



Interpretace a korelace dynamické a statické penetrační zkoušky pro efektivnější navrhování dopravních staveb

Výsledky výzkumného projektu TA04031092



Ve rámci řešení projektu TA04031092 bylo dosaženo následujících výstupů (výsledků):

- **Software pro statistickou analýzu dat**
- **Interpretační software DYNASTAT**
- **Zařízení pro záznam počtu úderů AUTODYN**
- **Certifikovaná metodika** – Doporučení pro využívání statické a dynamické penetrační zkoušky a jejich korelace pro použití v dopravních stavbách

Název výsledku:

Interpretační software DYNASTAT

Identifikační číslo výsledku projektu: TA04031092-2017V002

Druh výsledku dle RIV: R – software

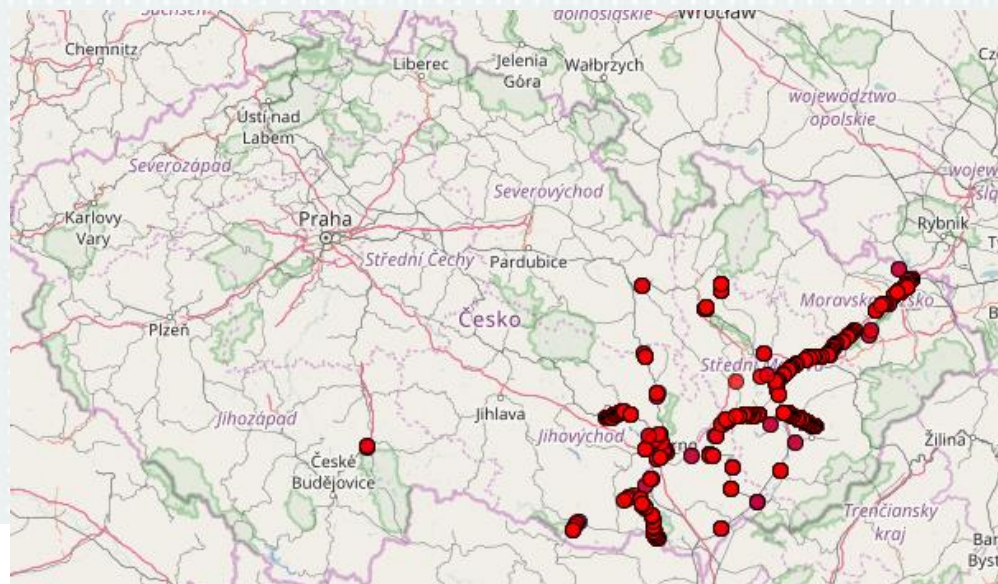
Popis výsledku:

Podpůrná část software DYNASTAT je tvořena databázovým systémem, jenž je naplněn daty jak z archivních průzkumů řešitelů, tak z průzkumů prováděných v rámci tohoto výzkumu. Databázový systém operuje nad touto datovou základnou a umožňuje uživateli pro konkrétní geotechnický typ zeminy provést výběr dvojic (veličiny měřené při penetrační zkoušce, veličiny laboratorně stanovené) pro další statistické zpracování, jehož výsledkem je hledaný korelační vztah.

Výsledné korelace k odvození parametrů zemin zvolených tříd, byly následně implementovány do finální aplikace. Tato má podobu formuláře pro vyhodnocení penetrační zkoušky. Po načtení, případně ručním vepsání, hodnot měřených veličin je sonda po hloubce rozčleněna na vrstvy tvořené homogenním materiálem. Každé vrstva je pak zařazena do výše zmíněné třídy a pro průměrnou hodnotu měřené veličiny je na základě korelačního vztahu odvozena fyzikálně indexová charakteristika materiálu.

Výstupem aplikace je formulář o provedené a vyhodnocené penetrační zkoušce, obsahující grafický záznam zkoušky, popis vrstev a jejich parametry odvozené z korelačních vztahů. Software pracuje s korelacemi získanými na základě tuzemských průzkumných prací, čímž přispívá ke zvýšení kvality geotechnických průzkumů a tím i k technické a ekonomické optimalizaci projekčních návrhů v oboru výstavby pozemních komunikací.

