsakovacích systémů v zájmovém území z hlediska vhodnosti pro cílený vsak slabě podprůměrné, a to z důvodu stanovených nízkých hodnot koeficientu vsaku v řádu  $10^{-6}$  až  $10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ . V rámci připovrchové části geologického profilu nesaturované zóny (tj. nad hladinou podzemní

vody) jsme v předchozím textu vymezili celkem 5 geotechnických prostředí jako GT1 až GT5. Charakteristika geologických prostředí nesaturované zóny pro případné vsakování srážkových vod vychází jednak z provedených nálevových zkoušek a jednak z odborného odhadu na základě vyhodnocení vsakovacích zkoušek v obdobných geologických podmínkách.

- **GT1: navážky** pro vsakování zcela nevhodné
- **GT2: písčité jíly** jsou pro vsakování nevhodné s ohledem na jejich velmi slabou průlinovou propustnost způsobenou podílem jemnozrnné složky. Z výsledku nálevové zkoušky byl určen koeficient vsaku  $k_v = 1,49 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ . Tyto zeminy tvoří právě v místě navrhovaných vsaků poměrně velmi mocnou akumulaci (mocnost přes 6 metrů).
- **GT3: hlinité štěrky** jsou pro vsakování vhodnější s ohledem na jejich zrnitostní skladbu s nižším zastoupením jemnozrnné frakce. U tohoto prostředí lze uvažovat pro následné hydrotechnické výpočty se střední hodnotou koeficientu vsaku  $k_v = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ . Jejich rozsah výskytu je však pro jejich využití nevýznamný.
- **GT4: mírně zvětralé fylitizované břidlice** které jsou silněji rozvolněné a středně rozpukané připadají v úvahu jako prostředí pro vsakování srážkových vod. Lze je očekávat v celé ploše zájmové parcely vlastní výstavby – ovšem bohužel v prostoru, kde se vsaky projektant počítá jsou v hloubkách přes 10 metrů pod terénem. U tohoto prostředí lze uvažovat pro následné hydrotechnické výpočty se střední hodnotou koeficientu vsaku  $k_v = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ . Je zjevné, že připovrchově rozvolněné horniny GT4 představují místně nejpříznivější puklinově propustný komplex.
- **GT5: slabě zvětralé fylitizované břidlice** které jsou slaběji rozvolněné a slabě rozpukané připadají v úvahu jako prostředí pro vsakování srážkových vod pouze ve své svrchní zóně cca 0,4 m mocné. Lze je očekávat v celé ploše zájmové parcely. Z výsledku nálevové zkoušky byl určen koeficient vsaku  $k_v = 2,17 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ . Pro svrchní 0,4 m mocnou zónu vychází koeficient vsaku  $k_v = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ .

Kromě výše uvedených přírodních faktorů je dalším důležitým prvkem dle ČSN 75 9010 i **dodržení bezpečné odstupové vzdálenosti** od stávajících a nově navrhovaných stavebních objektů z důvodu eliminace negativního ovlivnění základových a vlhkostních poměrů těchto objektů. Odstupová vzdálenost je do značné míry závislá na vzájemném vztahu hloubkové úrovně základové spáry a maximální hladiny vody ve vsakovacím zařízení. Při daných hydrogeologických poměrech s hluboce zaklesnutou HPV můžeme vsakovací objekty „ponořovat“ pod terén. Minimální odstupovou vzdálenost v daném případě uvažujeme 3 metry od stěn stávajících objektů. Díky dostatečným prostorovým možnostem posuzovaného pozemku je ovšem možno počítat i s návrhem bezpečnější a tedy větší odstupové vzdálenosti.

