



Školní statek SŠZ a VOŠ Chrudim Vestec

Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum

Závěrečná zpráva

(Zakázkové číslo: 6645 16 012)

Evidenční číslo Geofondu 377/2016

Výtisk ve formátu *.pdf



**Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o.
únor 2016**

Základní údaje

Název geologického úkolu:

**Školní statek SŠZ a VOŠ Chrudim Vestec
Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum
Závěrečná zpráva**

Zakázkové číslo úkolu:

6645 16 012

Evidenční číslo Geofundu:

377/2016

Lokalita:

Vestec

Kraj:

Pardubický

Objednatel:

**Sinc s.r.o.
Na Spravedlnosti 1533
530 02 Pardubice**

Statutární zástupce:

Ing. Jaroslav Dvořák
e-mail: dvorak@sinc.cz

IČO:

28814878

DIČ:

CZ28814878

Telefonní spojení:

+420 775 124 685

E-mail:

info@sinc.cz

Http:

www.sinc.cz

Zhotovitel:

**Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o.
Příst'ovy 820
537 01 Chrudim III**

Zapsaná v Obch. rejstříku, vedeným Krajským soudem v Hradci Králové, oddíl C, vložka 1036.

IČO:

15053695

DIČ:

CZ15053695

Bankovní spojení:

ČSOB Chrudim

Číslo účtu:

272199033/0300

Statutární zástupce:

Ing. Josef Drahokoupil, jednatel společnosti
Ing. Jiří Vala, jednatel společnosti
Mgr. Pavel Vančura, jednatel společnosti

Řešitel a nositel odborné
způsobilosti:

Mgr. Miroslav Komberec

Schválil:

Mgr. Pavel Vančura

Telefonní spojení:

+420 469 682 303-5

Faxové spojení:

+420 469 682 310

E-mail:

ekomonitor@ekomonitor.cz

Http:

www.ekomonitor.cz

Datum:

18. 2. 2016

Podpisy - razítko:

.....
řešitel a nositel
odborné způsobilosti

.....
statutární zástupce

Rozdělovník:

Výtisk č. 1 – 3: Sinc s.r.o., Pardubice
Výtisk č. 4: Česká geologická služba – Geofond (archiv)
Výtisk č. 5 - 6: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim

Obsah:

1. Úvod a základní údaje	4
2. Geografické vymezení území	4
3. Rozsah a metodika prací	4
3.1 Rešeršní činnost	4
3.2 Sondážní práce	5
3.3 Vzorkovací a laboratorní práce	5
4. Přírodní poměry v zájmovém území	6
5. Posouzení zemín pro podloží komunikací	9
5.1 Geotechnické zhodnocení	9
5.2 Těžitelnost a vrtatelnost zemín	12
6. Posouzení vsakovací kapacity zemín	13
6.1 Infiltrační zkoušky	13
6.2 Posouzení možnosti vsakování	15
6.3 Návrh vsakovacího zařízení	17
6.4 Stanovení odstupové vzdálenosti vsakovacího zařízení od budov	17
6. Závěr a doporučení	17
Přehled použité literatury:	20

Seznam příloh:

- Příloha č. 1: Situace širšího okolí zájmového území (M 1 : 50 000)
- Příloha č. 2: Situace zájmového území na podkladě geologické mapy (M 1 : 50 000)
- Příloha č. 3: Situace průzkumných objektů (M 1 : 1 500)
- Příloha č. 4: Geologická dokumentace sond (M 1 : 50, 1:100)
- Příloha č. 5: Schematické geologické řezy (M 1 : 650/100)
- Příloha č. 6: Dokumentace archivních geologických vrtů
- Příloha č. 7: Dokumentace vsakovacích zkoušek
- Příloha č. 8: Protokoly o výsledcích laboratorních zkoušek
- Příloha č. 9: Fotodokumentace

1. Úvod a základní údaje

Na základě objednávky společnosti Sinc s.r.o. Pardubice, byl firmou Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., proveden inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum v areálu školního statku Vestec Střední školy zemědělské a Vyšší odborné školy Chrudim. Průzkum byl prováděn z důvodu projektované rekonstrukce zpevněných ploch a následné hospodaření s vodami srážkovými.

Cílem inženýrskogeologických prací je posouzení geologického složení zemní pláně v místech stávajících zpevněných ploch, včetně stanovení jejich fyzikálně-mechanických charakteristik, určení těžitelnosti zemin a hornin a jejich předběžné posouzení z hlediska použití do zásypů výkopů a pro komunikace. Cílem hydrogeologických prací je posouzení z hlediska zasakování srážkových vod ze střešních a zpevněných ploch do horninového prostředí in-situ.

Na základě výsledků průzkumných prací byla vypracována tato zpráva. Členění její textové a přílohové části je patrné z obsahu.

Druh geologických prací: inženýrská geologie pro dokumentaci staveb – dopravní stavby,
kód 511
hydrogeologie – kód 400

Etapu geologických prací: podrobný inženýrskogeologický průzkum

2. Geografické vymezení území

Zájmová lokalita školního statku se nachází v zastavěné okrajové severní části města Chrudim (kód 571164), kraj Pardubický (kód CZ0532). Lokalita je situovaná v ulici Dašická č. p. 230. Předmětný areál statku se rozkládá severně od výše zmíněné komunikace vedoucí do Vestce, a jihozápadně od silnice I. třídy č. 37 procházející bezprostředně při severoseverovýchodním okraji areálu. Inženýrskogeologické práce byly provedeny na pozemku p. č. 660/2 a 660/5 v k. ú. Chrudim (kód 571164). Hydrogeologické práce byly směřovány jižní část pozemku p. č. 660/8. Předmětné pozemky jsou ve vlastnictví Pardubického kraje, Komenského náměstí 125, 530 02 Pardubice, přičemž jsou obhospodařovány SŠZ a VOŠ Chrudim, Poděbradova 842, 537 01 Chrudim. V územním plánu jsou pozemky vedeny jako plochy zemědělské výroby. Lokalita je přístupná z ulice Dašické vjezdovou vstupní branou sjezdem na zájmové pozemky. Zájmové území leží na mapovém listu 13-42-13 základní mapy ČR M 1:10 000. Situace zájmového území je patrná z přílohy č. 1 a 3.

3. Rozsah a metodika prací

Inženýrskogeologické práce se řídí požadavky normy ČSN 73 6133 *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Hydrogeologické práce byly prováděny v souladu s normou ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod*.

Průzkumné práce byly provedeny po písemném odsouhlasení vstupů na pozemky v průzkumném území a určení vedení podzemních inženýrských sítí v místě hloubení sond zástupci školního statku. Průběh a rozsah průzkumných prací byl na lokalitě řízen a operativně upravován v závislosti na místních geologických podmínkách odpovědným řešitelem geologických prací.

Práce v rámci tohoto inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu, které byly projektovány a realizovány následně po jejich schválení objednatelem, jsou z hlediska rozsahu a metodiky uvedeny v následujících podkapitolách.

3.1 Rešeršní činnost

Rešeršní činnost představovala archivní excerpci zpráv a posudků především z archivu ČGS - Geofondu Praha a příslušných geologických a jiných mapových podkladů, uvedených v závěru textové části v přehledu použité literatury.

V zájmovém území se archivní průzkumné objekty, které by bylo možné přímo využít pro posouzení navržených prací, nenacházejí. Archivní průzkumné objekty v širším okolí byly využity pouze pro komplexní zhodnocení geologických poměrů oblasti a byly vodítkem pro projektování rozsahu inženýrskogeologických, resp. hydrogeologických, prací.

Výsledky rešeršní činnosti jsou zakomponovány do jednotlivých kapitol a příloh tohoto elaborátu.

3.2 Sondážní práce

Průzkumné inženýrskogeologické vrtané sondy IJV-1 a IJV-2 byly provedeny ve dne 28. 1. 2016 pomocí pásové vrtné soupravy HVS 245 jádrovým vrtáním nasucho, vrtným průměrem 273 mm, za stálého geologického dozoru zpracovatele zakázky. Rozmístění průzkumných sond bylo voleno dle požadavku investora. Průzkumný hydrogeologický vrt HJV-3 byl proveden ve dnech 29. 1. – 1. 2. 2016 pomocí téže vrtné soupravy vrtným průměrem 250/194/152 mm. Hydrogeologický vrt byl zapažen zárubnicemi PVC 110/2,7 mm, v úseku 5,5 – 13,5 m perforovanými. Mezikruží vrtu bylo obsypáno kačirkem frakce 4/8 mm. Pažnice byla vytažena 0,5 m nad okolní terén a opatřena PVC krytkou.

Technický a geologický popis sond je uveden v jejich dokumentaci v příloze č. 4. Hloubkové a půdorysné rozměry sond jsou mimo jiné uvedeny v tabulce č. 2 v závěru kapitoly 3.3.

Ihned po vyhloubení průzkumných sond byl jejich profil popsán geologem a byla provedena fotodokumentace (viz příloha č. 9). V rámci inženýrskogeologických sond byl původní výkopek použit pro zpětný zához likvidovaných průzkumných sond.

