



Kolín – Třídvorská ulice. Středočeský kraj.
Hydrogeologický posudek.

Chrudim, květen 2021

Číslo výtisku:

116
.....

Zpracovatel úkolu:


Ing. Lubomír Vlček

Odpovědný řešitel geologických prací:


RNDr. Daniel Smutek

Ředitel společnosti:

Vodní zdroje Chrudim
IČ 15053865 spol. s r. o.
DIČ CZ15053865 -4-
537 01 Chrudim II, U Vodárny 137
tel. 469 637 101 fax 469 630 401


RNDr. Daniel Smutek

OBSAH

1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE A ZADÁNÍ ÚKOLU	strana 4
2	VYMEZENÍ LOKALITY	7
3	PŘÍRODNÍ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	8
4	OCHRANNÉ REŽIMY VOD A KRAJINY	10
5	STRUČNÝ POPIS PROJEKTOVANÉ STAVBY	11
6	REKAPITULACE ČASOVÉHO SLEDU ČINNOSTÍ SOUVISEJÍCÍCH S PROJEKTOVANOU STAVBOU	12
7	REKAPITULACE POZNATKŮ HYDROGEOLOGICKÉ POVAHY	13
8	DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE HYDROGEOLOGICKÉ POVAHY	17
8.1	Výsledky dlouhodobé čerpací zkoušky v archivní studni ST-2	17
8.2	Nová hydrogeologická sonda v trase kanalizace	17
8.3	Posouzení využitelnosti časově odlišných údajů o hladinách podzemních vod v hydrogeologických vrtech a sondách a převedení těchto hladin k jejich jednotnému parametru	18
9	HYDRAULICKÉ A HYDROLOGICKÉ VÝPOČTY	21
9.1	Stanovení součinitele filtrace	21
9.2	Stanovení dynamického snížení hladiny podzemních vod v trase kanalizace	21
9.3	Výpočet dosahu deprese vyvolané stavebním čerpáním	23
9.4	Výpočet přítoku podzemních vod do zemní rýhy	25
9.4.1	Přítok podzemních vod z dynamických zdrojů	25
9.4.2	Přítok podzemních vod ze statických zásob	27
10	POROVNÁNÍ NÁKLADŮ, EFEKTIVNOSTÍ A RIZIK SPOJENÝCH SE DVĚMA NAVRŽENÝMI ZPŮSOBY ODVODNĚNÍ ZEMNÍHO VÝKOPU	30
10.1	Povrchové odvodnění	30
10.2	Hlubinné odvodnění	31
10.3	Závěr porovnání	32
11	OSTATNÍ NÁVRHY A DOPORUČENÍ	33
11.1	Vybudování dělicích přepážek v trase kanalizace	33
11.2	Monitorování hladin podzemních vod v domovních studnách	33
11.3	Plošný screening prasklin a trhlin v nosných konstrukcích budov	33
12	SHRNUTÍ	34
13	ZÁVĚR	36
14	PODKLADY	37

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Přehledná topografická mapa území se zobrazením místa hydrogeologického posouzení, měř. 1 : 25 000 (Mapový podklad: WMS služba ZM 25, ČÚZK, 2020.)
- 2 Geologická mapa území se zobrazením průzkumové lokality, měř. 1 : 25 000 (Geologická mapa ČR. List 13-22 Kolín. 1. vyd. ČGÚ. 1996)
- 3 Topografická mapa území se zobrazením hydrogeologicky zdokumentovaných průzkumných vrtů, sond a studní, měř. 1 : 5 000 (Mapový podklad: WMS služba ZM 10, ČÚZK, 2020)
- 4 Výpisy z hydrogeologických databází vrtů České geologické služby – Geofondu
- 5 Odchyłky od normálů vývoje hladin podzemních vod ve vrtu ČHMÚ VP 0452 Konárovice a vývoje srážek ve stanici ČHMÚ Kutná Hora – Sedlec za období 1960 až 2020
- 6 Hydrogeologický řez územím A-A' v trase projektované kanalizační stoky v Třídvorské ulici
- 7 Stanovení součinitele filtrace Jacobovou metodou ze stoupací zkoušky v archivní studni ST-2
- 8 Fotodokumentace
- 9 Dokladová část
 - Údaje Českého hydrometeorologického ústavu o vrtu Státní monitorovací sítě VP 0452 Konárovice

ROZDĚLOVNÍK:

Výtisky č. 1 – 4 : Vodárenská společnost Chrudim, a. s.

Výtisky č. 5 – 6 : Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE A ZADÁNÍ ÚKOLU

Název úkolu:	Kolín – Třídvorská ulice
Zakázkové číslo:	21 9 051
Náplň úkolu:	hydrogeologické posouzení dvou variant odvodnění zemního výkopu při projektované výměně kanalizačního potrubí
Katastrální území:	668150 Kolín
Kraj:	CZ 020 Středočeský kraj
Zadavatel:	Vodárenská společnost Chrudim, a. s.
Adresa:	Novoměstská 626, 537 01 Chrudim II
IČ:	27484211
Zástupce pro úkol:	Ing. Martin Soudek, Ph.D., ředitel úseku externích služeb
Telefon:	603 899 805
Řešitelská organizace:	Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.
Adresa:	537 01 Chrudim II, U Vodárny 137
Statutární zástupci:	RNDr. Daniel Smutek, jednatel a ředitel společnosti Ing. Lubomír Kříž, Ph.D., jednatel RNDr. Tomáš Pavlík, jednatel
Odpovědný řešitel geologických prací:	RNDr. Daniel Smutek
Zpracovatel úkolu:	Ing. Lubomír Vlček
Telefon:	469 637 101, 469 638 877, 469 638 887
IČ:	15053865
DIČ:	CZ15053865
Spisová značka zápisu v Obchodním rejstříku:	oddíl C, vložka 1134 u Krajského soudu v Hradci Králové ze dne 28. 11. 1991
Datum objednávky:	březen 2021
Datum vyhotovení posudku:	květen 2021

V Kolíně, v Třídvorské ulici, je plánována výměna kanalizačního potrubí veřejné kanalizační stoky. Pro tento záměr byla v roce 2017 zpracována projektová dokumentace. Ta řešila m. j. odvodnění podzemních vod z vyhloubené zemní rýhy v průběhu výměny potrubí. V dodatku projektové dokumentace na jaře 2018 byl navržen gravitační způsob takového odvodnění. Vycházel z posouzení inženýrskogeologických poměrů lokality, které zpracovala odborně způsobilá osoba. Jiný subjekt, zpracovatel inženýrskogeologického průzkumu, doporučil rovněž na jaře 2018 odvodnění zemní rýhy čerpáním vod ze soustavy odvodňovacích vrtů, které by měly být pro tento účel vybudovány vedle zemního výkopu. Z důvodu většího počtu vzniklých nesrovnalostí nebyla dosud výměna kanalizačního potrubí provedena.

Náplní předloženého hydrogeologického posouzení je **porovnat oba druhy odvodnění včetně zhodnocení nákladovosti, efektivnosti a také rizik nepříznivých dopadů každé z obou variant**. Posouzení vychází z dříve realizovaných průzkumných hydrogeologických prací v lokalitě a v jejím blízkém okolí, přihlíží k poznatkům uvedeným v obou druzích shora citovaných inženýrskogeologických prací a je dále opřeno o nové informace hydrogeologické povahy a o soubor vlastních hydraulických výpočtů.

2 VYMEZENÍ LOKALITY

Posuzovaná lokalita se nachází v severovýchodní části města Kolín. Představuje část Třídvorské ulice od křížení s ulicí K Vinici za křížení s Cidlinskou ulicí, viz přílohu 1. Celková délka trasy hlavní kanalizační stoky je 614 m. Právě tato hlavní stoka je předmětem hydrogeologického posouzení.

Třídvorská ulice je poměrně frekventovanou pozemní komunikací II. třídy ve směru na Přelouč a Pardubice, viz foto č. 1 a foto č. 2 v příloze 8. Výměna kanalizačního potrubí bude prováděna v otevřeném zemním výkopu pod pozemní komunikací s asfaltovým povrchem. Podél pozemní komunikace je po obou stranách vybudována soustava rodinných domů a ve východní části vymezené lokality stojí firemní areály.

3 PŘÍRODNÍ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Geologicky území náleží české křídové pánvi a její dílčí litostratigrafické jednotce čáslavské křídě. Platformní uloženiny jsou založeny na podloží kutnohorského krystalinika. Povrch horninového prostředí tvoří nezpevněné uloženiny kvartérního stáří.

Horniny kutnohorského krystalinika jsou zastoupeny rulami a svorovými rulami paleozoického až proterozoického stáří. Pod povrch pokryvného útvaru kvartérních uloženin vycházejí v nejzápadnější části posuzované lokality. Do prostoru projektované stavby tyto horniny nezasahují.

Zpevněné platformní uloženiny křídové pánve jsou vyvinuty v neúplném vrstevním sledu: perucko-korycanské vrstvy (cenoman) a bělohorské souvrství (spodní turon). Sedimenty cenomanského stáří jsou tvořeny pískovci a usazeniny spodnoturonského stáří jsou zastoupeny spongilitickými slínovci a vápnitými jílovci. Mocnost křídového souvrství je v území poměrně nízká, obvykle se pohybuje v pásmu nižších desítek metrů. Za jižní hranicí města toto souvrství vykličuje. Povrch souvrství se pohybuje v pásmu hloubek 6 m až 12 m pod terénem. V prostoru posuzované lokality nejsou perucko-korycanské vrstvy vyvinuty.

Kvartérní uloženiny jsou v území tvořeny fluvialními hlínami, písky a štěrky, deluviálními písčitymi hlínami a hlinitými písky a eolickými jemnozrnnými písky a sprašemi. Mocnost kvartérního souvrství je v území obvykle nižší než 10 m. V posuzované lokalitě tato mocnost nerovnoměrně klesá ve směru k západu. Zastoupeny jsou zde zejména písky údolní labské terasy, stáří würm. Podrobně je uložení vrstev kvartérního souvrství zdokumentováno v kap. 5. Na západním okraji posuzované lokality jsou kvartérní uloženiny vlivem elevace krystalinického podloží z větší části erodovány.

Území není významněji predisponováno tektonickou činností a nachází se v seizmicky neaktivní oblasti.

Geologické poměry lokality jsou přehledově zobrazeny v měřítku 1 : 25 000 v příloze 2.

Hydrogeologicky území náleží hydrogeologickému rajonu svrchní vrstvy 1151 *Kvartér Labe po Kolín* a hydrogeologickému rajonu základní vrstvy 4360 *Labská křída*. Vyvinuty jsou dva převážně nespojitě kolektory podzemních vod. Svrchní z nich je vázán na písky a štěrkopísky kvartérního stáří a spodní kolektor je vyvinut v pískovcích cenomanského stáří uvnitř křídových uloženin. Nad cenomanským kolektorem je přírodně založena nízce zvodněná vrstva spodnoturonských slínovců, která má hydraulické vlastnosti na rozhraní mezi kolektorem a poloizolátorem. Dále v textu je tato nízce zvodněná vrstva schematicky označena termínem „spodnoturonský kolektor“.

Hladina podzemních vod v kvartérní zvodni je volná až velmi mírně napjatá a nachází se v hloubce nižších jednotek metrů pod terénem. Zvodnění je průlinové, izotropní. Součinitel filtrace se pohybuje v pásmu $X \cdot 10^{-4}$ m/s, ve štěrkopíscích s hrubozrnnou písčitou složkou může být i vyšší, naopak v jemnozrnných píscích s hlinitou příměsí je nižší. Směr proudění podzemních vod je k jihozápadu s hlavním odvodněním přebytků těchto vod do Labe. Ve vlhkých obdobích ročního cyklu se tyto přebytky odvodňují také do přítoků tohoto vodního toku. V posuzované lokalitě podzemní vody proudí velmi pravděpodobně k jihu. Důvodem je depresní hladina vytvořená v nedalekém jímacím území Kolín – Tři Dvory, které se nachází 1,5 km jihovýchodně. Hladina podzemních vod v lokalitě je v suchých obdobích částečně ovlivňována vzdutou hladinou v jezové zdrži Labe, ř. km 919,81. Podrobný rozbor stavu hladiny podzemních vod v posuzované lokalitě a charakteristika průtočnosti kolektoru jsou zhodnoceny v kap. 7 a kap. 8.

Cenomanská zvodeň je v území nesouvislá. V posuzované lokalitě není vyvinuta. V oboru svrchnokřídového souvrství je zde zastoupen spodnoturonský kolektor.

Geomorfologicky území náleží dle členění DEMKA (1987), celku Středolabská tabule, podcelku Čáslavská kotlina a okrsku Sadská rovina. Území je tvořeno severním okrajem široké údolní nivy Labe na styku s erozně-denudačním povrchem křídových sedimentů. Geomorfologické poměry území jsou na styku fluviálních akumulací Labe a křídových hornin formovány relikty mladopleistocenních teras na svědeckých vrších a při úpatí okrajových svahů slínovcového podloží. Zachovány jsou i relikty přesypů vátých písků.

V prostoru posuzované lokality má terén rovinný charakter s téměř nulovým sklonem směřujícím k východu. Nadmořská výška terénu se pohybuje v rozmezí 197 m až 198 m.

Hydrologicky území náleží dílčímu povodí Labe od potoka Polepka po Perelský potok, číslo hydrologického pořadí 1-04-01-044. Řeka Labe teče ve směru k ZSZ. Od Třídvorské silnice je v nejbližším místě vzdálena 390 m. Ve vzdálenosti 300 m jihovýchodně od východního okraje posuzované lokality teče bezejmenný potok, IDVT v centrální evidenci vodních toků 10176377. Potok je levostranným přítokem Labe a je zvodněn pouze sezónně ve vlhkých obdobích roku.

