

METODIKA PRO STANOVENÍ ÚDRŽBY SE ZAMĚŘENÍM NA ÚNOSNOST (CBR) PÁSU RWY A KONCOVÉ BEZPEČNOSTNÍ PLOCHY (RESA)

Ing. Arnošt Mráz, CSc., MBA a kol.

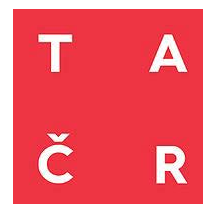
Praha 2016

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

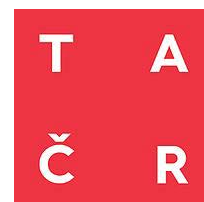
Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	MONETA MONEY BANK
252 28, Černošice u Prahy	info@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, Decagon a Soilmoisture Equipment Corp. v ČR a SR			
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 535			

Obsah

1. Účinnost metodického pokynu, změn a oprav	4
2. Kontrolní seznam stran	5
Použité zkratky a odborná terminologie	6
Cíl metodiky	7
3. Účel této metodiky	7
3.1 Obecné požadavky pro stanovení kalifornského poměru únosnosti	7
4. Výchozí předpoklady	8
5. Vlastní popis metodiky	8
5.1 Dostupné podklady	8
5.2 Charakteristika půdních poměrů na daném území	8
5.2.1 Rekognoskace půdních poměrů pomocí vpichových sond	8
5.2.2 Hodnocení charakteristik na neporušených půdních vzorcích	12
5.2.3 Penetrometrická měření	14
5.3 Charakteristika půdních poměrů v místě kontinuálního monitoringu vodního režimu v půdním profilu a hutnicího experimentu	15
5.3.1 Instalace senzorů pro měření půdní vlhkosti a tlakové výšky	15
5.3.2 Půdní charakteristiky povrchového horizontu	15
5.3.3 Stanovení zhutnitelnosti zeminy odebrané z povrchového horizontu – laboratorní experiment	16
5.3.4 Posouzení zhutnitelnosti zeminy a únosnosti povrchového horizontu – polní experiment	17
5.3.5 Využití získaných podkladů - Kritéria hodnocení únosnosti travnatých ploch v okolí RWY	19
5.3.6 Možné metody pro zvýšení únosnosti travnatých ploch v okolí RWY	20
5.4 Pokyny k hodnocení a nápravným opatřením	22
6. Přínos metodiky	23
7. Srovnání novosti zde uvedených postupů	23
8. Popis uplatnění metodiky	24
9. Ekonomické aspekty	24
10. Dedikace	25
11. Oponentura	25
12. Seznam použité literatury	26



13. Seznam předcházejících publikací autorů.....	28
14. Přílohy.....	29
Příloha 1. – Metody a přístroje pro měření hydraulických vlastností	29
Příloha 2. – Senzory a datalogery pro monitoring režimu půdní vody	30
Příloha 3. – Doporučení pro výběr válce pro hutnění a zhutňovací zkoušku pro konkrétní letiště	31
Příloha 4. – Zatížení vyvolané jednotlivými typy A/C	32
Příloha 5. – Rekognoskace půdních podmínek na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni.....	33



1. Účinnost metodického pokynu, změn a oprav

Změny			Opravy		
Číslo změny	Datum účinnosti	Datum záznamu a podpis	Číslo opravy	Datum účinnosti	Datum záznamu a podpis

2. Kontrolní seznam stran

Strana	Datum	Strana	Datum	Strana	Datum
1	01. 03. 2017	26	01. 03. 2017		
2	01. 03. 2017	27	01. 03. 2017		
3	01. 03. 2017	28	01. 03. 2017		
4	01. 03. 2017	29	01. 03. 2017		
5	01. 03. 2017	30	01. 03. 2017		
6	01. 03. 2017	31	01. 03. 2017		
7	01. 03. 2017	32	01. 03. 2017		
8	01. 03. 2017	33	01. 03. 2017		
9	01. 03. 2017				
10	01. 03. 2017				
11	01. 03. 2017				
12	01. 03. 2017				
13	01. 03. 2017				
14	01. 03. 2017				
15	01. 03. 2017				
16	01. 03. 2017				
17	01. 03. 2017				
18	01. 03. 2017				
19	01. 03. 2017				
20	01. 03. 2017				
21	01. 03. 2017				
22	01. 03. 2017				
23	01. 03. 2017				
24	01. 03. 2017				
25	01. 03. 2017				

Použité zkratky a odborná terminologie

Zkratka	Anglický význam	Český překlad
AD	Aerodrome	letišťe
ASDA	Accelerate - stop distance available	použitelná délka přerušného vzletu
ASTM	American Society for Testing and Materials (ASTM International) is a standards organisation: committee ASTM E17 has produced standards for test tyres to be used by all CFMEs recognised by ICAO.	Americká společnost pro testování a materiály (ASTM International) je standardizační organizace: výbor ASTM E17 stanovil standardy pro testovací pneumatiky pro všechna zařízení CFME schválených ICAO
CAA	Civil Aviation Authority	Úřad pro civilní letectví
CBR	California Bearing Ratio	kalifornský poměr únosnosti
MPa	Megapascal	megapascal (jednotka tlaku)
psi	Pound per sq. inch	Libra na čtvereční palec (jednotka tlaku)
RESA	Runway End Safety Area	koncová bezpečnostní plocha
RWY	Runway	dráha
SMS	Safety Management System	system řízení provozní bezpečnosti
STRIP RWY	STRIP RWY	pásy nezpevněných ploch podél RWY
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Maximální vzletová hmotnost (váha)

Cíl metodiky

Cílem této metodiky je souhrn opatření pro stanovení údržby se zaměřením na únosnost pásů RWY a koncové bezpečnostní plochy (RESA) na civilních letištích. Popisuje zdroje dostupných dat a metody měření a vyhodnocení dat, na základě kterých bude navržena systematická kontrola únosnosti těchto ploch pro potřeby údržby včetně případných nápravných opatření.

3. Účel této metodiky

Provozovatelé letišť v ČR jsou povinni stanovit režim údržby nebezpečných ploch na základě typu schváleného leteckého provozu a kódového značení. Efektivita údržby musí být průběžně hodnocena formou pravidelných měření únosnosti. Metodika stanovuje postupy hodnocení CBR pro potřeby plánování údržby a je v souladu s úpravou schválenou Transport Canada, Ministerstvem dopravy, American Society for Testing and Materials, Mezinárodní organizací pro civilní letectví a Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

3.1 Obecné požadavky pro stanovení kalifornského poměru únosnosti

Všechna dotčená letiště s výše specifikovaným provozem musí zajistit měření únosnosti pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy RESA v souladu s požadavky na provedení penetrometrie těchto ploch. Penetrometrie jako zkušební metoda pro stanovení CBR bude provedena zařízením (např. Penetrologgerem CBR), které umožňuje výstup měření v hodnotách CBR v rozsahu min. 0 – 15 %, za předpokladu, že je toto zařízení pro měřenou půdu kalibrováno. Měření musí být provedeno v hloubce 15 cm pod povrchem v daných pozicích a obdobích, které budou zvoleny individuálně pro jednotlivá letiště na základě dat získaných podle níže uvedeného postupu.

4. Výchozí předpoklady

Provozovatelé letišť v ČR jsou povinni zajistit průzkum půdních podmínek na vymezených plochách, tak aby bylo možné účelně navrhnout systematický monitoring únosnosti povrchové vrstvy, popřípadě navrhnout i vhodná opatření. Tento průzkum zahrnuje shromáždění dostupných dat o geologických a půdních podmínkách, rekognoskaci půd formou vpichových sond, hodnocení půdní objemové hmotnosti a pórovitosti včetně retenčních čar půdních vlhkostí, penetrometrická měření při různých stupních nasycení, kontinuální monitoring vodního režimu v povrchové vrstvě, laboratorní a terénní zhutňovací zkoušky.

5. Vlastní popis metodiky

5.1 Dostupné podklady

Mapové podklady popisující geologické poměry lokality je doporučeno převzít od České geologické služby (ČGS), které jsou dostupné na adrese <http://www.geology.cz>. Rámcové informace o půdních poměrech v areálu a jeho okolí je doporučeno převzít ze systému LPIS spravovaného Ministerstvem zemědělství (MZe), který je dostupný za úplaty na adrese <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>.

5.2 Charakteristika půdních poměrů na daném území

5.2.1 Rekognoskace půdních poměrů pomocí vpichových sond

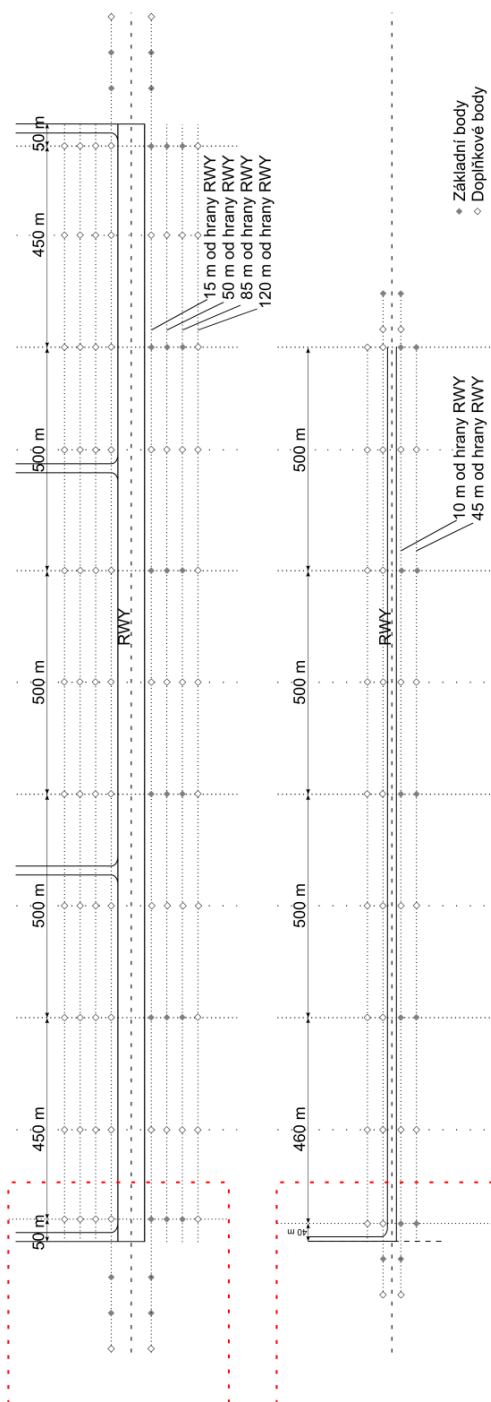
Půdní rekognoskace musí být uskutečněna podél jednotlivých drah s cílem určit prostorovou variabilitu půdních podmínek na daných lokalitách, a na plochách vybraných pro kontinuální monitoring vodního režimu půd a pro stanovení zhutnitelnosti zeminy v laboratorních, popřípadě terénních podmínkách. Vzorkování podél drah musí být prováděno v čtyřbodových transektech ¹

¹ Transekt (skupina bodů měření) je stanoven jako počet 4 bodů měření v rozmezí 15 m, 50 m, 85 m a 120 m kolmo od hrany dráhy.

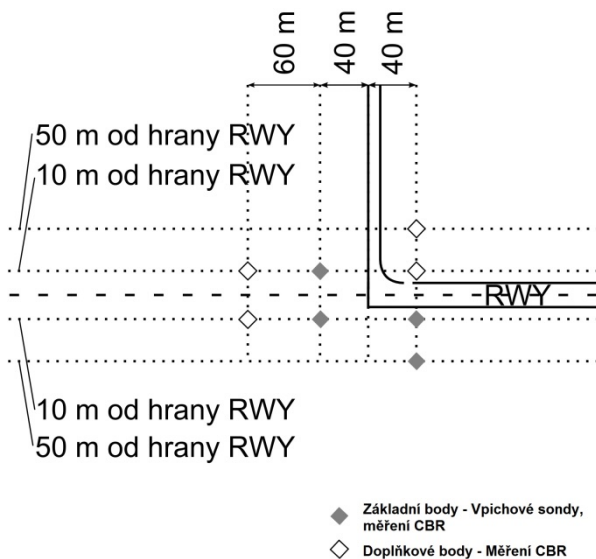
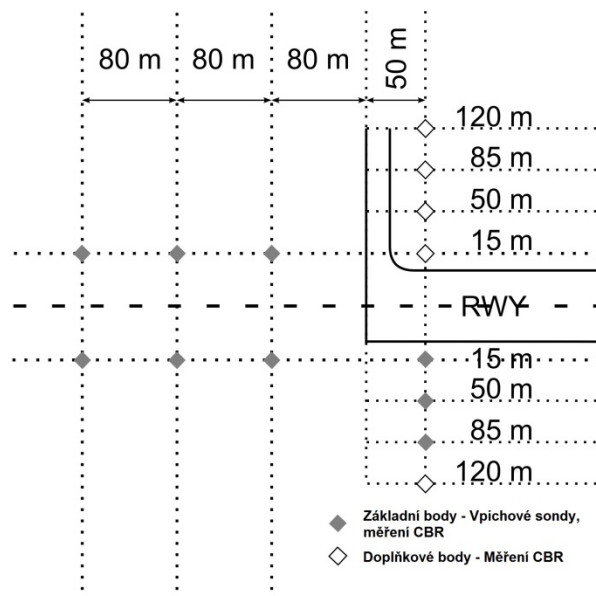
kolmých na hranu dráhy s cílem zhodnotit změnu půdního profilu v závislosti na vzdálenosti od dráhy. Vzdálenost transektů závisí na variabilitě půd na lokalitě. Doporučený max. interval transektů je 500 m. Vpichované sondy mají být provedeny pomocí žlábkových vrtáků do hloubky min. 100 cm. Informace o půdních poměrech budou vyhodnoceny standardními pedologickými metodami pro určení mocnosti a základních vlastností jednotlivých diagnostických půdních horizontů². Na základě těchto údajů bude určen půdní typ.

Alternativní schémata rozmístění sond v pásech RWY a v koncové bezpečnostní ploše (RESA) pro různé typy letišť jsou zobrazena v obrázcích 1. a 2. V případě, že nebude možné provést v daném místě vpichové sondy, odběr vzorků a měření, tj. na zpevněných nebo jinak stavebně upravených plochách, v místech vedení inženýrských sítí (např. elektrické či komunikační rozvody atd.), může být odběrové místo posunuto maximálně o 20 m (jak je naznačeno v obrázku 1.). Pozice transektů může být rovněž upravena s ohledem na celkovou délku dráhy tak, aby byly půdní podmínky popsány co nejrovnoměrněji nebo aby byla zachycena možná změna půdních podmínek daná například změnou terénních charakteristik, půdního substrátu, převrstvením při stavební činnosti apod. Sondy se provádí na jedné straně RWY. V případě, že bude důvod předpokládat, že se na druhé straně RWY vyskytuje jiné složení půdního profilu, je vhodné provést sondy i na této straně.

² Půdní horizont je vrstva půdy, která má specifické horizontální umístění a určité fyzikální a chemické vlastnosti. Je vymezen souborem vizuálních analytických znaků s hraničními měřitelnými hodnotami. Všechny půdní horizonty tvoří půdní profil.



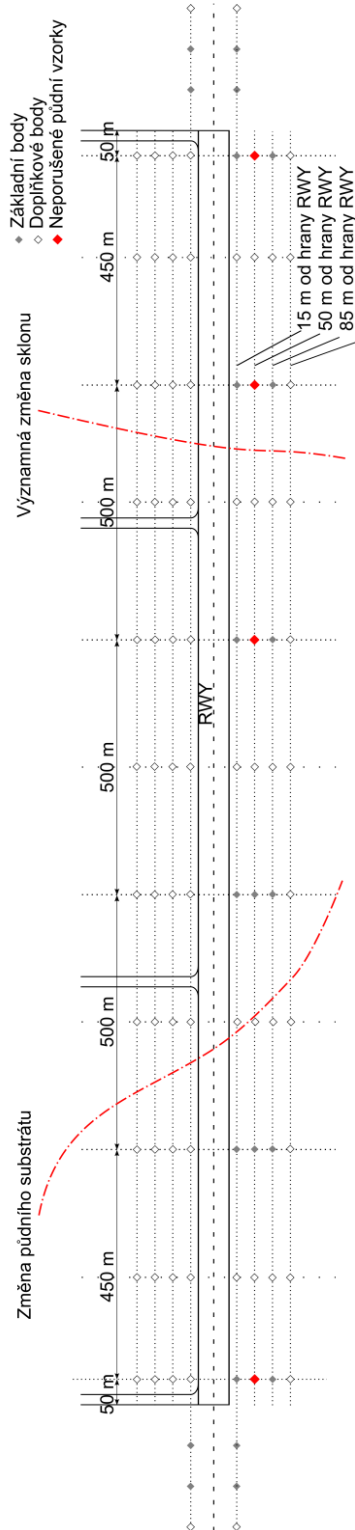
Obrázek 1. Doporučené schéma rozmístění vpichových sond a pozic pro měření CBR v pásu RWY. Schéma vlevo platí pro typ letiště k.č. 3-4/IFR a schéma vpravo platí pro letiště k.č. 1-2/IFR a 3-4/VFR. Na letištích k.č. 1-2 VRF by mělo být vzorkováno pouze na linii nejbliže k RWY.



Obrázek 2. Doporučené schéma rozmístění vpichových sond a pozic pro měření CBR v koncové bezpečnostní ploše (RESA) – detail vymezený na obrázku 1. červenou barvou. Schéma nahoře platí pro typ letiště k.č. 3-4/IFR a schéma dole platí pro letiště k.č. 1-2/IFR a 1-4/VFR.

5.2.2 Hodnocení charakteristik na neporušených půdních vzorcích

Vyhodnocení hydro-fyzikálních charakteristik neporušených půdních vzorků musí být uskutečněno podél jednotlivých drah s cílem určit prostorovou variabilitu půdní struktury, od které se odvíjí únosnost půdy, a zároveň tyto charakteristiky determinují retenci vody v půdě. Ve vybraných transektech a na místě určeném pro zhutňovací zkoušky musí být z hloubky 10-15 cm odebrány neporušené půdní vzorky o objemu alespoň 100 cm³. Výběr vzorkovacích míst musí být proveden s ohledem na prostorovou variabilitu vyhodnocenou pomocí vpichových sond, tak aby byla zachycena celá škála půdních struktur. Kritérii je například změna substrátu, evidentní změna jak textury, tak struktury povrchové vrstvy, hloubky povrchového horizontu, rozdílný vegetační pokryv, významný rozdíl v aktuální půdní vlhkosti, rozdílné charakteristiky terénu atd. Na neporušených půdních vzorcích musí být změřeny retenční čáry půdních vlhkostí pomocí přetlakového aparátu. Doporučené hodnoty tlakových výšek jsou: -40, -100, -300, -700, -2 000, -5 000, -8 000 a -15 000 cm. Půdní vlhkosti jsou stanoveny gravimetricky z hmotností vzorků odpovídajících daným tlakovým výškám a hmotností vzorků vysušených při teplotě 105 °C po ukončení pokusu v přetlakovém aparátu. Pro stanovení retenčních křivek mohou být využity i jiné přístroje a metody. Alternativně lze použít metodu stanovení retenčních křivek pomocí evaporace (např. HYPROP). Přístroje, které mohou být např. využity, resp. byly využity v pilotním projektu, jsou uvedeny v příloze 1. Schéma výběru odběrových míst je uvedeno na obrázku 3.



