

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA
o
inženýrskogeologickém a hydrogeologickém
průzkumu

Název úkolu : **Kramolna,
chodník**
Číslo úkolu : **2021 - 1 - 084**
Odběratel : **Obec Kramolna, Kramolna 172, 547 01 Náchod**

Odpovědný řešitel : **Ing. Marek Soukup**

RNDr. Ivan Koroš

spolupráce: Ing. Milan Chýle,
Martin Hudeček, Jan Švehla

PRAHA, SRPEN 2021

INGES s.r.o.- Na Petyncce 34, Praha 6; Tel. : 606 469 713; e-mail : soukup.inges@email.cz

Obsah :

1. Úvod.....	2
2. Průzkumné práce	2
3. Geologické a hydrogeologické poměry	3
3. Geotechnické vyhodnocení	4
3.1 Zatřídění zemin	4
3.2 Fyzikálně - mechanické parametry zemin a hornin	5
3.3 Posouzení vhodnosti zemin do násypů a pro podloží vozovky.....	5
3.4 Promrzání podloží, vodní režim.....	6
3.5 Těžitelnost zemin, výkopy	6
4. Zasakování srážkových vod	7
4.1 Vsakovací zkoušky.....	7
4.2 Výpočet kubatur srážkových vod.....	8
4.3 Návrh řešení likvidace srážkových vod	9
5. Závěry	10

Seznam příloh :

Příloha č. 1.1	Vodohospodářská mapa 1 : 50 000
č. 1.2	Přehledná mapa 1 : 5 000
č. 1.3	Kopie katastrální mapy 1 : 1 000
č. 1.4	Situace průzkumných prací, účelová mapa 1 : 2 000
Příloha č. 2	Dokumentace průzkumných vrtů Fotodokumentace
Příloha č. 3	Dokumentace vsakovacích zkoušek Výpočet množství odváděných vod ze srážek
Příloha č. 4	Výsledky laboratorních zkoušek zemin

1. ÚVOD

Na základě objednávky Obce Kramolna byl proveden následující inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum v prostoru projektované výstavby chodníku podél silnice v obci Kramolna, katastrální území Kramolna (okres Náchod). Lokalizace zájmového území je vyznačena v příloze č. 1.1 až 1.4.

Zájmové prostor leží na jihozápadním okraji obce Kramolna, po pravé straně silnice ve směru na obec Studnice. Povrch terénu je svažité se sklonem k západu s nadmořskou výškou cca 422 m až 454 m.

Cíle průzkumu byly následující :

- Ověřit geologickou stavbu v zájmové ploše, tj. mocnost a složení pokryvných útvarů, popř. hloubku uložení hornin skalního podloží a jejich charakter.
- Stanovit geotechnické vlastnosti jednotlivých vrstev geologického profilu, a to především vzhledem k jejich vhodnosti pro podloží vozovky.
- Posoudit možnost zasakování srážkových vod v prostoru projektovaného chodníku.

Mapové podklady (polohopisnou a výškopisnou situaci) se zákresem stavebního záměru poskytl objednatel v digitální formě.

2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

V rámci inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu byly provedeny následující práce :

- 3 jádrové vrty označené jako KCH-1 až KCH-3 do hloubky 3,0 m, 3,0 m a 2,0 m (celkem 8,0 m). Vrtáno bylo jádrovým způsobem na sucho vrtnou soupravou dodavatele. Vrtné práce proběhly dne 14.6.2021.

Geologickou dokumentaci provedli zpracovatelé průzkumu v průběhu sondáže, takže bylo dokumentováno zcela čerstvé vrtné jádro včetně podstatných jevů, které se vlivem vyschnutí vrtného jádra při uložení smazávají - např. konzistence zemin.

- Místa ohlubní vrtných sond byla polohopisně zaměřena laserovým dálkoměrem od jednoznačných identifikačních prvků v terénu a vynesena do mapového podkladu. Nadmořské výšky vrtů byly odečteny z mapového podkladu. Polohopisné souřadnice (systém JTSK) a výškopisné souřadnice (systém Balt po vyrovnání) jsou uvedeny v dokumentaci jednotlivých vrtů - příloze č. 2.

Lokalizace vrtů je vyznačena v příloze č. 1.3 a 1.4 Kopii katastrální mapy a v příloze č. 1.4 Situaci průzkumných prací, účelové mapě v měřítku 1 : 2000, kde jsou také graficky znázorněny geologické profily vrtů. Psaná dokumentace a fotodokumentace vrtných profilů a lokality je uvedena v příloze č. 2.

- Vsakovací (nálevové) zkoušky ve vrtech KCH-1 a KCH-3 pro posouzení možnosti vsakování srážkových vod na pozemcích. Zkoušky vyhodnotil RNDr. Ivan Koroš (odborná způsobilost pro hydrogeologii č. 1660/2003) z Hydrogeologické společnosti s.r.o. Grafická dokumentace zkoušek je uvedena v příloze č. 3.
- Z vrtného jádra vrtu KCH-1 z hloubky 1,0-1,2 m byl odebrán 1 vzorek zeminy k laboratornímu rozboru pro stanovení indexových parametrů zemin a zařídění dle příslušných ČSN (především ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací a dle dříve platné ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy). Protokol o provedeném rozboru je uveden v příloze č. 4.

3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické poměry: okolí je budované sedimenty české křídové pánve, její dílčí části východočeské křídý, a kvartérními pokryvnými uloženinami. Strukturně se jedná o severní část ústecké synklinály, okraj severovýchodního křídla. Cenoman je zdejší nejstarším křídovým souvrstvím, a je tvořen pískovci, převážně křemennými a vápnitými, které sedimentovaly v celkové mocnosti cca do 25 m. Vlivem uklonění křídového souvrství do pánve, směrem k JZ, se cenomanské vrstvy noří pod sedimenty spodního turonu.

Spodní turon je souvrstvím, v němž převládají šedé pevné slínité prachovce (slínovce) až pískovce, spongility a slínité vápence. Horniny jsou místy hluboce vertikálně rozpukané, do hloubek několika desítek metrů. Jejich nejvyšší partie bývají jílovitě zvětralé.

Skalní horniny nebyly průzkumnými vrty provedenými do hloubky 3,0 m (KCH-1 a KCH-2) a 2,0 m (vrt KCH-3) zastiženy. Skalní podloží je ve svrchních vrstvách geologického profilu překryto deluviálními (svahovými) sedimenty, v nich byly vyčleněny následující polohy :

- **kamenitá sut' s hlinito-písčitou výplní (poloha *4*)**, která je ulehlá s kamenitou frakcí tvořenou pevnými neopracovanými úlomky spongilitického pískovce o velikosti zpravidla 2-5 cm a občasnými úlomky i přes 10 cm. Poloha byla zastižena vrtem KCH-1 v hloubce od 2,6 m do konečné hloubky vrtu 3,0 m a vrtem KCH-3 v hloubce od 1,0 m do konečné hloubky vrtu 2,0 m.
- **Jílovitá hlína (poloha *3*)** tuhé a pevné konzistence s jemnou písčitou příměsí a proměnlivým podílem drobných úlomků hornin. Poloha byla dokumentována v celé zájmové ploše, a to vrtem KCH-1 v hloubce 0,3-2,6 m, vrtem KCH-2 v hloubce od 0,9 m do konečné hloubky vrtu 3,0 m a vrtem Kch-3 v hloubce 0,4-1,0 m.

Svrchní horizont přirozeného geologického profilu tvoří **hlína s humózní příměsí (poloha *2*)** o mocnosti zpravidla 0,3 m až 0,4 m.

V prostoru vrtu KCH-2 byla ve svrchní vrstvě o mocnosti 0,9 m zastižena neulehlá **navážka (poloha *1*)** tvořená převážně škvárou. Nelze vyloučit, že se jedná o okraj zavezeného bývalého zemníku.

Hydrogeologické poměry: posuzovaná lokalita je součástí hydrogeologického rajónu č. 4221 – Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje. Vyskytuje se zde bazální křídová zvodeň v pískovcích cenomanu a prachovitých slínovcích spodní části spodního turonu. Zvodnění je nesouvislé, vázané nejvíce na přípovrchové rozpukání hornin. Infiltrace je vázaná na výchozové partie turonských slínovců, ve východní části území cenomanských pískovců. K dílčí dotaci podzemních vod dochází omezeně plošným průsakem přes kvartérní uloženiny, které jsou zde slabě až velmi slabě propustné, vzhledem k vysokému podílu jílovité frakce. Hladina podzemní vody se v zájmovém území nachází v hloubkách cca 1-3 m pod terénem, místy kolem 5 m pod terénem. Směr proudění první mělké zvodně zhruba odpovídá sklonu terénu, hladina je ukloněna převážně k ZSZ, hlubší zvodně mají směr odtoku k Z.