S výjimkou nejzápadnějšího okraje se celý posuzovaný úsek Třídvorské ulice nachází v záplavovém území stoleté vody Q_{100N} vodního toku Labe mimo jeho aktivní zónu. Odtok srážkových vod v lokalitě je významně pozměněn odkanalizováním pozemních komunikací, střech budov a zpevněných ploch.

Klimaticky území náleží dle klasifikace KVĚTONĚ a VOŽENÍLKA (2011) oblasti W2. Průměrná roční teplota vzduchu dosáhla v uplynulých dvaceti letech hodnoty 10,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 580 mm. Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou v roce nepřekračuje v posledních dvaceti letech 20 dní a průměrná nejvyšší výška sněhové pokrývky za toto období je nižší než 10 cm.

4 OCHRANNÉ REŽIMY VOD A KRAJINY

Posuzovaná lokalita se nachází mimo ochranná pásma vodních zdrojů veřejného zásobování. Dále leží mimo chráněnou oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV).

Lokalita není součástí žádného ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů nebo přírodních minerálních vod.

Podstatná část posuzované části Třídvorské ulice zasahuje do záplavového území Q_{100N} vodního toku Labe. Nachází se mimo aktivní zónu tohoto záplavového území.

Lokalita se nachází mimo zvláště chráněná území přírody a krajiny ve smyslu *zákona č. 114/1992 Sb., § 14, v platném znění*.

5 STRUČNÝ POPIS PROJEKTOVANÉ STAVBY

Projektová dokumentace stavby s názvem *Kolín – ulice Třídvorská – výměna kanalizace* byla zpracována v červnu 2017. Navržená stavba představuje výměnu kanalizačního potrubí veřejné kanalizace ve shodné trase včetně připojení domovních přípojek a přípojek od uličních vpustí. Veřejná kanalizace je v majetku *Města Kolín* a je provozována vodárenskou společností *Energie AG Kolín, a. s.* V době projektování stavby byla kanalizační síť spravována její předchůdkyní, firmou *VODOS, s. r. o.* Kanalizační řad je projektově řešen jako větvená gravitační síť pro společné odvádění odpadních i srážkových vod. Vyměněná kanalizační stoka bude znovu napojena na vybudovaný kanalizační systém města. Výškové uspořádání vyměněného kanalizačního potrubí bude shodné se současným stavem. **Kanalizační potrubí bude uloženo v rozmezí hloubek 1,7 m až 4,8 m pod terén (spodní líc podkladního betonu) a jeho hloubka bude stoupat od východu k západu.** Kóty dna kanalizačních šachet se budou pohybovat v pásmu 194,34 m n. m. až 196,00 m n. m. Celkový počet kanalizačních šachet bude 16 (KŠ 0 až KŠ 15).

Spád hlavní kanalizační stoky je velmi nízký. Podle uvedeného dodatku k projektové dokumentaci činí **v trase dlouhé 614 m** pouze 1,3 ‰ a technicky jej není možné již dále zvýšit. Průměry kanalizačních potrubí budou DN 300 až DN 1 000, zvoleným materiálem bude kamenina a v případě nejvyššího průměru železobeton. Šířka výkopu je navržena v závislosti na průměru kanalizačního potrubí v rozmezí 1,2 m až 2,4 m. Zemní výkopy v trase kanalizace je zamýšleno provádět po úsecích délky 20 m.

V tab. č. 1 jsou doloženy aktuální výškopisné údaje o charakteristických bodech kontrolních šachet kanalizační stoky, jejich staničení a hloubek výkopů.

Tab. č. 1: Výškopisné údaje o kontrolních šachtách projektované stoky A (podle SOUDKA, 2021)

označení kontrolní šachty	kóta terénu	kóta nivelety (vnitřní dno potrubí) m n. m.	průměr potrubí mm	kóta spodního líce podkladního betonu m n. m.	kóta dna výkopu m n. m.	hloubka výkopu m
KŠ15	197,43	196,00	300	195,80	195,60	1,83
KŠ14	197,55	195,90	300	195,70	195,50	2,05
KŠ13	197,63	195,78	300	195,58	195,38	2,25
KŠ12	197,61	195,56	600	195,29	195,09	2,52
KŠ11	197,63	194,98	600	194,71	194,51	3,12
KŠ10	197,62	194,91	600	194,64	194,44	3,18
KŠ9	197,90	194,87	600	194,60	194,40	3,50
KŠ8	197,75	194,83	600	194,56	194,36	3,39
KŠ7	197,76	194,76	600	194,49	194,29	3,47
KŠ6	197,77	194,69	800	194,39	194,19	3,58
KŠ5	197,75	194,63	800	194,33	194,13	3,62
KŠ4	197,73	194,56	800	194,26	194,06	3,67
KŠ3	197,88	194,51	800	194,21	194,01	3,87
KŠ2	198,35	194,46	800	194,16	193,96	4,39
KŠ1	198,83	194,40	1000	194,00	193,80	5,03
KŠ0	198,20	194,34	1000	193,94	193,74	4,46

6 REKAPITULACE ČASOVÉHO SLEDU ČINNOSTÍ SOUVISEJÍCÍCH S PROJEKTOVANOU STAVBOU

Projektová dokumentace stavby ve stupni DPS byla zpracována v červnu 2017. Jejím autorem byl Ing. Martin Soudek, Ph.D. a firma *VODOS s. r. o.* Součástí projektové dokumentace bylo posouzení inženýrskogeologických poměrů lokality zpracované v červenci 2017 Mgr. Michalem Štainerem (firma *E-G-O-O*). Toto posouzení vycházelo z archivních údajů o vrtech, které byly v minulosti odvrtny přímo v předmětné části Třídvorské ulice. V posouzení jsou kvantifikovány přítoky podzemních vod ve dvou hydrogeologicky odlišných částech trasy stavby přitékajících do zemního výkopu.

Investorem stavby je Město Kolín. Zhotovitel stavby byl vysoutěžen v listopadu 2017 a v lednu 2018 bylo *Městským úřadem Kolín* vydáno stavební povolení. **Vysoutěžena byla firma POHL cz, a. s.**

Na základě zjištění nových skutečností ve věci projektované stavby byla v březnu 2018 **projektová dokumentace doplňována.** V dodatku byl kromě jiného nově řešen způsob odvodnění podzemních vod, které budou v průběhu stavby přitékat do zemního výkopu. V návaznosti bylo v měsíci dubnu **zpracováno Mgr. Michalem Štainerem vyjádření osoby s odbornou způsobilostí** ke změnám v projektové dokumentaci. V tomto vyjádření bylo doporučeno, aby podzemní vody přitékající do zemního výkopu byly odčerpávány takovým způsobem, že bude dosaženo osušení základové spáry.

Zhotovitelem stavby byla v téže době oslovena firma *EKOHYDROGEO Žitný s. r. o.*, k provedení, zdokumentování a vyhodnocení **inženýrskogeologického průzkumu.** Jeho cílem bylo kromě jiného navrhnout způsob odvodnění zemního výkopu v průběhu stavby, který bude vycházet z hydraulických vlastností kolektoru. Zpracovatel průzkumu Mgr. Petr Žitný na základě provedených hydrodynamických zkoušek ve dvou pro tento účel vyhloubených vrtech doporučil ochranné čerpání podzemních vod v průběhu výměny kanalizace, kdy požadovaného snížení hladiny pode dno výkopu bude dosaženo soustavou vrtů liniově uspořádaných podél trasy stavby. Zpráva o výsledcích průzkumu byla předána v květnu 2018. Na jejím základě zhotovitel zaslal jejímu investorovi vyjádření, ve kterém vyslovil své výhrady k převzetí staveniště. Návazně bylo ještě v tomto měsíci sestaveno stanovisko projektanta k vyjádření zhotovitele stavby adresované *Městu Kolín* a přibližně o měsíc později bylo předáno jeho další stanovisko, které reagovalo na technologický postup prací sestavený a navržený zhotovitelem.

V listopadu 2018 zhotovitel odstoupil od uzavřené smlouvy.

V prosinci 2020 vypracoval Ing. Martin Jakoubek, znalec v oborech projektování a stavebnictví se specializací na vodohospodářské stavby, **znalecký posudek** hodnotící realizovatelnost stavebního projektu a podmínek k provádění stavby. Objednatelem znaleckého posudku byl zhotovitel stavby.

Stavba výměny kanalizace dosud nebyla realizována.

7 REKAPITULACE POZNATKŮ HYDROGEOLOGICKÉ POVAHY

Mgr. Michal Štainer (firma E-G-O-O) zdokumentoval v červenci 2017 ve svém inženýrskogeologickém posouzení archivní údaje z celkem 9 průzkumných geologických vrtů v předmětné části Třídvorské ulici a v její blízkosti. Pro vrty jsou uvedeny geologický sled vrstev a údaje o naražené a ustálené hladině. Polohy vrtů jsou na mapě měřítko 1 : 5 000 v příloze 3. Údaje o vrtech jsou doloženy v příloze 4 předloženého hydrogeologického posouzení. Polohopisné a geologické údaje a údaje o hladinách podzemních vod jsou shrnuty v tab. č. 2.

Geolog uvedl v inženýrskogeologickém posouzení tyto poznatky:

- mělký kolektor podzemních vod je v prostoru projektovaného staveniště založen v kvartérních uloženinách, jmenovitě ve spodním souvrství štěrkopískové terasy a v bahnitých náplavech;
- archivními vrty provedenými zejména v roce 1961 byla hladina podzemní vody naražena v hloubce 4,0 m až 4,4 m pod terénem a ustálila se v pásmu hloubek 2,4 m až 2,5 m pod terénem;
- ve větší části posuzované lokality, t. j. **ve střední a východní části trasy vyměňované trasy kanalizace**, budou podzemní vody přitékat z relativně vysoce zvodněných **písků a štěrkopísků** s tím, že součinitel filtrace k_f je odhadován v pásmu hodnot $1 \cdot 10^{-4}$ m/s až $5 \cdot 10^{-4}$ m/s; specifické přítoky zde lze odhadovat maximálně na nižší jednotky litrů za sekundu na délku jednoho metru výkopu; **v západním okraji** shora uvedené trasy budou **přítoky podzemních vod** do zemního výkopu vázány na **kolektor zvětralých slínovců** a budou **o poznání nižší** (kvartérní kolektor zde není vyvinut); součinitel filtrace k_f se bude pravděpodobně pohybovat okolo hodnoty $1 \cdot 10^{-7}$ m/s;

V navazujícím vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v dubnu 2018 geolog uvedl tyto informace a doporučení:

- **hladina podzemních vod se v kvartérním kolektoru**, t. j. ve středním a východním úseku trasy projektované kanalizace, **pohybuje v pásmu kót 194,8 m n. m. až 194,9 m n. m. a v kolektoru spodnoturonských slínovců**, t. j. v západní části úseku trasy, se pohybuje v pásmu kót 194,1 m n. m. až 194,2 m n. m.
- v kontaktu s hladinou podzemní vody se bude nacházet přibližně dvoutřetinový úsek trasy projektované kanalizace, a to zejména v její střední části; **maximální hloubka uložení dna kanalizace pod hladinou podzemní vody bude činit 0,5 m**;
- pro dobu stavby bylo **navrženo snižování hladiny podzemních vod čerpáním vody ze zemního výkopu** tak, aby bylo dosaženo snížení této hladiny do hloubky o explicitně stanovenou hodnotu **0,5 m** **pode dno kanalizace**;
- **v místech výskytu kvartérního kolektoru bude nutné provozně snížit hladinu v pásmu 0,5 m až 1,0 m**;
- pokud se v místech výskytu spodnoturonského kolektoru, t. j. v západním úseku trasy kanalizace, neprojeví napjatý charakter hladiny podzemních vod, budou průsaky vod do zemní rýhy zanedbatelné; i v případě výskytu tlakové vody z podloží budou přítoky vod v tomto kolektoru nízké;
- **dopad stavebního čerpání na domovní studny** v okolí projektované stavby **bude nízký**: snížení hladiny podzemních vod v nich při provozním snížení hladiny v zemním výkopu o 1,0 m nepřekročí 0,3 m a při rozsáhleji zastoupeném provozním snížení hladiny v zemním výkopu podzemních vod o 0,5 m bude nižší než 0,1 m; **ovlivnění studní bude dočasné a bude vázáno pouze na dobu trvání stavby**; míru ovlivnění je **nutné** ve studních **monitorovat**;

- domy v řadové zástavbě v Třídvorské ulici představují z inženýrskogeologického hlediska nenáročnou stavební konstrukci; vzhledem k relativně nízkému zatížení základových spár těmito objekty **nejdou** v důsledku vyvolaného velmi nízkého a krátkodobého poklesu hladiny podzemních vod **předpokládány destrukční poruchy zdiva**; bylo doporučeno zaevidovat počáteční stav poruch a v průběhu stavby **sledovat jejich vývoj**.

Mgr. Petr Žitný (firma EKOHYDROGEO Žitný s. r. o.) zajistil v **dubnu 2018 vyhloubení dvou nových** jádrových hydrogeologických vrtů **IG-1 a IG-2**, popsal geologický sled vrstev v těchto vrtech a zaznamenal v nich údaje o hladinách podzemních vod. Hloubky vrtů byly 7,5 m a 8,0 m. Vrtné průměry činily 220 mm a 175 mm. Po provizorním vystrojení vrtu IG-2 v něm byla provedena expresní hydrodynamická zkouška sestávající z čerpací zkoušky v délce 5 hodin a navazující stoupací zkoušky. Voda z vrtu byla čerpána metodou neustáleného proudění při konstantním množství 1,0 l/s. Sací koš ponorného čerpadla byl zapaščen nade dno vrtu, které v té době dosahovalo hloubky již pouze 5,5 m pod terén. Za dobu čerpací zkoušky klesla hladina podzemní vody ze stavu 3,18 m pod terénem na stav 4,98 m pod tento odběrný bod s tím, že se neustálila. Po ukončení čerpání nastoupala hladina podzemních vod na původní ustálený stav za 35 minut. Součinitel průtočnosti T byl stanoven hodnotou $4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ a vypočtená hodnota součinitele filtrace k_f činila $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Převzaté geologické profily vrtů jsou doloženy v příloze 4 hydrogeologického posudku. Polohopisné, geologické a hydrogeologické údaje o vrtech jsou doloženy ve shora uvedené tab. č. 2.