Obrázek 3. Doporučené schéma výběru transektů pro odběr neporušených půdních vzorků.

5.2.3 Penetrometrická měření

Podél jednotlivých drah musí být pomocí měření CBR vyjádřena únosnost povrchové půdní vrstvy do hloubky 15 cm. Únosnost může být orientačně posouzena pomocí statických penetrometrických měření se záznamem průběhu penetrace např. Penetrologgerem CBR. Měření budou realizována v blízkém okolí míst, kde byly provedeny vpichové sondy. Počet kontrolních bodů musí být dále rozšířen o minimálně jeden doplňkový transekt, který bude vložen mezi transekty původní. V případě velké variability povrchových vrstev půdního profilu bude počet doplněných transektů určen podle místních podmínek. Navíc budou ve stejných pozicích doplněny transekty i na druhé straně RWY a dále na obou koncových bezpečnostních plochách. Transekt (skupina bodů měření) je stanoven jako počet 4 bodů měření v rozmezí 15 m, 50 m, 85 m a 120 m kolmo od hrany dráhy. Doporučené schéma měření je uvedeno na obrázku 1. Místa měření musí být lokalizována pomocí přístroje GPS, současně musí být změřena i objemová vlhkost půdy (v hloubce 0–7 cm) např. pomocí senzoru ThetaProbe (viz. odkaz na manuál přístroje v Seznamu použité literatury). V těchto bodech se dále provádí penetrometrická měření např. pomocí Penetrologgeru CBR do hloubky 20 cm. Měření a vyhodnocení dat musí být provedeno v souladu s pokyny uvedenými v manuálu k přístroji (viz. odkaz na manuál přístroje v Seznamu použité literatury). Platné měření je takové měření, při kterém je dosaženo předem definované hloubky penetrace. Neplatné měření je takové, kdy příslušná obsluha přístroje nedodržela správný postup pro validní měření. Takové měření je při použití Penetrologgeru CBR signalizováno již při samotném průběhu příslušného kontrolního měření a není uloženo do paměti přístroje. Po neplatném měření je nutné měření opakovat. Pokud je při měření dosaženo technické meze měření tímto přístrojem (t. j. CBR 15 %), pak se takové měření považuje za platné, i když nebylo dosaženo hloubky 20 cm. V takovém případě je únosnost rovna nebo vyšší než 15 % CBR. Měření musí být prováděna v průběhu roku při různých půdních vlhkostech, tak aby bylo možné vyhodnotit stav ploch ve vztahu k monitorovanému vodnímu režimu půd, který je popsán níže. Schéma pozic pro měření CBR v pásu RWY a v koncové bezpečnostní ploše (RESA) je uvedeno v obrázcích 1. a 2. Na letištích, kde již byla rekognoskace půdních podmínek provedena je doporučeno pokračovat podle stávajícího schématu doplněného o transekty na opačné straně RWY.

5.3 Charakteristika půdních poměrů v místě kontinuálního monitoringu vodního režimu v půdním profilu a hutnicího experimentu

5.3.1 Instalace senzorů pro měření půdní vlhkosti a tlakové výšky

Na základě rekognoskace půdních poměrů musí být zvoleno místo, na kterém budou instalovány senzory pro monitoring vodního režimu půd, tak aby měřená data reprezentovala půdní vodní režim pro převážnou část území nebo alespoň charakterizovala průměrné podmínky na hodnocených plochách. V místě instalace senzorů pro kontinuální monitoring vodního režimu v půdním profilu musí být vykopána půdní sonda do hloubky alespoň 100 cm. Vyhodnocené základní půdní znaky a stanovený půdní typ musí odpovídat půdám definovaným v rámci rekognoskace půdních podmínek pomocí vpichových sond.

V hloubce 15 cm musí být instalovány alespoň 2 senzory pro měření vlhkosti půdy³ (s přesností minimálně +/- 3 %), 2 senzory pro měření tlakových výšek (sacích tlaků, s měřicím rozsahem do -100 000 kPa). K tomuto účelu existuje celá řada čidel, viz Seznam uvedený v příloze 2. Pro ukládání dat se doporučuje použít datalogger s bezdrátovým přenosem dat pro minimalizaci vstupů do provozní plochy v průběhu užívání příslušné dráhy. V příloze 2. je uveden seznam senzorů a dataloggerů, které mohou být pro tato měření např. použity, resp. byly využity v pilotním projektu.

5.3.2 Půdní charakteristiky povrchového horizontu

Aby mohla být zvolena vhodná nápravná opatření pro zvýšení únosnosti povrchové vrstvy půdy, je nutné vyhodnotit základní půdní charakteristiky. Z hloubky 10–20 cm musí být na několika místech pokusné plochy, která se musí nacházet v blízkosti instalovaných přístrojů pro monitoring vodního režimu půd, odebrán půdní vzorek. Tento vzorek bude vysušen při standardní laboratorní teplotě a homogenizován. Na vzorcích bude proveden zrnitostní rozbor

³ Jedná se o objemovou vlhkost

pomocí hustoměrné metody (Zbírál a kol., 2004) na frakci do velikosti 2 mm. Pyknometricky bude změřena specifická hmotnost půdních částic (Flint a Flint, 2002). Potenciometricky (ISO, 10390, 1994) bude změřeno aktivní a výměnné pH. Modifikovanou Tjurinovou metodou (Zbírál a kol., 2004) bude vyhodnocen obsah oxidovatelného organického uhlíku.

5.3.3 Stanovení zhutnitelnosti zeminy odebrané z povrchového horizontu – laboratorní experiment

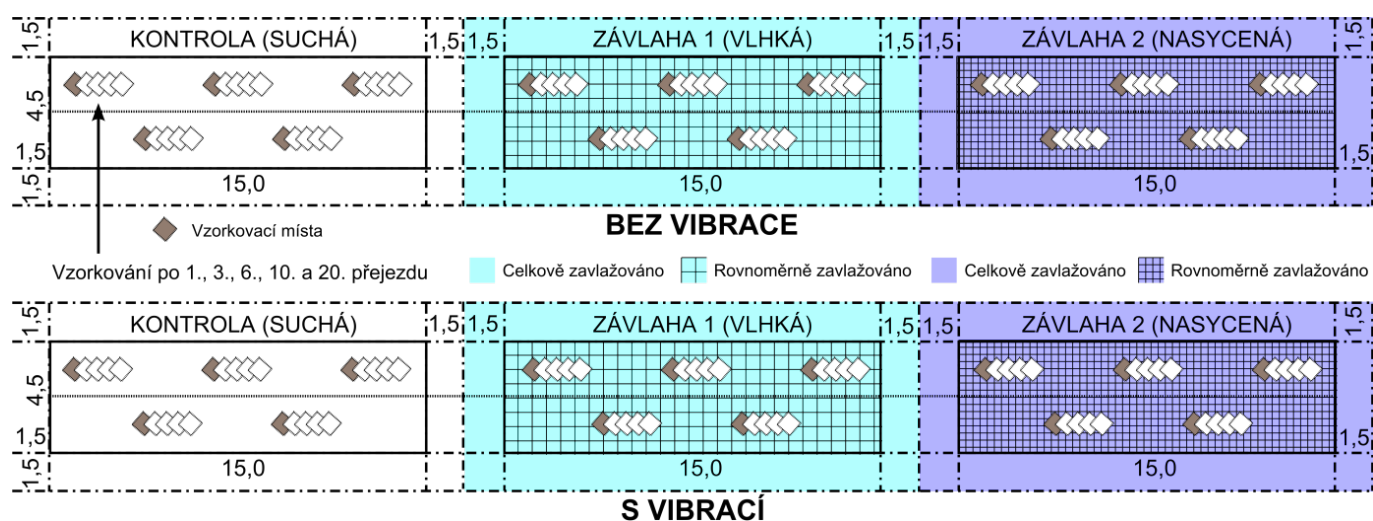
Jednou z možností, jak zvýšit únosnost půdy, je zvýšení její objemové hmotnosti hutněním. Standardním podkladem pro volbu optimálního stavu půdy, vhodné technologie a pro stanovení kritérií pro kontrolu kvality zhutnění je laboratorní zkouška zhutnitelnosti podle ČSN EN 13286-2 (2011). Jejím výsledkem je vztah mezi objemovou hmotností sušiny a hmotnostní vlhkostí. Z této závislosti lze odhadnout potřebnou vlhkost pro hutnění (válcování) v polních podmínkách a efektivitu zhutňování in situ. Rovněž lze na jejím základě hodnotit kvalitu zhutnění pomocí tzv. míry zhutnění (ČSN 721006 – 2015).

5.3.4 Posouzení zhutnitelnosti zeminy a únosnosti povrchového horizontu – polní experiment

Pro potvrzení hodnot získaných laboratorním experimentem musí být proveden polní experiment, s cílem posoudit optimální polní vlhkostní podmínky pro hutnění rostlé půdy a optimální způsob hutnění (tj. typ a hmotnost válce, počet přejezdů, hutnění s a bez vibrace). Na místě určeném pro zhutňovací zkoušku musí být vytyčeno 6 obdélníkových ploch (viz schéma na obr. 4). Plochy označené jako závlaha 1 (vlhká) a závlaha 2 (blízká nasycení) budou následně zavlaženy tak, aby byla půda provlhčena minimálně do hloubky 25 cm. Plochy označené jako kontrolní (suchá), budou ponechány za přirozené vlhkosti. Druhý den pak budou zavlaženy jen plochy označené závlaha 2. Na závlahu bude použita stejná dávka jako předcházející den. Rovnoměrnost závlahy uvnitř pokusných ploch musí být kontrolována pomocí plochých nádob se záchytnou plochou větší než 500 cm², ve kterých bude průběžně měřena výška vodní hladiny. Na každé ploše bude umístěno alespoň 6 záchytných nádob. Třetí den pak bude proveden vlastní zhutňovací pokus.

Hutnění bude pokud možno provedeno pomocí zemního vibračního válce s jedním hladkým běhounem a zadní gumovou nápravou ve dvou variantách: a) bez vibrace (horní pás ploch v obrázku 6.), b) s nízkým stupněm vibrace (dolní pás ploch). Konkrétní doporučený válec ověří až samotný zhutňovací pokus (doporučená specifikace válce je uvedena v příloze 3.). Počet přejezdů se bude nelineárně zvyšovat následujícím způsobem: 0, 1, 3, 6, 10, 20. Před hutněním (tj. 0 přejezdů) bude na každé ploše z hloubky 10-15 cm odebráno alespoň 5 neporušených půdních vzorků o objemu 100 cm³ nebo větším. V co nejtěsnějším okolí odběrových míst musí být rovněž provedeno penetrometrické měření. Po jednotlivých zhutňovacích krocích pak bude následně opět odebráno alespoň 5 neporušených půdních vzorků a proveden stejný počet penetrometrických měření v jejich okolí. Na odebraných neporušených vzorcích budou gravimetricky stanoveny objemové a hmotnostní půdní vlhkosti, stupeň saturace a suchá objemová hmotnost. Nakonec budou vyhodnoceny závislosti objemové půdní vlhkosti a objemové hmotnosti, z níž lze odvodit efektivitu válcování. Tyto terénní výsledky budou porovnány s výsledky laboratorních testů. Na základě těchto dat bude posouzena efektivita válcování pro zvýšení únosnosti povrchové vrstvy v hloubce 0 až 15 cm, při různých podmínkách

a navrženy vhodné postupy a podmínky pro hutnění válčováním včetně vlhkosti půdy, která je optimální pro válcování při dané technologii. V rámci pilotního projektu byl hutnicí pokus proveden na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni a na letišti v Pardubicích. Jako příklad provedených rekognoskací půdních podmínek k měření únosnosti je k této metodice přiložena příloha 5. Výzkumná zpráva – Rekognoskace půdních podmínek na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni.



Obrázek 4. Plán rozložení pokusných hutnicích ploch.

5.3.5 Využití získaných podkladů - Kritéria hodnocení únosnosti travnatých ploch v okolí RWY

Na základě výsledků bude navržen plán měření únosnosti pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy (RESA), tj. stanovena metoda, prostorové rozložení testů a časový harmonogram, který se bude odvíjet od kódu RWY a povoleného druhu provozu. Hodnoty CBR (naměřené např. pomocí Penetrologgeru CBR), budou dále použity jako vodítko pro hodnocení únosnosti pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy RESA a pro identifikaci vhodných nápravných opatření nutných k zajištění bezpečnosti leteckého provozu. V tabulce 1. jsou uvedeny předpokládané požadované hodnoty CBR v pásu RWY. Požadované hodnoty v koncových bezpečnostních plochách odpovídají hodnotám v zóně pásu RWY, která je nejbližší u RWY. V tabulce 2. jsou uvedeny předpokládané intervaly měření CBR.

Tabulka 1. Požadované hodnoty CBR podle typu letiště v závislosti na vzdálenosti od hrany RWY (Z).

Z (m)	CBR (%)				Z (m)	CBR (%)	
	Typ letiště k.č.					Typ letiště k.č.	
	1/VFR	2/VFR	1-2/IFR	3-4/VFR		4/IFR	3/IFR
do 20/35	8	12	12	15	do 60	15	15
20/35 až 65	-	-	10	15	60 až 100	15	14
					100 až 140	13	12

Tabulka 2. Předpokládané intervaly měření CBR ⁴

Kódové značení letiště	Minimální frekvence měření CBR	
	IFR	
	5,7 t < MTOM ≤ 10 t	MTOM > 10 t
1 A – C	---	---
2 A – C	1 x 3 roky	1 x 2 roky
3 B – D	1 x 2 roky	1 x rok
4 C – E(F)	---	1 x rok

5.3.6 Možné metody pro zvýšení únosnosti travnatých ploch v okolí RWY

Pásky RWY a koncová bezpečnostní plocha vytvářejí bezpečnostní bariéry dalších poškození letadla v případě jeho vyjetí z dráhy (RE - Runway Excursion). Nezpevněné plochy bez stanoveného plánu údržby nemohou zajistit přiměřenou únosnost pro letadla, pro něž byla RWY navržena (tabulka 1.). Únosnost nezpevněných ploch, vyjádřená kalifornským poměrem únosnosti (CBR), musí odpovídat ACN letadel, resp. vypočítanému zatížení hlavního podvozku při předepsaném huštění pneumatik. Parametry některých běžně provozovaných letadel na letištích v České republice jsou uvedeny v příloze 4. - Zatížení vyvolané jednotlivými typy A/C. Pokud v kontrolních bodech nebude dosaženo požadované hodnoty CBR, budou muset být přijata nápravná opatření v souladu s Pokyny pro hodnocení a nápravná opatření. Naměřené hodnoty CBR budou kvalitativním ukazatelem pro plánování údržby včetně investičního zajištění. Pro dosažení požadované únosnosti se doporučuje jako výchozí nápravné opatření mechanické zhutnění nezpevněných ploch přiměřené druhu zeminy, resp. stanovené polní zhutňovací zkouškou. Tento postup v závislosti na lokálních podmínkách je vhodné opakovat v pravidelných

⁴ Bude předmětem ověření v rámci dalšího výzkumu

intervalech dle individuálního plánu údržby. Na základě dat z hutnicí zkoušky, především CBR, závislosti objemové hmotnosti na vlhkosti a míry zhutnění bude vyhodnoceno, za jakých podmínek je možné zajistit únosnost pásů RWY a koncových bezpečnostních ploch RESA hutněním válcováním. Pokud tato metoda nebude vyhovovat, bude nutné aplikovat jeden z níže doporučených postupů a metod pro zvýšení únosnosti nezpevněných ploch. Je jich k dispozici hned několik. Úprava zemin a s ní spojené metody se provádí podle následujících norem:

- ČSN EN 14 227-1 Směsi z kameniva stmelené cementem;
- ČSN EN 14 227-2 Směsi z kameniva stmelené struskou;
- ČSN EN 14 227-15 Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy;
- ČSN EN 14 227- 5 Směsi z kameniva stmelené hydraulickými silničními pojivy
- ČSN EN 14 227-4 Popílký pro směsi stmelené hydraulickými pojivy
- ČSN EN 14 227-3 Směsi z kameniva stmelené popílkem

Technologický postup úpravy zemin by měl být navržen a realizován odbornou osobou. Součástí takových prací je vždy provedení kontrolních zkoušek pro ověření, zda byla dosažena požadovaná kritéria (např. hodnota CBR, míra zhutnění, požadavky na moduly přetvárnosti aj.). Provozovatel letiště i v takovém případě bude muset provést své následné kontrolní měření CBR a zajistit, aby hodnoty únosnosti odpovídaly předpisovým požadavkům.

Aplikace těchto metod se doporučuje mimo zimní období, kdy je půda zamrzlá, a také mimo období, kdy by nasazení těžkých mechanismů mohlo poškodit nezpevněné letištní plochy a kdy tyto mechanismy mohou ztížit obnovení fyzikálních vlastností nezpevněných ploch. Výsledky aplikace se mohou lišit dle druhu zeminy, respektive chování takové zeminy. Před plošnou aplikací některé z těchto metod je třeba vždy provést zkušební zvýšení únosnosti v testovacím úseku plochy a na tomto úseku ověřit účinnost zvolené metody.

Zde uvedené postupy byly testovány během vegetačního období roku 2016 na pěti letištích ČR. Příkladem rekognoskace půdních podmínek a měření únosnosti je výzkumná zpráva z letiště Václava Havla v Praze Ruzyni – viz příloha 5.

5.4 Pokyny k hodnocení a nápravným opatřením

Následující hodnocení a pokyny pro údržbu budou určeny na základě naměřených hodnot CBR.

I. Nedosažení požadované hodnoty CBR v rozsahu do 25 % kontrolních bodů

Pokud je hodnota CBR pod požadovanou úrovní a počet kontrolních bodů s těmito hodnotami je méně jak 25 %, provozovatel letiště bude muset přijmout opatření ke zvýšení únosnosti v úsecích vymezených nejbližšími kontrolními body, v termínu do dalšího měření CBR.