Hladina podzemní vody byla zastižena pouze vrtem KCH-2, a to v hloubce 0,9 m na bázi silně propustné navážky. Přítok vody do vrtného stvolu byl velmi slabý a k vytvoření hladiny podzemní vody nedošlo. Lze předpokládat, že se jedná o zasáklou vodu z vydatných srážek v době před realizací vrtných prací.

Trvalou hladinu podzemní vody lze předpokládat vázanou na bázi kvartéru i na hlubší puklinové systémy skalního podloží. Na slabě propustných kvartérních sedimentech se místy sezónně projevuje podmáčení. Povrchové vody jsou nyní odváděné strouhami po obou stranách silnice.

V okolí posuzované trasy byly u některých nemovitostí evidovány domovní studny. Jejich pozice je vyznačená v příloze č. 1.3. Přehled zjištěných úrovní hladin vody ve studnách je v následující tabulce.

Studna č.	Pozemek p.č.	Odměrný bod OB (m nad ter.)	Hloubka (m od OB)	Hladina 14.6.2021 (m od OB)
ST-1	211/1	0,2	*	4,90
ST-2	183/4	0,65	9,77	3,00**
ST-3	183/9	*	*	*
ST-4	183/7	0,05	7,40	2,04
ST-5	182/7	*	*	*
ST-6	182/5	0,4	*	1,14
ST-7	182/5	0,05	*	*
ST-8	321	0,6	8,30	3,74

Poznámka: * neměřeno, příp. nepřístupné

** měřeno 15.6.2021

3. GEOTECHNICKÉ VYHODNOCENÍ

3.1 Zatřídění zemin

Zeminy lze na základě vizuálního popisu a laboratorního rozboru rozdělit do následujících geotechnických poloh, které představují vždy relativně homogenní části vrstevního profilu. Zeminy jsou zařazeny do následujících tříd dle ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (označení tříd je shodné s dříve platnou ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy a dalšími ČSN) :

Poloha *1* **navážka** (škvára s úlomky cihel)

zatřídění dle ČSN 73 6133 : nezatříděno

Poloha *2* **hlína s humózní příměsí**

zatřídění dle ČSN 73 6133 : nezatříděno

Poloha *3* **jílovitá hlína**, tuhé a pevné konzistence

zatřídění dle ČSN 73 6133 : F 6, CL (jíl s nízkou plasticitou)

Poloha *4* **kamenitá suť** s hlinito-písečnou výplní

zatřídění dle ČSN 73 6133 : G 4, GM (štěrk hlinitý)

3.2 Fyzikálně - mechanické parametry zemin a hornin

V následující tabulce fyzikálně-mechanických vlastností jsou uvedeny normové hodnoty dle dříve platné ČSN 73 1001 s přihlédnutím ke genezi zemin.

<i>Poloha</i>	<i>ČSN 73 1001</i>	<i>γ_n [kN.m⁻³]</i>	<i>$c_{(ef)}$ [kPa]</i>	<i>$\phi_{(ef)}$ [°]</i>	<i>ν</i>	<i>E_{def} [MPa]</i>	<i>R_{dt} [kPa]</i>
3	F 6, CL	21,0	12 - 18	17 - 21	0,40	4 - 8	100 - 200 ¹
4	G 4, GM	19,5	2 - 6	32 - 35	0,30	15 - 20	300 ²

Pozn. : hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti je třeba upravit ve smyslu příl. 6 ČSN 73 1001 dle skutečné hloubky zakládání a šířky základu,

*¹ při hloubce založení 0,8 - 1,5 m a šířce základu ≤ 3 m,

*² při hloubce založení 1 m a šířce základu 1 m,

γ_n objemová tíha

$c_{(ef)}$ efektivní soudržnost zeminy (u hornin zdánlivá soudržnost)

$\phi_{(ef)}$ efektivní úhel vnitřního tření

ν Poissonovo číslo

E_{def} modul přetvárnosti

R_{dt} tabulková výpočtová únosnost

3.3 Posouzení vhodnosti zemin do násypů a pro podloží vozovky

V úrovni zemní pláňe projektovaného chodníku budou převážně zastiženy jíly s nízkou plasticitou polohy *3* a ve východní části také kamenité sutě polohy *4*. Následující hodnocení zemin vychází z ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ a indexových parametrů zeminy.

Poloha *3*

Zatřídění dle ČSN 73 6133

Vhodnost do násypů

Vhodnost pro podloží (pro aktivní zónu)

Namrzavost

Koeficient propustnosti

Kapilární vztlávanost

Zkouška zhutnitelnosti (Proctor standard)

Optimální vlhkost

Kalifornský poměr únosnosti (CBR)

jílovitá hlína

F 6, CL (jíl s nízkou plasticitou)

podmínečně vhodná

nevhodná

nebezpečně namrzavá

10^{-8} až 10^{-7} m/s

cca 2,7 m

100% PCS cca 1600 - 1750 kg/m³ (odhad)

10 - 14 % (odhad)

cca 3 - 5 % (odhad)

Hodnocení : bez úpravy nevhodný materiál pro podloží vozovky (pro aktivní zónu). Po zhutnění zeminy bez další úpravy lze orientačně předpokládat dosažení modulu přetvárnosti do 30 MPa. Velmi výrazného zlepšení lze dosáhnout příměsí vápna (cca 1,5 až 2%). Bez úpravy nelze dosáhnout na zemní pláň deformací parametry požadované dle ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin ($E_{def2} \geq 45$ MPa).

Poloha *4*

Zatřídění dle ČSN 73 6133

Vhodnost do násypů

Vhodnost pro podloží (pro aktivní zónu)

Namrzavost

Koeficient propustnosti :

Kapilární vztlávanost :

Zkouška zhutnitelnosti (Proctor standard)

kamenitá suť

G 4, GM (štěrk hlinitý)

podmínečně vhodná

podmínečně vhodná

mírně namrzavá

10^{-5} m/s

max. do 1 m

1750 - 1900 kg/m³ (odhad)

Optimální vlhkost 12 - 16 % (odhad)

Kalifornský poměr únosnosti (CBR) : 8 - 12 % (odhad)

Hodnocení : podmíněčně vhodný materiál pro podloží vozovky (pro aktivní zónu).. Po zhutnění zeminy lze předpokládat dosažení modulu přetvárnosti z druhé přítěžovací větve $E_{def2} > 45$ MPa.

3.4 Promrzání podloží, vodní režim

Základní hodnoty indexu mrazu (I_m) dle ČSN 73 6114 (Vozovky pozemních komunikací, základní ustanovení pro navrhování) pro výškové pásmo 400 - 500 m n.m. jsou následující :

$I_m = 346$ (pro střední dobu návratu 4 roky),

$I_m = 419$ (pro střední dobu návratu 7 roků),

$I_m = 475$ (pro střední dobu návratu 10 roků).

Hloubku promrzání vozovky (d_{pr}) lze pro zájmové území přibližně stanovit dle TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací takto :

$d_{pr} = 5 \sqrt{I_m}$ pro netuhé vozovky,

$d_{pr} = 16 \sqrt[3]{I_m}$ pro tuhé vozovky.

Hloubka promrzání (d_{pr}) se tedy pro zájmové území (při uvažované hodnotě indexu mrazu $I_m = 475$ pro periodicitu 0,1, tj. střední dobu návratu 10 roků) bude pohybovat kolem 1,09 - 1,25 m.

Pro stanovení vodního režimu podloží zpevněných ploch je zásadní kapilární vztlínavost zemin (h_s) v podloží zemní pláně a hloubka hladiny podzemní vody (h_{pv}).

Hladina podzemní vody nebyla průzkumnými vrty provedenými do hloubky 3,0 m a 2,0 m naražena (neuvažujeme zasáklé srážkové vody v prostředí navážek v prostoru vrtu KCH-2). Hladina podzemní vody je vázaná na hlubší puklinové systémy skalních hornin s malou kapilární vztlínavostí, nelze ale vyloučit sezónní nasycení kvartérních hlín v úseku hloubky 1-3 m.

Vzhledem k úrovni hladiny podzemní vody a kapilární vztlínivosti prostředí v podloží zemní pláně lze, dle ČSN 73 6114 přílohy D, hodnotit **vodní režim** podloží jako **příznivý** (difúzní) neboť : $h_{pv} \geq d_{pr} + 2 \cdot h_s$.