V průběhu realizace průzkumu byly vyhloubeny 2 průzkumné inženýrskogeologické sondy o celkové hloubkové metrži **3,8 bm**, a 1 průzkumný dočasně vystrojený hydrogeologický vrt hloubky **13,5 m**.

Poloha průzkumných sond byla stanovena odečtem z mapového podkladu a terénního měření pásmem v místě stavby. Situaci průzkumných sond uvádíme polohově v souřadném systému S-JTSK a výškovém Bpv v následující tabulce č. 1. V tabulce jsou též uvedeny okolní archivní průzkumné vrtu, využitě pro komplexní posouzení geologického složení lokality.

Tabulka č. 1: Seznam polohopisných souřadnic a výšek terénu v místě sond

Sonda	Y (m)	X (m)	Z (m n. m.)
IJV-1	646394,80	1068865,30	261,40
IJV-2	646337,90	1068796,90	261,20
HJV-3	646272,30	1068857,20	260,40
HG-1*	646396,00	1068909,20	261,00
J-16**	646229,01	1068842,10	260,72
J-108**	646426,00	1068717,00	265,35

* archivní hydrogeologický vrt

** archivní inženýrskogeologický vrt

Rozmístění průzkumných sond je patrné z přílohy č. 3 (M 1 : 1 500).

3.3 Vzorkovací a laboratorní práce

Pro inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum byly provedeny požadované zkoušky jako podklad pro klasifikaci zemin a pro zjištění jejich fyzikálních a mechanických vlastností. Vzorky zemin byly odebírány v průběhu sondážních prací z vrtného jádra tak, aby poskytly komplexní obraz o zeminách. Všechny vzorky zemin byly po označení uchovány v PE obalech pro zachování přirozené vlhkosti.

Vzorky zemin byly po ukončení terénních prací dodány ke zpracování do laboratoří mechaniky zemin firmy Lahučká Blanka, Zelená 238, 530 03 Pardubice, IČO: 62299331 a Výukového a výzkumného centra v dopravě, Doubravice 41, 533 53 Pardubice, při Univerzitě Pardubice – Dopravní fakulta, IČO: 00216275.

Celkem bylo k laboratornímu zpracování dodáno:

- 2 ks porušených vzorků zemin pro klasifikaci,
- 2 ks porušených vzorků zemin pro technologické zkoušky.

Na dodaných vzorcích zemin byly provedeny zkoušky, předepsané klasifikačními systémy jednotlivých norem, uvedených v následujícím přehledu:

- ČSN 73 6133 *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.*
 ČSN 73 1001 *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy. (neplatná k 03/2010)*
 ČSN EN 206-1 *Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*

Laboratorní zkoušky mechaniky zemin byly realizovány podle zásad uvedených v komplexu platných norem, shrnutých v následujícím přehledu:

- ČSN CEN ISO/TS 17892-1 *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 1: Stanovení vlhkosti zemin*
 ČSN CEN ISO/TS 17892-4 *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 4: Stanovení zrnitosti zemin*
 ČSN CEN ISO/TS 17892-12 *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 12: Stanovení konzistenčních mezí*
 ČSN 72 1021 *Laboratorne stanovenie organických látok v zeminách*

na jejichž základě byly vzorky pojmenovány v souladu s normami, citovanými v předchozím odstavci.

Vzorky podzemní vody nebyly odebírány.

Přehled všech zpracovaných vzorků a provedených laboratorních zkoušek je uveden v následující tabulce č. 2. Kopie protokolů o výsledcích laboratorních rozborů jsou součástí přílohy č. 8.

Tabulka č. 2: Přehled provedených technických a laboratorních prací

Označení sondy	Hloubka sondy (m p. t.)	Odebraný vzorek (druh: hloubka v m)	Provedené rozborů	Číslo rozboru
IJV-1	1,8	P/T: 0,9 – 1,5	I _z , kf	-
IJV-2	2,0	P/T: 0,6 – 0,9 P: 0,9 – 1,4	I _z , kf I _z , PS, CBR, kf	- 39
HJV-3	13,5	P: 8,0 – 10,0	I _z , kf	40

Pozn.:

V vzorek podzemní vody
 A stanovení agresivity
 P porušený vzorek zeminy
 kf stanovení koeficientu filtrace

I_z indexové zkoušky
 PS stanovení zhutnitelnosti metodou Proctor Standard
 CBR stanovení kalifornského poměru únosnosti zemin

4. Přírodní poměry v zájmovém území

Z hlediska podnebí zařazujeme zájmové území dle klasifikace *Quita (1971)* do klimatické oblasti teplé T2. Dle novější klasifikace (*Tolasz et al. 2007*) se oblast značí W2. Průměrná červencová teplota dosahuje 18–19°C, průměrná lednová teplota je –2 až –3°C. Po období 160–170 dní v roce se se průměrná denní teplota vyskytuje nad hodnotou 10°C, 100–110 dní je teplota pod bodem mrazu. Sněhová pokrývka se v průměru drží na zemském povrchu po dobu 40–50 dní v roce. Úhrn srážek dosahuje hodnoty 550–700 mm/rok, přičemž většina srážek spadne ve vegetačním období (350–400 mm), v zimním období spadne v průměru 200–300 mm. Dlouhodobý srážkový normál pro Pardubický kraj pro roky 1961 – 1990 dosahuje 711 mm, při průměrném srážkovém úhrnu za rok 2015 = 550 mm (© ČHMÚ 2016).

Podle mapy sněhových oblastí na území ČR v ČSN EN 1991-1-3 (Změna 1) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*, leží území ve sněhové oblasti I s charakteristickou hodnotou S_k 0,7 kPa. Podle mapy větrných oblastí na území ČR v ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*, patří území do větrné oblasti III s výchozí základní rychlostí větru 27,5 m.s⁻¹.

Orientační hodnota **hloubky promrzání d_{pr}** stanovená podle základní hodnoty indexu mrazu pro území ČR pro střední dobu návratu 10 let dle přílohy B ČSN 73 6114 *Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování* Im_d = 375 °C (při γ_m = 1) vychází na 0,97 m. K výpočtu bylo použito vztahu (4.1) pro netuhé vozovky dle TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací*.

Dle **geomorfologického členění** (*Demek et al. 1987*) leží lokalita v okrsku Heřmanoměstská tabule (6c-3c-c) v podcelku Chrudimská tabule, který je součástí celku Svitavská pahorkatina, oblasti

Východočeské tabule, subprovincie Česká tabule a jednotky prvního řádu provincie Česká vysočina. Heřmanoměstská tabule je plochá pahorkatina v povodí Chrudimky a železnohorských přítoků. Je umístěna převážně na slínovcích, jílovcích a prachovcích spodního, středního a svrchního turonu, s pleistocenními říčními a proluviálními štěrky a písky, případně sprašemi. Reliéf má charakter slabě rozčleněného erozně akumulárního povrchu pleistocenních teras Chrudimky a proluviálních teras železnohorských přítoků Labe se strukturně denudačními plošinami a sprašovými pokryvy a závěji. Terén zájmového území je mírně ukloněný k jv. až jihovýchodu a nachází se v nadmořské výšce cca 260 - 264 m.

Z regionálně geologického hlediska leží zájmové území v jižní části české křídové pánve. Území náleží k faciální oblasti labské, při kontaktu s výběžkem facie Kolínské. V širším okolí zájmového území jsou ověřena litologická souvrství perucko-korycanské (cenoman) až jizerské (střední turon). Bazální perucko-korycanské souvrství je zejména v pískovcovém vývoji, s převahou křemenných pískovců, méně pak jílovců a slepenců. Mocnost souvrství v oblasti lokality předpokládáme v rozmezí 10 – 15 m. Nadložní souvrství bělohorské (spodní turon) a jizerské (střední turon) je na lokalitě budováno slínovci, slinitými prachovci, ojediněle písčitými prachovci. Mocnost souvrství spodnoturonského kolísá v rozpětí 40 – 50 m. Mocnost jizerského souvrství předpokládáme na lokalitě (při neúplném vývoji) 50 – 60 m. Celková mocnost křídových uloženin může na lokalitě dosahovat 100 – 125 m. Křídové horniny jsou tektonicky porušeny na dílčí kerné struktury, které upadají k severu směrem do centra křídové pánve.

Kvartérní pokryv je v širším zájmovém území tvořen, mimo antropogenní navážky ve svrchní části geologického profilu, zejména pleistocenními eolickými sprašemi a sprašovými hlínami v mocnostech i přes 12 m. Sedimenty mají charakter většinou nízce až středně plastických prachovitých jemně písčitých jílu a hlín, převažující konzistence tuhé až měkké. V rámci sprašových souvrství dochází většinou k poklesu indexu konzistence směrem do podloží. V podloží eolických jemnozrnných zemin se nachází stará říční terasa Chrudimky (riss, střední pleistocén) tvořená písky, jílovitými písky, písky štěrkovitými, písčitými štěrky a štěrky jílovitými. Mocnost fluvialní terasy dosahuje v širším okolí lokality většinou 1,5 – 4 m, s bází na úrovni cca 11 – 16 m p. t. Mocnost kvartérní výplně stoupá na lokalitě směrem k severu.