II. Nedosažení požadované hodnoty CBR v rozsahu do 50 % kontrolních bodů

Pokud je hodnota CBR pod požadovanou úrovní a počet kontrolních bodů s těmito hodnotami je více jak 25 %, ale méně jak 50 %, provozovatel letiště bude muset přijmout opatření ke zvýšení únosnosti v úsecích vymezených nejbližšími kontrolními body, v termínu do 6 měsíců a uvědomí ÚCL. Na základě provedené analýzy hodnot CBR provozovatel letiště přijme další opatření v rámci SMS včetně např. případného omezení některých typů letadel používajících letiště.

III. Nedosažení požadované hodnoty CBR v rozsahu do 75 % kontrolních bodů

Pokud je hodnota CBR pod požadovanou úrovní a počet kontrolních bodů s těmito hodnotami je více jak 50 %, ale méně jak 75 %, provozovatel letiště bude muset přijmout opatření ke zvýšení únosnosti v úsecích vymezených nejbližšími kontrolními body, v termínu do 3 měsíců a uvědomí ÚCL. Na základě provedené analýzy hodnot CBR provozovatel letiště přijme další opatření v rámci SMS včetně omezení některých typů letadel používajících letiště.

IV. Nedosažení požadované hodnoty CBR v rozsahu nad 75 % kontrolních bodů

Pokud je hodnota CBR pod požadovanou úrovní a počet kontrolních bodů s těmito hodnotami je více jak 75 %, provozovatel letiště musí dotčenou dráhu uzavřít pro provoz a ihned uvědomit ÚCL. ÚCL rozhodne o dalším postupu do 10 pracovních dnů od doručení.

6. Přínos metodiky

Tato metodika je souhrnem systémových opatření, jak provádět monitoring únosnosti povrchu pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy (RESA), a jak tuto únosnost dlouhodobě udržovat (např. válcováním) na letištích se zpevněnou dráhou (RWY). Mimo jiné řeší, jak provádět rekognoskaci půdních typů a půdních druhů pod těmito plochami a návrh rozmístění kontrolních bodů na zájmovém území.

Dále je v této metodice uveden postup pro dlouhodobý kontinuální monitoring nasycenosti povrchových vrstev vodou, který je důležitý, jak pro stanovení vhodných období pro zvýšení jejich únosnosti válcováním, tak i pro identifikaci kritických období, kdy je únosnost těchto ploch vlivem zvýšené vlhkosti minimální. V neposlední řadě tato metodika poskytuje návod, jak určit typ válce a počet přejezdů pro dané letiště, jak určit optimální vlhkost povrchové vrstvy pro provádění hutnění na daném letišti, jak efektivně měřit únosnost povrchu pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy (RESA) na letištích se zpevněnou dráhou (RWY) pomocí statické penetrace přenosným přístrojem (např. Penetrologgerem CBR).

Postupy uvedené v této metodice jsou obecně platné a tudíž aplikovatelné pro monitoring a zvýšení únosnosti povrchu pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy RESA na všech letištích ČR.

7. Srovnání novosti zde uvedených postupů

V současné době v ČR/EU neexistuje metodika, která by se zabývala stanovením únosnosti (CBR) povrchu pásu RWY a koncové bezpečnostní ploše (RESA) na letištích se zpevněnou dráhou (RWY), jejíž vyhlášená délka přerušného vzletu (ASDA) je větší než 699 m a které jsou využívány letadly s MTOW vyšší než 5 700 kg.

8. Popis uplatnění metodiky

Metodika pro ověření únosnosti stanovením CBR (California Bearing Ratio) se bude vztahovat na letiště se zpevněnou dráhou (RWY), jejíž vyhlášená délka přerušeno vzletu (ASDA) je větší než 699 m, a které jsou využívány letadly s MTOW vyšší než 5 700 kg. V pochybnostech ze strany provozovatele nebo na vyžádání ze strany orgánů státního dozoru ve věci únosnosti pásu RWY či RESA, musí být tato metodika přiměřeně respektována i u ostatních letišť.

9. Ekonomické aspekty

Tato metodika přináší návod, jak efektivně měřit únosnost povrchu pásu RWY a koncové bezpečnostní plochy (RESA) na letištích se zpevněnou dráhou (RWY) pomocí statické penetrace přenosným přístrojem (např. Penetrologgerem CBR), který umožňuje plošné zmapování únosnosti těchto ploch.

To umožňuje razantní snížení nákladů a času, který by musel být věnován standardnímu terénnímu měření CBR, kdy jedno měření trvá přibližně 16 minut a jeho cena se řádově pohybuje okolo tisíce Kč. Proti tomu penetrometrické měření statickou penetrací přenosným přístrojem (např. Penetrologgerem CBR) trvá řádově do 1 minuty a jeho cena je v řádu jednotek korun, maximálně desítek Kč, (podle počtu měření na dané lokalitě). Zkrácením doby, která je nutná pro měření únosnosti pásu RWY a koncových bezpečnostních ploch (RESA) se sníží náklady spojené s uzavřením RWY v době měření.

Metodika dále popisuje, jak lze zvýšit únosnost výše uvedených ploch jejich válcováním silničním válcem, aniž by bylo nutné na těchto plochách provádět nákladné stavební úpravy.

Hlavním přínosem této metodiky při její aplikaci na letištích se zpevněnou dráhou (RWY) je snížení rizika tragických nehod letadel v případě jejich vyjetí z dráhy (RE – Runway Excursion).

10. Dedikace

Tato metodika vznikla za finanční podpory TA ČR v rámci řešení projektu TB0500MD001, Stanovení standardu údržby vymezených druhů letištních ploch a vytvoření regulačního rámce pro prevenci a minimalizaci následků leteckých nehod při vyjetí z dráhy.

11. Oponentura

Oponentní posudky pro tuto metodiku zpracovali:

Ing. Vít Málek, Safety manažer letiště Pardubice, (East Bohemian Airport, a.s. Pražská 179
530 06 Pardubice, Tel: +420 466 301 633)

Mgr. Přemysl Urban, (GEMATEST s.r.o., Dr. Janského 954, 252 28 Černošice, Praha západ)

12. Seznam použité literatury

1. ČSN 736186, 2011. Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti a okamžitého indexu únosnosti n situ. Leden 2011, ÚNMZ.
2. ČSN 721006, 2015. Kontrola zhutnění zemin a sypanin. Červen 2015, ÚNMZ.
3. ČSN EN 13286-2, 2011. Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška. Březen 2011, ÚNMZ
4. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 1: Směsi z kameniva stmelené cementem Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 1: Cement bound granular mixtures Třídící znak: 736156, Vydána: 11.2013 Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 450 kB Údaje k tisku Náhled ČSN EN 14227-15 platna Kat. čís.: 500233
5. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 15: Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 15: Hydraulically stabilized soils Třídící znak: 736156, Vydána: 7.2016 Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 350 kB Údaje k tisku Náhled ČSN EN 14227-2 platna Kat. čís.: 94251
6. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 2: Směsi z kameniva stmelené struskou Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 2: Slag bound granular mixtures Třídící znak: 736156, Vydána: 11.2013 Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 834 kB Údaje k tisku Náhled ČSN EN 14227-3 platna Kat. čís.: 94252
7. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 3: Směsi z kameniva stmelené popílkem Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 3: Fly ash bound granular mixtures Třídící znak: 736156, Vydána: 11.2013 Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 874 kB Údaje k tisku Náhled ČSN EN 14227-4 platna Kat. čís.: 94259
8. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 4: Popílký pro směsi stmelené hydraulickými pojivy Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 4: Fly ash for hydraulically bound mixtures Třídící znak: 736156, Vydána: 11.2013 Je harmonizovaná/určená Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 312 kB Údaje k tisku Náhled ČSN EN 14227-5 platna Kat. čís.: 94099
9. ČSN EN 14227-1, 2013, Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 5: Směsi z kameniva stmelené hydraulickými silničními pojivy Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 5: Hydraulic road binder bound granular mixtures Třídící znak: 736156, Vydána: 11.2013 Způsob převzetí: překladPDF: PlnotextovéVelikost: 397 kB Údaje k tisku Náhled

10. Decagon Device, 2016a. 10HS soil water content sensor, Version: July 7, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.
11. Decagon Device, 2016b., MPS-6 Dielectric Water Potential Sensors, Version: May 9, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.
12. Decagon Device, 2016c., EM50/ EM50R/EM50G Operator's Manual, Version: March 4, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.
13. Delta-T Devices Ltd., 2013. User Manual for the ML3 ThetaProbe. Version: ML3-UM-1.0. Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK.
14. Eijkelkamp Soil & Water, 2013a. Soil coring kit for chemical soil research operating instruction. Eijkelkamp Soil & Water, Giesbeek, The Netherlands.
15. Eijkelkamp Soil & Water, 2013b. Penetrologger operating instruction. Eijkelkamp Soil & Water, Giesbeek, The Netherlands.
16. Flint, A. L., Flint, L. E., 2002. Particle density. In: Dane, J. H., Topp, G. C. (Eds.): Methods of Soil Analysis, Part 4 – Physical Methods. Soil Science Society of America: pp 229–240.
17. ISO 10390, 1994. Standard of Soil Quality – Determination of pH. International Organization of Standardization, Geneva.
18. Munsell Color, 2009. Munsell soil-color charts with genuine Munsell color chips. Munsell Color, Grand Rapids, MI, USA.
19. Soilmoisture Equipment Corp., 2009. 15 Bar Pressure Plate Extractor, Operating Instructions. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA.
20. Soilmoisture Equipment Corp., 2008. 1600 5 Bar Ceramic Plate Extractor, Operating Instructions. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA.
21. UMS (2015): Manual HYPROP, Version 2015-01, 96 pp. UMS GmbH, Gmunder Straße 37, Munich, Germany.
22. Zbiral, J., 2002. Analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 197 s.
23. Zbiral, J., Honsa, I., Malý, S., 2004. Analýza půd III. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 199 s.

13. Seznam předcházejících publikací autorů

1. Kočárek, M., Kodešová, R. (2012): Influence of temperature on soil water content measured by ECH2O-TE senzore. *International Agrophysics*, 26 (3), 259-269.
2. Kodešová, R., Fér, M., Klement, A., Nikodem, A., Teplá, D., Neuberger, P., Bureš, P. (2014): Impact of various surface covers on water and thermal regime of Technosol. *Journal of Hydrology*, 519, 2272–2288.
3. Kodešová, R., Kodeš, V., Mráz, A. (2011): Comparison of two sensors ECH2O EC-5 and SM200 for measuring soil water content. *Soil and Water Research*, 6 (2), 102-110.
4. Kodešová, R., Nikodem, A., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M. (2015): Metodika průzkumu hydropedologických podmínek na území ovlivněném vodní erozí. *Certifikovaná metodika. ČZU v Praze*, ISBN: 978-80-213-2601-9, pp 40.
5. Kodešová, R., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., Brodský, L. (2015): Metodika lokálního monitoringu půdních vlhkostí na zemědělských pozemcích ohrožených suchem. *Certifikovaná metodika. ČZU v Praze*, ISBN: 978-80-213-2547-0, pp 27.
6. Penížek, V., Zádorová, T., Kodešová, R., Klement, A. (2014): Metodika optimalizace vzorkovací sítě pomocí využití analýzy reliéfu pro popis prostorové variability půdních vlastností v rámci půdních bloků. *Certifikovaná metodika. ČZU v Praze*, ISBN: 978–80–213–2533–3, pp 41.
7. Mráz, A, Kodešová, R., Boháč, J., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., (2016): Rekognoskace půdních podmínek na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni, Ekotechnika spol. s r.o.
8. Mráz, A, Kodešová, R., Boháč, J., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., (2016): Rekognoskace půdních podmínek na letišti Brno - Tuřany, Ekotechnika spol. s r.o.
9. Mráz, A, Kodešová, R., Boháč, J., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., (2016): Rekognoskace půdních podmínek na letišti Karlovy Vary, Ekotechnika spol. s r.o.
10. Mráz, A, Kodešová, R., Boháč, J., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., (2016): Rekognoskace půdních podmínek na letišti Leoše Janáčka Ostrava - Mošnov, Ekotechnika spol. s r.o.
11. Mráz, A, Kodešová, R., Boháč, J., Jakšík, O., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., (2016): Rekognoskace půdních podmínek na letišti Pardubice, Ekotechnika spol. s r.o.

14. Přílohy

Příloha 1. – Metody a přístroje pro měření hydraulických vlastností

Název Přístroje	Popis	Odkaz na manuál	Technická specifikace
Extraktor F2 15 bar	Stanovení retenčních čar	http://www.ekotechnika.cz/uploaded/files/1501F1_2009_9_1501F1_Pressure_plate_extractor_manual_062015.pdf#page=1	Tlak 0 – 15 bar, rozměry: výška 10 cm, průměr 30
Extraktor 1600	Stanovení retenčních čar	http://www.ekotechnika.cz/uploaded/files/1600_2008_5_1600_Pressure_plate_extractor.pdf	Tlak 0 – 5 bar, rozměry: výška 22 cm, průměr 30 cm
HYPROP	Stanovení pf křivek	http://www.ums-muc.de/assets-ums/009UG.pdf	– 2,5 bar, přesnost: +/- 0,015 bar

Příloha 2. – Senzory a datalogery pro monitoring režimu půdní vody

Název přístroje	Popis	Odkaz na manuál	Technická specifikace
MPS-6	Dielektrický senzor matričního potenciálu půdy	http://manuals.decagon.com/Manuals/13755_MPS-2and6_Web.pdf	Rozsah měření: -9 až -100 000 kPa., teplotní senzor s rozsahem -40 až +60 °C.
10HS	Vlhkostní čidlo	http://manuals.decagon.com/Manuals/13508_10HS_Web.pdf	Rozsah měření ϵ : 1 (vzduch) do 50, VWC: 0-0.57 m ³ /m ³ (0-57% VWC)
Datalogger Em50 nebo Em50G	Datalogger pro ukládání dat s variantou dálkového přenosu	http://manuals.decagon.com/Manuals/13453_Em50_Web.pdf	Ochranný obal proti UV záření a vlhkosti IP 55 o rozměrech 12,7 x 20,3 x 5,1 cm, čtení dat v intervalech 5 minut až 24 hodin
Waterlogger EWS 2	Datalogger pro ukládání dat s variantou dálkového přenosu		

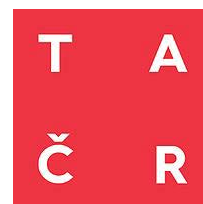
Příloha 3. – Doporučení pro výběr válce pro hutnění a zhutňovací zkoušku pro konkrétní letiště

Typ	Zeminový
Válec/běhoun	Hladký ocelový nebo ježkový (vhodnost se musí ověřit polní zhutňovací zkouškou, a to i s ohledem na požadovaný vegetační kryt)
Počet válců/běhounů	2 nebo 1 (zadní náprava pneumatiková)
Hmotnost (celková)	7-15 tun (výběr je nutné ověřit polní zhutňovací zkouškou)
Vibrace	Ano (vhodnost použití vibrací je nutné ověřit polní zhutňovací zkouškou)

Pro jíl lze orientačně za nejvhodnější hutnicí prostředek považovat ježkový válec, a to zpravidla bez vibrací. Pro písek válec s hladkým ocelovým běhounem nebo válec pneumatikový. Pro čisté písky nebo štěrky jsou výhodné vibrace. Pro přechodné typy směsných zemin lze zpravidla použít hladký běhoun nebo pneumatikový válec. Pro ověření typu válce, použití vibrací a počtu pojezdů je však třeba vždy pro konkrétní zeminu provést polní zhutňovací zkoušku.

Příloha 4. – Zatížení vyvolané jednotlivými typy A/C

A / C	k.č.	zatížení (jedné) hlavní podvozkové nohy (%)	Tlak v pneumatice	
			MPa	psi
A 310 – 300	4	47,2	1,19	173
A 320 – 200	4	46,9	1,22	177
A 321 – 200	4	47,5	1,46	212
A 330 – 323	4	47,9	1,42	206
A 340	4	39,8	1,42	206
A 380	4	19,0	1,47	213
AN 124	4	47,5	1,03	150
ATR 42	2	47,5	0,72	104
ATR 72	3	47,5	0,79	114
B 717	3	47,5	1,1	160
B 737 – 800	4	47,5	1,47	213
B 747 – 400	4	23,8	1,38	200
B 757	4	47,5	1,24	180
B 767 – 300	4	47,5	1,38	200
B 777 – 300	4	47,5	1,48	215
Bae 146	3	47,5	1,1	160
BEECH 300	2	45,6	0,73	106
BEECH 400	2	47,5	0,86	125
BEECH 55	1	47,5	0,39	56
C – 130	2	47,5	0,67	96
C – 160	2	47,5	0,38	55
C – 17A	4	47,5	0,95	138
C – 5A	4	23,8	0,73	106
CESSNA 510	2	47,5	0,69	100
CESSNA 550	2	47,5	0,69	100
CESSNA 680	2	47,5	1,16	168
DASH 8	2	47,5	0,9	131
DC – 10	4	39,0	1,22	177
DC – 8	4	47,5	1,32	191
DO 328	3	46,4	1,13	164
EMB 145	4	47,5	0,9	130
GULF 550	4	47,5	1,37	198
IL – 76	4	47,0	0,64	93
IL – 86	4	31,2	0,88	128
KC – 135	4	47,5	1,38	200
LEARJET 60XR	3	47,5	1,24	180
MD – 11	4	39,0	1,38	200
MD – 88	4	47,9	1,14	165
SAAB 340	3	47,5	0,82	119
TU – 2X4	4	47,5	1,38	200



Příloha 5. – Rekognoskace půdních podmínek na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni

Rekognoskace půdních podmínek na letišti Václava Havla v Praze Ruzyni

Ing. Ondřej Jakšík, Ph.D.

Ing. Antonín Nikodem, Ph.D.

Ing. Miroslav Fér, Ph.D.

Ing. Aleš Klement, Ph.D.

Prof. Ing. Radka Kodešová, CSc.

Ing. Jan Boháč, CSc.

Ing. Arnošt Mráz, CSc.