3.5 Těžitelnost zemin, výkopy

Na základě vizuálního hodnocení jsou zastižené zeminy a horniny zařazeny dle ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, dle dříve platné ČSN 73 3050 Zemní práce a dle ceníku C800-2 B/01/III./2, resp. TP 76 přílohy č. 1 Klasifikace hornin podle vrtatelnosti pro vrty pro piloty a pro rýhy pro podzemní stěny do následujících tříd těžitelnosti :

Zemina / hornina	Poloha	ČSN 73 6133	ČSN 73 3050	TP 76, př. č. 1
navážka	*1*	I	tř. 1-2	I. třída
hlína s humózní příměsí	*2*	I	tř. 2	I. třída
jíl tuhé a pevné konzistence	*3*	I	tř. 2 - 3	I. třída
kamenitá suť	*4*	I	tř. 3 - 4	I. třída

Jílovité zeminy polohy *3* mohou být při zvýšené vlhkosti lepidlivé na pracovní nástroje.

Krátkodobě otevřené výkopy lze v hlinitých a jílovitých zeminách poloh *2* a *3* provádět do hloubky 1,2 m se svislými stěnami bez pažení. Svislé stěny hlubších výkopů doporučujeme zajistit příložným pažením, a to především z důvodu bezpečnosti práce ve výkopu. V prostředí kamenité suti lze doporučit použití příložného pažení.

4. ZASAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

4.1 Vsakovací zkoušky

Na vrtech KCH-1 a KCH-3 byly dne 14.6.2021 provedeny vsakovací zkoušky. Hloubka vrtů činila 3,0 m od terénu. Vrt byl dočasně zapažen perforovanou PVC trubkou o průměru 75 mm, s okrajem v úrovni 0,15 m nad terénem (KCH-1) a 0,0 m nad terénem (KCH-2). Do vrtů byla nalitá voda a byl měřen pokles hladiny po dobu 255 a 140 minut. Kontrolní měření bylo u vrtu KCH-1 provedeno druhý den, 1632 minut po nálevu. Vrt KCH-2 byl v té době již bez vody. Průběh měření je znázorněn v příloze č. 3. Základní údaje o zkouškách jsou uvedeny v následující tabulce.

Objekt č.	KCH-1	KCH-3
Odměrný bod (OB - m nad terénem) :	0,15	0,00
Hloubka objektu od OB (m):	2,90	2,05
Průměr sondy (mm) :	115	115
Průměr výstroje (mm) :	75	75
Nalévané množství (l) :	22	20
Doba nálevu (s) :	40	28
Hladina vody před nálevem (m od OB):	bez vody	bez vody
Hladina vody po nálevu (m od OB):	0,965	0,14
Hladina vody na konci měření (m od OB):	0,970	1,22
Hladina vody 15.6.2021 (m od OB):	1,06	bez vody

Vsakování vody probíhalo na každém vrtu odlišně. U vrtu KCH-1 byl pokles hladiny velmi pomalý, plynulý. U vrtu KCH-3 byl pokles hladiny zpočátku středně rychlý, od hloubky cca 0,6 m pomalý, rovněž plynulý. K infiltraci vody docházelo u obou vrtů do poloh písčitojílovitých hlín, níže s úlomky spongilitických pískovců. Ke konci zkoušky nedošlo ve vrtu KCH-1 k úplnému vsaku nalité vody.

Propustnost byla stanovena výpočtem podle modifikovaného vztahu Maase:

$$k = \frac{r}{2 \cdot (h_1 + h_2)} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t}$$

k = koeficient propustnosti (m/s)

r = poloměr výstroje (poloměr vrtu v m)

h₂ = zbytkový sloupec (na konci po nálevu, rozdíl oproti původní hladině;
pro výpočet byla uvažována úroveň ustálené hladiny 1,50 m)

h₁ = zvýšení hladiny po nálevu (m)

t = doba měření poklesu (s).

Výsledky výpočtů jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Výpočet propustnosti. Vrt KCH-1.

Doba měření (min.)	10	26	170	180	255	1632
Hladina (m od ter.)	0,815	0,815	0,82	0,82	0,82	0,91
k (m/s)	-	-	1,5E-08	1,4E-08	1,0E-08	2,7E-08

Vypočtené hodnoty propustnosti se pohybovaly v řádu 10^{-8} m/s. Za reálnou propustnost lze v dolních partiích profilu považovat hodnotu $2 \cdot 10^{-8}$ m/s, což charakterizuje prostředí s velmi malou propustností.

Koeficient vsaku k_v (vyjadřující vsakovací schopnost prostředí ve smyslu ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod) byl vypočten pro celý úsek 1632 minut měření vsakovací zkoušky. Vychází $9,2 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Výpočet propustnosti. Vrt KCH-3.

Doba měření (min.)	12	33	52	72	100	140
Hladina (m od ter.)	0,49	0,67	0,79	0,89	1,03	1,22
k (m/s)	3,3E-05	1,7E-05	1,2E-05	9,8E-06	7,8E-06	6,1E-06

Vypočtené hodnoty propustnosti se pohybovaly v řádu 10^{-5} až 10^{-6} m/s. Za reálnou propustnost lze v dolních partiích profilu považovat hodnotu $5 \cdot 10^{-6}$ m/s, což charakterizuje prostředí slabě propustné.

Koeficient vsaku k_v (vyjadřující vsakovací schopnost prostředí ve smyslu ČSN 75 9010) byl vypočten pro úsek posledních 88 minut měření vsakovací zkoušky. Vychází $8,1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Horniny v písčitojíllovitých polohách slabě až velmi slabě propustné, s omezenou schopností akumulovat srážkové vody. Relativně propustnější jsou mělké partie humózních hlín, a polohy pod bází písčitojíllovitých hlín. U vrtu KCH-1 byla propustnost velmi nízká. Proto v prostoru, charakterizovaném uvedeným vrtem, soustředěné vsakování srážkových vod nedoporučujeme.

U vrtu KCH-3 byla zjištěna přijatelná vsakovací schopnost horninového prostředí. Pro případný vsak srážkových vod bude možné využít celý dokumentovaný profil, ale vsakování do hlubších partií bude účinnější. Což by ale znamenalo, že dno vsakovacích objektů musí být na většině posuzovaného území pod bází hlinitých poloh (tj. hloubky od 1-3 m).

4.2 Výpočet kubatur srážkových vod

V rámci průzkumu bylo ověřováno, zda zachycené srážkové vody, spadlé na zpevněné plochy, mohou být likvidovány vsakem do podzemí. Obvyklý podíl vod ze srážek, který infiltruje do podzemí, se v daném prostředí pohybuje kolem 5%. Průsakem se v přírodních podmínkách tato část srážkových vod dostává do podzemí, kolem 25% se odpaří, většina vody ovšem odtéká po povrchu nebo ji spotřebují rostliny. Z této skutečnosti je třeba vycházet při následných doporučeních.

Z výsledků srážkoměrných měření ČHMÚ ze stanice Náchod vyplývá, že zde spadlo v průměru 739 mm srážek ročně. Podle dlouhodobých měření, prováděných ve stanici Náchod, spadlo nad 10 mm srážek v průměru v 20,2 dnech v běžném roce, tj. cca 2x do měsíce. Výpočet množství srážkových vod je v příloze č. 3.

Odvodňovaná zpevněná plocha přilehlé poloviny komunikace bude mít výměru cca 1 600 m². Plocha chodníku bude 1 000 m². Uvažujeme koeficient odtoku 0,9. Přepočítáme-li celkové odtékající množství na průměrnou dobu zasakování (24 hodin), dostaneme množství vody určené k vsakování :

- v průměru 4,7 m³ denně, 197 litrů za hodinu, 0,055 l/s.
- při 10 mm srážce (cca 2x do měsíce) denně 23,4 m³, 975 litrů za hodinu, tj. 0,27 l/s.
- při 15-minutové přívalové srážce 160 l/s/ha bude krátkodobý přítok 37,4 l/s, celkově 33,7 m³.

Orientačně jsme množství vsáklých vod vypočítali pro oba testované vrty a pro různé průměry vsakovacího objektu. Výpočet vychází u KCH-1 z výpočtové denní výšky vsaku 0,08 m, zjištěné v 1.-1632. minutě měření vsakovací zkoušky, u vrtu KCH-3 z výpočtové denní výšky vsaku 7,04 m, zjištěné v 52.-140. minutě měření vsakovací zkoušky. Výsledky jsou uvedené v následující tabulce.