Geolog uvedl ve zprávě o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu nové poznatky a provedl jejich interpretaci:

- **ve vrtu IG-1** vyhloubeném na západním okraji projektovaného staveniště byla **hladina podzemních vod naražena v hloubce 4,5 m pod terénem a ustálila se v hloubce 3,8 m pod terénem** ve vrstvě podloží písčitého slínovce;
- **ve vrtu IG-2** vyhloubeném na východním okraji posuzované lokality byla **hladina podzemních vod naražena v hloubce 2,8 m pod terénem a ustálila se v hloubce 2,9 m pod terénem** ve vrstvě terasových štěrkopísků;
- **doporučeno bylo odvodnění zemních výkopů s využitím ochranného čerpání v podobě liniové soustavy odvodňovacích vrtů vyhloubených vedle trasy kanalizace**; vrty mají být hluboké 8 m a mají být od sebe vzdáleny přibližně 30 m; provozního odvodnění přítoků vody by mělo být dosaženo vždy čerpáním vody ze dvou až tří vrtů, které budou situovány nejbližší k právě obnaženému pracovnímu úseku; jeho délka by měla pravděpodobně činit 22 m; maximální odhadovaný odběr z odvodňovacích vrtů činí 6 l/s; **dynamicky snížená hladina ve vrtech byla navržena hodnotou 6,5 m pod úroveň terénu** při požadavku zahájit snižování hladiny s předstihem vždy přibližně čtyři dny před započatím výkopových prací na konkrétním úseku trasy; snížením hladiny podzemních vod ve vrtech na shora uvedenou hodnotu bude podle zpracovatele průzkumu dosaženo v trase kanalizace snížení hladiny podzemních vod **do hloubky 0,5 m pod dno výkopu**;
- s cílem ověřit hydraulické výpočty v praxi bylo **navrženo pilotní zkušební čerpání podzemní vody** na zvoleném úseku ve výkopu kanalizace v délce 4 dnů, které bude zakončeno několikahodinovou stoupací zkouškou.

Souhrnné údaje o archivních vrtech v Třídvorské ulici včetně údajů o kótách a mocnostech jednotlivých geologických vrstev a údajů o naražených a ustálených hladinách jsou dokumentovány v následujících dvou tabulkách.

Tab. č. 2: Seznam geografických souřadnic v místech průzkumných vrtů a sond v Třídvorské ulici a údaje o hladinách podzemních vod v těchto vrtech (převzato od Štainera a Žitného a doplněno Vlčkem)

označení vrtu	X m	Y m	Z m n. m.	hloubka m	hladina podzemních vod				
					datum	naražená		ustálená	
						m	m n. m.	m	m n. m.
K5	1056400	687379	200,30	5,0	14.11.1985	nezastižena	<195,30	nezastižena	
K6	1056454	687421	199,43	6,0	13.1.2004	nezastižena	<193,43	nezastižena	
IG-1	1056445	687303	198,55	7,5	16.4.2018	4,5	194,05	3,80	194,75
S25	1056450	687286	197,90	4,0	7/1961	3,8	194,10	neustálena	–
ZS1	1056482	687136	197,74	3,2	31.3.2021	2,9	194,84	2,8	194,94
S24	1056496	687114	197,70	4,0	7/1961	2,8	194,90	(2,9)	(194,8)
S23	1056520	686995	197,60	4,0	7/1961	2,7	194,90	(2,8)	(194,8)
IG-2	1056534	686900	197,50	8,0	16.4.2018	2,9	194,70	3,17	194,33
S18	1056519	686712	196,70	4,6	7/1961	1,9	194,80	(2,0)	(194,7)
ST-2	1056413	686366	197,00	4,8	9/1961	2,0	195,00	2,20	194,80

Pozn.: hodnoty uvedené v závorce jsou odvozeny od naražených hladin, od rozdílu mezi naraženou a ustálenou hladinou ve studni ST-2, od skutečné ustálené hladiny v této studni a od vývoje ovzdušných srážek v období červenec až září 1961.

Tabulka č. 3: Litostratigrafické údaje zdokumentovaných vrtů a sond (převzato od Štainera a Žitného a doplněno Vlčkem)

označení vrtu	kvartér									křída		
	navážky			holocén			pleistocén písky a štěrkopísky			spodní turon, slínovce		
	báze m	báze m	mocnost m	báze m	báze m	mocnost m	báze m	báze m	mocnost m	báze m	báze m	mocnost m
K5	0,6	199,70	0,6	–	–	–	–	–	–	>5,0	<195,30	>4,4
K6	1,8	197,63	1,8	2,8	196,63	1,0	–	–	–	>6,0	<195,30	>4,2
IG-1	0,8	197,75	0,8	3,3	195,25	2,5	–	–	–	>7,5	<191,05	>4,2
S25	–	197,90	0,0	2,5	195,40	2,5	–	–	–	>4,0	<193,90	>1,5
ZS1	0,5	197,24	0,5	2,3	195,44	1,8	>3,2	<194,54	>1,4	–	–	–
S24	0,4	197,35	0,4	2,4	195,30	2,1	>4,0	<193,70	>1,6	–	–	–
S23	0,5	197,15	0,5	2,3	195,30	1,9	>4,0	<193,60	>1,7	–	–	–
IG-2	0,6	196,90	0,6	2,0	195,50	1,4	6,6	190,90	4,6	>8,0	<189,50	>3,4
S18	0,2	196,50	0,2	1,8	194,90	1,6	>4,0	<192,50	>2,2	>4,6	<192,10	>0,6

Komentář k aktuálně vyhloubené sondě ZS-1 a její geologický profil jsou popsány v kap. 8.2.

Soudní znalec Ing. Martin Jakoubek ve znaleckém posudku konstatuje, že **dílo nelze podle zpracované projektové dokumentace bezpečně zrealizovat**. Původní projektová dokumentace i její upravená verze z dubna 2018 **vykazuje** podle znalce **znaky neproveditelnosti**, protože m. j.:

- **nezohledňuje** veškeré vstupní údaje rozhodné pro bezpečnou proveditelnost stavby týkající se zejména **vysoké expozice hladiny podzemní vody v místě stavby**;
- **neobsahuje návrh řešení na snižování hladiny podzemní vody vhodný při zohlednění podmínek v místě stavby** (ochranné čerpání podzemních vod soustavou liniově uspořádaných vrtů, *pozn. autora*);
- **neobsahuje návrh dostatečné úpravy základové spáry** ve výkopu pro ukládku kanalizačního potrubí pod úrovní hladiny podzemních vod.

Vydanému povolení k čerpání podzemních vod za účelem snižování jejich hladiny znalec vytýká tyto nedostatky:

- **není uveden způsob, jakým budou vody ze zemního výkopu čerpány;**
- **není doložen kontrolovatelný výpočet množství čerpaných podzemních vod, který by prokázal dostatečnost stanoveného množství 10 l/s;**
- **chybně je uvedeno snižování hladiny nejvýše o 1 m pod ustálenou hladinu podzemních vod bez prověření, zda uvedené snížení bude vzhledem k úrovni základové spáry ve výkopu dostatečné;**
- **není zdokumentováno výpočetní řešení dosahu depresní hladiny podzemních vod vyvolané stavebním čerpáním;**
- **nejsou navrženy způsoby zajištění existujících objektů a infrastruktury, není posouzena míra ovlivnění studní a není proveden návrh opatření proti jejich poškození.**

V případě dvou písemných dokumentů sestavených ŠTAINEREM znalec zpochybňuje:

- **spolehlivost údajů o ustálené hladině podzemních vod, a to zejména s odkazem na stáří zjištěných údajů;**
- **doporučení snižovat hladinu podzemních vod pouze 0,5 m pode dno kanalizace; podle znalce má být tato hladina snížena nejméně 0,5 m pod kótu základové spáry, na kterou bude provedeno dno výkopu; maximální potřebné snížení hladiny podzemních vod (na západním okraji projektované trasy) bude přitom podle znalce dosahovat 1,85 m;**

Dále znalec zpracovateli vytýká **neurčitost ve způsobu provedení stavebního čerpání** a absenci výpočtu čerpaného množství ze zemního výkopu včetně délky tohoto čerpání.

Dílejší výhrady znalec konstatuje rovněž ke zprávě o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu sestavené ŽITNÝM:

- kritizuje podlimitně krátkou dobu čerpací zkoušky bez dosažení ustálené hladiny podzemních vod;
- konstatuje vágnost orientačního výpočtu hydraulického dosahu deprese při stavebním čerpání;
- vytýká absenci zohlednění rizik spojených s kolísáním hladiny podzemních vod a absenci zhodnocení možného vlivu na budovy, studny a technickou infrastrukturu.

Znalec podporuje záměr zpracovatele inženýrskogeologického průzkumu provádět stavbu za doprovodu ochranného čerpání podzemních vod v soustavě liniově uspořádaných vrtů.

8 DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE HYDROGEOLOGICKÉ POVAHY

8.1 Výsledky dlouhodobé čerpací zkoušky v archivním vrtu ST-2

Šachtová studna – vrt ST-2 se nachází ve vzdálenosti 170 m severovýchodně od východního okraje projektované stavby. Byla vybudována v roce 1961 jako zdroj podzemní vody pro tehdejší *Ministerstvo národní obrany*. Je **hluboká 4,8 m**, má vnitřní průměr 1 000 mm a ve svém profilu zastihla pod vrstvou hlín a hlinitých písků jemnozrnné písky, které byly od hloubky 2,0 m zvodněné. Povrch vrstvy jemnozrnných písků byl zjištěn v hloubce 1,4 m pod terénem. Ve studni byla **ve dnech 4.10.1961 až 3.11.1961 uskutečněna dlouhodobá hydrodynamická zkouška**. Ta sestávala ze zkoušky čerpací v délce 28 dní a ze zkoušky stoupací v délce dvou dní. Při čerpací zkoušce byla zvolena metoda neustáleného proudění se čtyřmi konstantně nastavenými vydatnostmi. Stav hladiny podzemních vod před zahájením čerpací zkoušky činil 2,20 m od horní hrany zákrytové desky. Sací koš ponorného čerpadla byl zapuštěn do hloubky 4,3 m pod terén. **Čerpané množství** se pohybovalo v rozmezí hodnot **0,4 l/s až 1,0 l/s** a v průběhu zkoušky bylo v závěrech jejích jednotlivých fází dosaženo **ustálených snížení hladiny** podzemních vod postupně od **0,55 m do 1,65 m**. Zkouška probíhala v průměrně vlhkém období. Hydrologické poměry v území byly pro interpretaci výsledků zkoušky reprezentativní. Výsledné údaje byly zpracovány KOLOMÝM (1961) a jsou dokumentovány v tabulce č. 4.

Geologické údaje o vrtu a údaje o hydrodynamické zkoušce byly poskytnuty *Českou geologickou službou – útvarem Geofond*.

Tab. č. 4: Výsledky dlouhodobé čerpací zkoušky v archivní studni ST-2 v roce 1961 (podle KOLOMÉHO)

datum	fáze hydrodynamické zkoušky	čerpaná vydatnost l/s	počáteční stav hladiny m	konečné snížení hladiny m	konečný stav hladiny m
3.10.	klidový stav	0	2,20	–	–
4.10. – 11.10.	ČZ – 1. fáze	0,4	–	0,55	2,75
11.10. – 18.10.	ČZ – 2. fáze	0,8	–	1,10	3,30
18.10. – 25.10.	ČZ – 3. fáze	0,9	–	1,30	3,50
25.10. – 1.11.	ČZ – 4. fáze	1,0	–	1,65	3,95
1.11. – 3.11.	stoupací zkouška	0	–	0	2,23

Vysvětlivky: ČZ – čerpací zkouška

Po ukončení čerpací zkoušky následovala zkouška stoupací. **Za 48 hodin nastoupala hladina ze stavu 3,95 m pod odměrným bodem na stav 2,23 m pod tento bod** s tím, že dále velmi mírně stoupala. Podstatně delší doba vzestupu hladiny v archivní studni ST-2 v porovnání s průzkumným vrtem IG-2 je způsobena značně vyšším hydraulickým zásahem čtyřtýdenního čerpání vody. V jeho průběhu bylo z kolektoru odčerpáno přibližně 1 700 m³ vody při dosažení ustáleného proudění podzemních vod.

Z extrapolace křivky vydatnosti vyplývá, že pokud by byla studna ST-2 hlubší a ponorné čerpadlo by bylo zapuštěno do větší hloubky, čerpaná vydatnost by při snížení hladiny na stav 4,0 m pod terén činila přibližně 1,1 l/s a při snížení hladiny na stav 5,0 m pod terén by dosáhla hodnoty okolo 1,3 l/s.

8.2 Nová hydrogeologická sonda v trase kanalizace

Dne 31.3.2021 byla firmou *Energie AG Kolín, a. s.*, odstraňována havarijní porucha na kanalizační přípojce přímo v Třídvorské ulici mezi ulicemi Říční a V Olšinkách. Místo zemního

výkopu se nacházelo mezi projektovanými šachtami KŠ 5 a KŠ 6. Vzdálenost výkopu od archivního hydrogeologického vrtu hydrogeologického vrtu S 24 je 25 m západně.