Vykreslení průzkumných děl pro oblast Moravy (vpravo) a pro užší lokalitu „Mořice – Kojetín“ (dole) v databázovém systému:



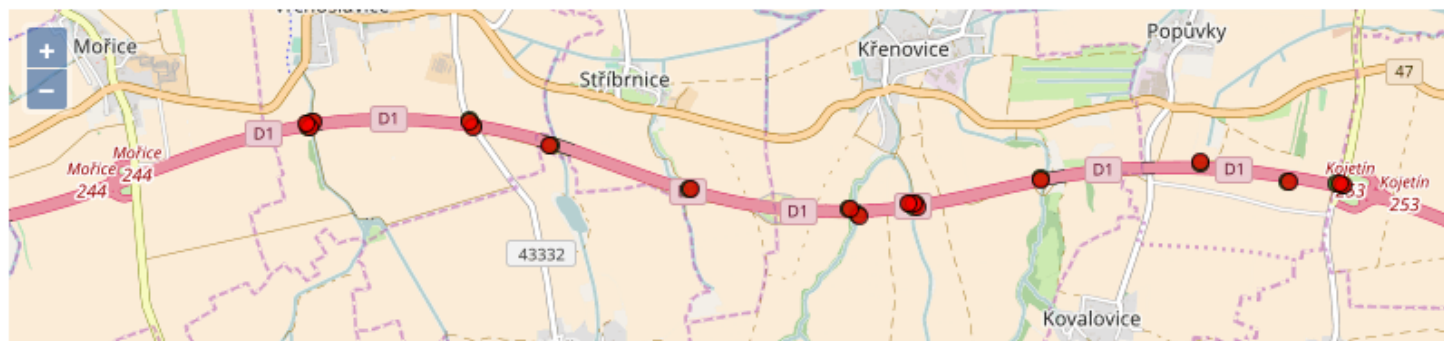
Order:

117152_Bioveta-Ivanovice	↑
107240_Veseli_nad_Luznici	
13_7386_Branisovice_Pohorelice	
97_9022-SO211_D1_Vyskov_Morice	
97_9022-SO220_D1_Vyskov_Morice	
12_7142_D1-Prerov-Lipnik	
127022_Kyjov_sklarny	
99_9317_-D1_Morice-Kojetin	↓

Test:

Borehole	↑
CPT	
DCPT	↓

Draw



Software umožňuje vyhodnocení penetrační zkoušky ve smyslu stanovení stupně konzistence soudržné zeminy a indexu relativní ulehlosti zeminy nesoudržné. Zeminy jsou pro potřeby vyhodnocení zařazeny do několika kategorií:

Popis

Popis polohy	Písek	Štěrkopísek	Hladina podzemní vody	HPV od	HPV do	Ic/Id	hrubé, kamenité a balvanité štěrky
jíl, F7 MH, CI	☐	☐	☐	0,6	0,6	Ic, zeminy tříd F5,F6,F7,F8	☐
						Ic, zeminy tříd F5,F6,F7,F8 Ic, zeminy tříd F3,F4 Ic, zeminy tříd F1,F2 Id, zeminy tříd S1,S2,S3 bez vody Id, zeminy tříd S1,S2,S3 pod vodou Ic, zeminy tříd S4,S5 Id, drobné ŠP tříd G1,G2,G3 bez vody Id, drobné ŠP tříd G1,G2,G3 pod vodou Ic, zeminy tříd G4,G5 Sprašoidní sedimenty Kvarterní hlíny a jíly	

OK

Úvodní okno aplikace DYNASTAT s volbou typu penetrační zkoušky:

Úloha

Tisk Těžká dynamická penetrace Load

Těžká dynamická penetrace
Statická penetrace

Hloubka předvrtu [m]

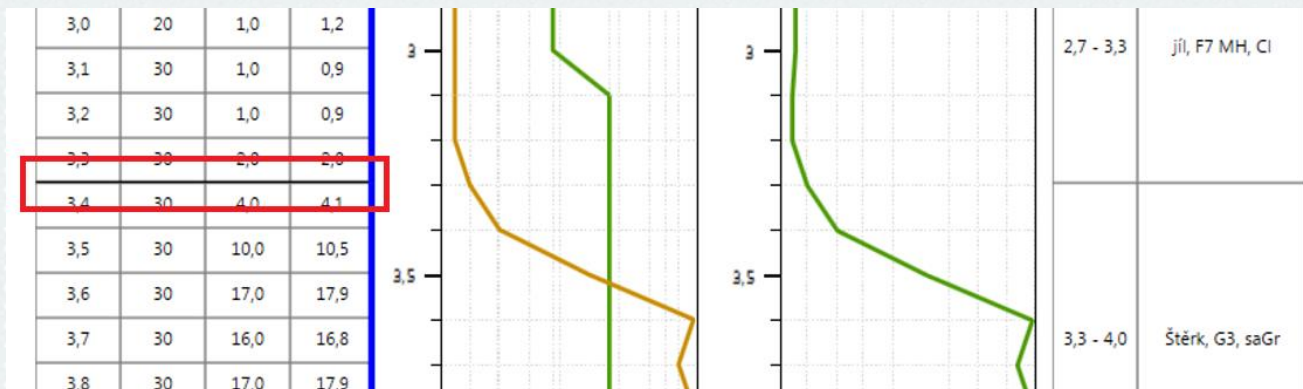
Hloubka [m]