Výpočet kubatury vsaku. Vrt KCH-1.

Plocha vsakovacího objektu (m ²)	Rychlost poklesu (m/den)	Kubatura vsaku (m ³ /den)
1	0,08	0,08
10	0,08	0,79
20	0,08	1,59
100	0,08	7,94

Výpočet kubatury vsaku. Vrt KCH-3.

Plocha vsakovacího objektu (m ²)	Rychlost poklesu (m/den)	Kubatura vsaku (m ³ /den)
1	7,04	7,04
10	7,04	70,36
20	7,04	140,73
100	7,04	703,64

4.3 Návrh řešení likvidace srážkových vod

Kvartérní sedimenty v zájmovém území mají ve svých svrchních partiích proměnlivou, nízkou až velmi nízkou průlinovou propustnost (v řádu 10^{-6} až 10^{-8} m/s), s omezenou schopností akumulovat vodu. Nesaturovaná zóna (nad hladinou podzemní vody) je dostatečně mocná, ale nízká propustnost se v západní části zájmového území pro vsakování jeví jako nevhodná, střední a východní část je pro soustředěné vsakování vhodná omezeně.

Vzhledem ke skutečnosti, že ve vrtu KCH-1 byla zjištěná velmi nízká propustnost, nedoporučujeme v jeho okolí vsakovací objekty budovat.

Srážkové vody ze zpevněných ploch by bylo vhodnější likvidovat odváděním do zatravněného příkopu vedle komunikace, kde můžou být nejúčinněji eliminovány kombinací odtoku s odparem. Je také možné je ve střední a východní části trasy, s výjimkou extrémních srážek, likvidovat vsakovacích pásech, jež je možné budovat v kombinaci s perforovaným odtokovým potrubím jako občasné hlubší drény vedle chodníku, navazující na dno zatravněných příkopů. Tyto přerušované vsakovací objekty budou navazovat na příkopy tak, aby po naplnění vsakovacích objektů mohla voda odtékat dále ve spádu příkopu. Vsakovací objekty budou kumulativně schopné pojmout denně množství ve vyšších jednotkách až desítkách m³.

Vsakovací objekty je možné vybudovat jako rýhy hloubky cca 2-2,5 m, vyplněné propustným materiálem (např. kamenivem). Při štěrkové výplni s mezerovitostí 30% vychází potřebná kubatura vsakovacího objektu (bez případné akumulací nádrže) celkem cca trojnásobek vypočtené kubatury přívalových srážek. Vzhledem k velmi nízké propustnosti hornin nelze počítat s příliš účinným vsakováním již v době srážky. Vsakovací objekty by měly mít možnost při extrémní srážce přetoku vody zpět do příkopu nebo do potrubí vedle chodníku. Pro příp. výpočet rozměrů vsakovacích objektu podle ČSN 75 9010 je (s výjimkou západní část lokality) možné uvažovat koeficient vsaku k_v v průměrné hodnotě $5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

5. ZÁVĚRY

Z výsledků inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu lze vyvodit následující závěry a doporučení :

- v úrovni zemní pláňe projektovaného chodníku budou zastiženy převážně jíly s nízkou plasticitou (poloha *3*), které jsou dle ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací nevhodné pro podloží vozovky (pro aktivní zónu). Parametry jílu lze do určité míry zlepšit vápennou stabilizací, případně je odstranit a nahradit vhodným materiálem.
- Výhodně od vrtu KCH-3 mohou být v úrovni zemní pláňe chodníku zastiženy kamenité sutě polohy *4*, které jsou dle ČSN 73 6133 podmíněčně vhodné pro podloží vozovky (pro aktivní zónu).
- Hladina podzemní vody je vázaná na hlubší puklinově propustný kolektor křídových hornin. Hladina podzemní vody nebude stavební záměr ovlivňovat.
- Vodní režim podloží projektované silnice je dle ČSN 73 6114 hodnocen jako příznivý (difúzní).
- Koeficient vsaku k_v horninového prostředí můžeme v prostoru vrtu KCH-1 uvažovat v hodnotě $9 \cdot 10^{-7}$ m/s, a v ostatním prostoru v hodnotě $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Horniny a zeminy jsou slabě propustné, u vrtu KCH-1 až prakticky nepropustné, s velmi omezenou schopností akumulovat srážkové vody.
- Srážkovou vodu, odtékající ze zpevněných ploch, by bylo vhodnější likvidovat odváděním do kanalizace, nebo do zatravněného příkopu vedle komunikace, kde může být eliminována kombinací odtoku s odparem, a nesoustředěným vsakováním. Vsakovací objekty pro soustředěné vsakování srážek z větších ploch by mohly způsobovat podmáčení terénu i tělesa komunikace.

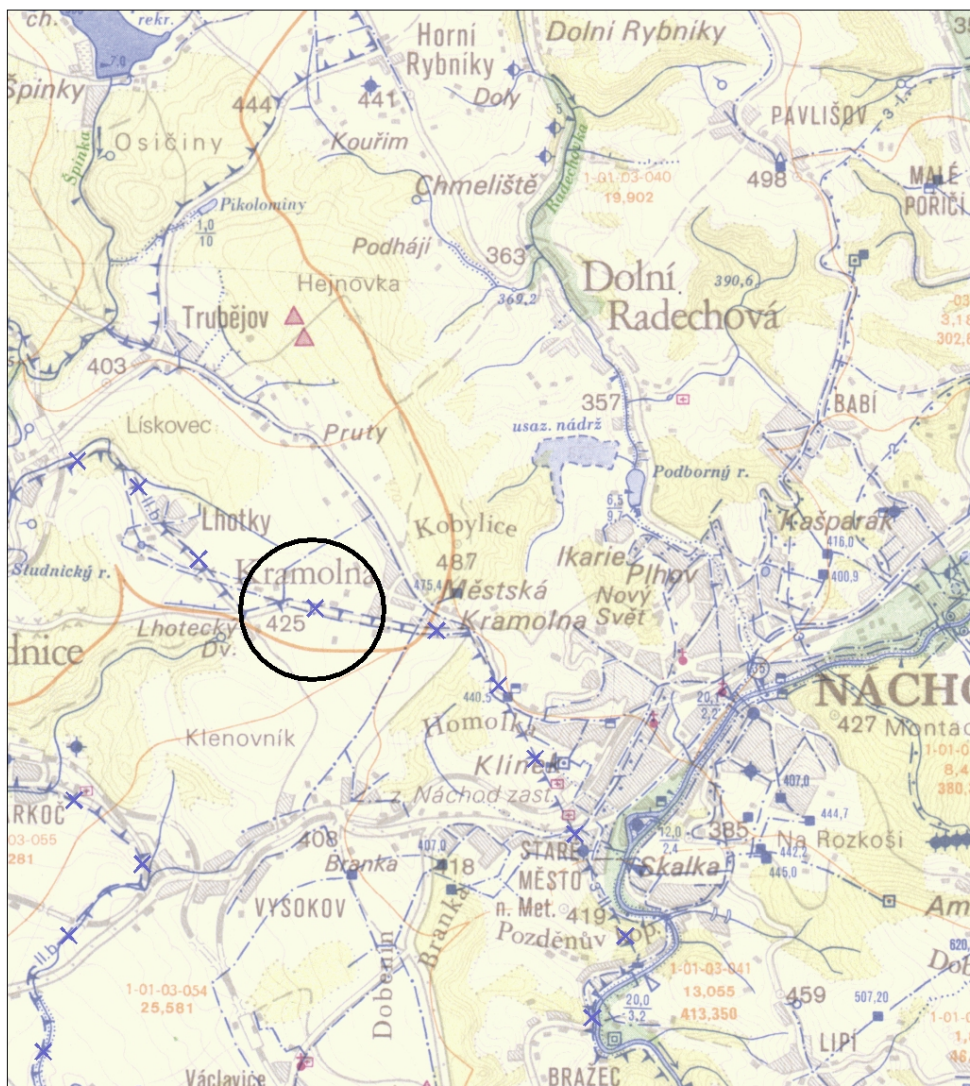
Pokud by došlo k podstatným změnám v projektovaném záměru, lze závěry aplikovat pouze se souhlasem autorské organizace. V případě požadavku investora lze provést přejímku zemní pláňe silnice ve vztahu k závěrům této zprávy.