Konstrukční vrstvy pojezdových ploch v areálu školního statku jsou tvořeny betonovými panely tl. 0,15 m s podsypem lomovou štěrkodrtí frakce 0/125 mm tloušťky 0,45 m, tj. zasahující do hloubky 0,6 m pod stávající úroveň komunikací. Štěrkodrt' obsahuje cca do 15 % jemnozrnné frakce a lze je klasifikovat jako štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy G3 G-F. Jedná se o typické rezavě červené štěrkodrtě, pravděpodobně z lomu Žumberk. Tyto konstrukční vrstvy byly ověřeny v obou průzkumných sondách IJV-1 a IJV-2. V místě sondy IJV-1 byly v úrovni 0,6 – 0,9 m zastiženy navážky tvořené štěrkovitou hlinou slabě tuhé konzistence s obsahem betonové suti o velikosti úlomků až 20 cm. Původní zemní plášť v místě vrtu IJV-1 tvoří světle hnědé až žlutohnědé spraše, tj. nízce plastické jíly, převažující tuhé konzistence. V místě sondy IJV-2 tvoří původní zemní plášť poloha nízce plastických hlín tvrdé (drolivé) konzistence, ověřené v mocnosti 0,3 m. Pod těmito hlínami byly zastiženy tmavě hnědé, naředlé až narezlé středně plastické jíly tuhé konzistence, sondáží ověřené do hloubky 2 m p. t. V místě hydrogeologického vrtu HJV-3 byly pod 0,2 m mocnými jílovitými humózními hlínami zastiženy navážky, budované přírodními hnědými štěrkovitými hlínami o mocnosti 2,3 m. Tyto zeminy zde byly v minulosti využity k úpravě nivelety terénu, který se původně svažoval k jihu, tj. k toku řeky Chrudimky. Pod navážkami se nachází prachovité středně plastické jíly šedé barvy, pravděpodobně eolicko-aluviálního původu, zjištěné do hloubky 6,2 m p. t. Tyto zeminy vykazují při povrchu tuhou, níže pak až měkkou konzistenci. V úrovni 6,2 – 12,5 m byla zastižena fluvialní terasa toku Chrudimky. Ve své svrchní části (v mocnosti 1,6 m) mají zeminy charakter šedohnědých středně zrnitých jílovitých písků. Tyto písky přecházejí směrem do podloží v hnědošedé jemně až středně zrnité jílovité písky se štěrky. Štěrky jsou polymiktní, dobře opracované, o velikosti většinou do 6 cm. V úrovni 12,0 – 12,5 m byly zastiženy hrubě zrnité jílovité polymiktní štěrky s valouny (kameny) až 12 cm v průměru. Písky a štěrky vykazovaly dle postupu při hloubení sondy vysokou ulehlost. V podloží kvartérních sedimentů bylo zastiženo zvětralé slínovcové skalní položí ve formě pevných prachovitých jílu. Celková mocnost kvartérního pokryvu v místě vrtu HJV-3 dosahuje 12,5 m.

Z porovnání petrografických profilů okolních archivních vrtů je zřejmé, že v testovaném místě vykazuje fluvialní souvrství až dvojnásobných mocností. A to na úkor nižší mocnosti pokryvných eolických sedimentů. Dle zkonstruovaných geologických řezů, uvedených v příloze č. 5, je zřejmé, že v místě předpokládaného vsaku je mírná deprese ve skalním podloží, včetně vyšší akumulace fluvialních

sedimentů. Jedná se nejspíše o akumulaci depresi, která byla následně překryta jemnozrnnými splachy (šedé prachovité jíly v nadloží) z výše položených míst.

Mocnosti litostratigrafických vrstev v odkrytých geologických profilech jednotlivých průzkumných sond v prostoru lokality jsou sumarizovány v následující tabulce č. 3 a 4. V tabulce č. 4 jsou též uvedeny archivní vrty v nejbližším okolí lokality.

Tabulka č. 3: Přehled dílčích mocností konstrukčních vrstev a zemní plně stávajících komunikací

	konstrukční vrstvy vozovky						navážky			zemní plně	
	betonový pojezdový panel			podsyp panelů štrkodrt fr. 0/125 mm			hlína štěrkovitá F1			pleistocén eolické až eolicko-aluviální zeminy F5, F6	
Průzkumná sonda	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)
IJV-1	0,15	261,25	0,15	0,6	260,8	0,45	0,9	260,5	0,3	>1,8	<259,6
IJV-2	0,15	261,05	0,15	0,6	260,6	0,45	-	-	-	>2,0	<259,2
průměr	-	-	0,15	-	-	0,45			-	-	-

Tabulka č. 3: Přehled dílčích mocností litostratigrafických vrstev v rámci kvartérního profilu

	kvartér - holocén humózní hlíny, navážky			kvartér - pleistocén eolické spraše, sprašové hlíny, jíly			kvartér - pleistocén fluviální písky, štěrky			svrchní křída - kt2 zcela až silně zvětralé slínovce	
	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)	mocnost (m)	do (m p. t.)	do (m n. m.)
HJV-3	2,5	257,9	2,5	6,2	254,2	3,7	12,5	247,9	6,3	>13,5	<246,9
HG-1*	0,5	259,9	0,5	8,5	251,9	8,0	11,5	248,9	3,0	>12,0	<248,4
J-16*	1,3	259,42	1,3	7,8	252,92	6,5	11,5	249,22	3,7	>11,8	<248,92
J-108*	0,6	259,8	0,6	14,2	246,2	13,6	15,7	244,7	2,1	>17,0	<243,4
průměr	-	-	1,225	-	-	7,95	-	-	3,775	-	-

*archivní vrt

Podle ČSN EN 1998-1 - *Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby* spadá zájmové území do seizmické oblasti s velikostí referenčního špičkového zrychlení podloží (které se v návrhu konkrétní stavby násobí součinitelem významu stavby a součinitelem podloží) a_{gR} 0,00 – 0,02 g.

Z pohledu **hydrogeologického** (Olmer, Kessl a kol. 1990) náleží zájmové území do hydrogeologického rajónu základní vrstvy 4310 Chrudimská křída (útvary podzemních vod 43100 se stejným názvem, pozice útvaru je základní). Zvodnění je vázáno na bazální kolektor A cenomanu perucko-korycanského souvrství. Propustnost tohoto kolektoru A je průlinově puklinová, hladina kolektoru má napjatý charakter, se střední až vysokou transmisivitou v řádu 1.10^{-4} až $1.10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a mineralizací okolo 0,3–1,0 g.l⁻¹, chemického typu převážně Ca-HCO³. Kolektor je omezen především na sníženiny předcenomanského reliéfu – podlažickou depresi a depresi Přelouč – Markovice. Oběh vody je konformní s uložením kolektoru. Nádrž podzemní vody je doplňována jednak přímo infiltrovaným podílem srážek a jednak influkcí z toků na rozhraní křída a krystalinika Železných hor. Přírodní drenáž je artéskými vývěry v údolí toků, kde je tektonicky porušená těsnost artéského stropu. Pro vodárenské využití vyžadují vody jednostupňové odželezňování a případně odstraňování amonných iontů. Zranitelnost kolektoru A a zátěž potenciálními zdroji znečištění je vzhledem k artéskému zvodnění

střední. Tento bazální kolektor A je vodohospodářsky významný a je využíván pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

V horní části jizerského souvrství se nachází narušená přípovrchová zóna puklinově propustných slínovců. Transmisivita tohoto kolektoru je nízká v řádu $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ s mineralizací okolo $0,3\text{--}1,0 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, chemického typu $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$. Podzemní voda tohoto přípovrchového zvodnění je jímána stávající vrtanou studnou HG-1 hloubky 65 m na lokalitě. Piezometrická úroveň hladiny podzemní vody přípovrchového kolektoru se nachází na úrovni $>10 \text{ m p. t.}$ Jedná se o napjaté zvodnění s negativní výtlačnou úrovní.

Kvartérní fluvialní sedimenty na lokalitě vesměs neumožňují vytvoření souvislého kolektoru podzemní vody. Většina okolních archivních vrtů byla v době svého hloubení v kvartérním profilu suchá. V průzkumném vrtu HJV-3 byla při bázi štěrkopísků na úrovni 12,3 m p. t. zastižena hladina podzemní vody. Jedná se o jediný zvodnělý průzkumný objekt z širšího okolí. Zvodnění je průlinově propustné s ověřenými hodnotami koeficientů transmisivity $1,23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ až $7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a hydraulickou vodivostí v rozmezí $1,35 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $2,64 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dle TP 170 je v prostoru řešeného území **vodní režim**, s hladinou podzemní vody cca $>12 \text{ m p. t.}$, při výskytu tvrdých velmi ulehklých jílovitých písků se štěrky a převážně tuhých jemnozrnných zemin nad hladinou podzemní vody příznivý (difúzní).