Praha 2016

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

OBSAH

1. DOSTUPNÉ PODKLADY	3
1.1 Geologické poměry.....	3
1.2 Půdní poměry	3
2. PŘEHLED APLIKOVANÝCH METOD.....	5
2.1 Charakteristika půdních poměrů na daném území	5
2.1.1 Rekognoskace půdních poměrů pomocí vpichových sond.....	5
2.1.2 Hodnocení charakteristik na neporušených půdních vzorcích.....	7
2.1.3 Penetrometrická měření	8
2.2 Charakteristika půdních poměrů v místě kontinuálního monitoringu vodního režimu v půdním profilu.....	8
2.2.1 Popis půdního profilu v místě instalace senzorů pro měření vodního režimu.....	8
2.2.2 Instalace senzorů pro měření půdní vlhkosti a tlakové výšky	9
2.2.3 Půdní charakteristiky povrchového horizontu	9
2.2.4 Stanovení zhutnitelnosti zeminy odebrané z povrchového horizontu – laboratorní experiment.....	9
2.2.5 Posouzení zhutnitelnosti zeminy a únosnosti povrchového horizontu – polní experiment	9
3. VÝSLEDKY	10
3.1 Výsledky – půdní poměry na území.....	10
3.1.1 Popis půdních jednotek v místě vpichových sond.....	10
3.1.2 Objemové hmotnosti, pórovitosti a retenční čáry půdních vlhkostí ve vybraných místech vpichových sond	11
3.1.3 Únosnost půdy podél drah	13
3.2 Výsledky – charakteristiky na experimentální ploše	20
3.2.1 Popis půdní jednotky	20
3.2.2 Monitorované půdní vlhkosti, tlakové výšky a teploty	20
3.2.3 Základní půdní vlastnosti povrchové vrstvy půdy	23
3.2.4 Zhutnitelnost zeminy – výsledky laboratorních zkoušek.....	24
3.2.5 Zhutnitelnost zeminy – výsledky polních testů	25
4. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	34
5. POPIS PŮDNÍCH PROFILŮ V MÍSTECH VPICHOVÝCH SOND.....	35
6. LITERATURA.....	54

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

1. Dostupné podklady

1.1 Geologické poměry

Mapové podklady popisující geologické poměry lokality (obr. 1) byly převzaty od České geologické služby (ČGS) a jsou dostupné na adrese <http://www.geology.cz/>. Dominantním půdotvorným substrátem v areálu letiště a jeho širším okolí jsou spraše a sprašové hlíny, místy se pak nacházejí příměsi opuky.



Obrázek 1. Geologická mapa 1:50 000 pro letiště Praha - Ruzyně (Zdroj: ČGS).

1.2 Půdní poměry

Dostupné informace o půdních poměrech v areálu (obr. 2) a jeho okolí byly převzaty ze systému LPIS spravovaného Ministerstvem zemědělství (MZe). Pětimístný kód popisu (BPEJ) prvním číslem definuje klimatický region (KR: 0–9), další dvojčíslí popisuje hlavní půdní jednotku (HPJ), čtvrté číslo vyjadřuje kombinaci skeletovitosti a hloubky půdy a páté číslo popisuje kombinaci sklonu terénu a jeho expozici. V tabulce 1 je uveden popis přítomných dominantních hlavních půdních jednotek.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 2. Výřez půdní mapy ze systému LPIS pro letiště Praha - Ruzyně (Zdroj: MZe).

Tabulka 1. Význam kódů BPEJ pro letiště Praha - Ruzyně a okolí.

Lokalita	BPEJ	Půdní typ	Substráty
Praha-Ruzyně	2.10.00	hnědozem modální (HNm), hnědozem modální slabě oglejená (HNmg')	spraše; spraše a solifukční sedimenty s vysokým podílem slínového detritu (tzv. bílé spraše); sprašové hlíny
	2.25.04	kambizem modální eu- až mesobazická (KAme', KAma'), kambizem vyluhovaná eu- až mesobazická (KAve', KAva'), kambizem pelická (KAp - výjimečně) - včetně slabě oglejených variet	křídové opuky a tvrdé slínovce v českém masivu; křídové vápnité pískovce v Českém masivu; převážně jílovité sedimenty mořského neogenu; silně vápnité pískovce karpatského flyše
	2.02.00	černozem luvická (CEI), černozem luvická slabě oglejená (CEIg')	všechny pevné sedimenty
	2.37.16	kambizem litická (KA _t), kambizem rankerová (KA _s), ranker modální (RN _m), pararendzina litická (PR _t) - půdní typy s omezenou hloubkou půdního profilu do 30 cm	všechny pevné sedimenty

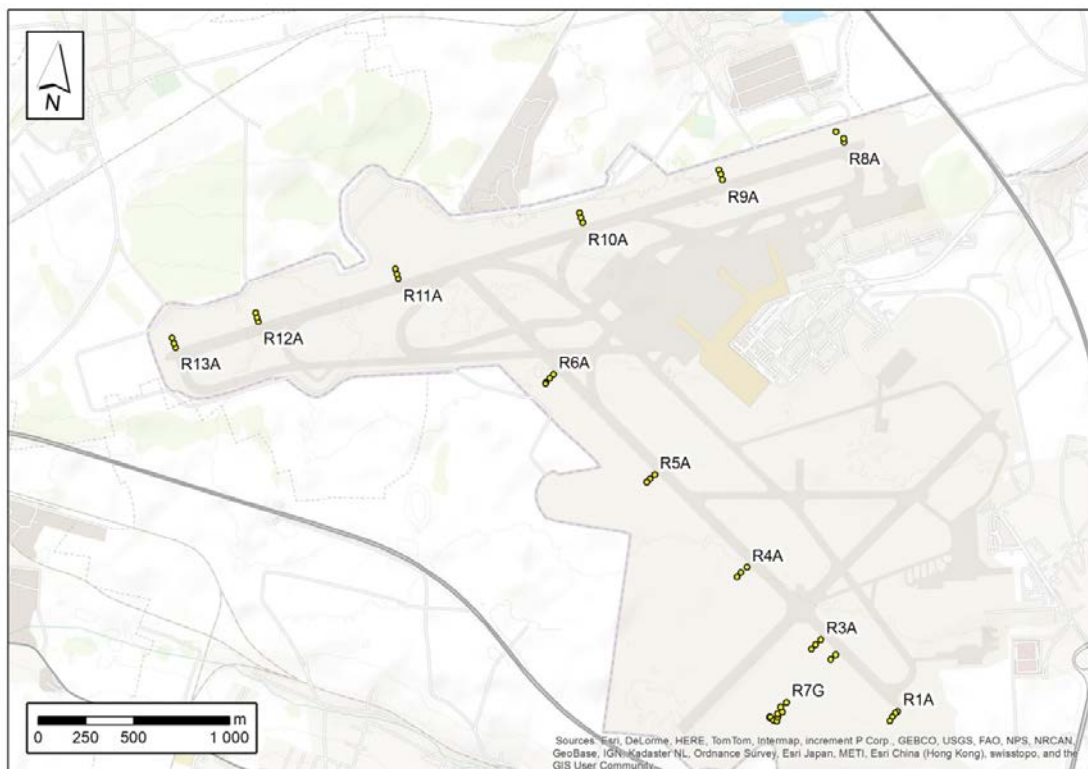
2. Přehled aplikovaných metod

2.1 Charakteristika půdních poměrů na daném území

2.1.1 Rekognoskace půdních poměrů pomocí vpichových sond

Půdní rekognoskace byla uskutečněna podél jednotlivých drah s cílem určit prostorovou variabilitu půdních podmínek na daných lokalitách a na plochách vybraných pro kontinuální monitoring vodního režimu půd a pro stanovení zhutnitelnosti zeminy v laboratorních, popřípadě terénních podmínkách. Vzorkování podél dráhy bylo prováděno ve dvou až tříbodových transektech kolmých na hranu dráhy s cílem zhodnotit změnu půdního profilu v závislosti na vzdálenosti od dráhy (obr. 3 a 4). Vpichové sondy byly provedeny pomocí žlábkových vrtáků (Eijkelkamp Soil & Water, 2013a) do maximální hloubky 100 cm. Byla určena mocnost a základní vlastnosti jednotlivých diagnostických horizontů. Byla určena barva pomocí srovnávacích barevných Munsellových tabulek (Munsell Color, 2009). Aplikací zředěné kyseliny chlorovodíkové (10% HCl) byl posouzen obsah uhličitánů (Zbiral, 2002). Pohmatem byly orientačně stanoveny zrnitostní frakce. Vizuálně pak byl ohodnocen obsah skeletu (tj. částice s průměrem větším než 2 mm), jeho druhy a charakter, poměr barev a jejich zastoupení v případě mramorování, skvrn, povlaků, druh organické hmoty, hloubka prokořenění, novotvary, příměsi, struktura půdy atd. Na základě těchto údajů byl určen půdní typ.

Vzorky z vpichových sond jsou pojmenovány trojdílným kódem, kde první písmeno popisuje lokalitu původu vzorku (**R** = Praha - Ruzyně), následuje číslo (**1** až **13**) určující transekt, případně experimentální plochu a poslední písmeno určuje v transektech vzdálenost od hrany dráhy (**A** – 10 m, **B** – 40 m a **C** – 70 m), případně polohu sondy na experimentální ploše.



Obrázek 3. Topografická mapa letiště Praha - Ruzyně s polohou vpichových sond.



Obrázek 4. Ortofoto mapa letiště Praha - Ruzyně s polohou vpichových sond.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

2.1.2 Hodnocení charakteristik na neporušených půdních vzorcích

Ve vybraných transektech a na místě určeném pro zhutňovací zkoušky (obr. 5) byly z hloubky 10–15 cm odebrány neporušené půdní vzorky o objemu 100 cm³. Na neporušených půdních vzorcích byly pomocí přetlakového aparátu (Soilmoisture Equipment Corp., 2009) změřeny retenční čáry půdních vlhkostí. Tlakové výšky byly nastaveny na hodnoty: -40, -100, -300, -700, -2 000, -5 000, -8 000 a -15 000 cm. Půdní vlhkosti byly stanoveny gravimetricky z hmotností vzorků odpovídajících daným tlakovým výškám a hmotností vzorků vysušených při teplotě 105°C po ukončení experimentu v přetlakovém aparátu. Experimentální body byly proloženy rovnicí van Genuchtena (1980):

$$\theta_e = \frac{l}{\left(1 + |\alpha h|^n\right)^m}, \quad h < 0 \quad (1)$$

$$\theta_e = 1, \quad h \geq 0$$

kde h [L] je tlaková výška, α [L⁻¹], n [-], m [-] a l [-] jsou parametry a θ_e [-] je efektivní vlhkost:

$$\theta_e = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (2)$$

kde θ [L³L⁻³] je objemová vlhkost, θ_r [L³L⁻³] je reziduální vlhkost a θ_s [L³L⁻³] je nasycená vlhkost. Dále byly změřeny objemové hmotnosti jako poměr hmotnosti vysušené zeminy a objemu válečku. Pórovitost byla vypočtena z hodnoty objemové hmotnosti a specifické hmotnosti půdních částic (2,50 g cm⁻³).

Označení vzorků a výsledků pro jednotlivé vzorky odpovídá značení vpichových sond a je dáno číslem transektu nebo plochy, polohou v transektu (A, B, C) nebo na experimentální ploše, pořadím odebraného válečku na daném místě (a, b, c).



Obrázek 5. Lokalizace odběru neporušených půdních vzorků (NPV) na letišti Praha - Ruzyně.

2.1.3 Penetrometrická měření

Únosnost povrchové půdní vrstvy byla posouzena pomocí penetrolgeru (Eijkelkamp Soil & Water, 2013b). Měření byla realizována v místech vpichových sond. Počet bodů byl dále rozšířen o doplňkové transekty, které byly vloženy mezi transekty původní. Místa byla lokalizována pomocí přístroje GPS, následně byl instalován senzor ThetaProbe (Delta-T Devices, 2013) pro měření vlhkosti půdy (0–7 cm) a byla provedena měření pomocí penetrolgeru do hloubky 20 cm. Místa, ve kterých nebylo díky velkému odporu půdy dosaženo alespoň hloubky 15 cm, jsou v mapových výstupech indikována bílými body s popisem STOP. Při výpočtech a v grafech zobrazujících průběh CBR podél jednotlivých drah pak byly chybějící hodnoty nahrazeny hodnotou CBR = 20.

2.2 Charakteristika půdních poměrů v místě kontinuálního monitoringu vodního režimu v půdním profilu

2.2.1 Popis půdního profilu v místě instalace senzorů pro měření vodního režimu

V místě instalace čidel pro kontinuální monitoring vodního režimu v půdním profilu byla vykopána půdní sonda do hloubky 80 cm. Byly vyhodnoceny základní půdní znaky a stanoven půdní typ podobně jako v případě vpichových sond.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

2.2.2 Instalace senzorů pro měření půdní vlhkosti a tlakové výšky

V hloubce 15 cm byly instalovány 2 senzory vlhkosti půdy 10HS (Decagon, 2016a) pro měření půdní vlhkosti a teploty, 2 senzory sacích tlaků MPS-6 (Decagon, 2016b) pro měření tlakových výšek (sacích tlaků) a byly instalovány 2 tenziometry T8 (UMS, 2011). Pro ukládání dat byl použit datalogger EM50 (Decagon, 2016c) a EasyLog (Lascar Electronics, 2016) pro tenziometry T8 a senzory vlhkosti půdy 10HS.

2.2.3 Půdní charakteristiky povrchového horizontu

Základní půdní charakteristiky povrchové půdní vrstvy na ploše určené pro zhutňovací experimenty (nacházející se v blízkosti instalace senzorů pro měření vodního režimu) byly stanoveny na homogenizovaném porušeném půdním vzorku odebraném z hloubky 10–20 cm. Zemina byla odebrána na vymezené experimentální ploše v několika bodech, čímž vznikl směsný vzorek v množství přibližně 25 kg. Po převozu do laboratoře byl vzorek sušen při standardní laboratorní teplotě.

Zrnitostní rozbor byl proveden pomocí hustoměrné metody (Zbíral a kol., 2004) na frakci do velikosti 2 mm. Pyknometricky byla změřena specifická hmotnost půdních částic (Flint a Flint, 2002). Potenciometricky (ISO, 10390, 1994) bylo změřeno aktivní a výměnné pH. Modifikovanou Tjurinovou metodou (Zbíral a kol., 2004) byl vyhodnocen obsah oxidovatelného organického uhlíku. Konduktometricky byl stanoven obsah rozpustných solí (Rhoades, 1996).

2.2.4 Stanovení zhutnitelnosti zeminy odebrané z povrchového horizontu – laboratorní experiment

Na směsném vzorku byla podle ČSN EN 13286-2 (Př. NB – Metoda B – Proctor standard) vyhodnocena zhutnitelnost zeminy. Byl graficky vyjádřen vztah mezi výslednou objemovou hmotností a hmotnostní vlhkostí. Dále byla vyhodnocena maximální možná objemová hmotnost při hutnění a odpovídající optimální vlhkost.

2.2.5 Posouzení zhutnitelnosti zeminy a únosnosti povrchového horizontu – polní experiment

Cílem experimentu bylo posoudit optimální polní vlhkoštní podmínky pro hutnění rostlé půdy a optimální způsob hutnění (tj. počet přejezdů, hutnění s a bez vibrace). Na místě určeném pro polní zhutňovací zkoušku bylo vytyčeno 6 obdélníkových ploch (viz schéma na obr. 6). Plochy označené jako závlaha 1 (vlhká) a závlaha 2 (nasyčená) byly následně zavlaženy tak, aby byla půda provlhlá minimálně do hloubky 25 cm. Na každou plochu bylo aplikováno 6 m³ vody. Plochy označené jako kontrolní (suchá), byly ponechány za přirozené vlhkosti. Druhý den pak byly zavlaženy jen plochy označené závlaha 2 (nasyčená). Na závlahu byla použita stejná dávka jako předešlý den, tj. 6 m³ vody. Rovnoměrnost závlahy uvnitř pokusných ploch byla kontrolována pomocí plochých nádob se záchytnou plochou 660 cm², ve kterých byla průběžně měřena výška vodní hladiny. Na každé ploše byly diagonálně umístěny 3 záchytné nádoby. Třetí den byl proveden vlastní zhutňovací pokus.

Hutnění probíhalo pomocí zemního vibračního válce s jedním hladkým běhounem a zadní gumovou nápravou STAVOSTROJ VV1500D ve dvou variantách: a) bez vibrace (horní pás ploch v obrázku 6), b)

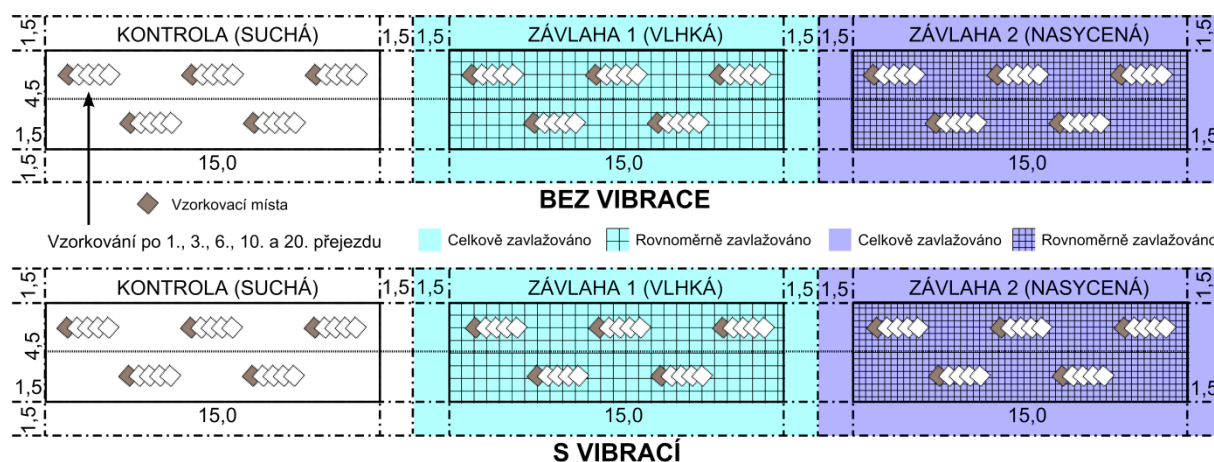
Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

s nízkým stupněm vibrace (dolní pás ploch). Počet přejezdů se zvyšoval nelineárně následujícím způsobem: 0, 1, 3, 6, 10, 20. Před hutněním (tj. 0 přejezdů) byly na každé ploše z hloubky 10–15 cm odebrány 3 neporušené půdní vzorky o objemu 100 cm³. V okolí odběrových míst bylo rovněž provedeno penetrometrické měření. Po jednotlivých zhutňovacích krocích pak bylo následně odebíráno 5 neporušených půdních vzorků a proveden stejný počet penetrometrických měření v jejich okolí.

Na odebraných neporušených půdních vzorcích byly gravimetricky stanoveny objemové a hmotnostní půdní vlhkosti, stupeň saturace a objemová půdní hmotnost. Byly vyhodnoceny závislosti objemové půdní vlhkosti a vlhkošních podmínek, které byly porovnány s laboratorními testy.