V Praze dne 18. 8. 2021

Ing. Marek Soukup

RNDr. Ivan Koroš

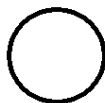
VODOHOSPODÁŘSKÁ MAPA 1 : 50 000



Vysvětlivky:



hranice povodí



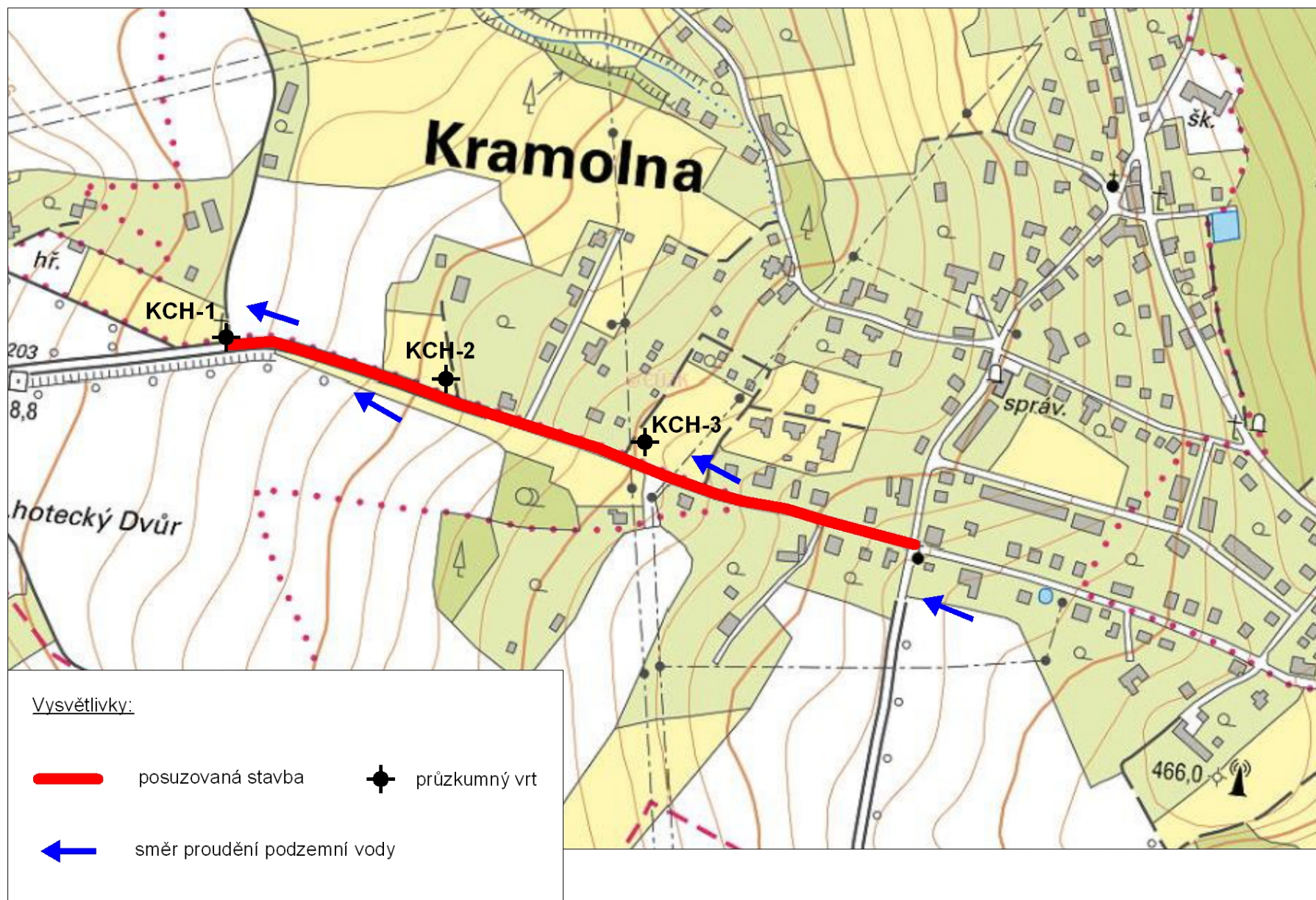
zájmové území



hydrogeologický vrt (studna)


hranice ochranného
pásma vodního zdroje (pltná)hranice ochranného
pásma vodního zdroje (zrušená)


PŘEHLEDNÁ MAPA 1 : 5 000

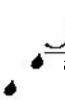


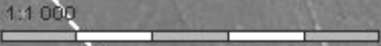


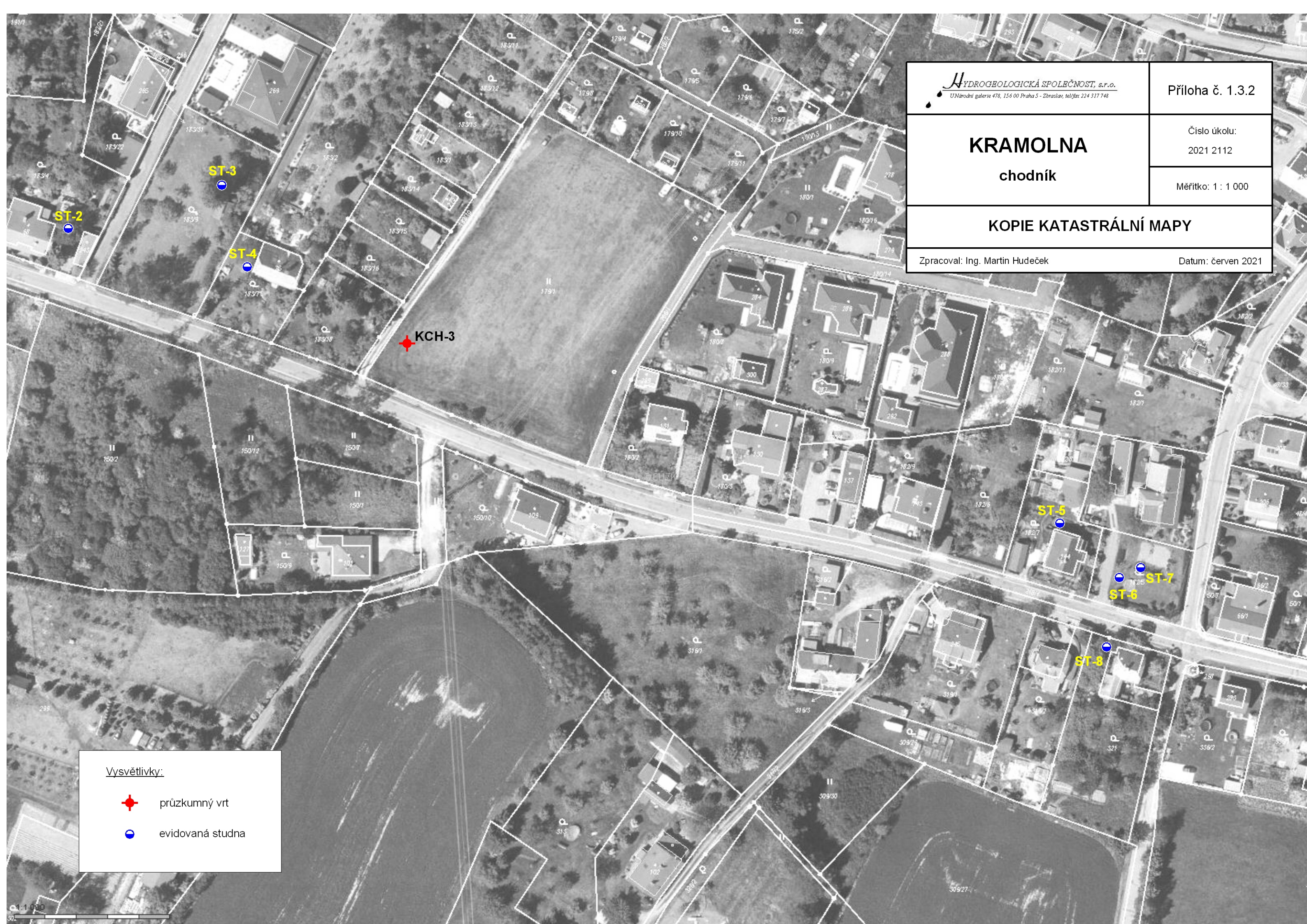
Vysvětlivky:

 průzkumný vrt

 evidovaná studna

 HYDROGEOLOGICKÁ SPOLEČNOST, s.r.o. <small>U Národní galerie 478, 156 00 Praha 5 - Zbraslav, tel/fax 224 317 748</small>		Příloha č. 1.3.1
KRAMOLNA chodník		Číslo úkolu: 2021 2112
		Měřítko: 1 : 1 000
KOPIE KATASTRÁLNÍ MAPY		
Zpracoval: Ing. Martin Hudeček		Datum: červen 2021





HYDROGEOLOGICKÁ SPOLEČNOST, s.r.o.
UNárodní galerie 478, 156 00 Praha 5 - Zbraslav, tel/fax 224 317 748

Příloha č. 1.3.2

KRAMOLNA
chodník

Číslo úkolu:
2021 2112

Měřítko: 1 : 1 000

KOPIE KATASTRÁLNÍ MAPY

Zpracoval: Ing. Martin Hudeček

Datum: červen 2021

Vysvětlivky:



průzkumný vrt



evidovaná studna

1:1 000

Kramolna - chodník

Kch-1 424,6 m n.m.