OK

Zobrazení hloubky předvrtu v protokolu:

PROTOKOL TĚŽKÉ DYNAMICKÉ PENETRACE										
Lokalita Rájec - Jestřebí						Sonda: DP-8				
Výška terénu: 287,03				Hladina podzemní vody od terénu 2,70m						
Zpracoval: ---		Dne: ---	Měřil: ---	Dne: ---		VYHODNOCENÍ				
VÝPOČET										
Hloubka	Krouticí moment	Počet úderů	Odpor Qdyn	n(N10) Fs(Nm)	Qd (MPa)	Hloubka (m)	Popis polohy	Qd (MPa) průměr	Ic	Id
m	Nm	N10	MPa							
0,1						0,1				
0,2						0,2				
0,3						0,3				
0,4						0,4				
0,5						0,5				
0,6						0,6				

Grafické označení rozhraní vrstev a přítomnosti vody (modrá svislá čára):



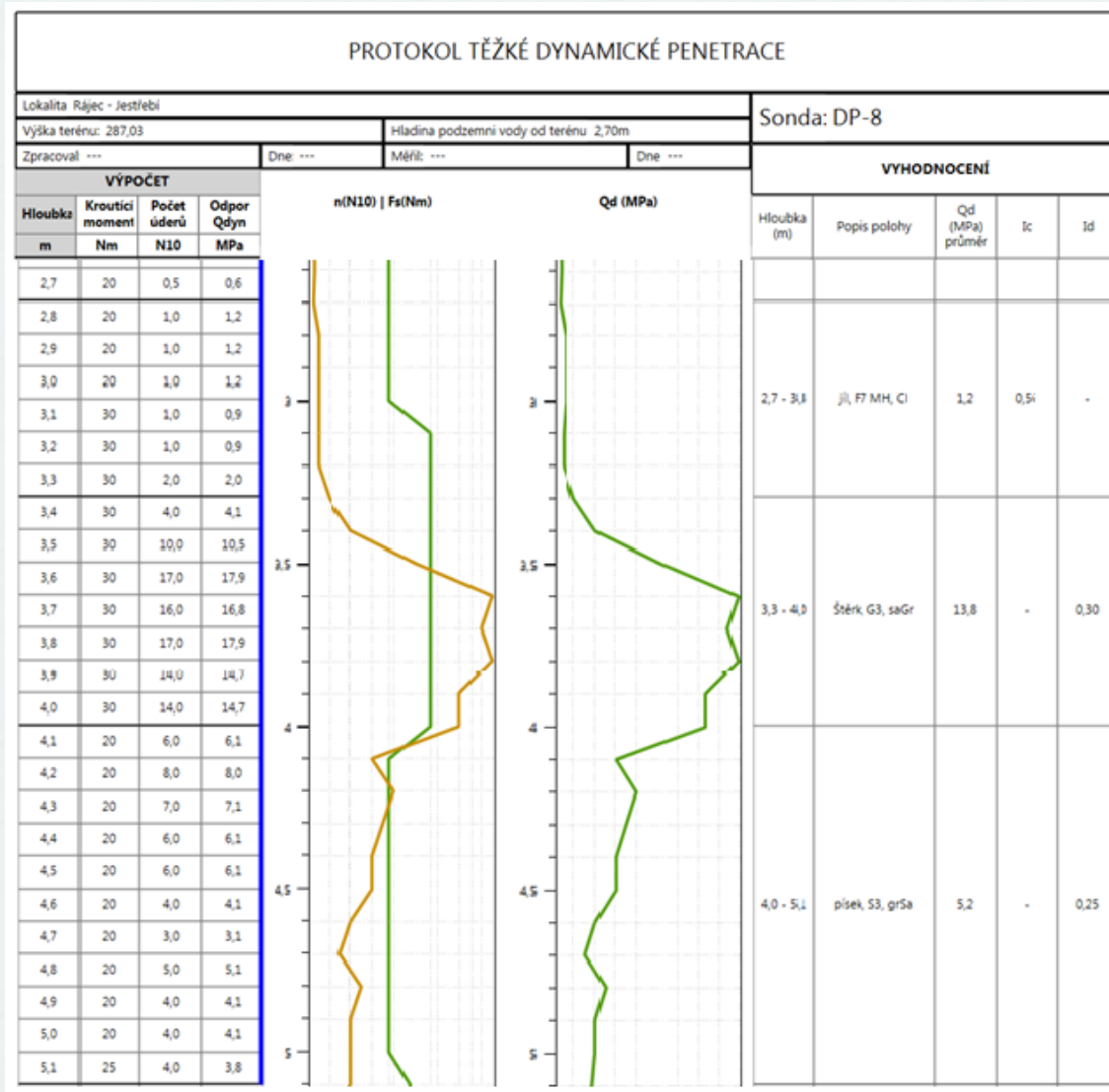
Identifikace polohy HPV ve zvolené vrstvě:

Popis

Popis polohy	Písek	Štěrkopísek	Hladina podzemní vody	HPV od	HPV do	Ic/Id	hrubé, kamenité a balvanité štěrky
jíl, F7 MH, CI	☐	☐	☒	0,6	0,6	Ic, zeminy tříd F5,F6,F7,F8	☐

OK

Příklad vyhodnocení části profilu penetrační sondy:



Název výsledku:

Software – statistická analýza dat

Identifikační číslo výsledku projektu: TA04031092-2017V003

Druh výsledku dle RIV: R – software

Popis výsledku:

Software vychází ze statistické metodiky krigování, aplikované na řešení úlohy hledání geotechnických parametrů na základě hodnot zjištěných v okolí zájmového bodu, a také pro optimalizaci plánu geotechnického průzkumu na základě dosavadních dat. Aplikací krigování implementovanou do software je odhad hodnoty statického odporu při penetraci v určité lokalitě a hloubce na základě blízkých sond vedených z povrchu terénu. Vedlejším, avšak cenným výstupem, je určení lokality, kde je odhad chyby sledované veličiny velký a kde je zapotřebí získat informace z dalších průzkumných děl, aby se chyba odhadu v blízkém okolí zmenšila.

Další aplikací interpolace je pak odhad tloušťky vrstvy z informací o tloušťkách vrstev v přilehlých místech na základě vrtů nebo výkopů. Složitější aplikací je pak využití zjištěných korelací mezi vlastnostmi zeminy získaných rozborem z vrtů a penetrační zkouškou a predikce výsledků penetrace ze sítě lokalit s penetrační zkouškou. Výstupem software jsou parametry rozdělení předpokládané (náhodné) vlastnosti zeminy v libovolném místě. Software tedy provádí racionální zpracování již dostupných údajů a dopomáhá k optimalizaci provedení následných fází průzkumu.

Využití software „statistická analýza dat“ je předvedeno na příklade situace nerovnoměrně rozmístěných sond v zájmové lokalitě. Projektanta zajímá odhad hodnoty v místě mimo sondy.

Vstupem do programu je seznam bodů a naměřená hodnota studované veličiny, tedy soubor N řádků vždy se dvěma kartézskými souřadnicemi (x,y) zkoumané oblasti a známou hodnotou. Tyto informace je potřeba vepsat nebo zkopírovat a vložit (např. z tabulkového procesu typu MS-Excel) do okna „Date (x, y, var)“:

GeoDB

Kriging

Home

Kriging - statistická analýza dat

Variable name: Variable

Variable

Date (x, y, var):