Hladina podzemních vod byla naražena v hloubce 2,9 m pod terénem a ustálila se v hloubce 2,8 m pod tímto odměrným bodem. V době zemních prací dosahovala sezónního maxima.

Zemní výkop byl hluboký 3,2 m. Geologický popis zastižených zemin byl následující:

hloubka (m)	geologický popis	klasifikace zemin a hornin podle ČSN 73 6133
0,0 – 0,5	těleso vozovky a jeho aktivní zóna	–
0,5 – 1,4	hlína písčitá, středně ulehlá, šedá	F3 MS
1,4 – 1,9	jíl slabě písčitý, tuhé konzistence, hnědošedý až rezavě žlutý	F4 CS
1,9 – 2,3	písek hlinitý, tuhé konzistence, okrový	S4 SM
2,3 – 3,2	písek střednozrný až hrubozrný, středně ulehlý, okrový	S2 SP
KVARTÉR		
hladina podzemní vody naražená 2,9 m pod terénem		
hladina podzemní vody ustálená: 2,8 m pod terénem		

Zemní práce a zemní výkop včetně detailních záběrů jsou fotograficky zdokumentovány v příloze 8, foto č. 3 až foto č. 6.

8.3 Posouzení využitelnosti časově odlišných údajů o hladinách podzemních vod v hydrogeologických vrtech a sondách a převedení těchto hladin k jejich jednotnému parametru

Průzkumné hydrogeologické vrtky a sondy byly hloubeny v dlouhém časovém rozmezí šedesáti let a v rozdílných obdobích ročního hydrologického cyklu. Pro posouzení toho, nakolik jsou zjištěné údaje o hladinách podzemních vod použitelné pro interpretaci výškových parametrů hladiny v projektové dokumentaci stavby, byly využity vybrané druhy údajů o stavech hladiny podzemních vod v referenčním vrtu mělké monitorovací sítě *Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) VP 0452 Konárovice*. Tento vrt je od Třídvorské ulice v Kolíně vzdálen 4,0 km až 4,7 km východně. Nachází se ve velmi podobném hydrogeologickém prostředí a ve velmi podobné vzdálenosti od vodního toku Labe. Monitorovací objekt byl vyhlouben v roce 1964 a pravidelné pozorování v něm bylo zahájeno v roce 1965. K dispozici tak nejsou přímé údaje o hladinách z roku 1961, kdy byly vyhloubeny čtyři průzkumné vrtky v Třídvorské ulici.

Zvolené druhy údajů získané pro monitorovací vrt VP 0452 jsou dokumentovány v tab. č. 5. Nadmořská výška odměrného bodu monitorovacího vrtu činí 199,03 m n. m.

Tab. č. 5: Charakteristické hladiny podzemních vod ve vrtu Státní monitorovací sítě ČHMÚ VP 0452 Konárovice

období	stav hladiny m	úroveň hladiny m n. m.
9/1964	2,70	196,33
7/1965	2,57	196,46
7/1966	3,03	196,00
7/1967	2,47	196,56
7/1968	2,90	196,13

pokračování

pokračování tab. č. 5

1/2004	3,27	195,76
4/2018	3,28	195,75
2/2018	3,24	195,79
12/2018	3,92	195,11
1/2020	3,81	195,22
8/2020	2,44	196,59
3/2021	2,67	196,36
průměr 1965 – 2020	3,24	195,79
rozkyv v roce 2018	0,68	195,11 – 195,79
rozkyv v roce 2020	1,37	195,22 – 196,59

Průměrný sezónní rozkyv hladiny podzemních vod v rámci jednoho roku dosahuje v referenčním monitorovacím vrtu hodnot **okolo 1,0 m** s tím, že nejnižší roční rozkyv bývá okolo 0,6 m a nejvyšší hodnota parametru činí okolo 1,5 m. Rozkyv hladiny podzemních vod ve velmi suchém roce 2018 byl 0,68 m a v nadprůměrně vlhkém roce 2020 činil 1,37 m. V tomto roce přitom v území zřetelně stouply hladiny podzemních vod po extrémně suchém a teplém šestiletí 2014 až 2019 (viz [www.chmi.cz/meteorologie/historická data](http://www.chmi.cz/meteorologie/historická_data) dále webový portál ČHMÚ).

Za účelem zpětného prodloužení časové řady ročních úrovní hladin ve vrtu VP 0452 k roku 1960 a s cílem zhodnotit trendový vývoj úrovní hladin podzemních vod v uplynulých šedesáti letech byl sestaven časový graf odchylek průměrných ročních úrovní hladin podzemních vod od jejich dlouhodobého normálu, viz přílohu 5. Údaje o průměrných ročních hladinách podzemních vod v referenčním vrtu ČHMÚ za období 1965 až 2020 jsou doloženy v příloze 9. **Údaje o průměrných ročních hladinách pro období 1960 až 1964 byly dopočteny podle časové řady ovzdušných srážek ve stanici ČHMÚ Kutná Hora-Sedlec** (viz webový portál ČHMÚ/historická data) a to podle empirické regresní závislosti

$$H_i = f(0,50S_i + 0,33S_{i-1} + 0,17S_{i-2}) \quad /1/$$

kde H_i – průměrná roční úroveň hladiny podzemních vod v i -tém roce, m n. m.

S_i – roční úhrn srážek v i -tém roce, mm.

Podle sestaveného sdruženého grafu lze za uplynulých šedesát let vysledovat mírný **trendový pokles hladin podzemních vod v území o 0,2 m**. Jeho příčinou je globální oteplování. Od poloviny šedesátých let minulého století stoupla teplota vzduchu v území o 1,8 °C, viz webový portál ČHMÚ/historická data. Vzestup teploty vzduchu o tuto hodnotu vyvolal v území zvýšení výparu ze zemského povrchu přibližně o 30 mm za rok. Z hlediska vodní bilance je to podobné, jako kdyby v posledních několika letech napršelo každý rok v průměru o 30 mm, t. j. o 5 %, méně vody. V prostoru Třídvorské ulice v Kolíně jsou přitom nízké úrovně hladiny podzemních vod limitovány hydraulickým dosahem vzdutí v jezové zdrži Kolín. Kóta hladiny nad jezovou hranou při úrovni stálého vzdutí činí 193,7 m n. m. Proto v posuzované lokalitě neklesá hladina podzemní vody přibližně pod kótu 194,0 m n. m. a trendový pokles hladiny zde může být částečně nižší. Do posuzované lokality z druhé strany nezasahuje okraj provozního snížení hladiny vyvolaného čerpáním podzemních vod v jímacím území Kolín-Tři Dvory. Dosazením hodnot za parametry rovnice /2/ v kap. 9.3 vychází dosah deprese R přibližně poloviční oproti vzdálenosti mezi jímacím územím a posuzovanou lokalitou ($s = 5,0$ m, $k_f = 4 \cdot 10^{-3}$ m/s, $M = 15,0$ m).

Hloubení sond ŽITNÝM (2018) bylo z hlediska prodloužené šedesátileté časové řady uskutečněno **při průměrných vodních stavech**. Podobně tomu bylo při hydrogeologickém průzkumu v lednu 2004, kdy byla vyhloubena a zdokumentována sonda K6. Celkově nadprůměrná byla i sezónní hodnota v březnu 2021, kdy byla hloubena sonda ZS1. Z korelace mezi ovzdušnými srážkami ve shora uvedené meteorologické stanici a hladinami podzemních vod v uvedeném

monitorovacím vrtu lze s vědomím jisté neurčitosti dovodit, že **hladina podzemních vod byla v červenci 1961 v porovnání s dlouhodobým normálem mírně nadprůměrná, a to přibližně o 0,3 m.** To plyne z prodloužení časové řady vrtu VP 0452 podle rovnice /1/a také ze skutečnosti, že v období leden až červenec 1961 vypadlo v území 105 % srážek oproti dlouhodobému normálu a v samotném červenci 1961 vypadlo 123 % tohoto měsíčního normálu. Předchozí rok 1960 byl přitom v území velmi vlhký a podle archivních údajů v něm vypadlo o 30 % až 35 % více srážek, než činí dlouhodobý normál.

Časově odlišné údaje o hladinách podzemních vod jsou po jejich rozboru využitelné pro stanovení linie průměrné dlouhodobé roční úrovně hladiny podzemních vod v trase projektované stavby. Ta se ve střední a východní části trasy stavby (v kvartérním kolektoru) pohybuje okolo hodnoty **194,5 m n. m.** a v její západní části (ve spodnoturonském kolektoru) má hodnotu **194,7 m n. m.** Naražená hladina je v této západní části nižší a dosahuje hodnot v pásmu 194,0 m n. m. až 194,1 m n. m. Přepočet úrovní hladin podzemních vod v archivních vrtech a sondách na jejich jednotný referenční parametr, kterým je průměrná dlouhodobá roční úroveň hladiny, je učiněn v následující tabulce.

Tab. č. 6: Přepočet archivních údajů o ustálených hladinách podzemních vod na dlouhodobý roční průměr podle vrtu Státní monitorovací sítě ČHMÚ VP 0452 Konárovice.

označení vrtu	datum vybudování	úroveň naražené hladiny m n. m.	úroveň ustálené hladiny m n. m.	úroveň přepočtené ustálené hladiny m n. m.	rozdíl 4 – 5 m n. m.
1	2	3	4	5	6
IG-1	16.4.2018	194,05	194,75	194,75	0
S25	7/1961	194,10	–	–	–
ZS1	31.3.2021	194,84	194,94	194,5	+0,44
S24	7/1961	194,90	(194,8)	194,5	(+0,3)
S23	7/1961	194,80	(194,8)	194,5	(+0,3)
IG-2	16.4.2018	194,70	194,33	194,5	–0,17
S18	7/1961	194,80	(194,7)	194,5	(+0,2)

Pozn.: hodnoty uvedené v závorce jsou odvozeny metodou analogie, viz tab. č. 2

V příloze 6 je sestaven hydrogeologický řez Třídvorskou ulicí. Byl sestaven z polohopisných a geologických údajů o vrtech dokumentovaných v tab. č. 1 a tab. č. 2. Linie ustálených hladin podzemních vod v kvartérním kolektoru a spodnoturonském kolektoru jsou převzaty z přepočtu uvedeného v tab. č. 6.

Protože stavba výměny kanalizace bude trvat větší počet měsíců, nastoupá hladina podzemních vod v jejím průběhu několikrát nad její stanovenou průměrnou dlouhodobou úroveň. Pro zohlednění statisticky významného nejméně příznivého hladinového výkyvu je pro účel hydrogeologického posouzení zvolena **průměrná nejvyšší roční úroveň hladiny.** Tu s vědomím doloženého velmi mírného poklesového trendu do 0,2 m za uplynulých 60 let stanovujeme hodnotou **o 0,5 m vyšší, než je její průměrná dlouhodobá úroveň.** Tato **nejvyšší hladina činí pro kvartérní kolektor 195,0 m n. m. a pro spodnoturonský kolektor 195,2 m n. m.** V průběhu stavby bude dosažena pouze ve velmi vlhkých obdobích po dobu několika dní až týdnů.

9 HYDRAULICKÉ A HYDROLOGICKÉ VÝPOČTY

9.1 Stanovení součinitele filtrace

Údaje o archivní hydrodynamické zkoušce jsou dokumentovány v kap. 8.1. Z údajů o stoupací zkoušce byl autorem hydrogeologického posudku sestrojen semilogaritmický graf jako druh grafu studňové funkce. Z něho byl Jacobovou metodou lineární aproximace hodnot vypočten součinitel průtočnosti T , který má hodnotu $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Při orientačně stanovené mocnosti kolektoru 3,6 m (viz geologické profily blízkého archivního vrtu KL-1 a nedávno vyhloubeného vrtu IG-2 v příloze 4) činí **součinitel filtrace kvartérního kolektoru** v okolí studny $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Uvedená hodnota je v uspokojivé shodě s aritmetickým průměrem hodnot součinitele filtrace stanovených ŽITNÝM (2018). Tento aritmetický průměr byl vypočten z expresní čerpací zkoušky a ze stoupací zkoušky vrtu IG-2 a má hodnotu $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Uvedená hodnota součinitele filtrace $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ je dále v uspokojivé shodě s vymezeným pásmem hodnot parametru k_f stanoveným ŠTAINEREM (2017 a 2018). Toto pásmo je $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ až $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Graf stoupací zkoušky společně s výpočtem součinitele průtočnosti T a součinitele filtrace k_f je uveden v příloze 6.

Protože ve směru k západu roste v kvartérním kolektoru podíl jemnozrnných písků, klesá tímto směrem hodnota součinitele filtrace.

9.2 Stanovení dynamického snížení hladin podzemních vod v trase kanalizace

Projektant navrhuje snížit provozní hladinu podzemních vod pod dolní líc podkladního betonu, t. j. na úroveň konstrukčně zpevněné základové spáry prováděné stavby. Tato základová spára se bude v závislosti na průměru kanalizačního potrubí nacházet v hloubce 0,3 m až 0,4 m pode dnem vnitřní stěny kanalizačního potrubí, a to při podmínce mocnosti vrstvy podkladního betonu 100 mm až 150 mm. Podkladní beton bude položen na konstrukční zpevňovací vrstvu šterkového polštáře frakce 32/63 mm o mocnosti 200 mm. ŠTAINER ve svém vyjádření (duben 2018) **navrhl snížit provozní hladinu 0,5 m pode dno kanalizačního potrubí v režimu odčerpávání gravitačního přítoku podzemních vod přímo ze zemního výkopu (dále povrchové odvodnění)**. Znamená to, že v tomto případě by měla být konstrukční vrstva šterkového polštáře částečně zaplavena vodou, a to nejvýše z jedné poloviny. ŽITNÝ ve zprávě o výsledcích průzkumu (květen 2018) **navrhl snížit provozní hladinu 0,5 m pod základovou spáru**, t. j. pode dno zemního výkopu, **v režimu ochranného čerpání podzemních vod v soustavě liniově uspořádaných vrtů (dále hlubinné odvodnění)**. Tento záměr v podstatě znamená **snížit provozní hladinu o 1,1 m pode dno kanalizace** s tím, že v čerpaných vrtech bude tato depresní hladina ještě částečně vyšší. I v této druhé variantě se počítá s určitým konstrukčním zpevněním základové spáry vrstvou šterkového polštáře.