1			
2		F6	
3		G4	
4			

nenařazena

Kch-2 440,2 m n.m.

1			
2		F6	
3			
4			

slabý přítok
z báze návěží

Kch-3 432,4 m n.m.

1			
2		F6	
3		G4	
4			

nenařazena

Vysvětlivky :

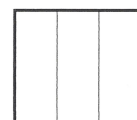


navážka

hlína s humózní příměsí

jílovitá hlína, tuhé konzistence - deluvium

kamenitá suť s hlinitopísčitou výplní, ulehlá - deluvium



geologický profil vrtu 1 : 100

zatřídění dle ČSN 73 6133

hl. podzemní vody (naražená ▽)

sloupec 1

sloupec 2

sloupec 3

Kch-1

průzkumné vrty (INGES VI/2021)

projektovaný chodník

Náchod



1 : 2 000

Situace průzkumných prací, účelová mapa

Příloha č. 1.4

**Kramolna,
chodník**

Příloha č. 2

číslo úkolu : 2021 - 1 - 084

Dokumentace průzkumných vrtů

Fotodokumentace

Dokumentace průzkumných vrtů

KCH-1

y = 617 647,7

x = 1 021 495,6

z = 424,6 m n.m.

- 0,0 - 0,3 m hlína s humózní příměsí, hnědá,
*poloha *2** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : nezatříděno*
- 0,3 - 2,6 jílovitá hlína, rezavě hnědá, šedě smouhovaná, pevné konzistence, s jemnou
písčitou příměsí, od 0,9 m s neopracovanými úlomky hornin, úlomků
s hloubkou přibývá (deluvium),
*poloha *3** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : F 6, CI*
- 2,6 - 3,0 kamenitá suť s hlinito-písčitou výplní, ulehlá, kamenitá frakce tvořena
pevnými, neopracovanými, úlomky spongilitického pískovce, o velikosti 2-5
cm, občasné i přes 10 cm (deluvium),
*poloha *4** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : G 4, GM*

Hladina podzemní vody : nenaražena.

Odebrán vzorek zeminy z hloubky 1,0 - 1,2 m pro stanovení indexových parametrů zeminy.

Ve vrtu provedena vsakovací (nálevová) zkouška.

KCH-2

y = 617 442,8

x = 1 021 539,8

z = 440,2 m n.m.

- 0,0 - 0,9 m navážka -škvára s úlomky cihel, neulehlá, na bázi zvodnělá,
*poloha *1** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : nezatříděno*
- 0,9 - 3,0 jílovitá hlína, rezavě hnědá a světle šedá, pevné konzistence, s občasnými
drobnými úlomky hornin, v hloubce 1,6-1,8 m vrstva hlinitého písku
a v hloubce 2,8-2,8 m četné úlomky rozpadlého glaukonitického pískovce
(deluvium),
*poloha *3** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : F 6, CI*

Hladina podzemní vody naražená : 0,9 m (slabý přítok z báze navážek po vydatných
srážkách),
ustálená : k vytvoření hladiny nedošlo.

KCH-3

y = 617 273,5

x = 1 021 597,9

z = 432,4 m n.m.

- 0,0 - 0,4 m hlína s humózní příměsí, hnědá,
*poloha *2** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : nezatříděno*
- 0,4 - 1,0 jílovitá hlína, rezavě hnědá, šedě smouhovaná, tuhé konzistence, s jemnou
písčitou příměsí a občasnými drobnými úlomky hornin (deluvium),
*poloha *3** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : F 6, CI*
- 1,0 - 2,0 kamenitá suť s hlinito-písčitou výplní, ulehlá, kamenitá frakce tvořena pevnými,
neopracovanými, úlomky spongilitického pískovce, o velikosti 2-5 cm, občasné
i přes 10 cm (deluvium),
*poloha *4** *zatřídění dle ČSN 73 6133 : G 4, GM*

Hladina podzemní vody : nenaražena.

Ve vrtu provedena vsakovací (nálevová) zkouška.