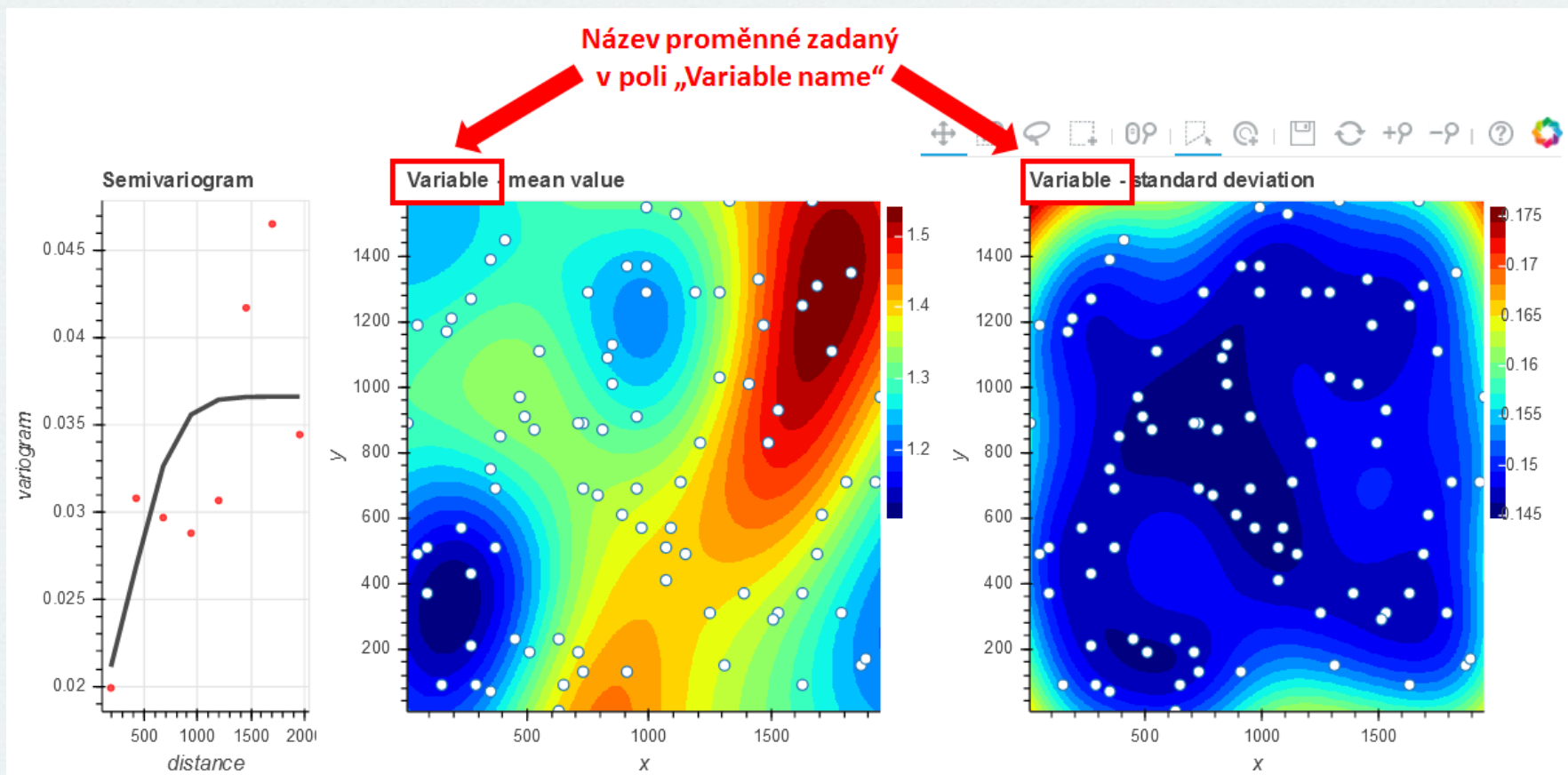
1210	830	1.31539
530	870	1.28695
350	1390	1.19787
510	190	1.40677
990	1370	1.16889
290	90	1.01117
790	670	1.29957
1690	490	1.40137
1870	150	1.16709
270	210	1.06557
1070	510	1.37299

Values divided by spaces (x y variable).

Název analyzované veličiny

Hodnoty zadané uživatelem

Hlavním výsledkem programu je predikce cílového parametru v místech mimo místa sond (střední hodnota a směrodatná odchylka). Výsledky se zobrazí jako 2D mapa středních hodnot a směrodatných odchylek predikované veličiny. Bílé body vyznačují lokality, kde je známa hodnota predikované veličiny (zadání):



Název výsledku:

Zařízení pro záznam počtu úderů AUTODYN

Identifikační číslo výsledku projektu: TA04031092-2017V004

Druh výsledku dle RIV: G - technicky realizované výsledky – prototyp, funkční vzorek