Z **hydrologického** hlediska spadá zájmové území pod povodí VI. řádu toku Chrudimky (IDVT 10100018), číslo hydrologického pořadí 1-03-03-038-0-00 (plocha dílčího povodí je $11,46 \text{ km}^2$). Tok protéká ve vzdálenosti cca 500 m jihovýchodně od lokality. Tok Chrudimky tvoří drenážní bázi pro mělké podzemní a povrchové vody. Oblast spadá pod Povodí Horního a středního Labe a úmoří Severního moře. Průměrný dlouhodobý průtok Q_a na Chrudimce v profilu nad Podhůrským potokem odpovídá $3,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (© ČHMÚ 2014).

Z hlediska **střetu zájmů** není zájmová oblast součástí žádné CHOPAV. V zájmové lokalitě, ani jejím nejbližším okolí, se nenachází žádná ochranná pásma vodních zdrojů. Území leží dle NV č. 71/2003 Sb. v povodí kaprových vod s názvem Chrudimka dolní. Lokalita neleží v záplavovém území. Zájmové území je součástí zranitelné oblasti dle NV č. 262/2012 Sb. Zájmové území náleží dle NV č. 61/2003 Sb. do citlivé oblasti. Zájmové území nespadá do žádného chráněného území. V území realizace záměru se nenacházejí žádné prvky územního systému ekologické stability. V zájmové lokalitě se nenacházejí žádná památkově chráněná území. V lokalitě nejsou mapovány žádné svahové nestability. Zájmové území není součástí žádného chráněného ložiskového území, ložiskové výhradní plochy, průzkumného území ani chráněného území pro zvláštní zásah do zemské kůry. V zájmovém území nejsou stanoveny žádné dobývací prostory. Na lokalitě není evidováno žádné poddolované území a ani důlní díla.

5. Posouzení zemin pro podloží komunikací

Zeminy jsou zaříděny podle ČSN 73 6133 *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Jednotlivým vrstvám určeny třídy těžitelnosti jednak dle již neplatné ČSN 73 3050 *Zemní práce. Všeobecné ustanovení*, a jednak dle nové výše citované ČSN 73 6133. Vrtatelnost zemin a hornin pro piloty je vyhodnocena dle přílohy č. 1 *Katalogu popisů a směrných cen stavebních prací 800/2. Zvláštní zakládání objektů*. Při vyhodnocení geotechnických parametrů je přihlédnuto též k již neplatné ČSN 73 1001 *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*.

Na základě výsledků zrnitostních rozborů je mimo jiné odvozena namrzavost a vhodnost pro podloží (aktivní zónu) komunikací a násyp výše citované nové ČSN 73 6133 a TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací*.

Místní geologické a geotechnické poměry jsou dokumentovány v geologických dokumentacích průzkumných sond v příloze č. 4. Průzkumným územím jsou zkonstruovány 2 schématické geologické řezy, vložené do přílohy č. 5.

5.1 Geotechnické zhodnocení zemin

Na základě inženýrskogeologického průzkumu byly ověřeny následující konstrukční vrstvy stávajících komunikací a zemin původní zemní pláně:

- konstrukční vrstvy stávajících komunikací – betonové panely, štěrkodrtě,

- antropogenní zeminy F1 MG + cb Y,
- kvartérní jemnozrnné zeminy F5 ML, F6 CL, F6 CI.

Konstrukční vrstvy stávajících komunikací

Stávající zpevněné plochy v areálu statku jsou tvořeny pojezdovými betonovými panely tl. 0,15 m, které jsou uloženy na 0,45 m mocném podsypu šterkodrtě frakce 0/125 mm. Šterkodrt' obsahuje cca do 15% jemnozrnné příměsi a můžeme ji klasifikovat jako šterk s příměsí jemnozrnné zeminy G3 G-F. Šterky a kameny jsou ostrohranné. Ulehlost podsypu odhadujeme dle postupu při hloubení sond jako střední. Tyto konstrukční vrstvy vozovek byly ověřeny v obou průzkumných sondách.

Antropogenní zeminy F1 MG + cb Y

V úrovni 0,6 – 0,9 m p. t. sondy IJV-1 byly zastiženy navážky tvořené šterkovitými hlinami F1 MG, slabě tuhé konzistence, s obsahem betonové sutě o velikosti úlomků až 20 cm. Šterky jsou polozaoblené až ostrohranné do průměru 6 cm. Zemina vykazovala příměs organických zbytků. Jedná se pravděpodobně o lokální výskyt.

Pro heterogenní navážky nelze stanovit geotechnické parametry. Pro aktivní zónu podloží vozovky a do násypů jsou uvedené zeminy F1 podmíněčně vhodné.

Kvartérní jemnozrnné zeminy F5 ML, F6 CL, F6 CI

V průzkumné sondě IJV-1 (západní část areálu) tvoří původní zemní pláň (pod navážkami od 0,9 m p. t.) spraše až sprašové hlíny. Jedná se o tuhé nízce plastické jíly F6 CL světle hnědé až žlutohnědé barvy. V místě sondy IJV-2 tvoří v úrovni 0,6 – 0,9 m původní pláň nízce plastické hlíny F5 ML hnědošedé barvy. Hlíny vykazují tvrdou/drolivou konzistenci. V podloží hlín F5 byly zastiženy v celém zbývajícím profilu sondy IJV-2 tmavě hnědé až našedlé středně plastické jíly F6 CI tuhé konzistence. Všechny zastižené jemnozrnné zeminy jsou prachovité, a vyjma zemin F6 CI v sondě IJV-2, jsou vápnité. Laboratorně ověřené indexové vlastnosti zemin uvádíme v následující tabulce č. 5. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny též v protokolech laboratorních zkoušek v příloze č. 6.

Tabulka č. 5: Laboratorně ověřené indexové parametry zemin

sonda/parametr	hloubka odběru (m)	vlhkost (%)	mez tekutosti (W_L , %)	mez plasticity (W_P , %)	index plasticity (I_p)	index konzistence (I_c)
IJV-1	0,9 – 1,5	22,08	33,51	20,99	12,52	0,91
IJV-2	0,6 – 0,9	15,58	29,49	21,81	7,68	1,8
IJV-2	0,9 – 1,4	18,8	35,5	17,3	18,2	0,92
<i>průměr</i>	-	18,82	32,83	20,03	12,8	1,21

Základní charakteristiky zemin z hlediska jejich namrzavosti, a z hlediska jejich vhodnosti do násypů, a pro aktivní zónu podloží komunikací podle přílohy A ČSN 73 6133 uvádíme v následující tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Zeminy pláně v průzkumných sondách

sonda	zatřídění dle ČSN 73 6133	namrzavost ČSN 73 6133	vhodnost do násypů ČSN 73 6133	vhodnost pro podloží ČSN 73 6133
IJV-1, IJV-2	G3 G-F Y	nenamrzavé	vhodné	vhodné
IJV-1	F1 MG+cb Y	nebezpečně namrzavé	podmínečně vhodné	podmínečně vhodné
IJV-1	F5 ML	nebezpečně namrzavé	podmínečně vhodné	nevhodné
IJV-2	F6 CL	vysoce namrzavé	podmínečně vhodné	nevhodné
IJV-2	F6 CI	nebezpečně namrzavé	podmínečně vhodné	nevhodné

Původní eolické až aluviálně-eolické jílovité zeminy na lokalitě jsou obecně nevhodné pro podloží komunikací, jsou nebezpečně až vysoce namrzavé a při napojení vodou jsou nestabilní a rozbídné. Z tohoto důvodu je třeba zamezit přístupu vody k podloží. Spraše F6 jsou vysoce stlačitelné po přitížení a po provlhčení prosedavé. Lokální výskyt antropogenních zemín F1 nemá pro podloží komunikací větší význam.

Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín jsou uvedeny v následující tabulce č. 7. V tabulce nejsou hodnoceny navážky.

Tabulka č. 7: Základní geotechnické charakteristiky pro zastižené zeminy zemní pláně

Druh	štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy G3 G-F	hlína s nízkou plasticitou F5 ML	Jíl s nízkou plasticitou F6 CL	Jíl se střední plasticitou F6 CI
Konzistence-ulehlost				
Parametr	středně ulehlý	tvrdá/drolivá	tuhý	tuhý
Poissonovo číslo ν (1)	0,25	0,4	0,4	0,4
Převodní součinitel β (1)	0,83	0,47	0,47	0,47
Objemová tíha γ (kN.m ⁻³)	19	17,54	19,4	19,4
Modul přetvárnosti E_{def} (MPa)	80-90	10-15	3-5	3-5
Úhel vnitřního tření zeminy efektivní Φ_{ef} (°)	30-35	19-23	19-23	19-23
totální Φ_u (°)	-	0	0	0
Soudržnost zeminy efektivní C_{ef} (kPa)	0	20-28	8-16	8-16
totální C_u (kPa)	-	200	60	60
Výpočtová únosnost R_{dt} (kPa)	450 ²	400 ¹	100 ¹	100 ¹

Pozn.: 1 platí pro šířku základu $b \leq 3$ m a hloubku založení $h = 0,8 - 1,5$ m
 2 platí pro šířku základu 1 m a hloubku založení 1 m
 3 platí pro velmi velkou až extrémně velkou hustotu diskontinuit s ohledem na místní poměry
 4 platí pro střední až velkou hustotu diskontinuit s ohledem na místní poměry
 hodnoty R_{dt} jsou upravené vzhledem k ulehlosti a konzistenci zemín

Zhutnitelnost zemín

V následující tabulce č. 8 jsou uvedeny parametry zhutnitelnosti zemín zemní pláně metodou PS pro odebrané vzorky zemín.