Celkově lze závěrem konstatovat, že **místní podmínky** v oblasti projektovaného vsakovacího objektu jsou pro návrh funkčního vsakovacího systému v zájmovém území **nepříznivé**, což je způsobeno omezenými infiltračními parametry deluviálních písčitých jíílů GT2 vyskytujících se ve svrchní zóně geologického profilu. Z těchto důvodů doporučujeme v daném případě zvažovat jiné možnosti likvidace srážkových vod než pouhým vsakováním, tj. případné zachytávání části vod akumulací jímku s jejich dalším využitím na pozemku (využití jak v objektu, tak při závlivce venkovních zelených ploch) + ověření možnosti zpožděného vypouštění nespotřebovaných vod do řeky. Případně lze zvážit umístění dalších retenčně-vsakovacích objektů jižně od projektovaného provozního objektu, které by mohly být umístěny do svrchní rozvolněné zóny mírně zvětralých fylitizovaných břidlic GT4, které se vyskytují v hloubce cca 1,0 m pod terénem a vyznačují se puklinovou propustností s koeficientem vsaku  $k_v = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ , tj. o více než 1 řád lepší než zeminy GT2.

## 6. Geotechnické vlastnosti a zatřídění zemin a hornin

V předchozím textu kapitoly 3 bylo vymezeno celkem 5 geotechnických typů zemin a hornin (GT1 až GT5), které jsou pak aplikovány i v rámci sestavených geologických řezů. Dílčí geotechnické typy jsou dále hodnoceny v rámci tabulek 1 a 2 (mimo navážek).

**Tabulka 1.** Charakteristické hodnoty geotechnických parametrů kvartérních zemin

stratigrafie	Kvartér	
geneze / stratigrafie	deluviální sediment	
petrografické složení - vizuální popis zeminy	písčité jíly s úlomky břidlice a ojedinělého křemene o vel. do 4 cm (do 15%)	hlinitý štěrk s úlomky břidlice a ojedinělého křemene o vel. 1- 10 cm, max. 18 (50-80%)
<b>GEOTECHNICKÝ TYP</b>	<b>GT2</b>	<b>GT3</b>
ČSN EN ISO 14688-2	saciSi	sasiGr
„Pojmenování a zatřídování zemin“		
zatřídění zemin podle ČSN P 73 1005	F4 CS	G4 GM
„Inženýrskogeologický průzkum“		
stupeň konzistence/ulehlost dle ČSN EN ISO 14688-2	pevná	pevná
tabulková výpočtová únosnost $R_{dt}$ /kPa/ (orientační hodnoty dle zrušené ČSN 731001)	250*	300**
objemová hmotnost v přirozeném uložení /kg.m <sup>-3</sup> /	1950	2000 - 2100
modul deformace $E_{def}$ /MPa/	5 - 8	60 - 70
Poissonova konstanta $\nu$ /1/	0,35	0,30
soudržnost efektivní $c_{ef}$ /kPa/	10 - 12	2 - 4
úhel vnitřního tření efektivní $\phi_{ef}$ /°/	24 - 25	30 - 32
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – vhodnost do násypů	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – vhodnost pro podloží vozovky	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – třída rozpojitelosti a těžitelnosti zemin	I	I

\*Orientační hodnota  $R_{dt}$  platná pro základ šířky  $\leq 3$  m při hloubce založení 0,8 až 1,5 m

\*\*Orientační hodnota  $R_{dt}$  platná pro základ šířky 1 m při hloubce založení 1,0 metru

Poznámka: Norma ČSN 731001 zrušena k 1.4.2010

**Tabulka 2.** Charakteristické hodnoty geotechnických parametrů podložních hornin

geneze / stratigrafie	sedimentární hornina (kralupsko-zbraslavská skupina), svrchní proterozoikum	
petrografické složení	fylitizovaná břidlice, mírně zvětralá, silně rozpukaná, připovrchově rozvolněná	fylitizovaná břidlice, slabě zvětralá, masivní
<b>GEOTYP</b>	<b>GT4</b>	<b>GT5</b>
zařazení hornin podle pevnosti materiálu dle ČSN P 73 1005 „Inženýrskogeologický průzkum“	R4	R3
Pevnost v prostém tlaku $\sigma_c$ (MPa)	10 - 15	25 - 40
Střední hustota diskontinuit dle zrušené ČSN 731001	velmi velká až velká	velká až střední
Tabulková výpočtová únosnost $R_{dt}$ /kPa/ (orientační hodnoty dle zrušené ČSN 731001)	400	800
Objemová hmotnost v přirozeném uložení /kg.m <sup>-3</sup> /	2200 - 2300	2250 - 2300
Modul deformace $E_{def}$ /MPa/	100 - 120	200 - 300
Poissonova konstanta $\nu$ /-/	0,25	0,20
soudržnost zdánlivá $c'$ /kPa/	40 - 50	60 - 80
úhel pevnosti $\phi'^\circ$ /	32 - 34	36 - 38
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – vhodnost do násypů“	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – vhodnost pro podloží vozovky“	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ – třída rozpojitelosti a těžitelnosti zemin	I	II, hlouběji místy i III