Mocnost kvartérního kolektoru terasových písků se podle údajů doložených v tab. č. 1, č. 2 a č. 5 pohybuje v Třídvorské ulici od nuly přibližně do 4 m a klesá směrem k západu. V sondě IG-2 je jako v jediné deklarována úplná mocnost kolektoru a to hodnotou 3,6 m.

V následující tabulce jsou pro zastoupené kontrolní šachty porovnány výškové kóty obou variantních provozních hladin **s kótami průměrné hladiny podzemních vod** ve dvou v trase zastoupených kolektorech, kvartérním a spodnoturonském, a to pro oba výše uvedené druhy snížení hladiny. Pokud stavební práce budou započaty na jaře a ukončeny na podzim, je uvedený **hladinový scénář** pro takové období stavby **nejvíce pravděpodobný**.

Tab. č. 7: Porovnání kót dvou variantních snížených hladin a průměrné hladiny podzemních vod

označení kontrolní šachty	staničení L, m	kóta nivelety dna m n. m.	snížená kóta dna o 0,5 m (podle Štainera) m n. m.	snížená kóta dna o 1,1 m (podle Žitného) m n. m.)	průměrná dlouhodobá hladina* m n. m.	rozdí 4 – 6 m n. m.	rozdí 5 – 6 m n. m.
1	2	3	4	5	6	7	8
KŠ15	614,3	196,00	195,50	194,90	194,5	+1,0	+0,4
KŠ14	591,2	195,90	195,40	195,80	194,5	+0,9	+0,3
KŠ13	565,5	195,78	195,28	194,68	194,5	+0,8	+0,2
KŠ12	514,5	195,56	195,06	194,46	194,5	+0,6	0
KŠ11	506,9	194,98	194,48	193,88	194,5	0	-0,6
KŠ10	454,5	194,91	194,41	193,81	194,5	-0,1	-0,7
KŠ9	420,9	194,87	194,37	193,77	194,5	-0,1	-0,8
KŠ8	387,4	194,83	194,33	193,73	194,5	-0,2	-0,8
KŠ7	334,2	194,76	194,26	193,66	194,5	-0,2	-0,9
KŠ6	277,3	194,69	194,19	193,59	194,5	-0,3	-0,9
KŠ5	226,5	194,63	194,13	193,53	194,5	-0,4	-1,0
KŠ4	175,8	194,56	194,06	193,46	194,7	-0,6	-1,2
KŠ3	134,0	194,51	194,01	193,41	194,7	-0,7	-1,3
KŠ2	92,2	194,46	193,96	193,36	194,7	-0,7	-1,3
KŠ1	51,2	194,40	193,90	193,30	194,7	-0,8	-1,4
KŠ0	0	194,34	193,84	193,24	194,7	-0,9	-1,5

*) = průměrná dlouhodobá úroveň ustálené hladiny podzemních vod stanovená přepočtem

Výškové kóty snížení dynamických hladin předpokládají založení kanalizačního potrubí na betonové pražce. Je přitom zvažována projektová varianta, že tento prvek bude z konstrukčního řešení založení stavby vyřazen. V takovém případě bude základová spára stavby, t. j. spodní líc podkladního betonu, přibližně o 0,1 m výše. Kóty dynamických snížení hladin podle obou variant (sloupec 4 a sloupec 5) pak budou o 0,1 m vyšší a rozdíly těchto dynamických hladin oproti průměrné hladině (sloupec 7 a sloupec 8) se v návaznosti posunou o 0,1 m na stranu vyšší bezpečnosti, t. j. záporné hodnoty se o 0,1 m sníží a kladné hodnoty se o shodný údaj zvýší.

V případě povrchového odvodnění budou výškové parametry linie snížené o 0,5 m pod niveletu dna kanalizace ve vztahu k průměrné ustálené hladině podzemních vod následující:

- **pod linií depresní hladiny** se bude nacházet úsek stavby mezi šachtami KŠ15 a KŠ11) v délce 108 m;
- **v pásmu hloubek 0 až 0,5 m nad stanovenou linií** se bude nacházet úsek stoky mezi šachtami KŠ11 a KŠ4 v délce 334 m;
- **v pásmu hloubek 0,5 až 1,0 m nad stanovenou linií** se bude nacházet úsek stoky mezi šachtami KŠ4 a KŠ0 v délce 176 m.

V případě hlubinného odvodnění budou výškové parametry linie snížené o 1,1 m pod niveletu dna kanalizace tyto:

- **pod linií depresní hladiny** se bude nacházet úsek stoky mezi šachtami KŠ15 a KŠ12 v délce 100 m;
- **v pásmu hloubek 0 až 0,5 m nad stanovenou linií** se bude nacházet velmi krátký úsek stoky mezi šachtami KŠ12 a KŠ11 v délce 5 m;
- **v pásmu hloubek 0,5 m až 1,0 m nad stanovenou linií** se bude nacházet úsek stoky mezi šachtami KŠ11 a KŠ5 v délce 283 m;
- **v pásmu hloubek 1,0 m až 1,6 m nad stanovenou linií** se bude nacházet úsek stoky mezi šachtami KŠ5 a KŠ0 v délce 227 m;

Přibližně od šachty KŠ4 po místo ukončení stavby v šachtě KŠ0, kde bude v obou případech dosahováno nejvyššího snížení hladiny podzemních vod, budou podzemní vody ve výkopu vázány na nízce propustný spodnoturonský kolektor.

Po dobu několika dní až týdnů v průběhu stavby může hladina podzemních vod vystoupit až do výšky 0,5 m nad uvedené průměrné dlouhodobé hodnoty. Znamená to, že nejvyšší rozdíl hladin podzemních vod dosáhne v takovém případě pro povrchové odvodnění hodnoty 1,4 m a pro hlubinné odvodnění hodnoty 2,0 m. V obou případech budou tyto nejvyšší rozdíly hloubek vázány na nízce propustný spodnoturonský kolektor. Pokud stavební práce budou zahájeny brzy na jaře, je vzhledem ke směru prováděných prací pravděpodobné, že tyto mezní hladiny budou dosaženy.

9.3 Výpočet dosahu deprese vyvolané stavebním čerpáním

Obecně nejpresnějším způsobem zjištění dosahu deprese při čerpání vody z vrtu nebo ze zemní rýhy je získat údaje z přímých měření hladin v několika pozorovacích vrtech. Protože takové údaje nejsou v posuzované lokalitě k dispozici, byl pro stanovený účel využit jednoduchý matematický postup představující aplikaci empirického vzorce používaného v hydrogeologické praxi. Je jím Kusakiniův vzorec

$$R = 575 \cdot s \cdot (k_f \cdot M)^{0,5} \quad /2/$$

kde s – snížení hladiny vody v zemní rýze nebo ve vrtu, m

k_f – součinitel filtrace, m/s

M – mocnost kolektoru při ustálené hladině, m

Z důvodu nízké mocnosti zvodně a z důvodu součinitele filtrace k_f nižšího než $1 \cdot 10^{-3}$ nebyl aplikován Sichardtův empirický vzorec $R = 3\,000 \cdot s \cdot k_f^{0,5}$. Kvůli absenci vlivu snížení hladiny na dosah deprese nebyl použit ani Jetelův vzorec $R = 1,5 \cdot (a \cdot t)^{0,5}$ (kde a – součinitel difuzity, m^2/s , a t – doba čerpání, s).

Výpočet je učiněn pro **průměrnou dlouhodobou úroveň hladiny** podzemních vod v lokalitě, která je pro průběh stavby nejvíce pravděpodobná, i **pro průměrnou nejvyšší hladinu v roce**, která představuje nejvyšší krátkodobý výkyv v zastoupených zvodních. Výpočet je dále proveden odděleně pro kvartérní kolektor, který je v lokalitě charakterizován režimem s volnou hladinou, a pro spodnoturonský kolektor, který má napjatou hladinu. V obou kolektorech jsou výpočtově rozlišeny **dva způsoby odvodnění**:

- **povrchové odvodnění** (odčerpání gravitačně přitékajících podzemních vod z čerpací jímky)
- **hlubinné odvodnění** (tlakové odvodnění podzemních vod s ochranným čerpáním v soustavě vrtů).

1. Výpočet dosahu deprese v kvartérním kolektoru (volná hladina)

Hodnota mocnosti kolektoru M vycházela z hodnoty stanovené pro vrt IG-2. Ta při průměrném stavu činila 3,6 m.

Povrchové odvodnění:

průměrná hladina:

$$R = 575 \cdot 0,5 \cdot (2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 3,6)^{0,5} = 8,1 \text{ m}$$

nejvyšší hladina:

$$R = 575.1,0.(2,2.10^{-4}.4,1)^{0,5} = 17,2 \text{ m}$$

Hlubinné odvodnění:

Předpokládáno je snižování hladiny podzemních vod podle doporučení uvedeného ve zprávě ŽITNÉHO, t. j. při snížení hladiny 0,5 m pod úroveň základové spáry. Toho bude podle uvedeného zpracovatele dosaženo při snížení hladiny podzemních vod ve vrtech o 3,0 m.

průměrná hladina:

$$R = 575.3,0.(2,2.10^{-4}.3,6)^{0,5} = 48,5 \text{ m}$$

nejvyšší hladina:

$$R = 575.3,5.(2,2.10^{-4}.4,1)^{0,5} = 60,4 \text{ m}$$

Průměrný dosah deprese vyvolaný čerpáním vody z čerpacích jímek umístěných v zemním výkopu bude 8 m a průměrný dosah deprese vyvolaný ochranným čerpáním vod v soustavě vrtů bude 49 m. Maximální dosah deprese bude při povrchovém odvodnění činit 17 m a při hlubinném odvodnění 60 m. Tyto vysoké hodnoty se dostaví pouze ve velmi vlhké části roku.

2. Výpočet dosahu deprese ve spodnoturonském kolektoru (mírně napjatá hladina)

Protože napjatost zvodně je velmi nízká (píermetrický tlak 6 kPa, t. j. o 0,6 m výškového sloupce) je úloha řešena shodně jako pro režim s volnou hladinou. Mocnost kolektoru byla orientačně zadána hodnotou 12 m.

Povrchové odvodnění:

průměrná hladina:

$$R = 575.1,0.(5.10^{-6}.12)^{0,5} = 4,5 \text{ m}$$

nejvyšší hladina:

$$R = 575.1,5.(5.10^{-6}.12,5)^{0,5} = 6,8 \text{ m}$$

Hlubinné odvodnění:

průměrná hladina:

$$R = 575.3,0.(5.10^{-6}.12)^{0,5} = 13,4 \text{ m}$$

nejvyšší hladina:

$$R = 575.3,5.(5.10^{-6}.12,5)^{0,5} = 15,9 \text{ m}$$

Průměrný dosah deprese vyvolaný čerpáním vody z jímek umístěných v zemním výkopu bude 4,5 m a průměrný dosah deprese vyvolaný ochranným čerpáním v soustavě vrtů bude 13 m. Při sezónně nejvyšších hladinách podzemních vod bude dosah dynamického snížení v režimu povrchového odvodnění činit 7 m a v režimu hlubinného odvodnění bude mít hodnotu okolo 16 m. V podmínkách puklinově propustného prostředí, t. j. v prostředí s anizotropním prouděním, mohou být skutečné hodnoty dosahu deprese v některých úsecích trasy kanalizace částečně vyšší.

9.4 Výpočet přítoku podzemních vod do zemní rýhy

Přítok podzemních vod je znovu proveden pro časově reprezentativní **průměrnou dlouhodobou hladinu** i pro krátkodobě nepříznivý stav **průměrné nejvyšší hladiny v roce**. Bude sestávat z **jednostranného dynamického gravitačního přítoku** do hydraulicky neúplné zemní rýhy a z **obousměrného uvolňování statických zásob** do této rýhy. V případě hlubinného čerpání se bude přibližně od snížení hladiny v zemní rýze o více než 0,8 m, t. j. pod kótou 193,7 m n. m., uplatňovat **dvoustranný dynamický gravitační přítok**, a to z důvodu aktivování **boční napájecí hranice**, kterou je vodní tok Labe.

Předpokládán je kolmý směr proudění podzemních vod od severu k trase kanalizace. Z důvodu hydraulické deprese podzemních vod vyvolané dlouhodobým odběrem podzemních vod v nedalekém jímacím území je takový předpoklad plně reálný. Jímací území je vzdáleno 1 200 m až 1 900 m jihovýchodně a z kvartérního kolektoru jsou v něm soustavou jímacích vrtů odebírány podzemní vody v množství okolo 50 l/s při snížení hladiny v jímacích objektech pouze do 5 m pod terén. Průtočnost kolektoru T v místě jímání je totiž podstatně vyšší než v posuzované lokalitě.

Kromě dynamických přítoků se do zemní rýhy budou uvolňovat také statické zásoby z prostoru vyprazdňovaného kolektoru nad jeho depresní hladinou.

Celkový přítok podzemních vod do zemního výkopu bude představovat **součet jeho dynamické a statické složky**. Výpočet je proveden odděleně pro kvartérní kolektor, který se nachází v režimu s volnou hladinou, a pro spodnoturonský kolektor, ve kterém se uplatňuje režim s napjatou hladinou.