Tabulka č. 8: Zhutnitelnost metodou PS

sonda	přirozená	100% PS		95% PS	
	W_n	Obj. hm.	W_{opt}	Obj. hm.	$W_{\text{opt}95}$
	(%)	(kg.m ⁻³)	(%)	(kg.m ⁻³)	(%)
IJV-1	22,08	2 098	15,34	1 993	22,6
IJV-2	15,58	2 123	14,48	2 016	18,5

Vzhledem k tomu, že přirozená vlhkost w_n tuhých jílovitých zemín F6, odebraných v sondě IJV-1, je výrazně vyšší než vlhkost optimální w_{opt} při 100 % PS, lze tyto jíly v aktivní zóně komunikace **zhutňovat** na uvedené hodnoty 100 % PS až po **snížení jejich přirozené vlhkosti** (o 6,74 %).

Vzhledem k tomu, že přirozená vlhkost w_n tvrdých jílovitých zemín F5, odebraných v sondě IJV-2, je téměř shodná s optimální w_{opt} při 100 % PS s rozdílem 1,1 % (v toleranci dle tabulky 10a ČSN 73 6133) lze tyto jíly v aktivní zóně komunikace optimálně **zhutňovat** na uvedené hodnoty PS **bez nutné technologické úpravy**, případně po **mírném snížení přirozené vlhkosti** zemín.

Vodní režim podloží dle TP 170 je popsán v kapitole č. 4.

Kalifornský poměr únosnosti zemin

A) zeminy F5 ML

Poměr únosnosti CBR_{opt} v testovaných zeminách F5 zemní pláně s hodnotou **6,65 %** je stanoven při zkušební vlhkosti $w_{opt} = 14,24 \%$ a zatlačení trnu 5,0 mm.

Poměr únosnosti CBR_{sat} v uvedených zeminách F5 po napojení vzorku vodou s hodnotou **4,45 %** je stanoven při zkušební vlhkosti $w_{sat} = 16,5 \%$ a zatlačení trnu 5,0 mm.

Vodní režim podloží je dle TP 170 příznivý - difúzní.

Poměr únosnosti CBR_{pen} v uvedených zeminách pro difúzní vodní režim odpovídá dle TP 170 CBR_{opt} , a má hodnotu 6,65 %.

Z poměru únosnosti a vodního režimu podloží pro zeminy F5 CL testované zemní pláně vyplývá (dle TP 170):

- | | |
|---|-----------|
| ▪ návrhová hodnota modulu pružnosti podloží E_{pd} | 59,17 MPa |
| ▪ návrhová hodnota součinitele příčného přetvoření μ_{pd} | 0,40 |

Nabobtnání zemin po napojení je vzhledem k původní výšce v průměru 0,52 % za 96 hod.

B) zeminy F6 CL

Poměr únosnosti CBR_{opt} v testovaných zeminách F6 zemní pláně s hodnotou **6 %** je stanoven při zkušební vlhkosti $w_{opt} = 15,21 \%$ a zatlačení trnu 5,0 mm.

Poměr únosnosti CBR_{sat} v uvedených zeminách F6 po napojení vzorku vodou s hodnotou **3,55 %** je stanoven při zkušební vlhkosti $w_{sat} = 17,47 \%$ a zatlačení trnu 5,0 mm.

Vodní režim podloží je dle TP 170 příznivý - difúzní.

Poměr únosnosti CBR_{pen} v uvedených zeminách pro difúzní vodní režim odpovídá dle TP 170 CBR_{opt} , a má hodnotu 6 %.

Z poměru únosnosti a vodního režimu podloží pro zeminy F6 CL testované zemní pláně vyplývá (dle TP 170):

- | | |
|---|----------|
| ▪ návrhová hodnota modulu pružnosti podloží E_{pd} | 55,4 MPa |
| ▪ návrhová hodnota součinitele příčného přetvoření μ_{pd} | 0,40 |

Nabobtnání zemin po napojení je vzhledem k původní výšce v průměru 1,52 % za 96 hod.

Uvedené zhodnocení zhuťnitelnosti PS a poměrů únosnosti CBR platí pouze pro původní zeminy rostlé pláně.

5.2 Těžitelnost a vrtatelnost zemin

Podle bývalé normy ČSN 73 3050 *Zemní práce* zařazujeme zeminy z hlediska těžitelnosti a rozpojitelosti do těchto tříd:

- | | |
|----------------------------------|--------|
| • podsyp vozovky – šterkodrt' G3 | tř. 2, |
| • antropogenní zeminy F1 | tř. 2, |
| • jemnozrnné zeminy F5, F6 | tř. 3. |

V rámci provedeného průzkumného hydrogeologického vrtu HJV-3 můžeme zeminy z hlediska těžitelnosti a rozpojitelosti zařadit následovně:

- | | |
|------------------------------|--------|
| • humózní hlíny F5 | tř. 1, |
| • antropogenní zeminy F1 | tř. 2, |
| • jemnozrnné zeminy F6 | tř. 3, |
| • fluvialní zeminy S5, G5 | tř. 4, |
| • zcela zvětralé slínovce R6 | tř. 4. |

Při určování tříd těžitelnosti sedimentů a eluvií je zohledněna skutečnost rozbřídavosti a lepivosti, resp. ulehlosti těchto zemin a vliv podzemní vody, u hornin jejich rozpojitelnost a hustota diskontinuit.

Jíly pevné a tvrdé konzistence nejsou lepidivé, neboť nesplňují podmínky lepivosti $w_n > w_p$. Jíly tuhé konzistence jsou lepidivé, neboť splňují podmínku lepivosti $w_n > w_p$. Při nasycení vodou jsou jíly nestabilní a rozbřídavé. Spraše a sprašové hlíny jsou po přitížení vysoce stlačitelné a po provlhčení prosedavé.

Sklony svahů dočasných výkopů lze dle bývalé ČSN 73 3050 provádět v jílech v poměru 1:0,25 - 1:0,50, v písčích 1:1,5 - 1:1,75 a v jílovitých písčích 1:0,5.

U soudržných zemin lze výkopy hloubit svisle do 2 m p. t., v závislosti na místních podmínkách. U větších hloubek je třeba stavební jámy svahovat nebo pažit. Výkopy v různorodých navázkách je nutné pažit.

Podle normy ČSN 73 6133 *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací* jsou zeminy z hlediska těžitelnosti a rozpojitelnosti zařazeny do těchto tříd:

• humózní hlíny F5	tř. I,
• podsyp vozovky – šterkodrt' G3	tř. I,
• antropogenní zeminy F1	tř. I,
• jemnozrnné zeminy F5, F6	tř. I,
• fluvialní zeminy S5, G5	tř. I,
• zcela zvětralé slínovce R6	tř. I.

Vrtatelnost zemin a hornin pro piloty dle *ceníku 800-2* klasifikujeme následujícími třídami:

• humózní hlíny F5	tř. I,
• podsyp vozovky – šterkodrt' G3	tř. I,
• antropogenní zeminy F1	tř. I,
• jemnozrnné zeminy F5, F6	tř. I,
• fluvialní zeminy S5, G5	tř. II,
• zcela zvětralé slínovce R6	tř. I.

6. Posouzení vsakovací kapacity zemin

6.1 Infiltrační zkoušky

Pro ověření vsakovací kapacity horninového prostředí byly provedeny na průzkumném vrtu HJV-3 infiltrační zkoušky. První infiltrační zkouška byla provedena dne 7. 2. 2016. Vsakovací zkouška sestávala z opakovaného nálevu známého objemu Q podzemní vody, přičemž byl sledován nástup a pokles hladiny. Zkouška byla započata v 7:30 hod a ukončena v 12:00 hod. Celková délka zkoušky odpovídala 4,5 hod. Ustálená hladina před zkouškou byla změřena na úrovni 12,89 m od odměrného bodu (OB = 0,62 m nad terénem), tj. 12,27 m p. t. Celkově bylo provedeno 5 opakovaných nálevů ve stejných časových intervalech 0,5 hod, první o objemu 400 l, další pak o stálém objemu 100 l. Pokles hladiny byl měřen v časových intervalech 5 min, a současně dle intervalů formuláře pro neustálené proudění. Při prvním nálevu došlo k nástupu hladiny ve vrtu na 8,44 m s následným poklesem na 10,19 m. Při každém dalším nálevu došlo k nástupu hladiny na tutéž úroveň cca 7,9 m a s poklesem na úroveň cca 10,9 m. Po ukončení posledního nálevu byl sledován po dobu 2,5 hod pokles hladiny na konečnou úroveň 11,09 m.