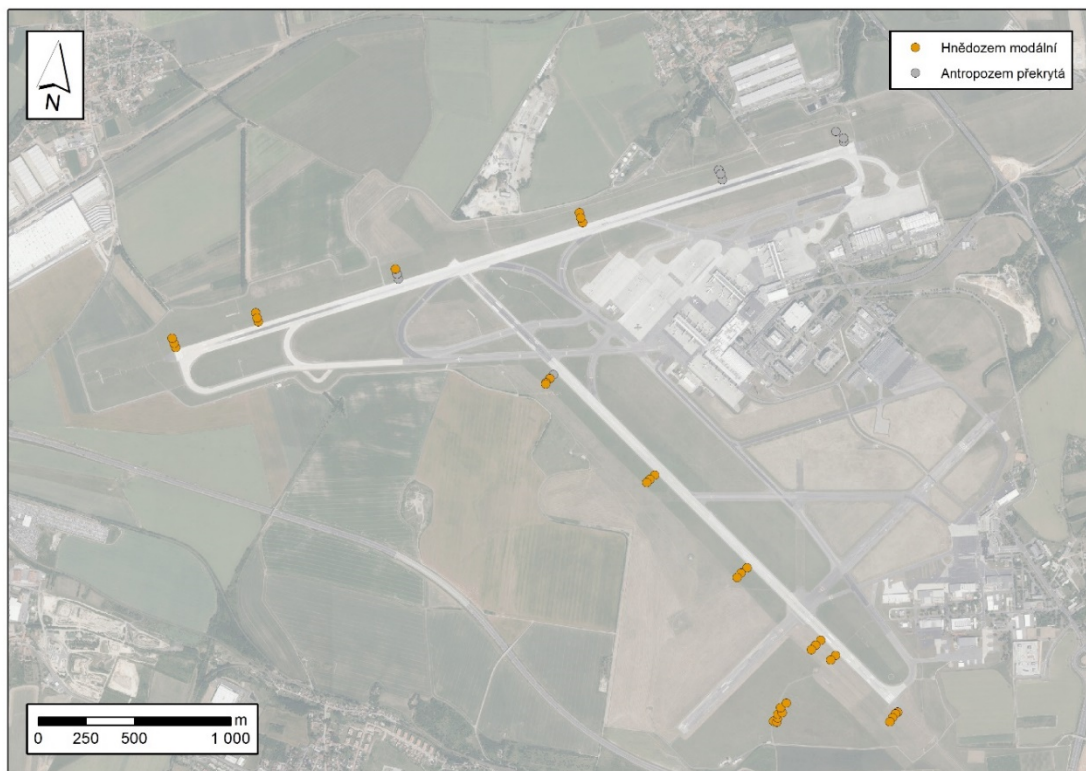
Obrázek 6. Plán rozložení pokusných hutnicích ploch.

3. Výsledky

3.1 Výsledky – půdní poměry na území

3.1.1 Popis půdních jednotek v místě vpichových sond

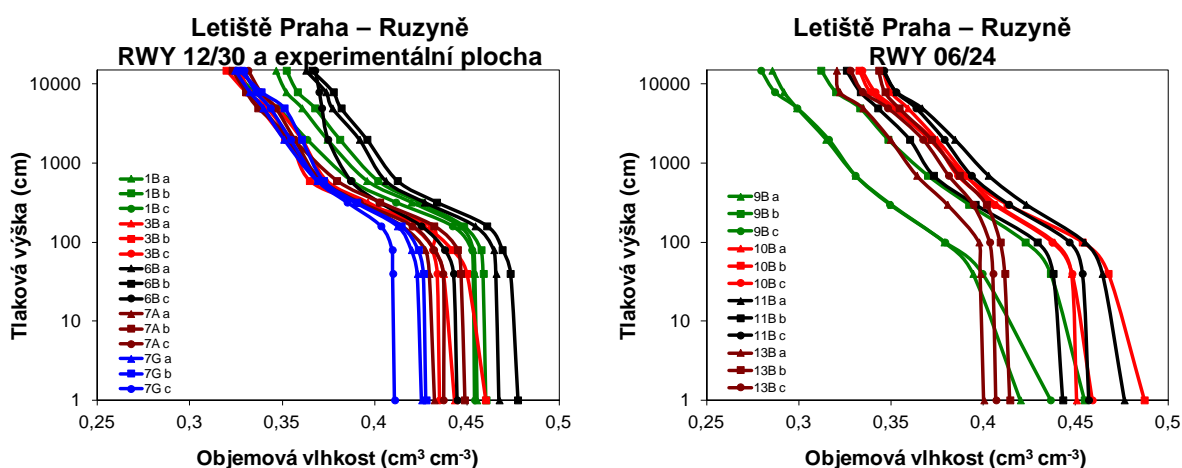
Podrobný popis půdních horizontů ve vpichových sondách je uveden v části 5 (Popis půdních profilů v místech vpichových sond). V obrázku 7 jsou zobrazeny půdní typy. Dominantním půdním typem je podle těchto podkladů hnědozem modální. Na místech, kde byly v minulosti provedeny výraznější modelace terénu, nebo byl přirozený půdní profil jinak narušen, byly půdy klasifikovány jako antropozemě.



Obrázek 7. Půdní typy v místech vpichových sond.

3.1.2 Objemové hmotnosti, pórovitosti a retenční čáry půdních vlhkostí ve vybraných místech vpichových sond

Výsledné průběhy retenčních čar půdních vlhkostí, jejich parametry, objemové hmotnosti a pórovitosti (obr. 8, 9 a tab. 2) ukazují velkou variabilitu pórového systému v povrchové vrstvě půdy.



Obrázek 8. Retenční čáry půdní vlhkosti (RČPV) na letišti Praha - Ruzyně RWY 12/30 a 06/24.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

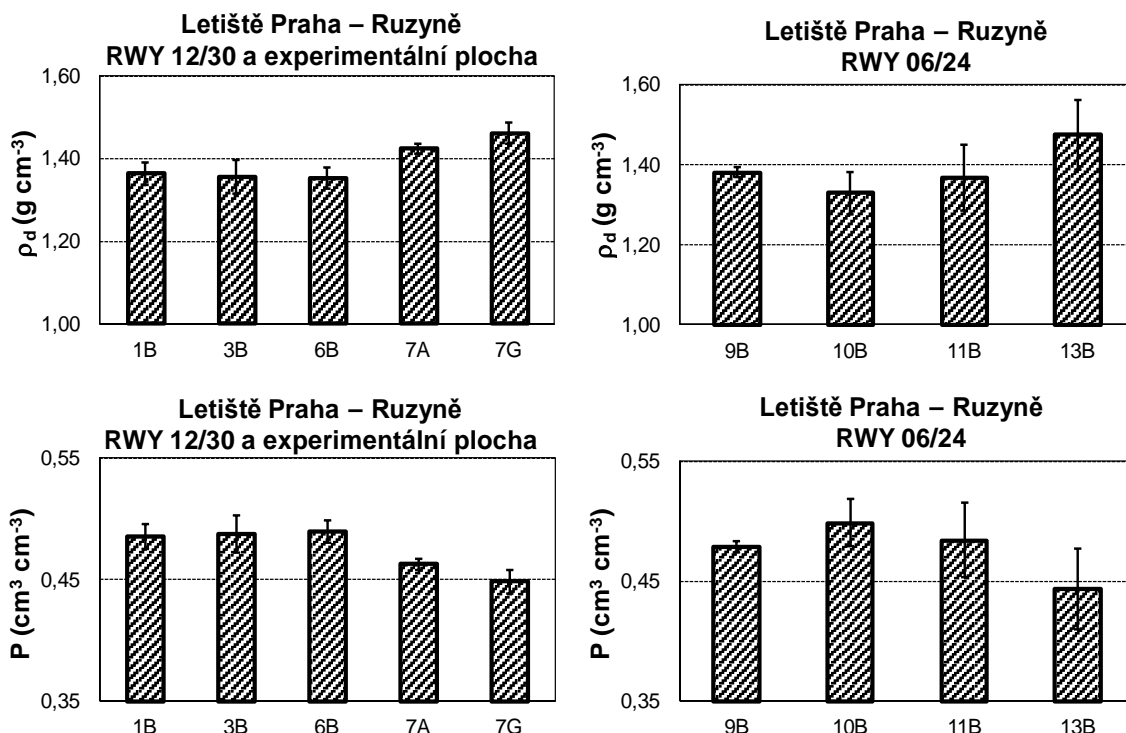
DIČ: CZ25147501

www.ekotechnika.cz

Bankovní spojení

GE Money Bank

210332150/0600



Obrázek 9. Objemové hmotnosti a pórovitosti na letišti Praha - Ruzyně RWY 12/30 a 06/24: průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (zobrazeno chybovou úsečkou).

Tabulka 2. Parametry hydraulických funkcí podle van Genuchtena: reziduální vlhkost půdy (θ_r), nasycená vlhkost půdy (θ_s), parametry α , n ; a hodnoty objemové hmotnosti (ρ_d) a pórovitosti (P).

	Místo	θ_r	θ_s	α	n	ρ_d	P
		($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	(cm^{-1})	(-)	(g cm^{-3})	($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
RWY 12/30	1B a	0,343	0,458	0,004	1,696	1,394	0,442
	1B b	0,346	0,463	0,0044	1,598	1,351	0,459
	1B c	0,313	0,4582	0,0046	1,516	1,344	0,463
	3B a	0,315	0,445	0,0074	1,431	1,375	0,450
	3B b	0,318	0,460	0,008	1,585	1,310	0,476
	3B c	0,330	0,437	0,0039	2,005	1,386	0,446
	6B a	0,363	0,470	0,005	1,667	1,354	0,458
	6B b	0,362	0,479	0,0056	1,573	1,327	0,469
	6B c	0,369	0,445	0,0056	2,125	1,377	0,449
experimentální plocha	7A a	0,317	0,434	0,0055	1,540	1,415	0,434
	7A b	0,315	0,451	0,0048	1,596	1,418	0,433
	7A c	0,333	0,440	0,0054	1,749	1,438	0,425
	7G a	0,319	0,427	0,0049	1,576	1,433	0,427
	7G b	0,314	0,431	0,0066	1,391	1,467	0,413
	7G c	0,321	0,413	0,0045	1,491	1,484	0,406
RWY 06/24	9B a	0,230	0,420	0,03	1,202	1,395	0,442
	9B b	0,232	0,455	0,0177	1,183	1,394	0,442
	9B c	0,177	0,438	0,0622	1,136	1,353	0,459
	10B a	0,322	0,453	0,008	1,351	1,327	0,469
	10B b	0,284	0,487	0,0154	1,262	1,313	0,475
	10B c	0,269	0,460	0,0135	1,201	1,347	0,461
	11B a	0,270	0,477	0,0124	1,191	1,365	0,454
	11B b	0,302	0,445	0,0084	1,353	1,393	0,443
	11B c	0,322	0,459	0,0076	1,351	1,342	0,463
	13B a	0,283	0,402	0,0041	1,285	1,485	0,406
	13B b	0,309	0,414	0,0025	1,320	1,462	0,415
	13B c	0,131	0,407	0,0025	1,095	1,477	0,409

3.1.3 Únosnost půdy podél drah

Penetrometrická měření byla provedena při rozdílných vlhkostech půdy (obr. 10 – 21). Dne 9. 6. 2016 (obě dráhy) byla měřena při vyšších půdních vlhkostech a ve dnech 5. 9. 2016 (24/06) a 12. 9. (30/12) při nižších vlhkostech půdy. Naměřené hodnoty CBR byly při vyšších vlhkostech znatelně nižší a vykazovaly větší variabilitu (což bylo zřejmě také dáno často zadanou konstantní hodnotou CBR = 20 v místech, kde nebylo penetrometrem dosaženo hloubky 15 cm v průběhu druhého měření). Nižší hodnoty CBR (tj. malá únosnost půdy) koresponduje s hodnotami nižší objemové hmotnosti vyhodnocené na neporušených půdních vzorcích (např. R10, R06).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 10. Prostorové rozložení vlhkosti půdy (% obj.) podél obou drah (09. 06. 2016).

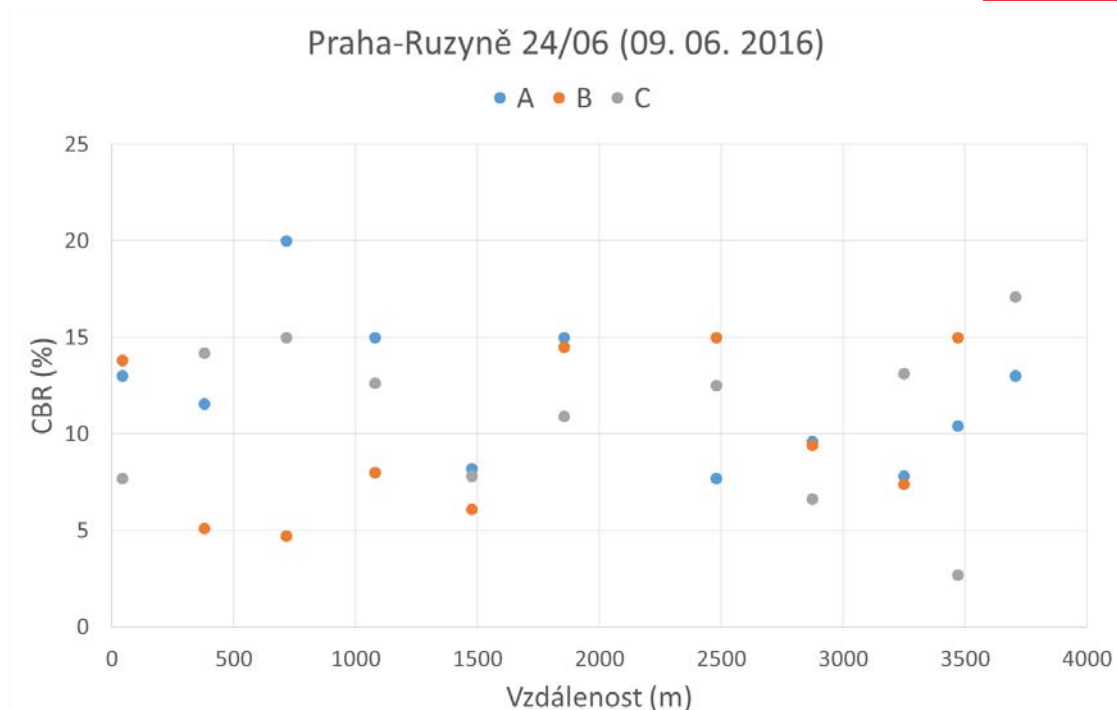


Obrázek 11. Prostorové rozložení CBR (%) podél obou drah (09. 06. 2016).

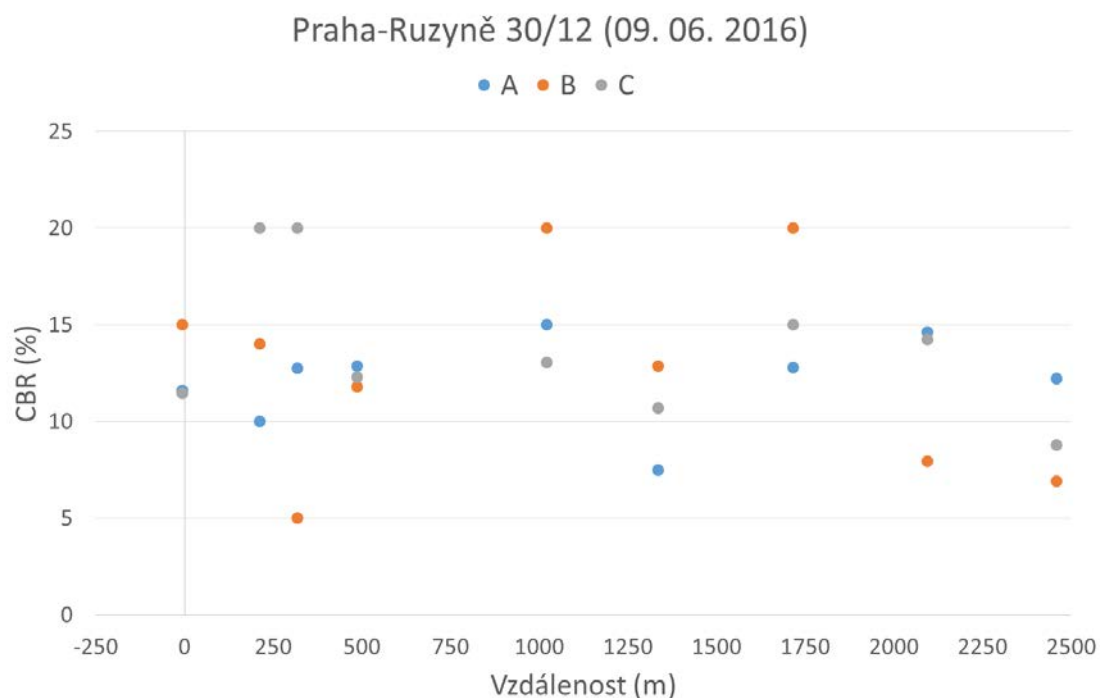
Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 12. Hodnoty CBR (%) podél dráhy 24/06 v kolmých transektech (a = 10 m, b = 40 m, c = 70 m).



Obrázek 13. Hodnoty CBR (%) podél dráhy 30/12 v kolmých transektech (a = 10 m, b = 40 m, c = 70 m).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 14. Prostorové rozložení vlhkosti půdy (% obj.) podél dráhy 24/06 (05. 09. 2016).



Obrázek 15. Prostorové rozložení CBR (%) podél dráhy 24/06 (05. 09. 2016).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

DIČ: CZ25147501

www.ekotechnika.cz

Bankovní spojení

GE Money Bank

210332150/0600



Obrázek 16. Prostorové rozložení vlhkosti půdy (% obj.) podél dráhy 30/12 (12. 09. 2016).