9.4.1 Přítok podzemních vod z dynamických zdrojů

Použity jsou matematické vztahy /3/ a /4/ odvozené právě pro oba výše uvedené druhy odvodnění. Délka otevřeného úseku zemní rýhy je v souladu s projektovanou dokumentací zadána hodnotou 20 m.

1. Jednostranný dynamický gravitační přítok do zemní rýhy (kvartérní kolektor):

Výpočet je proveden pro úsek trasy, která je v Třídvorské ulici založena do kvartérního kolektoru. Ten se vyznačuje režimem s volnou hladinou.

$$Q_1 = \frac{k_f (H^2 - h_0^2) \cdot L}{2R} \quad /3/$$

kde Q_1 – dynamický přítok vody do zemní rýhy, m^3/s

k_f – součinitel filtrace, m/s

R – dosah deprese, m

H – výškový sloupec ustálené hladiny vody neovlivněné čerpáním, m

h_0 – výškový sloupec depresní hladiny vody v trase zemní rýhy ovlivněné čerpáním, m

L – délka otevřeného úseku zemní rýhy, m

Výpočet vyjadřuje přítok vody do tzv. úplné rýhy, t. j. uvažuje pouze přítok vody ze svahu a zanedbává přítok vody dnem. Ten je však v režimu s volnou hladinou velmi nízký.

Povrchové odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_1 = \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (3,7^2 - 3,2^2) \cdot 20}{2,8,1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_1 = \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (4,2^2 - 3,2^2) \cdot 20}{2,17,2} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Výpočtový **dynamický přítok** podzemních vod v kolektoru kvartérních štěrkopísků bude v režimu **povrchového odvodnění** při vyvolaném snížení hladiny podzemních vod o 0,5 m i o 1,0 m pro jednotkový úsek zemního výkopu délky 20 m činit přibližně 1 l/s.

Hlubinné odvodnění

Do výpočtu je v podobě druhého sčítance v matematickém výrazu zakomponován podíl přítoku podzemních vod od jihu, t. j. ve směru od boční napájecí hranice po podkročení hraničního snížení hladiny podzemních vod ve vrtech. Do parametru h_0 je dosazena hodnota 0,8 m jako aritmetický průměr mezi hodnotou výškového sloupce v čerpaném vrtu (0,3 m) a hodnotou výškového sloupce na poloviční vzdálenosti mezi dvěma vrty (1,3 m).

průměrná hladina:

$$Q_1 = \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (3,7^2 - 0,8^2) \cdot 20}{2,48,5} + \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (2,9^2 - 0,8^2) \cdot 20}{2,48,5} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_1 = \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (4,2^2 - 0,8^2) \cdot 20}{2,60,4} + \frac{2,2 \cdot 10^{-4} (2,9^2 - 0,8^2) \cdot 20}{2,60,4} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dynamický přítok podzemních vod z kvartérního kolektoru bude v režimu **hlubinného odvodnění** pro jednotkový úsek délky 20 m činit při průměrné i nejvyšší hladině **přibližně 1 l/s**. Vyvolané snížení hladiny podzemních vod v trase kanalizace dosáhne při průměrné hladině nejméně hodnoty 1,1 m a při nejvyšší hladině 1,6 m. V jímacích vrtech bude mít provozní snížení hladiny hodnotu 3,4 m.

Přítok podzemních vod do zemní rýhy se obecně při zvýšení dynamického snížení hladiny podzemních vod v hydraulicky izotropním prostředí zvyšuje. Shora dokladovaný **mírný výpočtový nesoulad mezi přítoky z nižší a vyšší hloubky je způsoben orientačním stanovením dosahu deprese R**, když přesnější údaje o tomto parametru nejsou k dispozici. Pásmo nejistoty vypočtených hodnot přítoků zde činí nižší desetiny litrů za sekundu.

2. Jednostranný dynamický artéský gravitační přítok do zemní rýhy (spodnoturonský kolektor):

$$Q_1 = \frac{k_f \cdot M (H - h_0) \cdot L}{R} + k_f \cdot L \cdot B$$

/4/

kde Q_1 – dynamický přítok vody do zemní rýhy, m^3/s

k_f – součinitel filtrace, m/s

H – výškový sloupec ustálené hladiny vody neovlivněné čerpáním, m

h_0 – výškový sloupec depresní hladiny vody v trase zemní rýhy ovlivněné čerpáním, m

L – délka otevřeného úseku zemní rýhy, m

R – dosah deprese, m

M – mocnost kolektoru s napjatou hladinou podzemních vod, m

B – šířka zemní rýhy, m

Výpočet vyjadřuje přítok vody ze svahu a schematicky také tlakový přítok vody dnem. Vzhledem k nízké napjatosti zvodně bude podíl vod přitékajících dnem nízký.

Povrchové odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12(12,7 - 11,7) \cdot 20}{4,5} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 2,1 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12,5(13,2 - 11,7) \cdot 20}{6,8} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 2,1 = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dynamický přítok podzemních vod ze **spodnoturonského kolektoru** bude v režimu **povrchového odvodnění** při snížení hladiny podzemních vod o 1,0 m až 1,5 m a pro jednotkový úsek délky 20 m činit **0,5 l/s**.

Hlubinné odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12(12,7 - 10,7) \cdot 20}{13,4} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 2,1 = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12,5(13,2 - 10,7) \cdot 20}{15,9} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 2,1 = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Výpočtový **dynamický přítok** podzemních vod z tlakově napjatého **spodnoturonského kolektoru** v režimu **hlubinného odvodnění** při snížení hladiny podzemních vod o 1,0 m až 1,5 m pro jednotkový úsek 20 m činí **0,4 l/s**.

I zde platí, že obrácené proporce výsledných hodnot pro vyšší a nižší snížení hladiny jsou dány orientačním způsobem stanovení dosahu deprese R . Pásmo nejistoty vypočtených výsledků zde rovněž činí nižší desetiny litrů za sekundu.

9.4.2 Přítok podzemních vod ze statických zásob

Přítok ze statických zásob je dán vztahem

$$Q_2 = \frac{(H - h_0) \cdot R \cdot L \cdot S}{t} \quad /5/$$

kde Q_2 – přítok podzemních vod ze statických zásob do zemní rýhy, m^3/s

$H - h_0$ – vyvolané snížení hladiny podzemních vod v zemní rýze, m

R – dosah deprese, m

L – délka otevřeného úseku zemní rýhy, m

S – součinitel zásobnosti kolektoru, –

t – doba odčerpání statických zásob, s

Úloha je pro účel výpočtu částečně schematizována: jednotková plocha snížené hladiny mezi zemní rýhou a okrajem deprese není z důvodu krátké doby čerpání zadána trojúhelníkem, ale jeho jednou polovinou. Je tak předpokládáno, že spojnicí mezi depresní hladinou v zemní rýze

a okrajem deprese nebude přímková linie, ale bude jí křivka, která vymezení vzhledem k ustálené hladině poloviční plochu, než by tak učinila shora uvedená přímková linie. Doba prázdnění kolektoru je pro povrchové odvodnění schematizována časovým úsekem jednoho dne a dvou dní a pro hlubinné odvodnění časovým úsekem 7 dnů.

1. Přítok z kvartérního kolektoru

Součinitel zásobnosti kolektoru je zadán hodnotou 0,25 (jemnozrnné až střednozrnné písky).

Povrchové odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_2 = \frac{0,5.8,1.20.0,25}{8,64.10^4} = 2,3.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_2 = \frac{1,0.17,2.20.0,25}{1,73.10^5} = 5,0.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Hlubinné odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_2 = \frac{2,3.48,5.20.0,25}{6,05.10^5} = 9,2.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_2 = \frac{2,8.60,4.20.0,25}{6,05.10^5} = 1,4.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Přítok podzemních vod ze statických zásob v kvartérním kolektoru bude v závislosti na výšce ustálené hladiny mezi její nejvyšší a průměrnou hodnotou činit **při povrchovém způsobu odvodnění 0,2 l/s až 0,5 l/s** a **při hlubinném způsobu odvodnění** bude mít hodnoty **0,9 l/s až 1,4 l/s**. Odčerpávání statických zásob bude při hlubinném odvodnění trvat delší dobu, protože normové snížení hladiny podzemních vod činí 0,5 m za 1 den.

2. Přítok ze spodnoturonského kolektoru

Povrchové odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_2 = \frac{1,0.4,5.20.0,05}{8,64.10^4} = 0,5.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_2 = \frac{1,5.6,8.20.0,05}{8,64.10^4} = 1,2.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Hlubinné odvodnění

průměrná hladina:

$$Q_2 = \frac{3,1.13,4.20.0,05}{6,05.10^5} = 0,7.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

nejvyšší hladina:

$$Q_2 = \frac{3,6.15,8.20.0,05}{6,05.10^5} = 0,9.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Přítok podzemních vod ze statických zásob ve spodnoturonském kolektoru bude činit při **povrchovém i hlubinném způsobu odvodnění** pro průměrnou i nejvyšší hladinu **nejvýše 0,1 l/s**. Režim postupného snižování hladiny ve vrtech v průběhu hlubinného odvodnění bude shodný jako v kvartérním kolektoru.

Celkový přítok vody do zemní rýhy jako součet jeho dynamické a statické složky je ve dvou hydrogeologicky odlišných částech trasy kanalizace stanoven v následující tabulce.

Tab. č. 8: Stanovení průměrného a maximálního přítoku vody do zemní rýhy (pro jednotkový úsek trasy délky 20 m)

staničení m	kolektor	způsob odvodnění	dynamický přítok		statický přítok		celkový přítok	
			průměrný l/s	maximální l/s	průměrný l/s	maximální l/s	průměrný l/s	maximální l/s
180 – 614	kvartérní (volná hladina)	povrchový	1,0	1,0	0,2	0,5	1,2	1,5
		hlubinný	1,0	1,0	0,9	1,4	1,9	2,4
0 – 180	spodnoturonský (napjatá hladina)	povrchový	0,5	0,5	0,05	0,1	0,6	0,6
		hlubinný	0,5	0,5	0,07	0,1	0,6	0,6

Nízké až nulové přírůstky přítoků v závislosti na přírůstcích snížení hladiny jsou v dané lokalitě v rámcovém souladu s výsledky dlouhodobé čerpací zkoušky v archivní studni ST-2, viz tab. č. 4: při snížení již vyvolané depresní hladiny v průběhu zkoušky o dalších 0,55 m vzrostla čerpaná vydatnost ve vrtu o 0,2 l/s. Nízké hodnotové disproporce v přítocích jsou způsobeny shora uvedeným orientačním stanovením dosahu deprese *R*.

Přítoky podzemních vod do otevřeného úseku zemní rýhy jednotkové délky 20 m se v režimu povrchového odvodnění budou pohybovat v pásmu 0,6 l/s až 1,5 l/s. Vyšší budou krátce po vyhloubení zemního výkopu nebo při vyšší ustálené hladině a nižší budou před zasypáním výkopu po výměně kanalizace nebo při sezónně nízké hladině podzemních vod. Ani v úsecích s lokálně zastoupenými hrubozrnnými písky v kvartérním kolektoru nedosáhne součinitel filtrace hodnoty vyšší než 5.10^{-4} m/s. **Celkový přítok** vody do otevřeného úseku kanalizace bude v takovém případě činit **nejvýše 4 l/s**. Nenaplní se tak orientační odhad ŠTAINERA (7/2017) o tom, že specifické přítoky podzemních vod do zemního výkopu mohou v kvartérních píscích dosahovat až hodnot v řádu nižších jednotek litrů za sekundu na délku jednoho metru výkopu. Přítoky vod v úseku zastoupeném kvartérním kolektorem budou přibližně dvakrát vyšší než v úseku zastoupeném spodnoturonským kolektorem. Kvartérní kolektor se přitom nachází ve více než čtyřech pětinách trasy. V horním úseku trasy, ve kterém nebude nutné snižovat hladinu o jejich výpočtové hodnoty, bude také nižší přítok podzemních vod.

Při technologii **hlubinného odvodnění** budou z přilehlých vrtů vystrojených na kvartérní zvedněn **odčerpávány podzemní vody v množství do 2 l/s pro každý čerpaný vrt** (srovnej s výsledky dlouhodobé čerpací zkoušky v archivním vrtu ST-2 v kap. 8.1), při málo pravděpodobné hodnotě součinitele filtrace 5.10^{-4} l/s do 3 l/s pro každý takový vrt. To platí pro vzdálenost vrtů 30 m. Pokud budou odvodňovací vrty umístěny v kratší vzdálenosti, bude nižší i čerpané množství v každém z nich. Z odvodňovacích vrtů vystrojených na spodnoturonskou zvedněn budou čerpána množství vod podstatně nižší.

Ve výpočtu **není zohledněn vliv případných srážkových vod** z vydatných dešťů. To však není náplní zadaného hydrogeologického posudku.

10 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ, EFEKTIVNOSTÍ A RIZIK SPOJENÝCH SE DVĚMA NAVRŽENÝMI ZPŮSOBY ODVODNĚNÍ ZEMNÍHO VÝKOPU

10.1 Povrchové odvodnění

Silnou stránkou povrchového odvodnění jsou v daném případě zejména **nižší pořizovací a provozní náklady** a dále **absence rizik spojených s nerovnoměrným sedáním budov**. Podružnou předností je nejvýše zanedbatelné ovlivnění hladin podzemních vod v přilehlých domovních studnách. Odvodňování zemního výkopu tímto způsobem bude celkově jednodušší a po dokončení stavby nezůstanou v Třídvorské ulici žádné stavební relikty v podobě zatamponovaných vrtů.