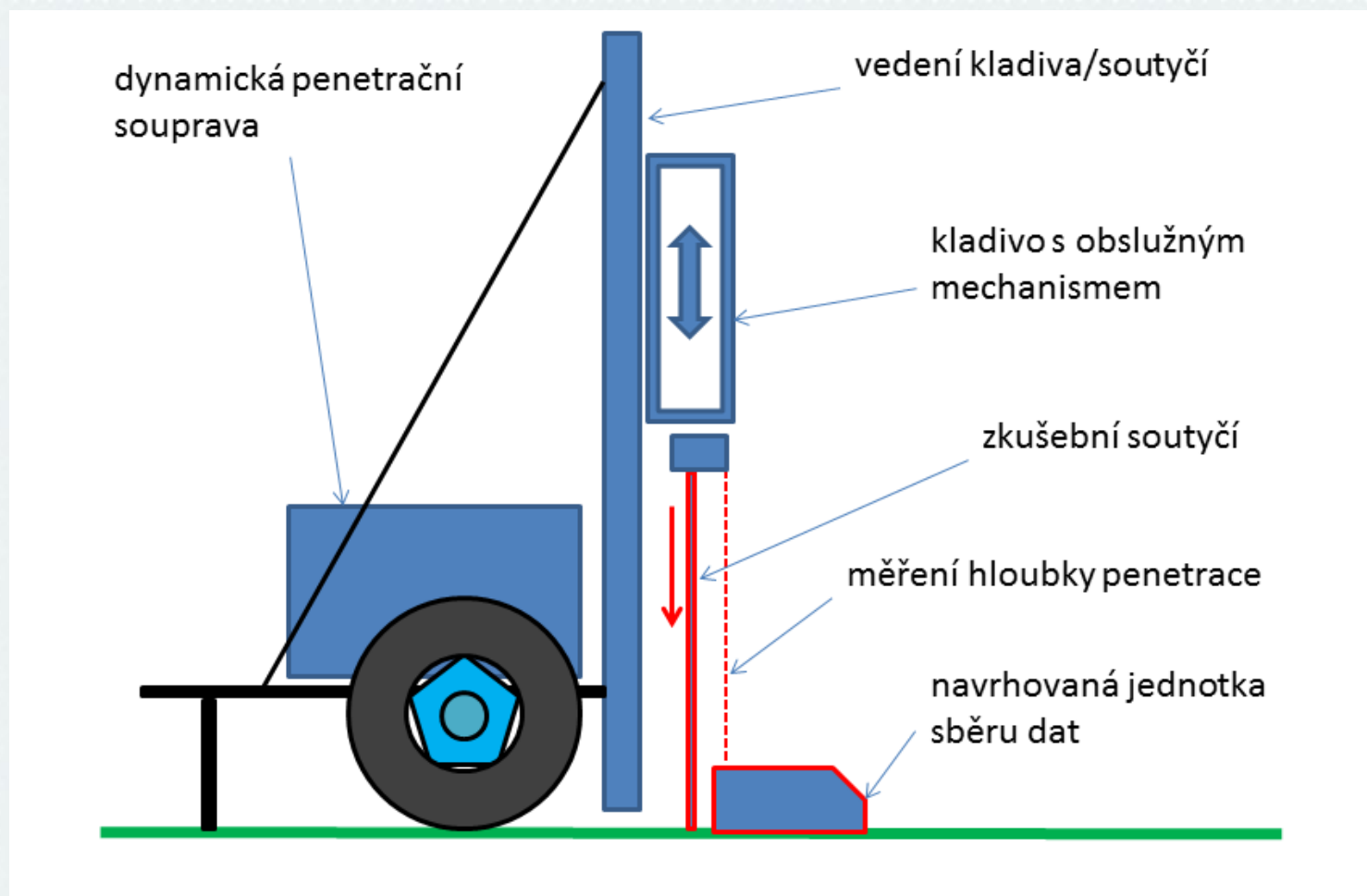
Popis výsledku:

Výstupem výsledku je záznamová jednotka pro počet úderů a přesné měření délky vniku pro dynamickou penetrační soupravu firmy Geologický průzkum Rýmařov. V první fázi byla vyvíjena prototypová mechanická část záznamové jednotky. V praxi byl odzkoušen funkční vzorek snímací jednotky elektronicky odečítající hloubku průniku zaráženého soutyčí na jeden úder beranu oproti současnému ručnímu záznamu, který je zatížen lidským faktorem. Snímací jednotka umožňuje zároveň elektronický odpočet počtu úderů.

Finální funkční vzorek záznamové jednotky sestává ze dvou hlavních součástí – mechanické a kabelem připojené elektronické. Mechanická část je podlouhlého tvaru, jedním koncem se umísťuje mezi úhelníky patky penetrační soupravy. Stabilita jednotky je zajištěna rozklápěcími nožkami. Výstupním signálem je elektrický odpor v závislosti na délce vytaženého lanka upevněného na adaptér penetrační soupravy a tím na hloubce zatlučení penetrační tyče. Elektronická část je v samostatné skříňce. Čelní strana je opatřena ovládacími prvky a kontrolními LED diodami.