Obrázek 17. Prostorové rozložení CBR (%) podél dráhy 30/12 (12. 09. 2016).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

DIČ: CZ25147501

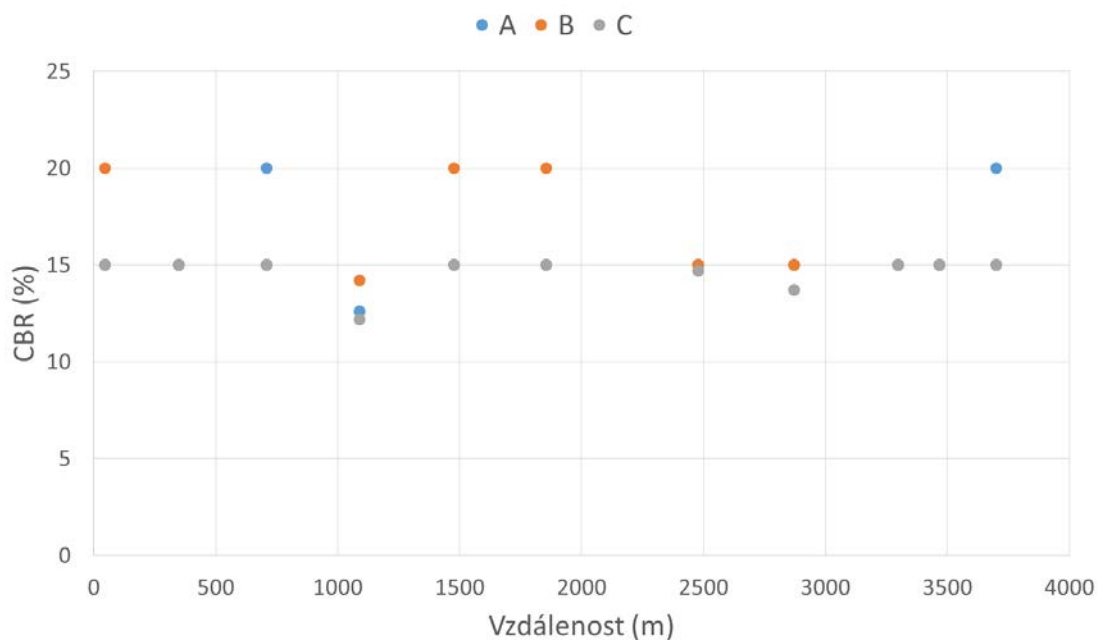
www.ekotechnika.cz

Bankovní spojení

GE Money Bank

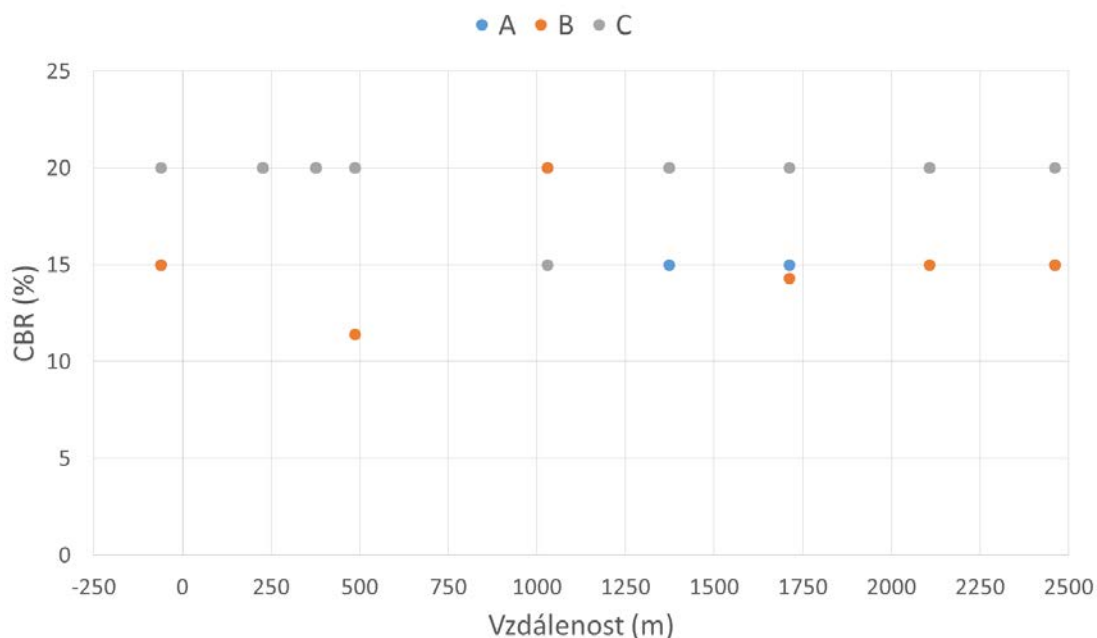
210332150/0600

Praha-Ruzyně 24/06 (05. 09. 2016)



Obrázek 18. Hodnoty CBR (%) podél dráhy 24/06 v kolmých transektech (a = 10 m, b = 40 m, c = 70 m).

Praha-Ruzyně 30/12 (12. 09. 2016)

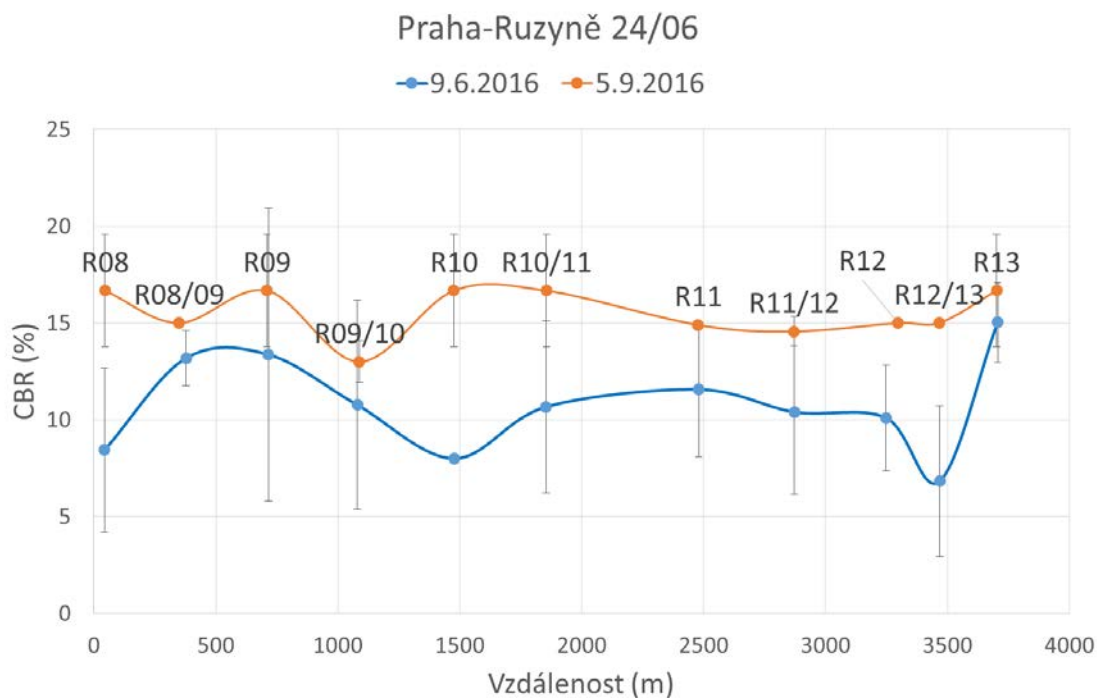


Obrázek 19. Hodnoty CBR (%) podél dráhy 30/12 v kolmých transektech (a = 10 m, b = 40 m, c = 70 m).

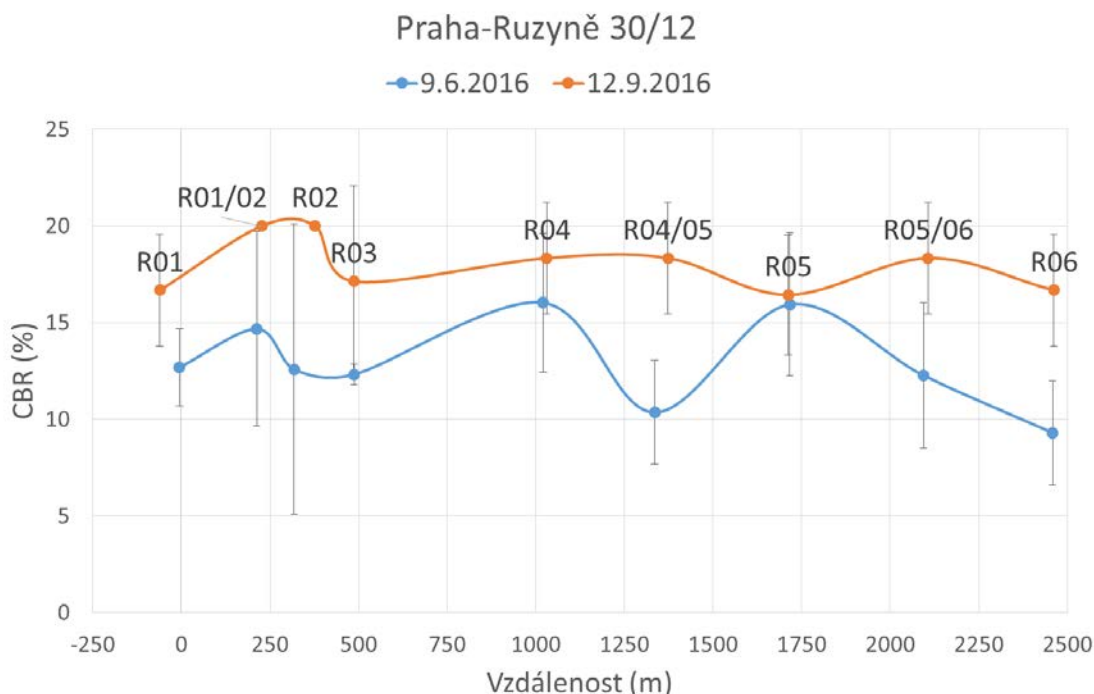
Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 20. Průměrné hodnoty CBR (%) v kolmých transektech podél dráhy 24/06 ve dnech 09. 06. a 05. 09. 2016.



Obrázek 21. Průměrné hodnoty CBR (%) v kolmých transektech podél dráhy 30/12 ve dnech 09. 06. a 05. 09. 2016.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.


Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

3.2 Výsledky – charakteristiky na experimentální ploše

3.2.1 Popis půdní jednotky

V tabulce 3 je zobrazen půdní profil v místě instalace přístrojů a jeho popis. Jedná se o hnědozem modální, což převážně odpovídá celkové charakteristice půdních podmínek na studovaném území.

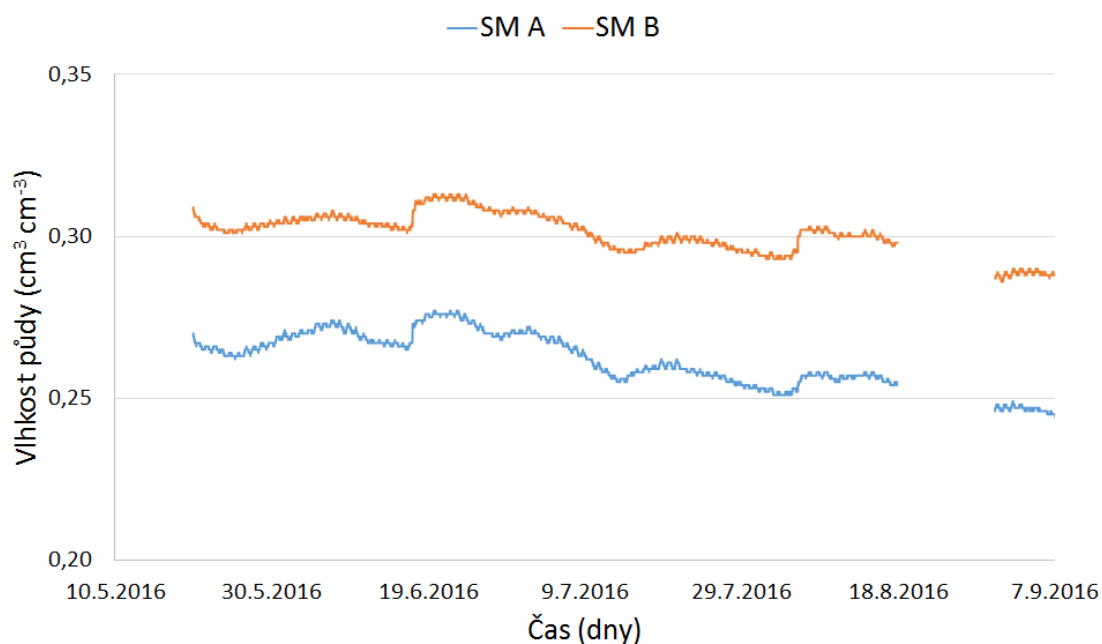
Tabulka 3. Popis půdního profilu.

Hnědozem modální	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
	Ad	0–12	10YR 4/3	H	–	0	
	A	12–37	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	37–57	10YR 4/6	jH	–	0	
	C	od 57	10YR 5/6	jH	–	0	

3.2.2 Monitorované půdní vlhkosti, tlakové výšky a teploty

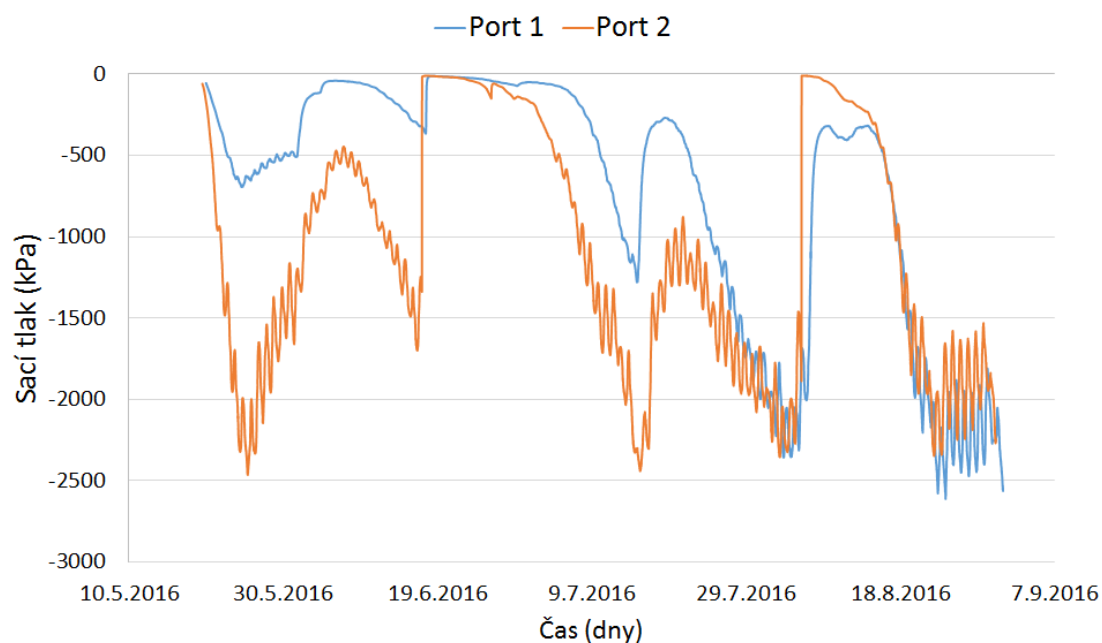
Obrázky 22, 23 a 24 ukazují naměřené hodnoty. Hodnoty jsou velmi stabilní a nevykazují téměř žádnou reakci na srážky i následnou změnu vlhkosti v důsledku redistribuce vody v půdním profilu a evapotranspirace. Data v daném místě pravděpodobně nepostihují vodní režim v blízkosti drah. Jedním z důvodů je nižší pórovitost na daném místě (které bylo určeno provozovatelem letiště) a pravděpodobně i malá propustnost povrchové vrstvy, popřípadě nesprávná instalace senzorů. V případě, že by kontinuální monitoring vodního režimu povrchové vrstvy pokračoval i dále, bylo by vhodné přemístit senzory na jiné místo, které by lépe vystihovalo podmínky v pásech u RWY a RESA.

Praha-Ruzyně – Vlhkost půdy



Obrázek 22. Měření půdní vlhkosti.

Praha-Ruzyně – Sací tlak

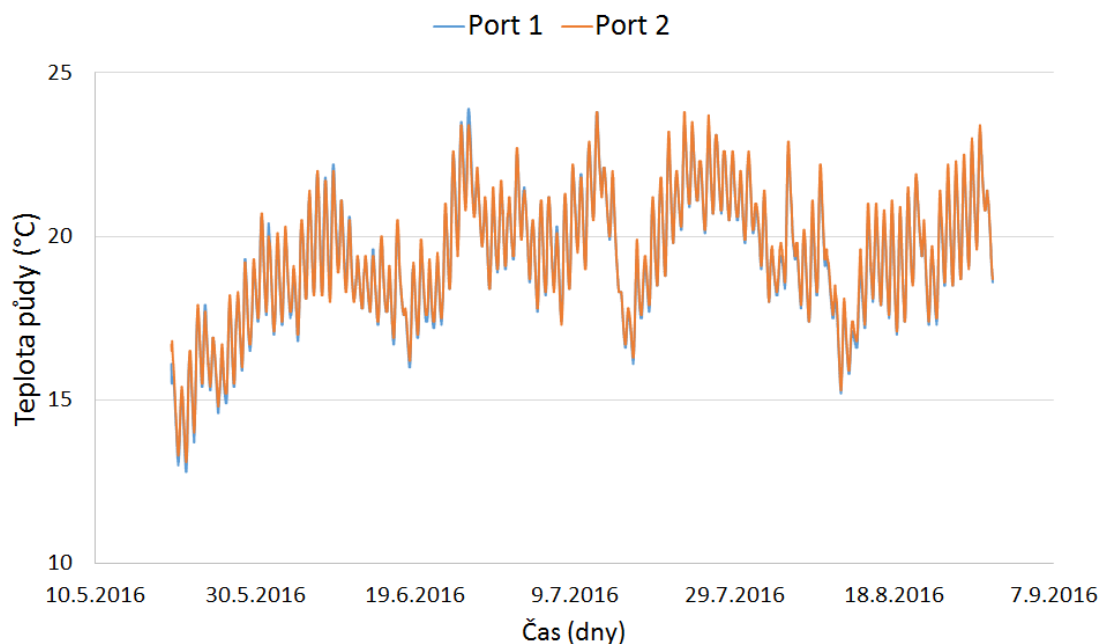


Obrázek 23. Měření sací tlaky (tlakové výšky).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

Praha-Ruzyně – Teplota půdy



Obrázek 24. Měřené teploty půdy mezera v záznamu dat byla způsobena poškozením kabelu).

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

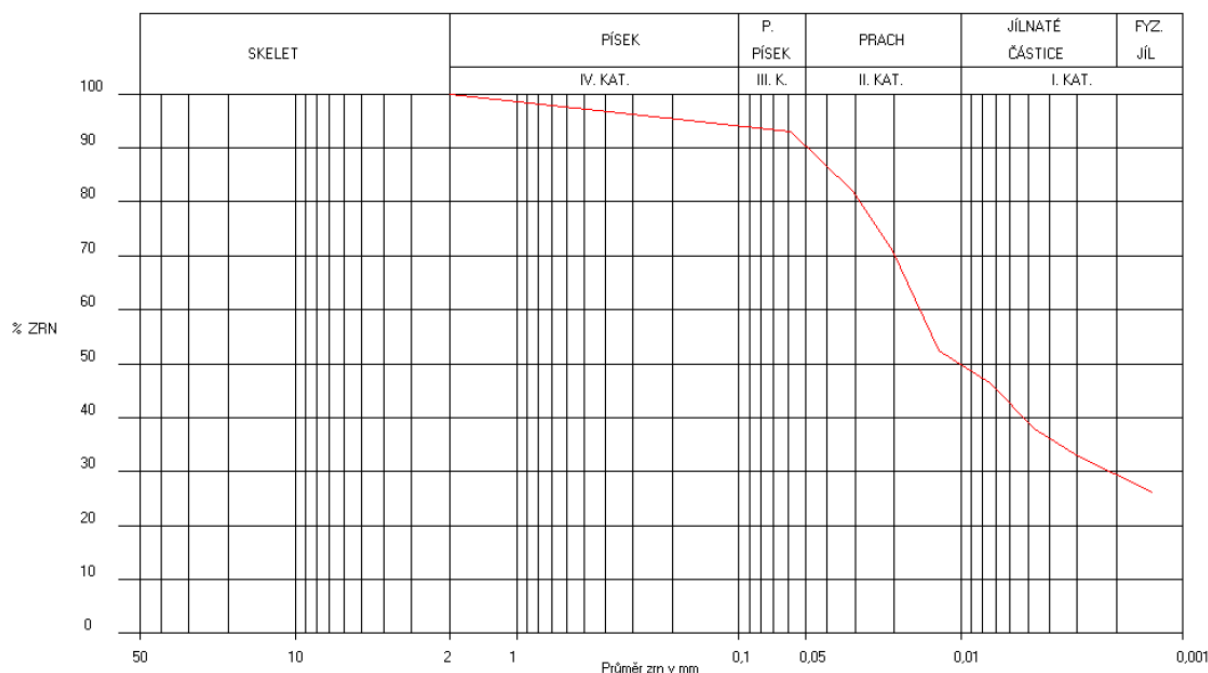
Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

3.2.3 Základní půdní vlastnosti povrchové vrstvy půdy

Vyhodnocená zrnitostní křivka (obr. 25) a základní půdní vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 4.