Částečně nepříznivým doprovodným jevem tohoto způsobu odvodnění je **zakládání kanalizačního potrubí na podzákladí, které bude v podstatném úseku trasy, konkrétně v délce okolo 500 m, zvodněné**. Bude proto nutné provést konstrukční zpevnění základové spáry, a to takovým druhem stavebního materiálu a v takové jeho mocnosti, které umožní dosáhnout projektované únosnosti této zpevněné základové spáry. Projektant navrhuje uložit kanalizační potrubí na vrstvu podkladního betonu o tloušťce 100 mm, která bude založena na **konstrukční zpevňovací vrstvu štěrku frakce 32/63 mm o mocnosti 200 mm**. Do této vrstvy budou zakomponovány dvě drenážní hadice o průměru do 160 mm. Pod zpevňovací vrstvu štěrku bude položena separační geotextilie o specifické hmotnosti 0,30 kg/m². **S uvedeným technickým řešením konstrukčního zpevnění základové spáry souhlasíme.**

Množství vod, které se bude v každém otevřeném úseku jednotkové délky 20 m vytvářet, se bude pohybovat nejvýše **v nižších jednotkách litrů za sekundu** a bude jej možné z jednotlivých pracovních úseků zemního výkopu **odvádět bez technických obtíží drenážními trubkami**.

Projektant předpokládá vybudovat v každé spodní části jednotkového úseku délky 20 m **čerpací jímku**, do které bude svedena párová dvojice drenážních trubek. Čerpací jímka bude podle nově aktualizované projektové dokumentace (SOUDEK, 05/2021) hluboká 0,7 m a bude vystrojena plastovou trubicí o průměru 400 mm. Přitékající vody budou z jímky čerpány ponorným kalovým čerpadlem umístěným v této jímce nebo horizontálním čerpadlem umístěným mimo výkop s tím, že na toto čerpadlo bude napojeno sací potrubí se sacím košem umístěným v čerpací jímce. Po dokončení výměny kanalizace v daném úseku zde bude čerpání ukončeno a vystrojovací trubka čerpací jímky bude ze zemního výkopu vytažena. S postupem vyměňované kanalizace tak budou střídavě provozovány pouze dvě takové trubky. Proti riziku nadměrného zakalení čerpaných vod, které budou odváděny do provozovaného úseku veřejné kanalizační stoky, bude podzemní voda z čerpací jímky přečerpávána do **sedimentační jímky**. Ta bude konstrukčně řešena nadzemní betonovou šachtou nebo ocelovou vanou o užitém objemu 2,0 m³ a bude souběžně s postupem výměny kanalizace přemísťována. V případě potřeby budou na staveništi instalovány dvě takové jímky. Ze sedimentační jímky bude voda odváděna do provozované části kanalizace plastovým potrubím KG 160. Voda ze sedimentační jímky bude do provozované kanalizace převáděna z větší části gravitačně, podružně čerpáním. **S navrženým způsobem odvádění podzemních vod z prostoru stavby rovněž souhlasíme.**

Uvedený způsob odvodnění bude stavebně bezpečný.

Přibližný rozsah specifických položek pro vybudování povrchového odvodňovacího systému je uveden v následujícím přehledu:

- položení konstrukční základové vrstvy šterku frakce 32/63 o mocnosti 200 mm (objem 250 m³) na separační geotextilii o měrné hmotnosti 0,3 kg/m³ (plocha se zohledněním překryvů 1 350 m²) a zhutnění této vrstvy lehkým hutnícím prostředkem;
- položení párového souboru drenážních hadic Ø 160 mm v délce 2 x 500 m nebo 614 m;
- pořízení dvou sedimentačních jímek a manipulace s nimi v trase stavby;
- postupné vybudování přibližně 30 provizorních čerpacích jímek a jejich navazující likvidace po ukončení čerpání v pracovním úseku;
- vybudování nadzemního odpadního potrubí mezi sedimentační jímkou a ústím provozované kanalizační stoky a likvidace tohoto pracovního potrubí po ukončení stavby;
- vybudování nadzemního odpadního potrubí mezi sedimentační jímkou a ústím provozované kanalizační stoky a likvidace tohoto pracovního potrubí po ukončení stavby;
- stavební čerpání vody včetně spotřeby elektrické energie; bude prováděno v době stavby v pravděpodobném úseku délky 500 m vždy z jedné čerpací jímky a v krátké trase z jedné sběrné jímky (orientační výměr položek: 1 čerpací objekt x výkon čerpadla 2 kWh x doba čerpání 24 h x 180 dní).

10.2 Hlubinné odvodnění

Předností hlubinného odvodnění je **dosažení** vyššího snížení hladiny podzemních vod pod kanalizačním potrubím a s ním spojených **nižších technologických nároků** při konstrukčním zpevnění podzákladí stavby. Protože se po ukončení ochranného čerpání základová spára zaplaví vodou, bude i zde vhodné použít technickou konstrukční vrstvu šterku, která vyloučí nepříznivé změny geotechnických charakteristik geologického podloží stavby po jeho zavodnění. Mocnost konstrukční vrstvy však bude nižší než v případě povrchového odvodnění.

Nedostatkem tohoto způsobu odvodnění je **vysoká nákladovost** technického řešení spočívající zejména ve **vybudování a provozování hydraulické clony v soustavě liniových jímácích vrtů**. Méně významná jsou **rizika spojená s nerovnoměrným sedáním podsklepených budov** založených v hlinitých zeminách a spraších v malé výšce nad ustálenou hladinou podzemních vod. Takových budov je podél trasy kanalizace jen malý počet. V případě pomalého snižování hladiny podzemní vody, která bude vyhovovat normovým požadavkům, bude přitom riziko dílčích destrukcí nosných konstrukcí budov nízké. **Hladina podzemních vod v domovních studnách se sice v průběhu ochranného čerpání mírně až zřetelně sníží**, avšak po ukončení tohoto hydraulického zásahu nastoupá na úroveň odpovídající neovlivněnému stavu. Podle odborného odhadu odvozeného z depresní křivky (viz kap. 9.3 a kap. 9.4.1) dosáhne snížení hladiny vody ve studnách situovaných ve vzdálenosti 15 m od hydraulické clony při průměrných stavech hladiny podzemních vod hodnoty okolo 1,5 m a ve vzdálenosti 30 m od ní bude toto snížení činit přibližně 0,6 m.

Zpracovatelem inženýrskogeologického průzkumu (ŽITNÝ, 2018) byla navržena mezilehlá vzdálenost liniově sestavených jímácích vrtů 30 m. Je otázkou, zda tato vzdálenost umožní v terasových píscích se součinitelem filtrace v odhadovaném pásmu $1 \cdot 10^{-4}$ m/s až $4 \cdot 10^{-4}$ m/s vytvořit v každém úseku trasy takové plochy depresních hladin, jejichž průsečiková linie uprostřed obou sousedních vrtů, t. j. ve vzdálenosti 15 m od každého z nich, vyvolá skutečně snížení hladiny alespoň 1,5 m, když provozní snížení hladiny ve vrtech bude pro průměrnou hladinu činit 3,4 m a orientačně stanovený dosah deprese bude činit necelých 50 m. Pokud případná pilotní čerpací zkouška nebo až přímé stavební čerpání správnost takové úvahy neprokáže, bude nutné soustavu liniově uspořádaných jímácích vrtů zahustit.

V žádném případě nebude odstup 30 m mezi sousedními vrty dostatečný v úseku délky 170 m, kde je horninové prostředí tvořeno nízce propustnými slínovci se součinitelem

filtrace v pásmu $X \cdot 10^{-6}$ m/s. Pokud by zde měl být koncept ochranného čerpání úspěšně zrealizován, musela by být odstupová vzdálenost jímacích vrtů nejvýše 5 m!

Přibližný rozsah specifických položek pro vybudování hlubinného odvodňovacího systému je uveden v následujícím přehledu:

- vytýčení míst přibližně 32 liniově uspořádaných vrtů vedle kanalizačního potrubí mimo trasy podzemních inženýrských sítí a mimo jejich ochranná pásma (vzdálenost vrtů v úseku orientační délky 440 m zastoupeném kvartérními šterky bude činit 30 m, t. j. 15 vrtů, a vzdálenost vrtů v úseku přibližné délky 170 m zastoupeném spodnoturonskými slínovci bude mít hodnotu 10 m, t. j. 17 vrtů;
- vybudování soustavy shora uvedených vrtů hlubokých 8 m až 10 m, průměr vrtání 500 mm, pracovní propažení vrtu ocelovými rourami \varnothing 457 mm, výstroj vrtů: trubka PVC \varnothing 160 mm, šterkový obsyp zaplášťového prostoru; orientační cena za vybudování 1 m odvodňovaného vrtu činí 3 600,- Kč bez DPH;
- položení konstrukční základové vrstvy šterku frakce 32/63 mm o tloušťce 100 mm pod vrstvu podkladního betonu (objem 120 m^3);
- odříznutí nadzemních částí výstrojí vrtů po ukončení čerpání, jejich odborná tamponáž včetně uvedení povrchu pozemní komunikace do stavu blízkého původní kvalitě této komunikace;
- stavební čerpání vody včetně spotřeby elektrické energie: čerpání bude zahájeno přibližně jeden týden před zahájením stavby a bude ukončeno přibližně jeden týden po jejím dokončení; voda bude čerpána v celém úseku trasy vždy ze 3 až 5 vrtů z hloubky 6 m až 7 m pod terénem, množství čerpaných vod bude v porovnání s povrchovým odvodněním částečně vyšší (orientační výměr: 4 čerpací objekty x výkon čerpadla 2 kWh x doba čerpání 24 h x 194 dní, obsluha čerpadel 1 800,- Kč za 1 den).

Orientačně stanovené pořizovací a provozní náklady na zajištění shora uvedených specifických položek spojených s odvodněním zemního výkopu a zpevněním základové spáry pro oba druhy odvodnění jsou:

povrchové odvodnění:	0,6 mil. až 0,7 mil. Kč (bez DPH)
hlubinné odvodnění:	1,9 mil. až 2,0 mil. Kč (bez DPH)

Hlubinné odvodnění představuje třikrát vyšší náklady v porovnání s povrchovým odvodněním.

10.3 Závěr porovnání

Na základě zhodnocení nákladovosti obou druhů odvodnění, jejich bezpečnosti, efektivnosti a rizik spojených s jejich realizací **upřednostňujeme povrchový způsob odvodnění zemního výkopu.** Hlubinné odvodnění považujeme v daném případě za nadměrně složité, v části úseku trasy za neefektivní a celkově nadbytečně a neúměrně nákladné. Při přítocích do zemní rýhy v množství nižších jednotek litrů za sekundu v jednom otevřeném úseku a při nízkých až velmi nízkých sníženích hladiny podzemních vod v trase vyměňované kanalizace je **hlubinný způsob odvodnění nevhodný.**

11 OSTATNÍ NÁVRHY A DOPORUČENÍ

11.1 Vybudování dělicích přepážek v trase kanalizace

V trase kanalizace je nutné v jejích spodních částech vybudovat příčné dělicí betonové přepážky. Protože sklon drenážního potrubí bude nízký a protože podzemní vody proudí v přibližně kolmém směru na projektovanou stavbu, bude dostatečné dodržet mezi jednotlivými dělicími objekty vzdálenost 100 m. Doporučená výška jedné přepážky v trase kanalizačního potrubí je 0,5 m nad průměrnou ustálenou hladinou podzemních vod podle tab. č. 7, sloupce 6. Hydrogeologické charakteristiky horninového prostředí jsou takové, že při dodržení souladu budovaných dělicích přepážek se shora uvedenými parametry nenastane v trase vyměřované kanalizace žádná trvalá změna hladiny podzemních vod ve studnách. Hladina vody v těchto studnách dosáhne krátce po dokončení stavby úrovně, na které by ve shodnou dobu setrvala, pokud by žádné ovlivnění hydraulických poměrů stavbou nenastalo.

11.2 Monitorování hladin podzemních vod v domovních studních

Monitorování hladin ve studnách bude v režimu doporučeného povrchového odvodnění prováděno z důvodu vydokladování nulového nebo nejvýše zanedbatelného ovlivnění studní projektovanou stavbou.

Před zahájením stavby budou pasportizovány všechny studny podél trasy kanalizace do vzdálenosti 20 m. Čtyři nejbližší situované studny k této trase budou zvoleny jako referenční a bude v nich prováděno měření hladin v čase. Monitorovací práce budou zahájeny před započatím stavebních prací a budou ukončeny po dokončení těchto prací. Odměrné body referenčních studní doporučujeme výškopisně zaměřit. Výběr domovních studní, způsob monitorování a jeho četnost stanoví hydrogeologický dozor stavby.

Pokud by byl zvolen hlubinný způsob odvodnění, bylo by nutné monitorovat větší počet studní a četnost měření by byla vyšší. Významněji ovlivnitelné studny by se nacházely v pásmu do 40 m.

11.3 Plošný screening prasklin a trhlin v nosných konstrukcích budov

Před zahájením stavebních prací doporučujeme fotograficky zdokumentovat a zaevidovat praskliny a trhliny v obvodových konstrukcích budov, zejména v částech přilehlých k pozemní komunikaci a v podsklepených částech budov. Podobný screening bude nutné zopakovat po ukončení stavby. V případě plošného odvodnění budou deformační změny v nosných konstrukcích budov téměř zcela vyloučeny, v případě hlubinného odvodnění budou málo pravděpodobné. Nejvyšší rizika nerovnoměrného sedání mohou nastat v podsklepených částech budov v severní řadě zástavby, a to v její nejzápadnější části, přibližně ve staničení vyměřené kanalizace 0 až 100 m. Rozsah screeningových činností určí geotechnik nebo statik.

12 SHRnutí

Hydrogeologické posouzení dvou navržených způsobů odvodnění přítoků podzemních vod při stavbě výměny kanalizačního potrubí bylo uskutečněno na základě studia archivních podkladů, zjištění nových skutečností hydrogeologické povahy souvisejících s řešenou problematikou a na základě využití vlastních hydraulických výpočtů.