Mikrokontrolér uvnitř zpracovává signál z mechanické části, výsledné údaje o průběhu penetrační zkoušky jsou ukládány do souboru na SD kartu. Obsluha může pomocí ovládacích prvků definovat zahájení zkoušky, nulovat hodnotu zatlučení při zahájení zkoušky a zadávat údaj o hodnotě krouticího momentu.

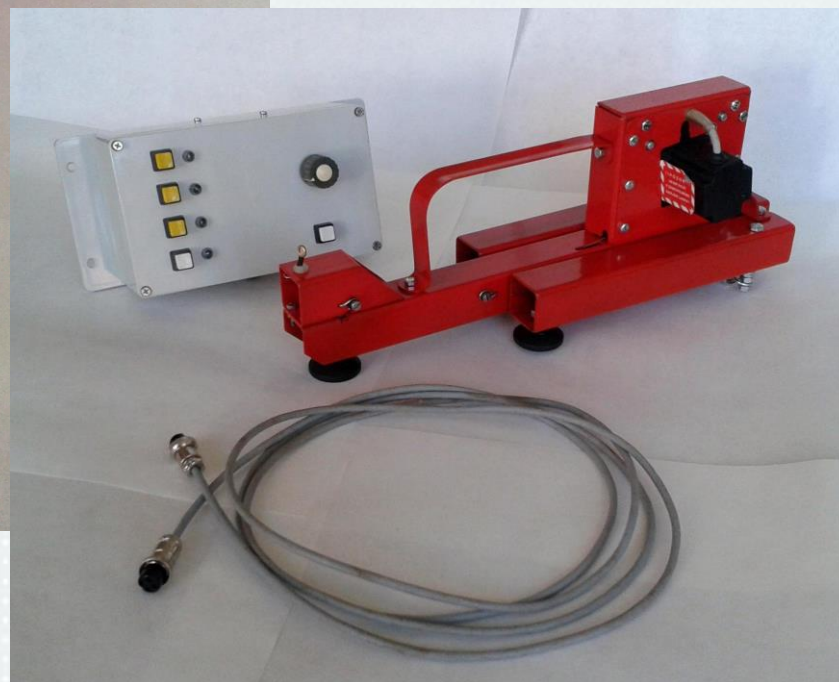
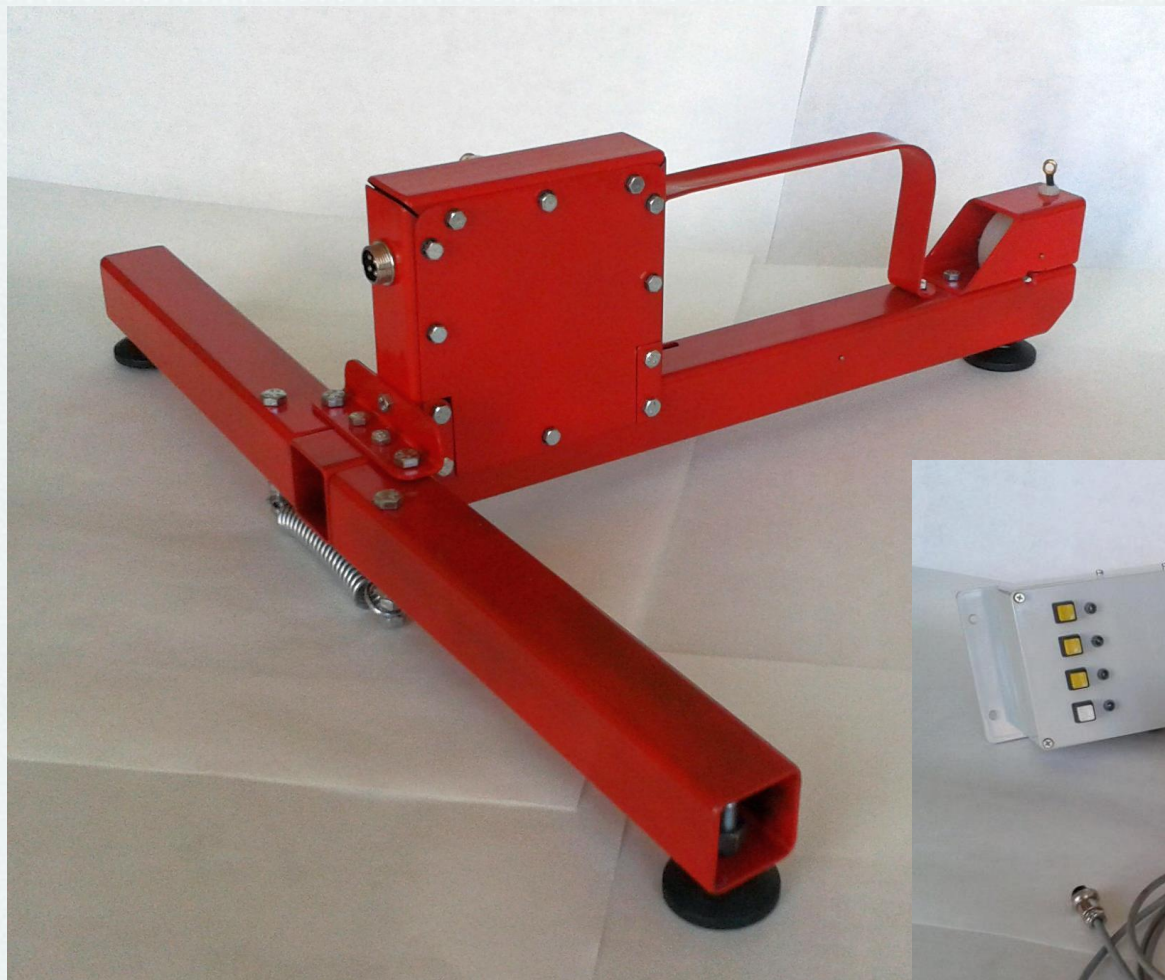
Ideový návrh automatizované jednotky sběru dat:



Technologický prototyp mechanické části jednotky s vyznačením pozice záznamové jednotky:



Finální prototyp zařízení AUTODYN:



Název výsledku:

**Doporučení pro využívání statické a dynamické
penetrační zkoušky a jejich korelace pro
použití v dopravních stavbách**

Identifikační číslo výsledku projektu: TA04031092-2017V005

Druh výsledku dle RIV: N – certifikované metodiky a postupy

Popis výsledku:

Výstupem výsledku je certifikovaná metodika vycházející z poznatků a výstupů řešení projektu. Součástí metodiky jsou pro charakteristické zeminy v ČR zjištěné korelační vztahy mezi měrným odporem na hrotu statické penetrace s mechanickým hrotem (CPTM) a měrným dynamickým odporem dynamické penetrace (DPH) i s možností korelace jednotlivých metod mezi sebou navzájem. Obsahem metodiky je doporučení pro vybranou skupinu zemin, kde a jak dané zkoušky aplikovat v rámci geotechnických průzkumů a pro kontrolní a ověřovací zkoušky kvality v průběhu výstavby a rekonstrukcí dopravních staveb i v jejich záručním období.

Zájem o danou problematiku a zpracování metodiky byl podpořen doporučujícím dopisem Ministerstva dopravy, odborem pozemních komunikací, dále Ředitelstvím silnic a dálnic ČR, Závodem Brno, odborem správy staveb a též firmou ASPK, s.r.o., střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací.

Certifikaci provedl nezávislý odborný certifikační orgán QUALIFORM, a.s. v souladu s platnou Metodikou hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů.

Metodika

Použití zkoušek statické penetrace (CPT) a těžké dynamické penetrace (DPH) při inženýrskogeologických průzkumech pro dopravní stavby a při jejich výstavbě

Číslo projektu: TA04031092

Název projektu: Interpretace a korelace dynamické a statické penetrační zkoušky pro efektivnější navrhování dopravních staveb

Předkládá:

Název organizace: GEOTEST, a.s.

Jméno řešitele: Mgr. Marek Novotný

Autoři: Mgr. Pavel Řezníček (GEOTEST, a.s.),
 Ing. Karel Zdražil, CSc. (GEOSTAR, spol. s r.o.)
 Mgr. David Relich, Ph.D. (GEOSTAR, spol. s r.o.)
 doc. Ing. Lumír Míša, Ph.D. (VUT)

Brno

červenec 2017

V případě zájmu o některý z výše popsaných výsledků se s dotazy týkajícími se podmínek jeho využití a nákupu obraťte na:



GOSTAR, spol. s r. o.
Tuřanka 111
Brno - Slatina
627 00

Tel.: +420 545 221 218

e-mail:

relich@geostar.cz



GEOTest, a. s.
Šmahova 1244/112
Brno
627 00

Tel.: +420 548 125 111

e-mail:

reznicekp@geotest.cz



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav geotechniky
Veveří 95
Brno
602 00

Tel.: +420 541 147 231

e-mail:

mica.l@fce.vutbr.cz
stefanak.j@fce.vutbr.cz