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

Půdní druh:	Hlína jílnatá	Zrnitostní kategorie:				
Lokalita:	Praha_Ruzyně	< 0,002 mm (Fyz. jíl)	29,33	%	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	3,72
Číslo sondy:		< 0,01 mm (I. Kat.)	49,81	%	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	5,87
Hloubka:		0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)	40,58	%		



Obrázek 25. Zrnitostní křivka půdního vzorku z povrchové vrstvy půdy na lokalitě Praha - Ruzyně.

Tabulka 4. Výměnné a aktivní pH, obsah oxidovatelného organického uhlíku (Cox), obsah uhličitánů, elektrická vodivost, specifická hmotnost půdy a zrnitostní složení půdního vzorku z povrchové vrstvy půdy na lokalitě Praha - Ruzyně.

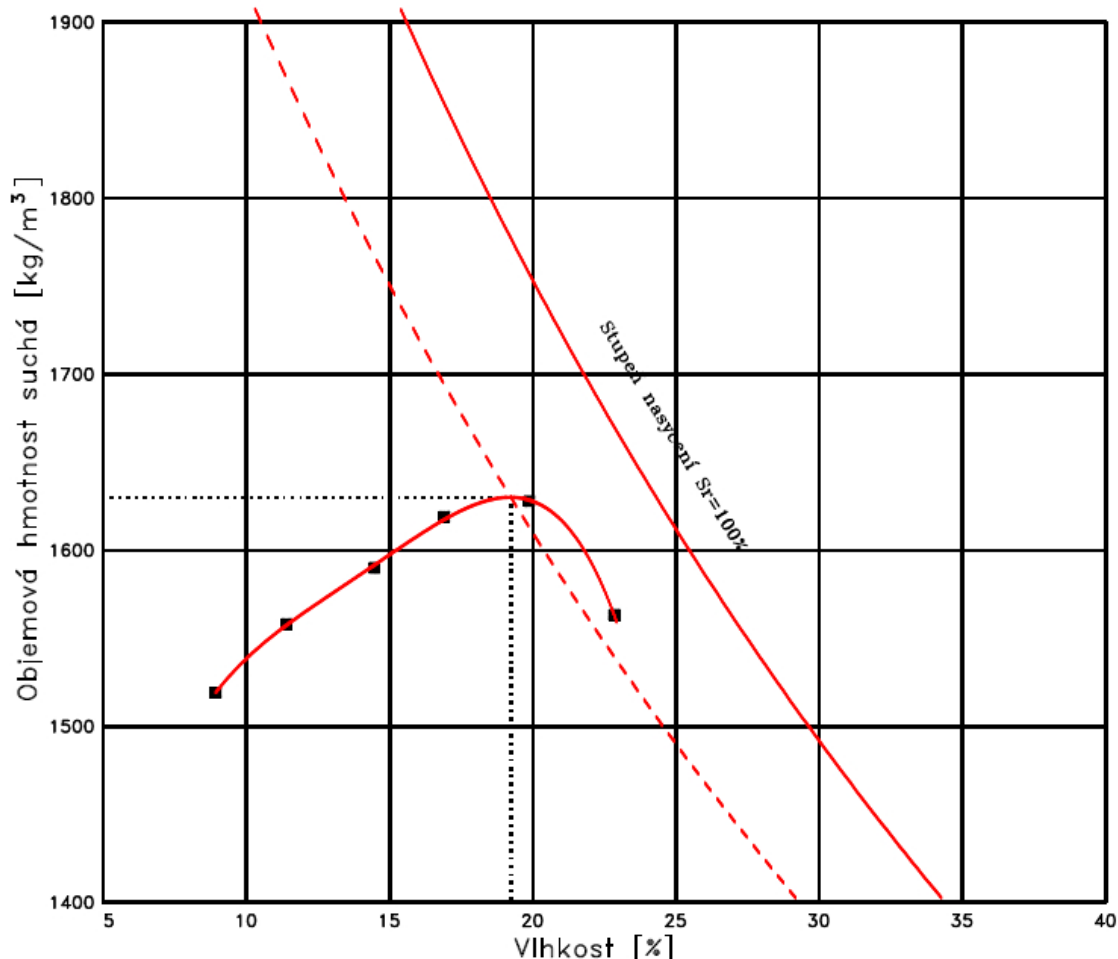
pH _{H2O} (-)	pH _{KCl} (-)	Cox (%)	CaCO ₃ (%)	Salinita (μS cm ⁻¹)	ρ _s (g cm ⁻³)	Písek (%)	Prach (%)	Jíl (%)
5,97	4,68	1,48	0	50,0	2,50	9,59	61,08	29,33

3.2.4 Zhutnitelnost zeminy – výsledky laboratorních zkoušek

Výsledky laboratorního stanovení zhutnitelnosti zeminy jsou ukázány v tabulce 5 a obrázku 26. Z analýzy vyplývá, že maximální objemová hmotnost je 1630 kg m^{-3} při optimální vlhkosti 19,2 %. Hodnoty objemových hmotností vyhodnocené na neporušených půdních vzorcích se v mnoha případech pohybují významně pod touto hodnotou.

Tabulka 5. Měřené hodnoty hmotnostní půdní vlhkosti a dosažené objemové hmotnosti vyhodnocené na vzorku z povrchové vrstvy půdy na lokalitě Praha - Ruzyně.

Hmotnostní vlhkost (%)	8,9	11,4	14,5	16,9	19,9	22,8
Objemová hmotnost (kg m^{-3})	1519	1558	1590	1619	1628	1563



Obrázek 26. Vztah mezi hmotnostní vlhkostí a dosaženou objemovou hmotností vyhodnocený na vzorku z povrchové vrstvy půdy na lokalitě Praha - Ruzyně.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

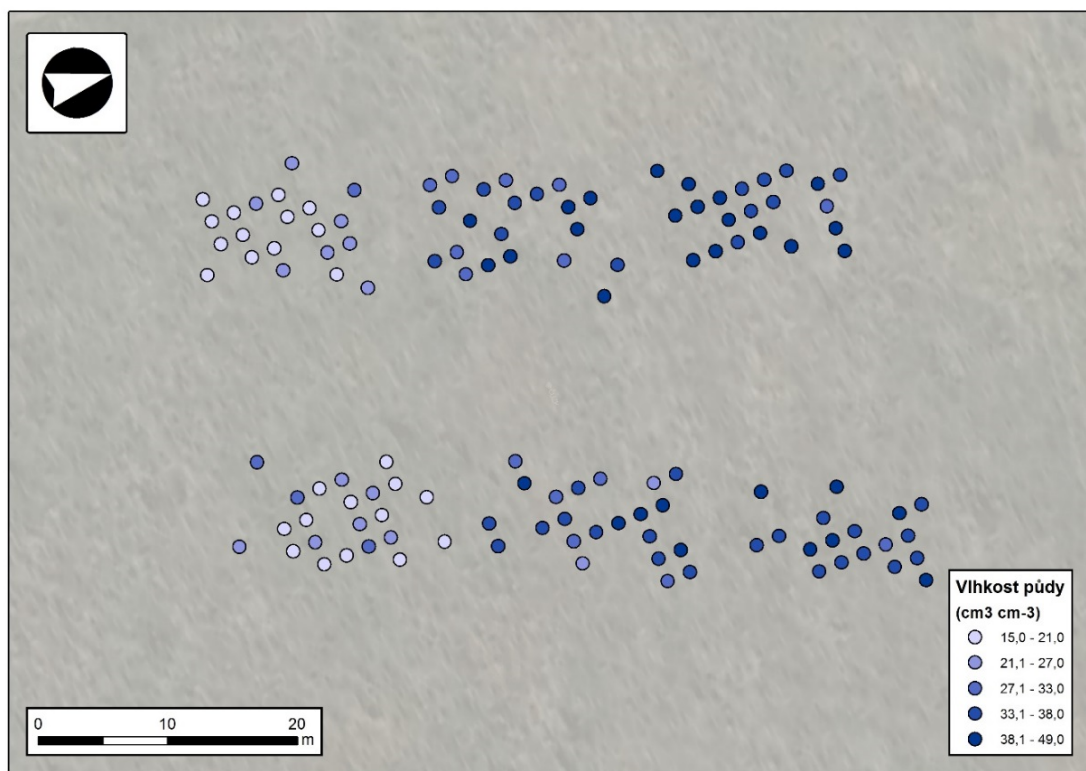
Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

3.2.5 Zhutnitelnost zeminy – výsledky polních testů

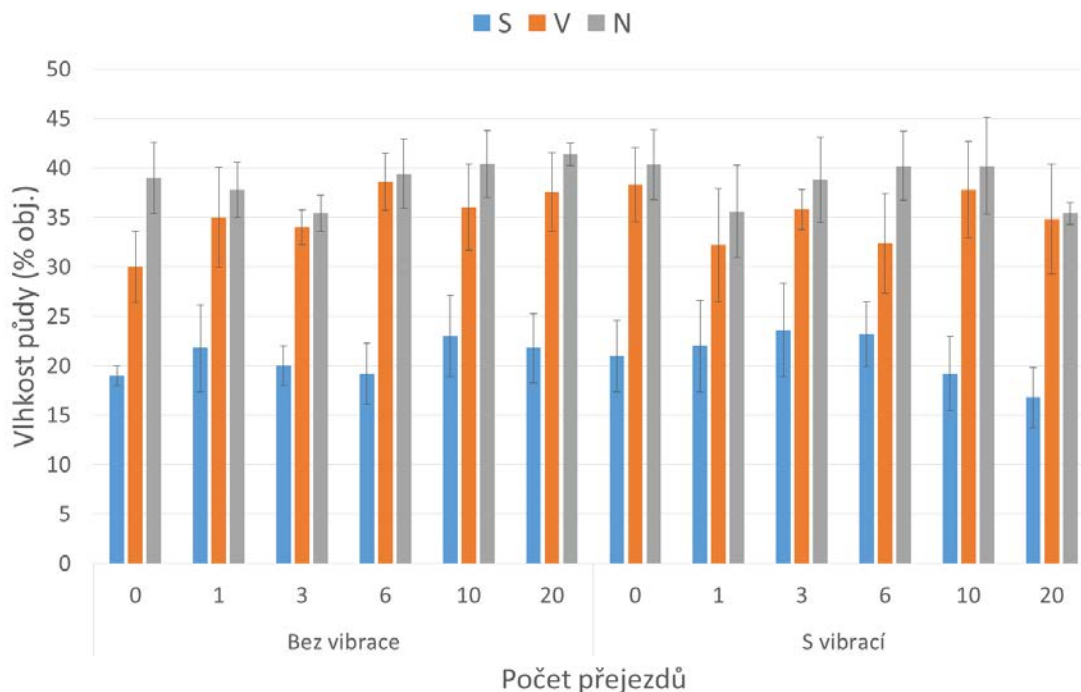
Půdní vlhkosti v povrchové vrstvě 0–7 cm měřené senzorem ThetaProbe jsou zobrazeny v obrázcích 27 a 28. Hodnoty CBR zaznamenávané pro jednotlivé varianty v hloubkách 0–5, 5–10 a 10–15 cm jsou zobrazeny v obrázcích 29 až 34. Hodnoty CBR měřené pro jednotlivé varianty vlhkostí jsou podle očekávání nejvyšší na nezavlažovaných plochách a nejnižší na plochách zavlažených dvakrát. Trendy měřených hodnot se vzrůstajícím počtem přejezdů jsou nejednoznačné. Zvyšující se trend je zaznamenán u varianty vlhká s vibrací. V řadě případů je zaznamenáno zvýšení hodnot na počátku a pak jejich pokles. Pokles hodnot může být spojen se zvýšením saturace, která byla vyhodnocena na neporušených půdních vzorcích (obr. 35 až 38). U všech variant s vibrací je znatelný nárůst hodnot CBR po 20 přejezdech. Tyto hodnoty však byly změřeny až po 7 dnech od provedení zhutňovacího experimentu, protože experiment musel být z důvodu přívalového deště přerušeno, a jsou tak ovlivněny změnou (snížením) vlhkosti půdy.

Objemové hmotnosti (obr. 39 až 40) vyhodnocené před zhutňováním vykazují velkou variabilitu jak v rámci každé plochy, tak mezi nimi. Což zkrsluje hodnocení efektivity použitého přístupu (tj. hodnocení vhodného stupně saturace půdy vodou a volby způsobu válcování). Obecně lze říci, že při vyšších vlhkostech byl zřetelněji zaznamenán zvyšující se trend v objemových vlhkostech se zvyšujícím se počtem přejezdů. Je však nutno poznamenat, že na plochách „V“ byly již od počátku experimentu změřeny celkově vyšší objemové hmotnosti. Válcování s nízkou frekvencí vibrací mělo větší efekt než válcování bez vibrace. Mírné zvýšení objemových hmotností bylo při válcování s vibrací dosaženo i za suchých podmínek. Vliv zhutnění začíná být patrný až od třetího přejezdu s vibrací. Podstatné zlepšení nastává až po desátém přejezdu s vibrací, což dokládají i hodnoty zobrazené v obrázcích 41 a 42. V těchto obrázcích jsou porovnány výsledky laboratorní a polní zkoušky, ukazující vztah mezi hmotnostní vlhkostí a objemovou hmotností. Z grafů vyplývá, že se body získané v polních podmínkách při válcování s vibrací se znatelněji postupně přibližují k laboratorní křivce než body získané při válcování bez vibrace.

Je nutno poznamenat, že plocha určená provozovatelem letiště pro monitoring půdních vlhkostí a hutních experimentů vykazovala vyšší hodnoty objemových hmotností (nižší hodnoty pórovitosti) než hodnoty vyhodnocené podél drah (obr. 9). Lze proto předpokládat, že potenciál zhutnění bude na těchto plochách vyšší.



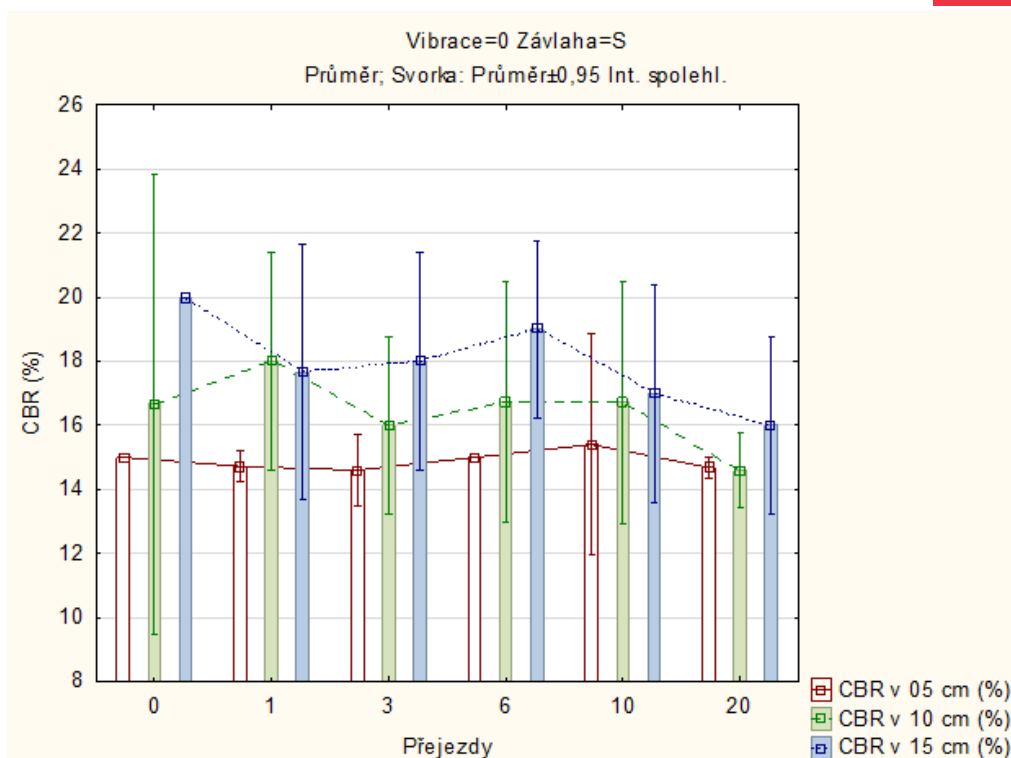
Obrázek 27. Prostorové rozložení povrchové (0–7 cm) půdní vlhkosti při hutnicím experimentu.