Poznámka: Norma ČSN 731001 zrušena k 1.4.2010

## 7. Závěrečné inženýrskogeologické hodnocení

### 7.1. Hodnocení základových poměrů

V zájmovém území je navržena výstavba provozního objektu hrázného Povodí Vltavy státního podniku. Při posuzování inženýrskogeologických poměrů staveniště vycházíme z ustanovení platných předpisů citovaných v ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum. V tomto smyslu lze při geotechnickém návrhu objektu postupovat **podle zásad 1. geotechnické kategorie**, která zahrnuje nenáročnou navrhovanou stavební konstrukci v místních jednoduchých inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrech. Navrhovaný objekt je možno označit jako stavbu s obvyklou konstrukcí a základy, situace je pouze komplikována poměrně výraznou svažitostí místního terénu.

Posuzovaným stavebním objektem je dvoupodlažní provozní objekt, který má obdélníkový tvar o rozměrech 35,65 x 13,10 m. Jeho půdorys je uveden v Příloze č. 2. Stavba má zapuštěný suterén 1.PP a jedno nadzemní podlaží (1.NP). Základové poměry objektu jsou patrné z příložených geologických řezů A-A' a B-B' (viz příloha č. 3.1 a 3.2). Podle dodaných podkladů je ±0,00 objektu (podlaha 1. PP) situována ve výškové úrovni 361,30 m n.m., která je v geologických řezech vyznačena čárkovaně červeně.

**Základové poměry objektu.** Suterénní část provozního objektu s 1.PP zasahuje limitně až do hloubky 4,5 metru pod stávající terén a v úrovni uvažovaného založení (respektive dnu stavební jámy) budou zastiženy převážně slabě zvětralé fylitizované břidlice GT5, které klasifikujeme dle ČSN P 73 1005 „Inženýrskogeologický průzkum“ třídou R3. Dle již neplatné ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ odpovídá tabulková výpočtová únosnost  $R_{dt} = 800$  kPa. V severovýchodní okrajové části půdorysu objektu, tj. v sektoru mělčího zahloubení stavby pod terén budou zastiženy i mírně zvětralé, silněji rozpukané a rozvolněné fylitizované břidlice GT4 třídy R4 s tabulkovou výpočtovou únosností  $R_{dt} = 400$  kPa. Horniny GT4 a GT5 považujeme již za dostatečně kvalitní základové půdy pro daný účel. Díky nestejněměrnému zahloubení stavby se liší přetvárné charakteristiky základových půd (zároveň ale platí, že jsou to i u GT4 dosti vysoké hodnoty), v nejvíce zahloubené části očekáváme skutečně masivní, zcela nestlačitelné horninové podloží, v „přední“ části díky rozvolněnosti horninové podkladu může dojít např. i v souvislosti s dalším rozvolněním při zemních pracích a nezačistění základové spáry k nevýraznému sedání.

**Vliv podzemní vody.** Úroveň hladiny podzemní vody (HPV) nebyla provedenými průzkumnými sondami do limitní hloubky sondáže (5,0 m pod povrchem terénu) zastižena. Dostupné archivní podklady rovněž nedokumentují úroveň HPV ani v hlubších archivních sondách. Podle těchto údajů bychom tedy neuvažovali s možností kontaktu stavby s horizontem podzemní vody ani v obdobích k tomu klimaticky příhodnějších (viz úvaha o výraznějších oscilacích HPV v kapitole 4). V době zvýšených srážkových úhrnů nelze vyloučit možnost slabých výronů infiltrující srážkové vody po otevřených puklinách horninového masívu na horní straně objektu, kde je pozornost nutno věnovat provedení obvodových zásypů, které jsou potenciálním místem nejpravděpodobnější akumulace zatékajících srážkových vod.