Fotodokumentace



KCH-1, celkové pohledy



KCH-1, vrtné jádro



KCH-2, celkové pohledy



KCH-2, vrtné jádro



KCH-3, celkové pohledy



KCH-3, vrtné jádro

**Kramolna,
chodník**

Příloha č. 3

číslo úkolu : 2021 - 1 - 084

Dokumentace vsakovacích zkoušek

Výpočet množství odváděných vod ze srážek

VSAKOVACÍ ZKOUŠKA

Zkoušený objekt: **KCH-1**

Datum zkoušky: 14.6.2021

Objem nálevu (l): 22

Doba nálevu (s): 40

Odměrný bod (OB): pažnice
0,15 m nad terénem

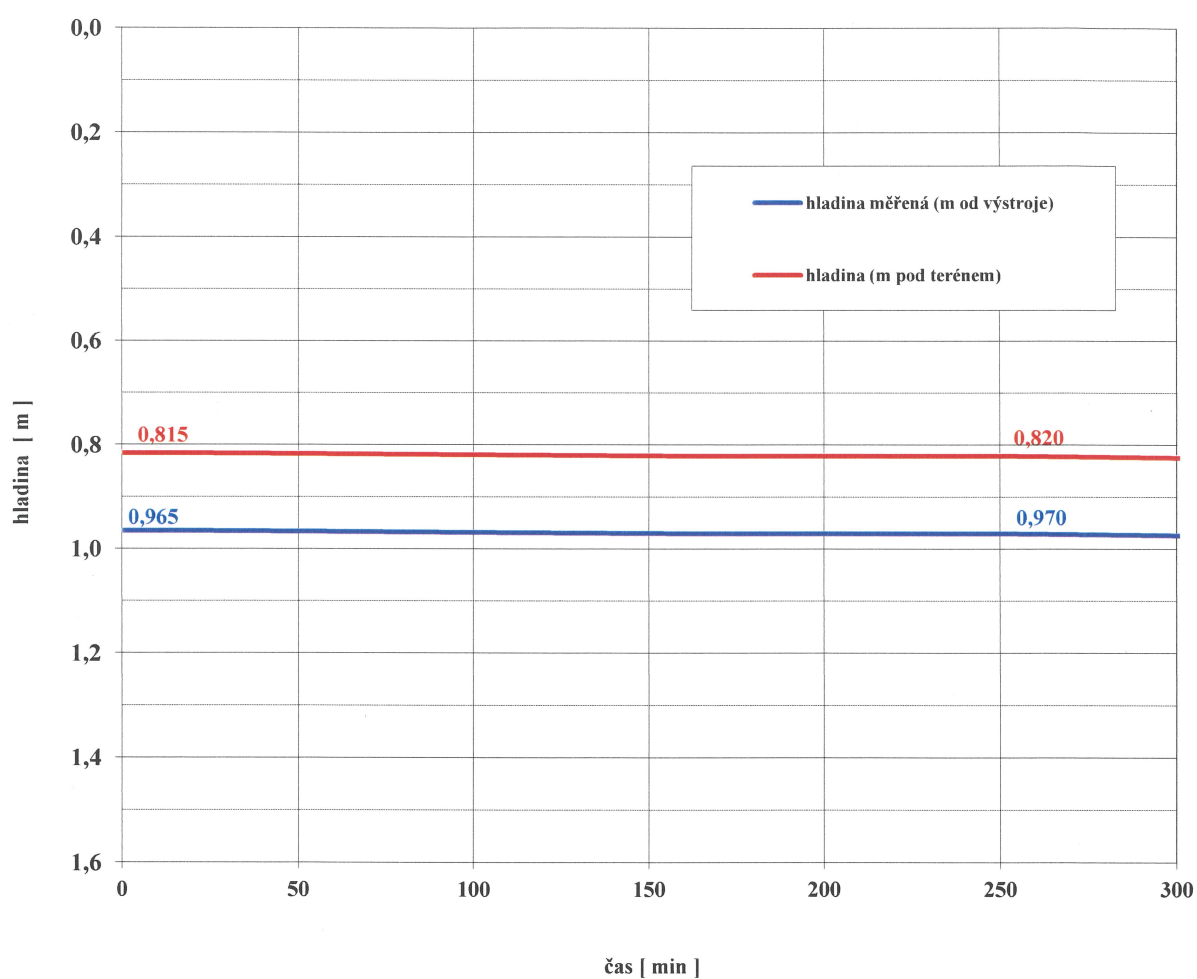
Hloubka od OB (m): 2,90

Hladina před nálevem (m): bez vody

Hladina po nálevu (m): 0,965

Průměr objektu (mm): 115

Průměr výstroje (mm): 75



VSAKOVACÍ ZKOUŠKA

Zkoušený objekt: **KCH-3**

Datum zkoušky: 14.6.2021

Objem nálevu (l): 20

Doba nálevu (s): 28

Odměrný bod (OB): pažnice
0,00 m nad terénem

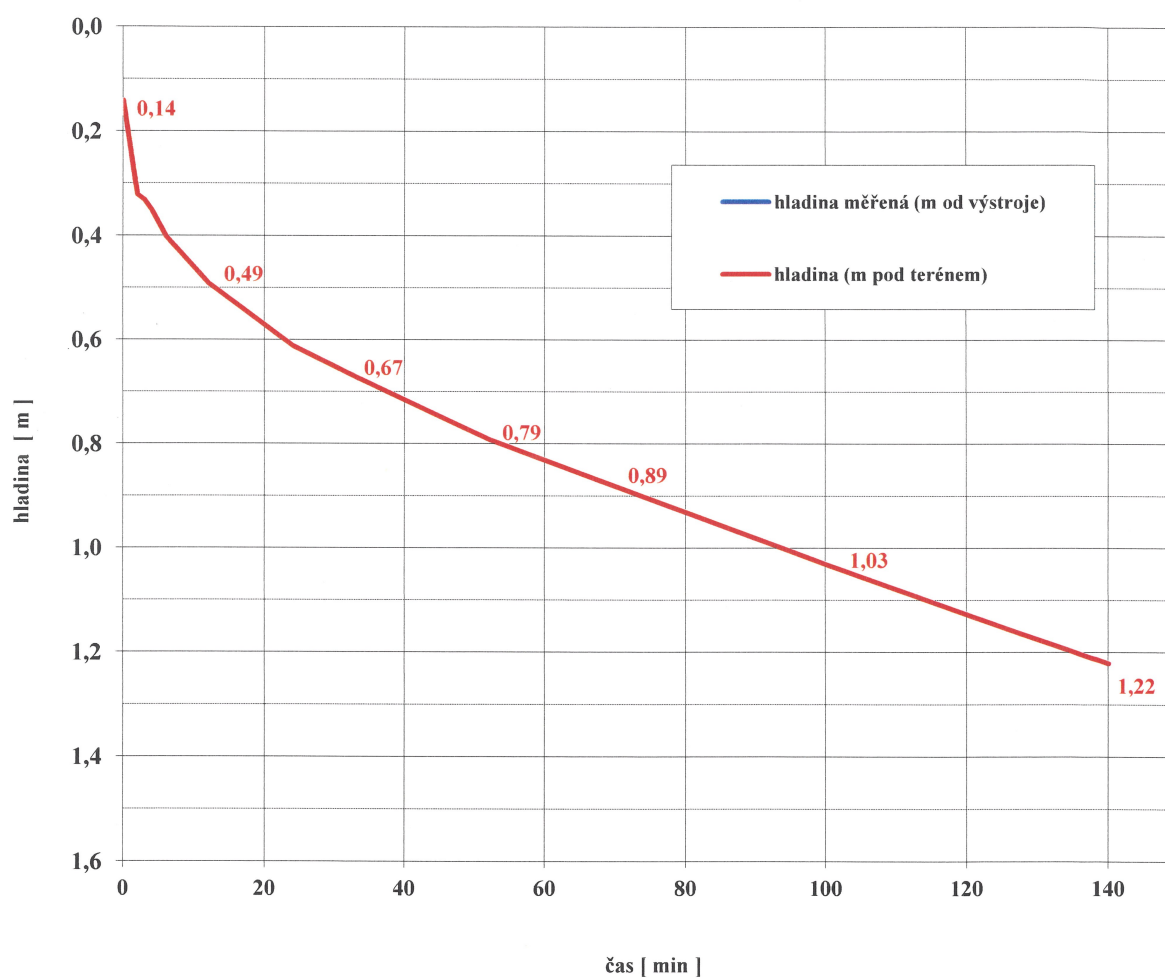
Hloubka od OB (m): 2,05

Hladina před nálevem (m): bez vody

Hladina po nálevu (m): 0,14

Průměr objektu (mm): 115

Průměr výstroje (mm): 75



Výpočet množství odváděných vod ze srážek

Silnice

Srážky:	739 mm
Plocha:	1600 m ²

Roční srážka	1182 m ³	3,24 m ³ /den	135 l/hod.	0,037 l/s
--------------	---------------------	--------------------------	------------	-----------

10 mm srážka		16,00 m ³ /den	667 l/hod.	0,185 l/s
--------------	--	---------------------------	------------	-----------

Koeficient odtoku:	0,9
--------------------	-----

Roční srážka	1064 m ³	2,92 m ³ /den	121 l/hod.	0,034 l/s
--------------	---------------------	--------------------------	------------	-----------

10 mm srážka		14,40 m ³ /den	600 l/hod.	0,167 l/s
--------------	--	---------------------------	------------	-----------

Chodník

Srážky:	739 mm
Plocha:	1000 m ²

Roční srážka	739 m ³	2,02 m ³ /den	84 l/hod.	0,023 l/s
--------------	--------------------	--------------------------	-----------	-----------

10 mm srážka		10,00 m ³ /den	417 l/hod.	0,116 l/s
--------------	--	---------------------------	------------	-----------

Koeficient odtoku:	0,9
--------------------	-----

Roční srážka	665 m ³	1,82 m ³ /den	76 l/hod.	0,021 l/s
--------------	--------------------	--------------------------	-----------	-----------

10 mm srážka		9,00 m ³ /den	375 l/hod.	0,104 l/s
--------------	--	--------------------------	------------	-----------

REDUKOVANÝ ODTOK CELKEM

Roční srážka	1729 m ³	4,74 m ³ /den	197 l/hod.	0,055 l/s
--------------	---------------------	--------------------------	------------	-----------

10 mm srážka		23,40 m ³ /den	975 l/hod.	0,271 l/s
--------------	--	---------------------------	------------	-----------

Přivalový déšť 15 minut 160 l/s/ha	33,70 m ³	2246 l/min.	37,44 l/s	
------------------------------------	----------------------	-------------	-----------	--

**Kramolna,
chodník**

Příloha č. 4

číslo úkolu : 2021 - 1 - 084

Výsledky laboratorních zkoušek zemin



PROTOKOL O LABORATORNÍCH ZKOUŠKÁCH

Č. protokolu: **50-01-2021**

Celkový počet listů: 6

List číslo: 1/6

Název zakázky *)	KRAMOLNÁ-CHODNÍK
Objekt *)	-----
Název a adresa zadavatele	HYDROGEOLOGICKÁ SPOL.S.R.O. U NÁR.GALERIE 478,P5
Číslo zakázky zadavatele *)	-----
Laboratorní čísla vzorků	1082
Odběr vzorků in situ zajistil	<i>Zadavatel</i>
Datum odběru vzorků *)	-----
Datum dodání do laboratoře	21.06.2021
Místo provedení zkoušek	Laboratoř geomechaniky Praha

Název použitého zkušebního postupu

Stanovení vlhkosti zemin (A)	ČSN EN ISO 17892-1
Laboratorní stanovení konzistenčních mezí (B)	ČSN EN ISO 17892-12
Laboratorní stanovení meze tekutosti (B)	ČSN EN ISO 17892-12
Stanovení zrnitosti zemin (C)	ČSN EN ISO 17892-4

Související normy a dokumenty

Geotechnický průzkum a zkoušení- Pojmenování a zařídování zemin. Část 2: Zásady pro zařídování	ČSN EN ISO 14688-2
Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací	ČSN 73 6133
Malé vodní nádrže	ČSN 75 2410
Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí-Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy	
Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin, ČGÚ,1987.	
*) údaje byly převzaty od dodavatele	

Zkoušky označené symbolem (N) byly prováděny jako neakreditované. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků výše uvedených laboratorních čísel, jak byly přijaty do laboratoře. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí tento dokument reprodukovat jinak než celý. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která dokument vystavila.