Archivními podklady byly:

- projektová dokumentace pro stavební povolení v její původní a upravené verzi (SOUDEK, 06/2017 a 04/2018);
- inženýrskogeologický posudek a vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k řešené problematice (ŠTAINER, 07/2017 a 04/2018);
- zpráva o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu (ŽITNÝ, 05/2018);
- znalecký posudek řešící realizovatelnost projektu a podmínek k provádění stavby (JAKOUBEK, 12/2020);
- rozhodnutí o povolení čerpání podzemních vod za účelem snižování jejich hladiny vydané Městským úřadem Kolín, odborem životního prostředí a zemědělství (05/2018).

Celková délka trasy hlavní stoky vyměňovaného kanalizačního řadu je 614 m. V trase lokality jsou od východu na západ vyvinuty dva kolektory podzemních vod: propustnější kvartérní a nízce propustný spodnoturonský. Kvartérní kolektor je zastoupen ve více než čtyřech pětinach délky trasy.

Dvěma geology byly navrženy dva rozdílné způsoby odvodnění:

- povrchové, představující odčerpávání gravitačně přitékajících podzemních vod z postupně otevíraných úseků stavby při snížení hladiny podzemních vod 0,5 m pod niveletu dna kanalizačního potrubí (ŠTAINER);
- hlubinné, představující ochranné čerpání podzemních vod ze soustavy liniově uspořádaných vrtů při snížení hladiny podzemních vod 0,5 m pode dno zemního výkopu (ŽITNÝ); tento způsob odvodnění byl podpořen soudním znalcem JAKOUBKEM.

Úroveň prozkoumanosti lokality byla doplněna o některé nové skutečnosti hydrogeologické povahy:

- **stanovení součinitele filtrace k_f kvartérního kolektoru** na základě archivních výsledků dlouhodobé hydrodynamické zkoušky v blízké šachtové studni;
- **zdokumentování geologických vrstev a údajů o hladinách podzemní vody v nové hydrogeologické sondě** situované přímo v trase projektované stavby;
- **pořízení hydrologických údajů o hladinách podzemních vod v referenčním vrtu Státní monitorovací sítě ČHMÚ a převedení archivních údajů o hladinách podzemních vod v prostoru posuzované lokality k jejím jednotným parametrům: průměrné dlouhodobé hladině a nejvyšší roční hladině.**

Na základě doloženého výpočtu součinitele filtrace a s využitím upřesněných údajů o ustálených hladinách podzemních vod v obou kolektorech a o jejich mocnostech byly vypočteny dosahy depresí dynamických hladin v každém z obou kolektorů při dvou odlišných způsobech odvodnění – povrchovém a hlubinném, a to pro průměrnou a nejvyšší hladinu. Tyto **dosahy deprese jsou velmi rozdílné**. V závislosti na propustnosti horninového prostředí, výšce ustálené

Následoval výpočet dynamických a statických přítoků podzemních vod do otevřeného úseku zemní rýhy. Tento výpočet byl proveden znovu odděleně pro oba druhy odvodnění, pro oba zastoupené druhy kolektorů a pro průměrnou a nejvyšší hladinu. Do výpočtu byla zadána **projektovaná délka otevřeného pracovního úseku při výměně kanalizace 20 m**. Dosaženy byly tyto výsledky:

- **celkový přítok podzemních vod při povrchovém způsobu odvodnění nepřekročí** v jednom pracovním úseku ani v nejpropustnějších partiích trasy vyměřované kanalizace množství **4 l/s**; nenaplní se odhad ŠTAINERA (7/2017), podle něhož by měl být přítok podzemních vod až několikanásobně vyšší; **nejvyšší snížení hladiny podzemních vod nepřekročí v propustném kvartérním kolektoru 1,0 m a v níže propustném spodnoturonském kolektoru 1,5 m**; v úseku delším než 100 m nebude hladina podzemních vod stavbou dotčena;
- **celkové množství odčerpávaných vod** ze soustavy odvodňovacích vrtů **při hlubinném působu odvodnění** se bude pohybovat v součtu nejvýše okolo **4 l/s ze dvou vrtů nebo 6 l/s ze tří vrtů** vzdálených 30 m od sebe; **snížená hladina podzemních vod pod zemním výkopem bude v části trasy zastoupené kvartérními písky činit 1,6 m až přibližně 3,0 m a v části trasy zastoupené spodnoturonskými slínovci 2,1 m až přibližně 3,5 m**.

Údaje o dynamických sníženích hladin jsou uvedeny pro průměrnou nejvyšší hladinu v roce. **Průměrná dlouhodobá hladina, jejíž výskyt bude v průběhu stavby podstatně častější, je o 0,5 m nižší než shora uvedené údaje.**

Ve shora uvedeném smyslu doporučujeme místně příslušnému vodoprávnímu úřadu zvážit, zda by měl být změněn parametr v dříve vydaném povolení k jinému nakládání s vodami (05/2018), předpokládající maximální snížení hladiny podzemních vod 1,0 m pod ustálenou hladinu. Provozní snižování v pásmu 1,0 m až 1,5 m bude totiž dosahováno nejvýše v krátké délce trasy a pro krátkou dobu v takovém druhu horninového prostředí, který má hydraulické vlastnosti na pomezí kolektoru a poloizolátoru. Uvedený údaj o **maximálním odběru vody do 10 l/s** je na straně vysoké zabezpečení a bude představovat **rezervu pro odvodňování zemního výkopu při vydatných deštích**. Tento závěr vyplývá ze shora uvedených hydraulických výpočtů provedených v tomto posudku.

Při volbě druhu odvodnění se ztotožňujeme se záměrem projektanta a **preferujeme povrchový způsob** tohoto **odvodnění**. Pokládáme jej za **podstatně levnější, stavebně bezpečný, technologicky jednodušší** a dokonce i **celkově efektivnější**, bez rizika spojeného s nežádoucími deformacemi podzákladí malého počtu blízkých budov a bez rizika přechodného zřetelného snížení hladiny podzemních vod v malém počtu blízkých domovních studní. **Hlubinné čerpání by bylo třikrát dražší.**

Protože je směr proudění podzemních vod přibližně kolmý na trasu projektované kanalizace a protože je sklon hladiny velmi nízký, bude dostatečné, když dělicí betonové přepážky v trase kanalizace budou situovány ve vzdálenostech 100 m od sebe.

I přes očekávaný nejvýše zanedbatelný vliv povrchového odvodnění na **hladinový režim v blízkých domovních studnách** doporučujeme skutečný dopad stavby na tyto objekty **monitorovat a zdokumentovat**. V případě hlubinného odvodnění by toto monitorování bylo nezbytné a bylo by obsáhlejší. Před zahájením a po ukončení stavebních činností je nutné provést v přiměřeném rozsahu **screening prasklin a trhlin v nosných konstrukcích budov**, které mohou být stavebním čerpáním dotčeny. Rozsahy činností stanoví hydrogeologický dozor stavby a statik nebo geotechnik.

13 ZÁVĚR

Vodárenská společnost Chrudim, a. s., objednala u firmy *Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.*, hydrogeologický posudek. Jeho náplní bylo zhodnotit funkčnost, bezpečnost, nákladovost a efektivitu dvou navržených způsobů odvodnění zemního výkopu v posuzované lokalitě, který bude postupně hlouben v souvislosti s projektovanou výměnou kanalizace v Třídvorské ulici v Kolíně. Celková délka trasy hlavní stoky kanalizačního řádu je 614 m.

První z navržených způsobů je povrchové odvodnění. Předpokládá odčerpávání gravitačně přitékajících vod zemním výkopem přímo z tohoto výkopu. S tímto způsobem odvodnění počítá dříve zpracovaná projektová dokumentace. Druhým způsobem je hlubinné odvodnění. To představuje ochranné stavební čerpání podzemních vod soustavou odvodňovacích vrtů.

Dříve zjištěné poznatky hydrogeologické povahy byly v nově zpracovaném posudku zrekapitulovány. Byly k nim přiřazeny nové informace shodného charakteru, které vedly k upřesnění hydraulických parametrů kvartérního kolektoru. Ten je v lokalitě vzhledem k jeho dominantnímu zastoupení a relativně vysoké průtočnosti pro volbu způsobu odvodnění klíčový.

Na základě upřesněných hydrogeologických údajů byla stanovena referenční úroveň hladiny podzemních vod v trase projektované stavby a pro oba druhy odvodnění byly vypočteny množství přítoků vod do zemní rýhy a dosahy vyvolaných depresí.

Pro budoucí realizaci stavby byl **doporučen povrchový způsob odvodnění**, který je funkční a bezpečný, levnější a celkově efektivnější. Tento druh odvodnění předpokládá **udržovat dynamickou hladinu podzemních vod při výměně kanalizace v hloubce 0,5 m pod dnem kanalizace, t. j. pod spodním lícem podkladního betonu**. Při tomto požadavku bude **hladina podzemních vod v trase kanalizace snížena nejvýše o 1,5 m a přítoky podzemních vod v pracovních otevřených úsecích jednotkové délky 20 m nepřekročí 4 l/s**. V pásmu 1,0 m až 1,5 m bude hladina snižována pouze ve vlhkém období v nížce propustných slínovců, které mají hydraulické vlastnosti na hranici mezi kolektorem a poloizolátorem. V propustných kvartérních pískách dosáhne nejvyšší snížení hladiny hodnoty 1,0 m. Vodoprávnímu úřadu doporučujeme zvážit, zda je nutné v tomto kontextu měnit údaj o nejvyšším provozním snížení hladiny podzemních vod, který byl uveden v dříve vydaném povolení k nakládání s vodami. Maximální čerpané množství vod doporučujeme zachovat na původní hodnotě 10 l/s. Důvodem jsou rizika vyšších čerpaných množství při vydatných deštích. Základovou spáru pod vrstvou podkladního betonu bude nutné konstrukčně zpevnit běžnou stavební úpravou.

Hlubinné odvodnění by bylo třikrát dražší než povrchové odvodnění.

Bylo **navrženo monitorování blízkých studní v průběhu stavby** a byl **doporučen plošný screening prasklin a trhlin v nosných konstrukcích budov**, které mohou být stavebním čerpáním dotčeny.

14 PODKLADY

- DEMEK, J.: Zeměpisný lexikon ČSR – Hory a nížiny. Academia, 1987.
- GRMELA, A.: Podzemní hydraulika II. Učební text. Vysoká škola báňská v Ostravě, katedra geologie a mineralogie, 1990.
- JAKOUBEK, M.: Znalecký posudek č. 15/3/2019. Posouzení realizovatelnosti projektu a podmínek k provádění stavby „Kolín, ul. Třídvorská – výměna kanalizace“, Kralupy nad Vltavou 12/2020.
- JANDORA, J. – STARA, V. – STARÝ, M.: Hydraulika a hydrologie. Vysoké učení technické v Brně a Akademické nakladatelství CERM, s. r. o. Brno, 2011.
- JETEL, J.: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. Ústřední ústav geologický Praha, 1982.
- KOLOMÝ, V.: Kolín – ulice Pod Vinicí. Zpráva o výsledcích průzkumných hydrogeologických prací. Vojenský projektový ústav Praha, 1961.
- KUNŠTÁTSKÝ, J. – PATOČKA, C.: Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby. SNTL/ALFA, 1971.
- KVĚTOŇ, V. – VOŽENÍLEK, V.: Klimatické oblasti Česka: Klasifikace podle Quitta za období 1961 – 2000. Univerzita Palackého Olomouc, 2011.
- SOUDEK, M.: „Kolín ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Stupeň: DSP. VODOS s. r. o., 06/2017.
- SOUDEK, M.: „Kolín ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Stupeň: DSP. Změna projektové dokumentace. VODOS s. r. o., 03/2018.
- SOUDEK, M.: „Kolín ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Stupeň: DSP. Energie AG Kolín, a. s., 05/2021.
- ŠTAINER, M.: Kolín – ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Posouzení inženýrskogeologických poměrů. E-G-O-O, 07/2017.
- ŠTAINER, M.: Kolín – ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí. E-G-O-O, 04/2018.
- ŽITNÝ, P.: Kolín – ulice Třídvorská – výměna kanalizace“. Zpráva o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu. EKOHYDROGEO Žitný, s. r. o., 05/2018.
- Rozhodnutí o povolení stavby „Kolín – ulice Třídvorská – výměna kanalizace“ vydané dne 22.1.2018 Městským úřadem Kolín, č. j. MUKOLIN/OZPZ/87033/17-Mu.
- Rozhodnutí o povolení čerpání podzemních vod za účelem snižování jejich hladin, vydané dne 31.5.2018 Městským úřadem Kolín, odborem životního prostředí a zemědělství, č. j. MUKOLIN/OZPZ/18-Mu.
- Stanovisko projektanta k vyjádření firmy POHL cz, a. s., zhotovitele stavby Kolín – Třídvorská ulice – výměna kanalizace, ze dne 19.4.2018, VODOS s r. o.
- Stanovisko projektanta k vyjádření firmy POHL cz, a. s., zhotovitele stavby Kolín – Třídvorská ulice – výměna kanalizace, ze dne 18.5.2018, VODOS s r. o.
- Stanovisko projektanta k vyjádření firmy POHL cz, a. s., zhotovitele stavby Kolín – Třídvorská ulice – výměna kanalizace, ze dne 19.6.2018, VODOS s r. o.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, v platném znění.

Vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek v platném znění.

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.

Hydrogeologická databáze vrtů Českého geologického úřadu – Geofondu, 2021.

Hydrogeologická databáze vrtů firmy Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o., 2021.

Hydroekologický informační systém HEIS spravovaný Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. M., 2021.

Hydrologický a meteorologický informační systém HOME spravovaný Českým hydrometeorologickým ústavem, 2021.

Základní vodohospodářská mapa ČR, měř. 1 : 50 000, List 13-32 Kolín. ČÚGK 1992.