Na základě infiltrovaného množství vody při jednotlivých nálevech byly vypočítány koeficienty vsaku k_v (m.s^{-1}) dle vztahu:

$$k_v = \frac{Q_{zk}}{A_{zk}}$$

kde je:

Q_{zk} přítok vody do průzkumného objektu během zkoušky ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
 A_{zk} zkušební vsakovací plocha (m^2).

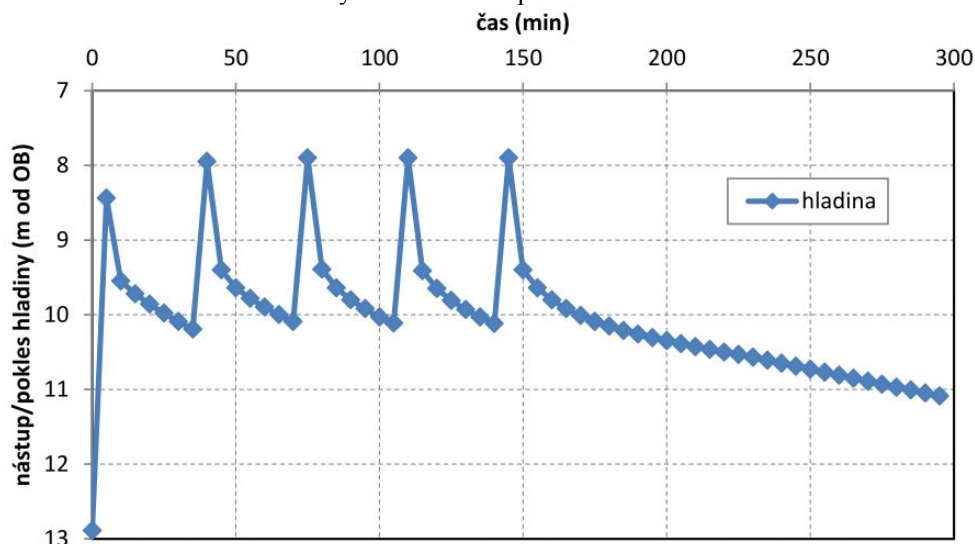
V následující tabulce č. 9 uvádíme zjištěné hodnoty koeficientů vsaku pro 4 opakované nálevy. Z výsledků vyplývá zcela shodná hodnota. Zjištěné výsledky odpovídají zejména pro testovaný propustný úsek 7,2 – 9,5 m p. t. Ve spodní části vrtu nad 10 m dochází směrem k bázi k poklesu koeficientu vsaku

z $1,74 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$ na $2,26 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$. V grafu č. 1 je znázorněn průběh hladiny při vsakovací zkoušce dne 7. 2. 2016.

Tabulka č. 9: Zjištěné hodnoty koeficientů vsaku (m.s^{-1}) při vsakovací zkoušce 7. 2. 2015

nálev č.	$k_v (\text{m.s}^{-1})$
1	$1,82 \cdot 10^{-5}$
2	$1,8 \cdot 10^{-5}$
3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
4	$1,8 \cdot 10^{-5}$

Graf č. 1 Průběh hladiny ve vrtu HJV-3 při vsakovací zkoušce dne 7. 2. 2016



Druhá infiltrační zkouška byla provedena dne 12. 2. 2016. Vsakovací zkouška byla provedena při konstantním nálevu Q vody do průzkumného vrtu. Zkouška byla započata v 8:50 hod a ukončena v 13:30 hod. Celková délka zkoušky byla 4 hod 40 min. Ustálená hladina před zkouškou byla změřena na úrovni 12,75 m od odměrného bodu (OB = 0,5 m nad terénem), tj. 12,25 m p. t. Hladina vody ve vrtu se tedy po ukončení předchozí infiltrační zkoušky vrátila na původní úroveň. Záznamy byly prováděny v časovém intervalu 5 min a v konečné fázi poklesu též dle formuláře pro neustálené proudění. První část zkoušky se sestávala v nálevu vody do sondy o stálém průtoku $0,53 \text{ l.s}^{-1}$. Hladina vody v sondě postupně nastoupala po dobu 3 hod 10 min až na úroveň 6,68 m od OB. Na této úrovni se vzestup hladiny téměř zastavil, tzn. ke konci nálevové zkoušky došlo cca k ustálení vsakovaného množství Q . Velikost přítoku se, na této úrovni, rovnala vsakovanému množství. Celkově bylo do sondy napuštěno $5,993 \text{ m}^3$ vody. Po ukončení nálevu, byla provedena zkouška s poklesem hladiny, bez dalšího přítoku vody. Hladina vody v sondě klesla za 1,5 hod o 4,29 m, tj. na úroveň 10,97 m. Poté byla infiltrační zkouška ukončena.

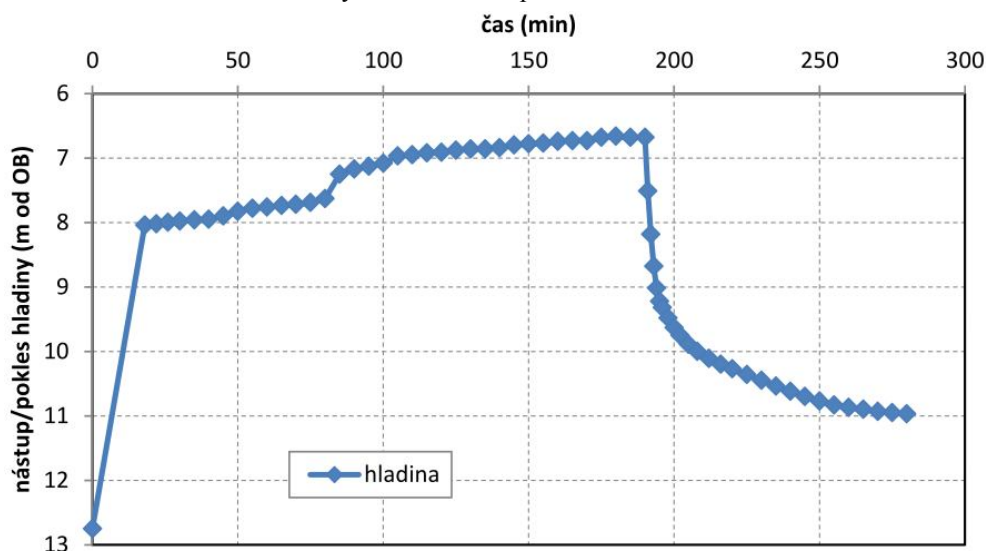
V následujícím grafu č. 2 je uveden průběh hladiny vody při vsakovací zkoušce 12. 2. 2016. Z průběhu nástupu hladiny při konstantním nálevu a následném poklesu je patrné, že v rámci zastiženého profilu fluvialních sedimentů (6,2 – 12,5 m p. t.) lze vymezit více a méně propustné úseky dle následující tabulky.

Tabulka č. 10: Rozložení více a méně propustných poloh v geologickém profilu vrtu HJV-3

úsek (m od OB)	úsek (m p. t.)	propustnost orientačně
6,7 – 7,2	6,2 – 6,7	nejvíce propustný úsek cca 50 %
7,7 – 10,0	7,2 – 9,5	více propustný úsek cca 40 %
10,0 – 13,0	9,5 – 12,5	méně propustný úsek cca 10 %

Pro konečný vsakovaný průtok $0,53 \text{ l.s}^{-1}$ byl stanoven pro závěrečnou fázi vsakovací zkoušky koeficient vsaku $k_v = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$. Zjištěné výsledky odpovídají pro oba propustné úseky 6,2 – 9,5 m p.t. Jako v předešlém případě dochází ve spodní části vrtu nad 10 m směrem k bázi k poklesu koeficientu vsaku z $1,22 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ na $1,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$.

Graf č. 2 Průběh hladiny ve vrtu HJV-3 při vsakovací zkoušce dne 12. 2. 2016



Na základě poklesových úseků zkoušek byly vypočítány koeficienty transmisivity $T (\text{m}^2.\text{s}^{-1})$ a hydraulické vodivosti $k (\text{m.s}^{-1})$. Výsledky uvádíme v následující tabulce č. 11. Mocnost zvodnělé vrstvy byla volena jednotně 6,3 m. Určené hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti zemin S5 SC + G v úrovni 7,8 – 12,0 m dle granulometrické křivky (metoda *Mallet, Pasquant*) vychází $9 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$. Tyto hodnoty jsou řádově nižší nežli skutečně zjištěné výsledky vsakovacích zkoušek.