Hodnocení kvality vzorků podle skutečného stavu vzorků dodaných do zkušební laboratoře,
dle ČSN EN 1997-2, tab.3.1.a případného vlivu kvality dodaných vzorků na výsledky zkoušek

Kvalita dodaných vzorků odpovídá požadované třídě kvality vzorků zemin pro jednotlivé prováděné
laboratorní zkoušky podle ČSN EN 1997-2, tab.3.1.

Mimořádné okolnosti, které by mohly ovlivnit průběh a výsledky zkoušek

- nebyly zjištěny-

Stanovisko laboratoře k extrémním hodnotám výsledků zkoušek

- nebyly zjištěny-

GEMATEST spol. s r.o.
Laboratoř geomechaniky Praha
Dr. Janského 954
252 28 Černošice
tel.: 251.643132



Protokol o zkoušce včetně Výroku o shodě vystavil a schválil:

Datum vystavení: 23.6.2021

Mgr.P.Urban – zást.vedoucí laboratoře

23.6.2021

VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK ZEMIN

NÁZEV ÚKOLU : **KRAMOLNÁ-CHODNÍK**
ČÍSLO ÚKOLU :

SONDA HLOUBKA [m] LAB. Č. DRUH VZORKU	KCH-1 1,0 - 1,2 1082 POLOPORUŠ.			
VLHKOST ¹⁾ (A) [%]	17,8			
MEZ TEKUTOSTI ²⁾ (B) [%]	28			
MEZ PLASTICITY ²⁾ (B) [%]	19			
ČÍSLO PLASTICITY ²⁾ (B) [%]	9			
BARVA VZORKU	HNĚDÁ+SEDÉ POLOHY			

Nejistota měření: ¹⁾ 1.8 % ²⁾ 0.16 %

23.6.2021

Výrok o shodě

(provedeno podle ČSN 736133 (2010), ČSN EN ISO 14688-2, (2018), ČSN 752410 (2011))

vystavil: Mgr. Přemysl Urban

V uvádění výroku o shodě nebyly započteny nejistoty měření.)

SONDA HLOUBKA [m] LAB. Č. DRUH VZORKU	KCH-1 1,0 - 1,2 1082 POLOPORUŠ.			
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6 CL			
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	CI CIL			
KLASIFIKACE ČSN 75 2410	F6 CL			
KONZISTENCE VYPOČTENÁ PODLE ČSN 736133	PEVNÁ			
INDEX KONZISTENCE	1,13			
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY	0,26			

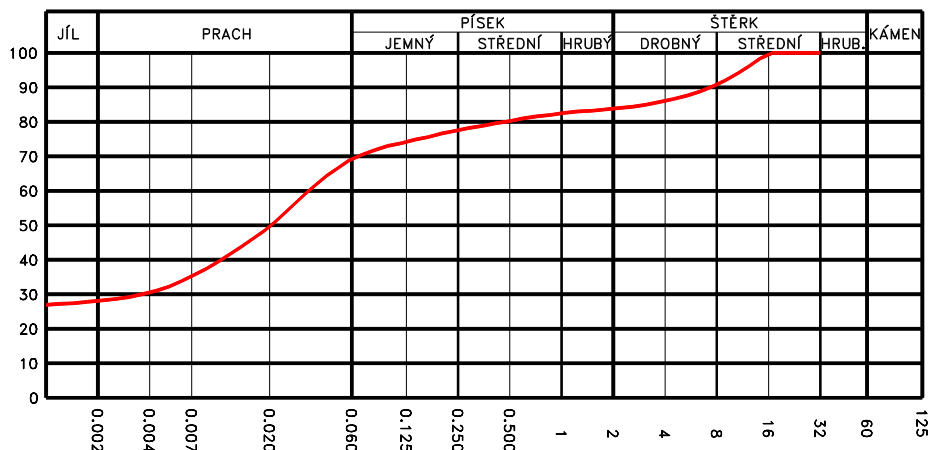
(+)Konzistence a plasticita směsných zemin platí pouze pro výplň.

VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK (A,B,C)

Úkol : KRAMOLNÁ-CHODNÍK

Sonda: KCH-1 hloubka [m]: 1.0– 1.2 lab. číslo: 1082

KŘIVKY ZRNITOSTI ZEMIN



Obsah frakce [%]	
JÍL	28
PRACH	42
PÍSEK	14
ŠTĚRK	16

Vlhkost $w = 17.8 \%$

Atterbergovy meze : $I_p = 9$ $w_p = 19$ $w_L = 28 \%$

Konzistence : 1.13 PEVNÁ

KOLOIDNÍ AKTIVITA

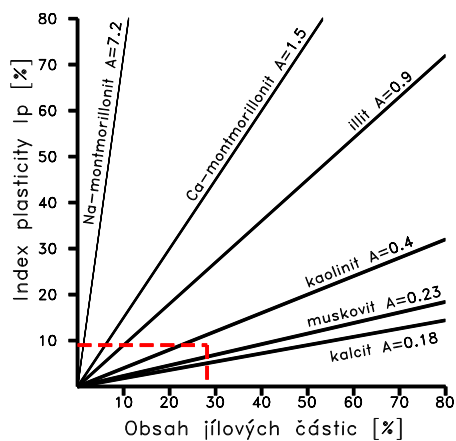
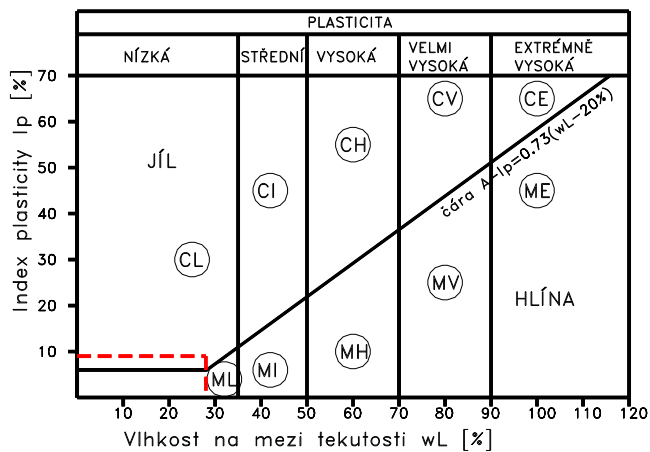


DIAGRAM PLASTICITY



Pórovitost [%]	Číslo pórovitosti
Saturace [%]	Barva vzorku HNĚDÁ+SEDÉ POLOHY
Organ. příměsi	Uhlčitany
Klasifikace ČSN 736133 F6 CL	Název zeminy JÍL S NÍZKOU PLASTICITOU podle ČSN 736133
Klasifikace ČSN EN ISO 14688-2 Cl CIL	Podloží NEVHODNÁ
Klasifikace ČSN 752410 F6 CL	Násyp PODM. VHODNÁ

Vhodnost zemin pro pozemní komunikace

NÁZEV ÚKOLU : **KRAMOLNÁ-CHODNÍK**
 ČÍSLO ÚKOLU :

Vzorek	Sonda	Hloubky [m]	Typ zeminy	Kapil. vzl. Hs Hmax [m]	Namrzavost	Vhodnost zemin Aktivní zóna Násyp	
1082	KCH-1	1,0 - 1,2	F6 CL	2,7 9,4	NEBEZPEČNĚ NAMRZAVÉ	NEVHODNÁ	PODM. VHODNÁ

Filtrační součinitel (K)

VZOREK	SONDA	HLOUBKA [m]	KONSTANTNÍ SPÁD [m/s]	CARMAN - KOZENY [m/s]	METODA U. S. BUREAU OF SOIL CLASSIFICATION (CH. MALLET J.PACQUANT) [m/s]	METODA PODLE HAZENA [m/s]
1082	KCH-1	1,0 - 1,2			mimo oblast	mimo oblast

Přehled naměřených hodnot (C) Stanovení zrnitosti

VZOREK	Rozměr oka síta [mm]									
	0.001 2	0.002 4	0.004 8	0.007 16	0.02 32	0.063 63	0.125 125	0.25	0.5	1
1082	26,96%	28,14%	30,50%	35,21%	49,53%	69,65%	74,23%	77,51%	80,28%	82,49%
	83,91%	86,08%	90,82%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%			

Č. protokolu :50-01-2021