V zářezové jihozápadní hraně objektu tak nelze vyloučit krátkodobý kontakt konstrukce s touto relativně pomalu zasakující povrchovou vodou jihozápadního předpolí. Doporučujeme pro daný předpokládaný dosah zahloubení realizovat obvodovou drenáž s vyústěním do odvodňovací strouhy situované podél stávající komunikace. V každém případě je potřeba ještě místní hydrogeologickou situaci posoudit ještě později - po zpřístupnění půdorysu staveniště pro větší techniku – až na úroveň pod předpokládanou niveletu výkopu.

## 7.2. Založení komunikací a parkovacích ploch

Západně od projektovaného objektu tj. výškově na svahu nad ním jsou plánovány parkovací plochy formou kruhového rondelu s parkovacími stáním uprostřed a na jeho obvodu. Z toho parkoviště bude také přístup do 1.NP hlavního objektu. Niveleta vozovky a parkovacích stání je navržena na kótě cca 365,78 m n.m. – tato niveleta je zakreslena do geologického řezu

A. Nad hlavním objektem tak vznikne půlkruhový zářez, do něhož bude parking zasazen. Aktivní zóna rondelu bude situována z větší části do mírně zvětralých, rozvolněných fylitizovaných břidlic GT4, které tvoří zcela vyhovující prostředí nepotřebující žádné sanační úpravy, konstrukční vrstvy zde ani nemusí být nijak masivní. Na straně k hraně navrhovaného hlavního objektu bude situace komplikována jednak nejasným rozsahem stavebních zásahů stávajícího objektu č.114 a jednak již i mělčím zahloubením pod stávající terén, takže aktivní zónu rondelu budou tvořit těžko definovatelné navážky (včetně případných stavebních konstrukcí) a deluviální hlinité štěrky GT3. Geotyp GT3 je dle ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ – vhodnost pro podloží vozovky (viz tab. 1) hodnocen jako podmíněčně vhodný a lze předpokládat, že po provedených zemních úpravách (HTÚ) by následným prostým dohutněním aktivní zóny prostředí vyhovělo požadavkům příslušných ČSN v hodnotách modulu deformace ze druhé větve statické zatěžovací zkoušky  $E_{def,2}$  (= 45 MPa nebo i zde méně vzhledem k potenciálnímu využití jen pro pojezd a parkování osobních automobilů). Důležitým požadavkem je, aby nedošlo k převlčení jemnozrnné výplně mezi úlomky břidlic a prachovců při provádění stavby. Při výstavbě bude nutno po demolici stavebního objektu a provedení HTÚ pláň celoplošně zdokumentovat a vymezit případné plochy nutné k sanaci. Jak jsme již uvedli bude „riziková“ patrně jen dosti úzká zóna přiléhající k novostavbě (a to i v souvislosti s provedením obvodového zásypu zapuštěné stavby hluboko pod niveletu parkovacího rondelu).

### 7.3. Zemní práce

Zemní práce budou z rozhodující míry představovat hloubení klínovitého zářezu z úrovně terénu přístupného z místní komunikace. Zemní práce budou vzhledem k rozsahu stavby a jejímu výškovému osazení do současného terénu relativně většího objemu s tím, že veškeré těžené hmoty představují plně pozitivní bilanci zemin a budou odvezeny (případně může být selektivní část výkopových zemin využita pro stavbu – viz dále kapitola 7.5.). Podle navrhované úrovně podlahy objektu, budou prováděné zemní práce zasahovat do hloubek až cca 4,5 metru pod současný povrch terénu. V souladu s platnou ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ řadíme dotčené materiály z hlediska jejich rozpojování převážně do I. třídy těžitelnosti (hlinité štěrky GT3, mírně zvětralé fylitizované břidlice GT4 a ojediněle i navážky GT1) a bude možné je rozpojovat běžnou stavební mechanizací. Určité problémy při rozpojování mohou činit základy stávajících objektů, které budou při výstavbě demolovány. Pouze v případě bazální jihozápadní části zářezu objektu se dostáváme do masivnějších slabě zvětralých fylitizovaných břidlic GT5, kde uvažujeme se zařazením prostředí většinou do II. třídy těžitelnosti s tím, že na úplném dnu výkopu se v omezené míře mohou objevit i masivnější polohy prachovců, které by mohly být řazeny do třídy III (vzdálenost diskontinuit 15 – 25 cm). Při odtěžování stavební jámy zadního sektoru bude nutno použít výkonnější rozrývač, případně lokálně použít impaktor k narušení horninového masívu.