Tabulka č. 11: Zjištěné hydraulické parametry fluviálního souvrství

výpočetní metoda	testovaný profil (m p. t.)	zkouška dne	$T (\text{m}^2.\text{s}^{-1})$	$k (\text{m.s}^{-1})$
Hvorslev	6,2 – 6,7	12. 2. 2016	1,40E-05	2,23E-06
Hvorslev	7,2 – 9,5	12. 2. 2016	2,34E-06	3,71E-07
Hvorslev	7,2 – 9,5	7. 2. 2016	3,67E-05	2,45E-06
Hvorslev	7,2 – 9,5	7. 2. 2016	2,96E-06	2,11E-07
Hvorslev	10 – 12,5	7. 2. 2016	1,23E-06	1,35E-07
Jacob	6,2 – 6,7	12. 2. 2016	3,3E-05	5,3E-06
Jacob	7,2 – 9,5	12. 2. 2016	6,5E-05	1,0E-05
Jacob	7,2 – 9,5	7. 2. 2016	1,7E-04	2,7E-05
Jacob	10 – 12,5	7. 2. 2016	7,3E-05	1,2E-05
Reynolds a Elrick	6,2 – 9,5	12. 2. 2016	-	2,64E-05
průměr celk	6,2 – 12,5	-	4,42E-05	6,63E-06

6.2 Posouzení možnosti vsakování

Výpočty pro návrh vsakovacího zařízení

Celková zjištěná hodnota koeficientu vsaku $k_v (\text{m.s}^{-1})$ použitá pro výpočty byla stanovena na úrovni $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$.

Srážkové vody budou svedeny ze střech objektů o celkové ploše $7\,749 \text{ m}^2$, komunikací a zpevněných ploch o ploše $5\,481 \text{ m}^2$. Redukovaná odvodňovaná plocha (A_{red} , m^2) byla stanovena dle vztahu:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i$$

A_i půdorys odvodňované plochy určitého druhu (m^2)

ψ_i součinitel odtoku srážkových vod z plochy určitého druhu (koeficient)

n počet ploch určitého druhu

Odvodňovaná plocha odpovídá, při ψ pro střechy 1,0 ψ pro komunikace a zpevněné plochy 0,8 (pro sklon 1% - 5%), celkové hodnotě 12 133,8 m^2 . Z hlediska ČSN 75 9010 se jedná o náročnou stavbu s velikostí redukované odvodňované plochy nad 200 m^2 .

Vsakovací plocha vsakovacího zařízení (A_{vsak} , m^2) se vypočte dle vztahu:

$$A_{vsak} = 0,1 \cdot A_{red} = 1213,38 m^2$$

Tuto vsakovací plochu doporučujeme, vzhledem k dostatečné propustnosti zemin a prostorové možnosti daného místa v areálu, snížit na 120 m^2 .

Vsakovaný odtok Q_{vsak} ($m^3 \cdot s^{-1}$) byl stanoven na základě vztahu:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

f součinitel bezpečnosti vsaku (hodnota 2)

Hodnota vsakovaného odtoku vychází $8,28 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot s^{-1}$, tj. 8,28 $l \cdot s^{-1}$.

Retenční objem vsakovacího zařízení (V_{vz} , m^3) se vypočte dle vztahu:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot A_{red} - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$$

h_d návrhový úhrn srážek s odpovídající dobou trvání t_c a periodicitou (hodnota 0,2)

t_c doba trvání srážky určité periodicity (min)

Pro výpočty byla využita doba trvání srážky pro periodicitu 0,2 srážkoměrné stanice Seč. Výsledky pro jednotlivé doby trvání srážek uvádíme v následující tabulce č. 12.

Tabulka č. 12 Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro jednotlivé doby trvání srážek s periodicitou 0,2

Doba trvání srážek (min)	Návrhové úhrny srážek (mm)	Retenční objem (m^3)
5	12,5	150,69
10	17,9	214,38
15	20,6	244,98
20	22,2	262,10
30	24,5	285,31
40	26,2	301,18
60	28,4	318,20
120	32,3	336,18
240	37,1	335,38
360	38,7	295,37
480	39,4	244,34
600	40,1	193,30
720	40,7	141,03
1080	42,7	-13,31
1440	44,2	-173,77
2880	53,9	-770,30
4320	60,2	-1408,50

Celková navržená retence odpovídá **336,2 m³**. Doba prázdnění vsakovacího zařízení (T_{pr} , s) se vypočte dle vztahu:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení odpovídá **11,28 hod**, což je z hlediska normy ČSN 75 9010 **vyhovující** (max. 72 hod).

6.3 Návrh vsakovacího zařízení

Pro vsakování srážkových vod navrhujeme např. využití vsakovacích galerií, jejíž dno doporučujeme zahloubit min. 8 m pod stávající terén v místě sondy HVJ-3, tj. min. 2 m do fluvialní terasy. Tímto bude otevřen nejvíce propustný úsek fluvialních sedimentů, ověřených při vsakovací zkoušce. Vsakovací galerie bude zhotovena z plastových vsakovacích bloků, které zajistí požadovaný akumulací objem. Před vlastním zasakovacím zařízením bude umístěna podzemní filtrační šachta, která bude zachytávat nečistoty. Celkový retenční objem vsakovacích bloků bude při rozměrech základny cca 8 x 10 m, a výšce min. 6 m 480 m³, při vsakovací ploše (při využití ½ výšky plochy bočních stěn) cca 120 m². Vsakovací bloky budou uloženy na štěrkové lože (frakce 32-63 mm) tloušťky 0,3 m. 0,2 m mocná vrstva štěrkopísku bude též uložena v okolí bloků a na vrchní straně bloků. V případě vysokých (neočekávaných) srážek bude vsakovací galerie opatřena bezpečnostním přepadem, s odtokem vod na zatravněný terén či do toku Chrudimky.

6.4 Stanovení odstupové vzdálenosti vsakovacího zařízení od budov

Při maximální hladině vody ve vsakovacím zařízení cca v hloubce 1,5 m p. t., bude základová spára nejbližšího objektu cca 0,5 m nad nejvyšší úrovní hladiny. Z tohoto důvodu neočekáváme na ovlivnění základové spáry nejbližšího objektu. Odstupová vzdálenost L (m) vsakovacího zařízení od budovy, byla stanovena dle vztahu.

$$L = \left(\frac{h + 0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 2 \right) + l_v$$

kde je:

- h rozdíl výšek maximální hladiny ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží/základové spáry (odhadnuto na 0,5 m),
- k_v koeficient vsaku ($1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),
- l_v rozšíření dna výkopu (přesně neznáme, zadána hodnota 2 m).

Odstupová vzdálenost vychází při zadaných podmínkách 4,6 m. Vsakovací zařízení doporučujeme situovat minimálně **5 m** od nejbližší budovy.

6. Závěr a doporučení

Předložená zpráva shrnuje výsledky provedeného inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu v areálu školního statku Vestec Střední školy zemědělské a Vyšší odborné školy Chrudim. Na základě provedených prací lze provést následující shrnutí.

Geologické poměry pokryvných zemin v oblasti areálu školního statku, ověřené průzkumem, jsou poměrně složité. Stávající konstrukční vrstvy zpevněných ploch jsou v zájmovém území tvořeny betonovými panely tl. 0,15 m a 0,45 m mocnou vrstvou štěrkodrtě G3 G-F. V místě sondy IJV-1 se nachází cca 0,3 m mocná vrstva navážek F1 MG. Navážky byly též ověřeny v jižní části lokality v průzkumném vrtu HJV-3 v mocnosti 2,3 m, tvořené též zeminami F1 MG. Tyto zeminy budou pravděpodobně zasahovat do podloží komunikací v jižní části areálu. Původní zemní plán je v celém prostoru lokality tvořena jemnozrnnými soudržnými zeminami převážně eolického, méně pak eolicko-aluviálního původu. V západní části areálu se jedná o spraše a sprašové hlíny, resp. nízce plastické jíly F6 CL. V části areálu východní tvoří nejsvrchnější původní vrstvu nízce plastické hlíny F5 ML mocné 0,3 m a dále pak středně plastické jíly F6 CI. V jižní části lokality byly do hloubky 6,2 m p. t. ověřeny středně plastické jíly F6 CI. Fluvialní sedimenty byly zastiženy ve vrtu HJV-3 v úrovni 6,2 – 12,5 m p. t. Ve

svrchní části souvrství se jedná jílovité písky S5 SC, které přecházejí do jílovitých písků se šterky S5 SC+G v majoritní části terasy. Bazální část souvrství tvoří jílovité šterky G5 GC, z části zvodnělé. V podloží fluvialní terasy byly zastiženy zcela zvětralé prachovité slínovce středního turonu (souvrství jizerské).

Mocnosti jednotlivých litostratigrafických vrstev jsou, s ohledem na rozsah průzkumných prací, patrné z geologických dokumentací v příloze č. 4, ze schématických geologických řezů v příloze č. 5 a z litostratigrafického přehledu v tabulce č. 3.