## 7.4. Zajištění stavební jámy

Navrhovaný objekt je výškově osazen do hlubokého zářezu, takže je nutno řešit problematiku zajištění především západní stěny a přiléhajících obou bočních křídel. Vzhledem k prostorovým možnostem lokality je zde možné volit variantu prostého svahování s tím, že pak bude nutno kvalitně vyřešit provedení klínovitých zpětných zásypů hluboce zapuštěné stavby. Maximální výška stěny stavební jámy je zhruba 4,5 metru, v takovém případě by měl být návrh sklonu svahu proveden podle geotechnického výpočtu. Orientačně můžeme pro výkop stavební jámy uvést svahování v poměru výšky k půdorysné délce svahu pro dílčí prostředí:

navážka GT1	1 : 1
hlinité štěrky (GT3)	1 : 0,75
mírně zvětralé fylitizované břidlice (GT4)	1 : 0,25
slabě zvětralé fylitizované břidlice (GT5)	1 : 0,25 a strmější

Z geologických řezů je zjevné, že hlavní část odřezu bude hloubena v horninové podkladu, kde je významným faktorem pak již především příznivost resp. nepříznivost orientace hlavních ploch nespojitosti, která bude v jednotlivých stranách jámy odlišná, příznivá by měla být ve východní a jižní hraně stavební jámy (směr vrstev je zhruba SZ-JV se strmým úklonem k severovýchodu). Naopak nejméně příznivá je orientace vrstevních ploch právě v nejvyšší stěně západní hrany stavební jámy, kde se vrstvy uklánějí do výkopu. Při hloubení stavební jámy je nutné pečlivě posoudit orientace ploch nespojitosti (jak vrstevních ploch, tak vúdčích puklinových systémů, které nebylo možné vrtnými pracemi ověřit) a zvážit rizika vypadávání a vyjíždění horninových bloků a aktuálně upřesnit optimalizaci způsobu zajištění stavební jámy. Situaci lze zlepšit instalací svorníků s kari-sítí.

Při daném hloubkovém rozsahu zářezu je třeba porovnat, zda nakonec nebude výhodnější provést zajištění stavební jámy vertikálními pažícími konstrukcemi (záporová stěna), které by zároveň limitovaly nutnost rozsáhlejších a vždy problematických zpětných obvodových zásypů stavby.

## 7.5. Použitelnost výkopku do zpětných zásypů a násypů

Stavba má výrazně pozitivní bilanci výkopových zemin, takže maximum těžených hmot bude patrně odvezeno na skládku. Zpětné zásypy lze uplatňovat ve výkopech inženýrských sítí, v obvodových zásypech svahované stavební jámy a při zemních úpravách v rámci zájmového území. Při hodnocení vhodnosti výkopku do zpětných zásypů a násypů vycházíme z klasifikace podle ČSN 73 6133 „Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací“ - zařídění je uvedeno

v tabulkách 1 a 2. Navážky GT1 včetně stavebních konstrukcí demolovaných objektů hodnotíme jako nevhodné. Hlinité štěrky GT3 a výkopek z prostředí rozvolněné části horninového masívu GT4 hodnotíme jako podmíněčně vhodný až vhodný pro zpětné použití (směs bude mít složení na rozhraní tříd G4 až G3). U rozpojených pevnějších hornin GT5 je jejich použitelnost do zpětných zásypů limitována velikostí úlomků rozpojené horniny. Předpokládáme, že slabě zvětralé fylitizované břidlice GT5 budou rozpojovány v úlomcích o velikosti často až v intervalu 20 - 40 cm, takže je do hutněných zpětných zásypů nelze bez úprav na drtičce použít. Při selekci úlomků větších než 10 - 15 cm by zbývající štěrkovitý materiál mohl být použit do konstrukčních podsypových vrstev.

V Praze dne 2. 8. 2017

Vypracoval: Mgr. Jan Kučera, Ph.D.

Odpovědný řešitel: RNDr. David Štorek