Z hlediska konstrukčních vrstev zpevněných ploch jsou pro aktivní zónu komunikací vyhovující použité podsypy šterkodrtě G3, jejichž mocnost odpovídá cca 0,45 m a zasahují do hloubky 0,6 m pod stávající terén vozovek. Původní rostlá zemní pláň je tvořena zeminami pro aktivní zónu nevhodnými (jemnozrnné zeminy F5, F6). Jemnozrnné zeminy F5 a F6 jsou nebezpečně až vysoce namrzavé a pro aktivní zónu podloží komunikací nevhodné. Přirozená vlhkost testovaných zemin F5 zemní pláň ve východní části lokality je téměř shodná s optimální w_{opt} při 100 % PS s rozdílem 1,1 % a tyto hlíny lze v aktivní zóně komunikace optimálně **zhutňovat** na uvedené hodnoty PS **bez nutné technologické úpravy**, případně po **mírném snížení přirozené vlhkosti** zemin. Přirozená vlhkost testovaných zemin F6 zemní pláň v západní části areálu je vyšší nežli optimální w_{opt} při 100 % PS s rozdílem 6,74 % a tyto hlíny lze v aktivní zóně komunikace optimálně **zhutňovat** na uvedené hodnoty PS až po snížení jejich přirozené vlhkosti, což znamená zvýšené náklady na technologickou úpravu (např. vápnění). Hodnoty CBR vychází nízké <10 %. Bez jejich zlepšení je obtížné dosáhnout běžně požadovaných modulů přetvárnosti. Zeminy F5 a F6 lze podmíněčně využít pro násypy.

Hladina podzemní vody byla zastižena v průzkumném vrtu HJV-3 na úrovni 12,3 m p. t. Jedná se o nesouvislé zvodnění kvartérních fluvialních sedimentů, vázané na bazální část souvrství. Podzemní voda neovlivní založení zemního tělesa.

Klimatické a vodní charakteristiky jsou uvedeny v kapitole 4.

Geologické poměry v prostoru zájmové lokality hodnotíme, s ohledem výše uvedené skutečnosti, jako **složitě**. Důvodem je výskyt objemově nestálých, namrzavých a prosedavých jemnozrnných zemin F5 a F6 původní zemní pláň. Rovněž v ploše lokality dochází ke změnám v konzistenci a charakteru zemin.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem, zařazujeme ve smyslu čl. 5.1.1. ČSN 73 6133, resp. čl. 2.1 ČSN EN 1997-1 staveniště do **2. geotechnické kategorie**.

Na základě provedených vsakovacích zkoušek byla zjištěna hodnota koeficientu vsaku pro fluvialní šterkopisčité souvrství $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$. V rámci zastižených zemin vrtu HJV-3 jsou pro vsakování vhodné svrchní partie v úrovni 6,2 – 9,5 m p. t. Spodní část souvrství vykazuje výrazně nižší vsakovací schopnosti. Dle podmínek vsakování můžeme zájmovou lokalitu začlenit ve smyslu ČSN 75 9010 do skupiny zemin **V.2 – složité poměry**.

Na základě provedených výpočtů byla odhadnuta potřebná velikost retenčního objemu vsakovacího zařízení na **336,2 m³**, při vsakovací ploše cca **120 m²**. Doba prázdnění vsakovacího zařízení vychází při takto navrženém objemu a ploše **11,28 hod**, což je z hlediska ČSN 75 9010 **vyhovující**. Vsakování bude provedeno do fluvialních jílovitých písků a jílovitých písků se šterky v úrovni cca 6,2 – 8 m pod stávajícím terénem v místě vrtu HJV-3. Zeminy F6 svrchního jemnozrnného souvrství do hloubky 6,2 m p. t. jsou nepropustné a pro vsakování nevhodné. Minimální odstupová vzdálenost od budovy byla odhadnuta při maximální výšce hladiny ve vsakovacím zařízení 0,5 m pod úroveň základové spáry objektu na min. 5 m.

Na základě provedených průzkumných prací, lze zasakování srážkových vod do horninového prostředí na lokalitě doporučit. Zastižené horninové prostředí v testovaném místě umožní pojmout uvažované množství srážkových vod, za podmínek uvedených výše v textu. Toto však nemusí platit pro ostatní části areálu. V testovaném místě se nachází, oproti svému okolí, abnormální mocnosti fluvialních sedimentů. Odtok vsakovaných vod předpokládáme prostřednictvím terasových sedimentů k jihu k toku Chrudimky, která mělké kvartérní podzemní vody drénuje. V každém případě musím mít vsakovací objekt bezpečnostní přepad.

Uvažovaným záměrem nebudou ovlivněny okolní zdroje podzemní vody. Zdroj podzemní vody pro areál statku vrt HG-1 jímá hlubší puklinovou podzemní vodu jizerského souvrství. Vrt je situován mimo směr proudění mělkých podzemních vod od místa vsakování.

Jak bylo zjištěno při terénním průzkumu lokality, nedojde zásakem do podzemní vody k negativnímu ovlivnění na vodu vázaných ekosystémů.

Jak projekční, tak i prováděcí práce se musí řídit ustanovením příslušných norem a předpisů, a to zejména ČSN 73 6133 *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*, TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací*, atd.

Závěrem lze konstatovat, že inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum byl proveden v požadovaném rozsahu a dle platných předpisů a norem.

Přehled použité literatury:

1. ČIHÁK, P. (2002): Chrudim – přeložka silnice I/37 a přípojně komunikace – obchvat. – 1-71. Choceň.
2. ČIHÁK, P. (2004): Silnice I/37 – Chrudim – obchvat, úsek Medlešice – křižovatka I/17. Podrobný geotechnický průzkum, trasa komunikace. – SUDOP Pardubice, s.r.o., 1-34. Pardubice.
3. DEMEK, J., BALATKA, B., BŮČEK, A., CZUDEK, T., DĚDEČKOVÁ, M., HRÁDEK, M., IVAN, A., LACINA, J., LOUČKOVÁ J., RAUSNER, J., STEHLÍK, O., SLÁDEK, J., VANĚČKOVÁ, L., VAŠÁTKO, J. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. - Academia, 1-584. Praha.
4. FALTYSOVÁ, H. – BÁRTA, F. a kol. (2002): Pardubicko. In: MACKOVČIN, P. – SEDLÁČEK, M. (eds.): Chráněná území ČR. Svazek IV. AOPK ČR a EcoCentrum Brno. 1-316. Praha.
5. HERČÍK, F., HERMAN, Z., VALEČKA, J. (2003): Hydrogeologie české křídové pánve. - Český geologický ústav, 1 – 91, Praha.
6. CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. - Academia, 1-150. Praha.
7. JEŠKOVÁ, J., MONDSCHIN, P., DLOUHÁ, E. (2006): Dopravní stavby. – Vydavatelství ČVÚT, 1-151. Praha.
8. JETEL, J.(1982): Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. - Praha, Academia, 246. Praha.
9. KRÁSNÝ, J. A KOL. (2012): Podzemní vody České republiky. Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. – ČGS. 1-1143. Praha.
10. QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSR. – Studia geographica, 1-64. Brno.
11. ŠIMEK, J., HOLOUŠKOVÁ, T. (2001): Zakládání staveb 10 (Foundatoins 10). - Vydavatelství ČVÚT, 1-160. Praha.
12. TOLASZ, R. ET AL. (2007): Atlas podnebí Česka. – ČHMÚ Praha, UP v Olomouci, 1 – 255. Olomouc.
13. TOURKOVÁ, J. (1990): Hydrogeologie. - Vydavatelství ČVÚT, 1-165. Praha.
14. VANÍČEK, I. (2000): Geomechanika 10. – Vydavatelství ČVÚT, 1-229. Praha.
15. ZÁRUBA, J. (2011): Chrudim – Vestec, školní statek, hydrogeologický průzkum. Závěrečná zpráva. – 1-8. Orel.

WWW a mapové podklady:

1. HYDROLOGICKÝ SEZNAM PODROBNÉHO ČLENĚNÍ POVODÍ VODNÍCH TOKŮ ČR [ONLINE]. PRAHA: ČESKÝ HYDROMETROLOGICKÝ ÚSTAV [cit. 2016-02-18]. Dostupný na ftp://ftp.chmi.cz/hydrologicky_seznam_povodi.pdf
2. NÁRODNÍ GEOPORTÁL INSPIRE [ONLINE]. PRAHA: Cenia, ČÚZK Praha [cit. 2016-02-18]. Dostupný na <http://geoportal.gov.cz>
3. STAVY A PRŮTOKY NA VODNÍCH TOCÍCH [ONLINE]. HRADEC KRÁLOVÉ: Povodí Labe, s.p., VH dispečink [cit. 2016-02-18]. Dostupný na <http://www.pla.cz/>.
4. MAPOVÝ SERVER ČGS [ONLINE]. PRAHA: Česká geologická služba [cit. 2016-01-25]. Dostupný na <http://mapy.geology.cz>
5. VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A OCHRANA VOD [ONLINE]. PRAHA: Výzk. Úst. Vodohosp. T. G. Masaryka, Mapy a data [cit. 2016-02-18]. Dostupný na <http://heis.vuv.cz>
6. Vojenská rastrová mapa ČR 1:50 000. Geografická služba AČR.
7. Základní vodohospodářská mapa ČR 1:50 000, list 13-42 Pardubice. VÚV T.G.M., ČÚZK. Praha.

Použité normy a další závazné předpisy jsou citovány v textu.