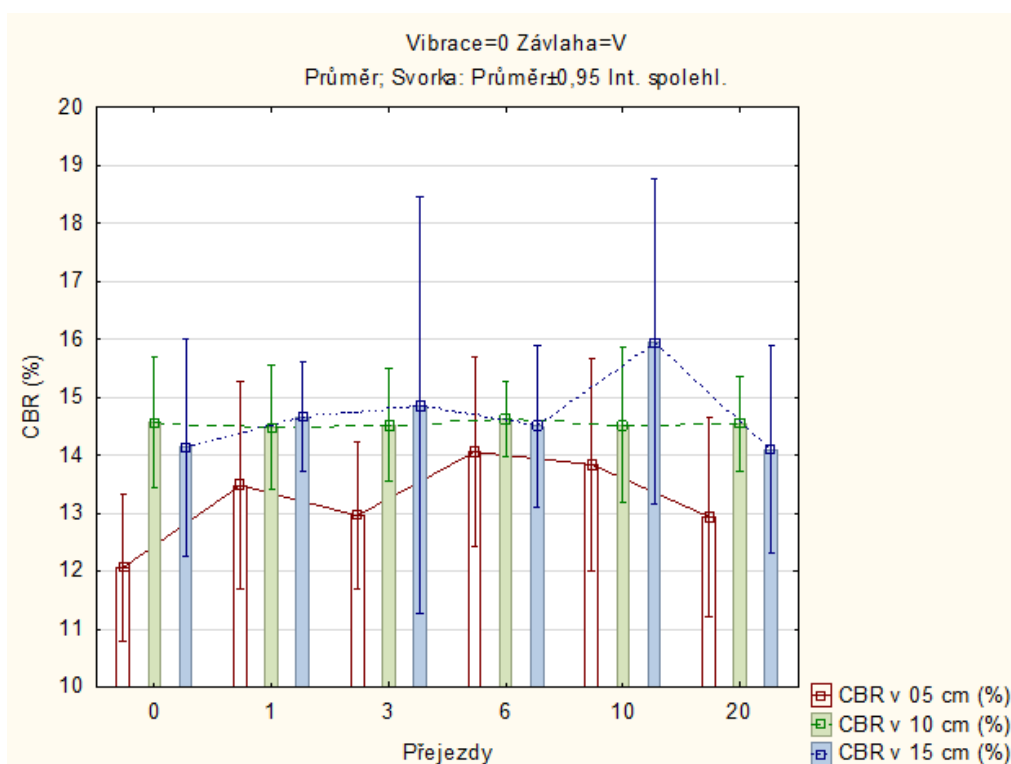
Obrázek 28. Povrchové půdní vlhkosti (0–7 cm) pro různé plochy (suchá, vlhká, nasycená), obě varianty.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 29. Hodnoty CBR bez vibrace pro suchou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm.

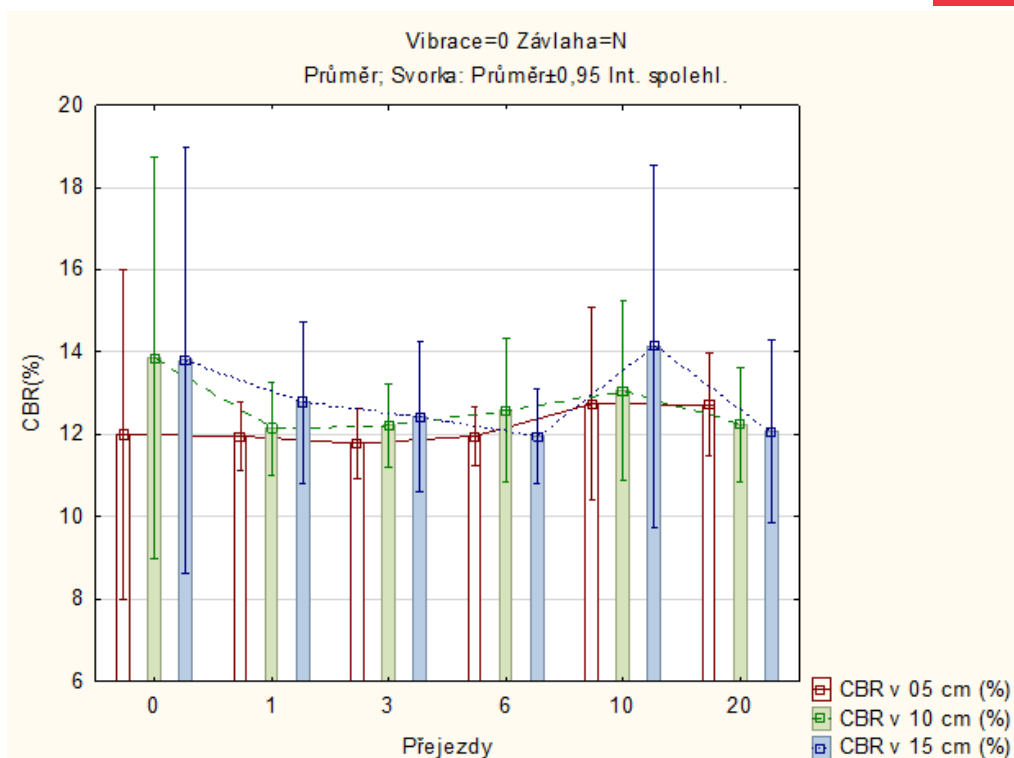


Obrázek 30. Hodnoty CBR bez vibrace pro vlhkou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm.

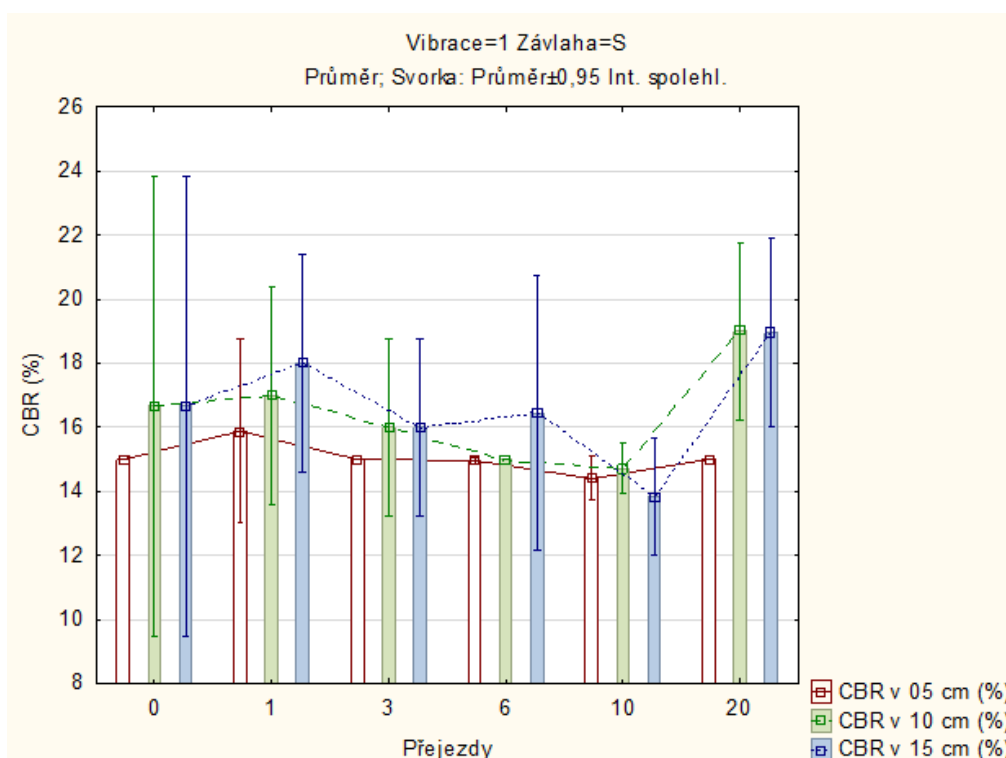
Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 31. Hodnoty CBR bez vibrace pro nasycenou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm .



Obrázek 32. Hodnoty CBR s vibrací pro suchou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp , ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
 Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

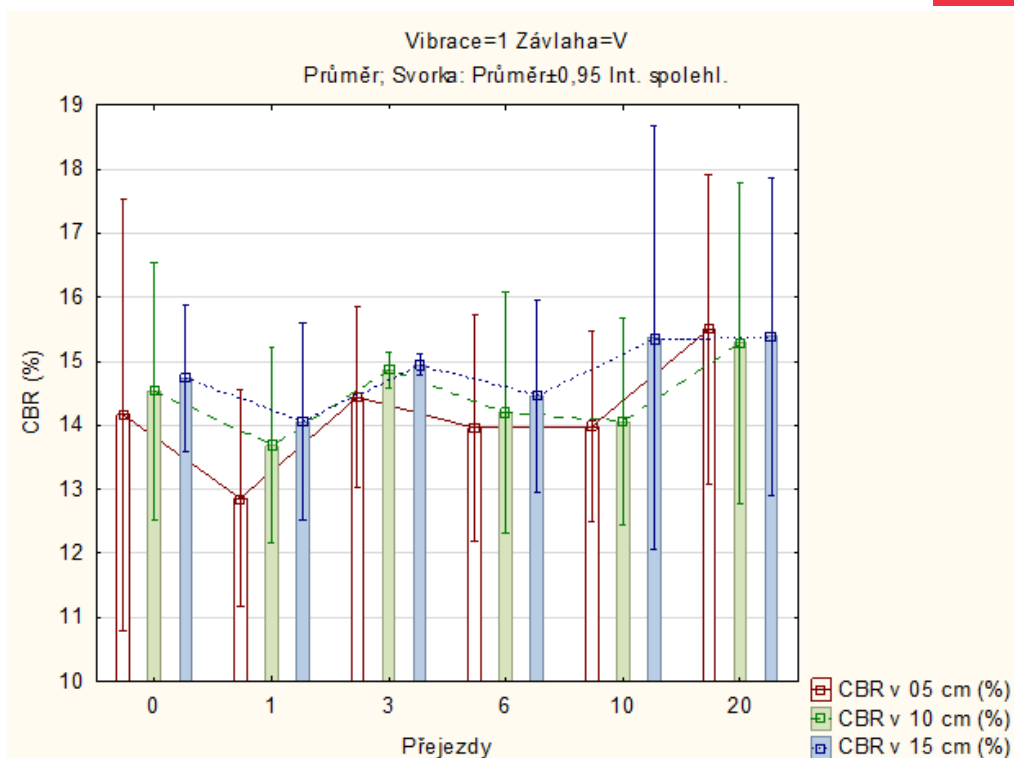
DIČ: CZ25147501

www.ekotechnika.cz

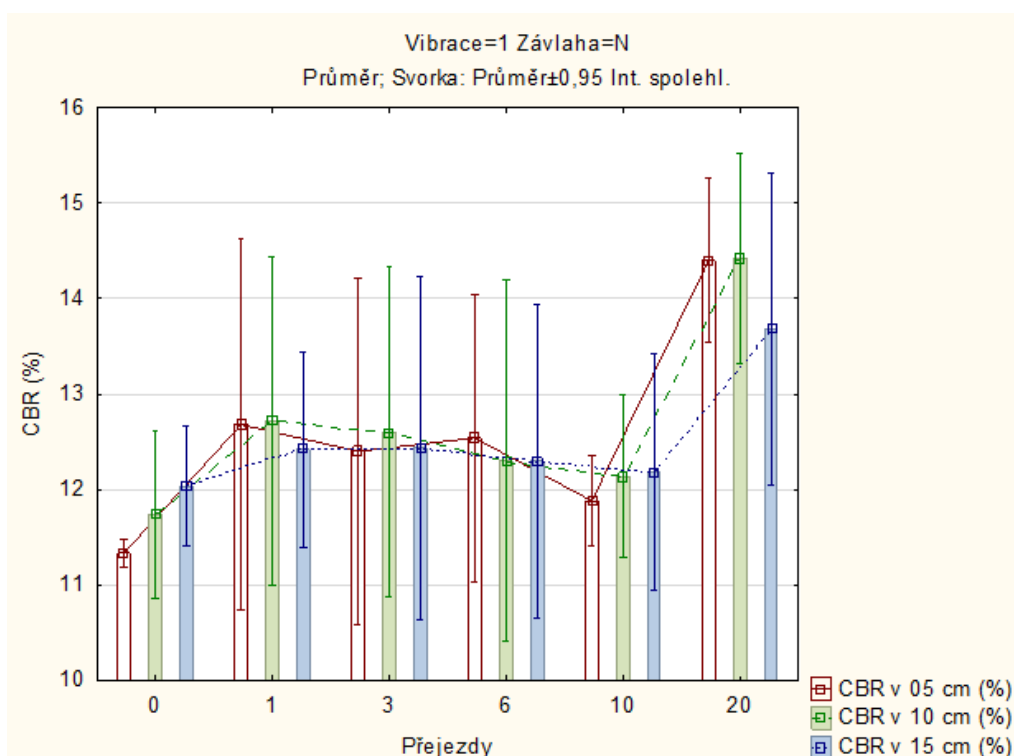
Bankovní spojení

GE Money Bank

210332150/0600



Obrázek 33. Hodnoty CBR s vibrací pro vlhkou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm.



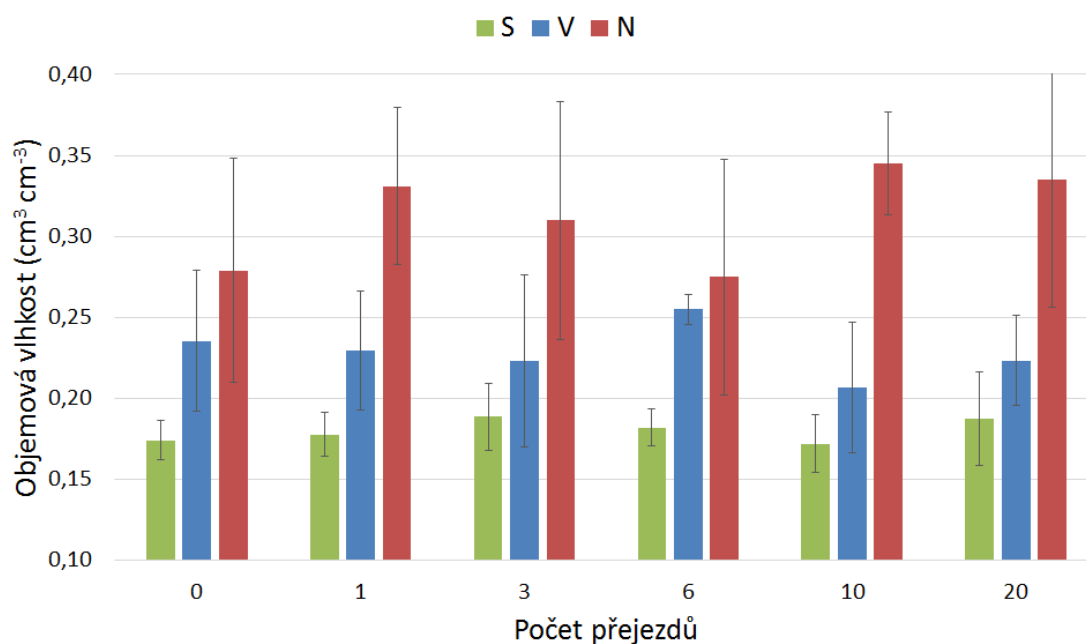
Obrázek 34. Hodnoty CBR s vibrací pro nasycenou plochu v hloubkách 5 cm, 10 cm a 15 cm.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

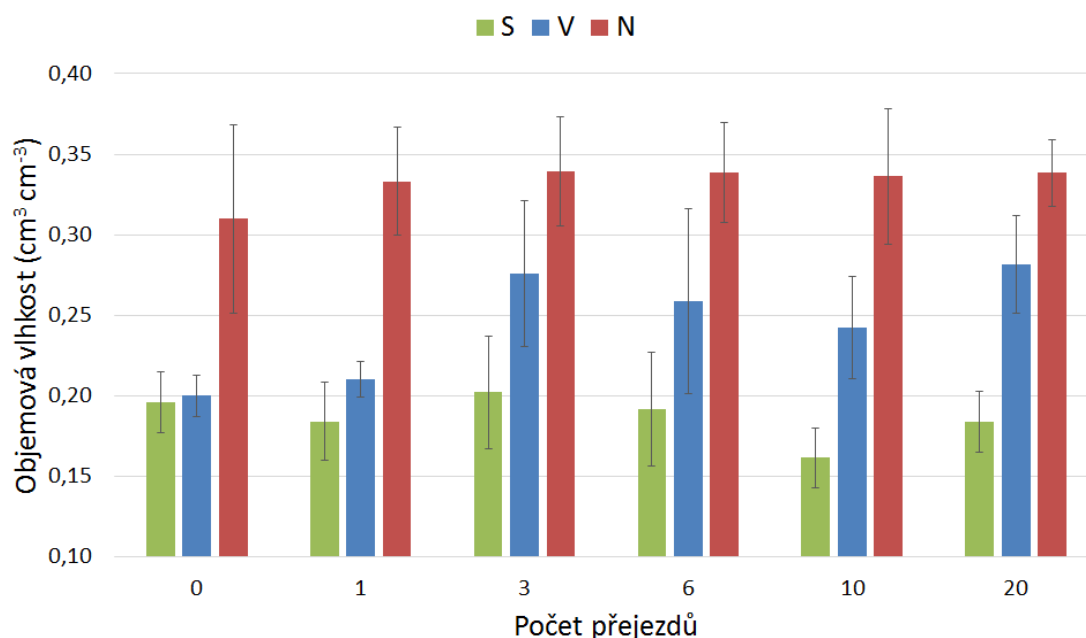
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
 Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

Praha-Ruzyně – Bez vibrace



Obrázek 35. Objemové vlhkosti vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta bez vibrace.

Praha-Ruzyně – S vibrací

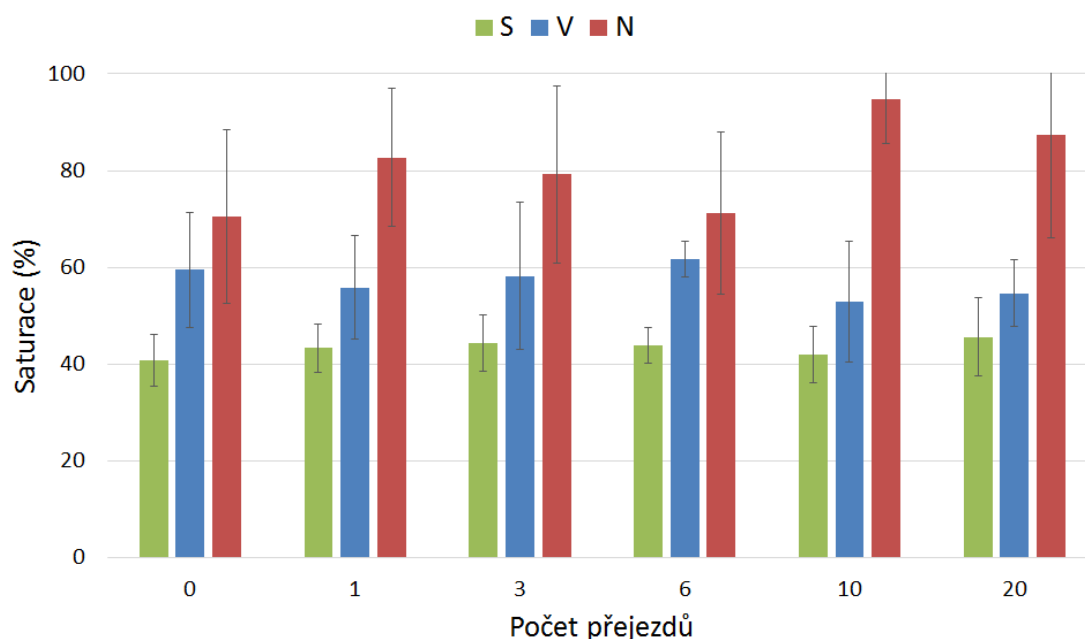


Obrázek 36. Objemové vlhkosti vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta s vibrací.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

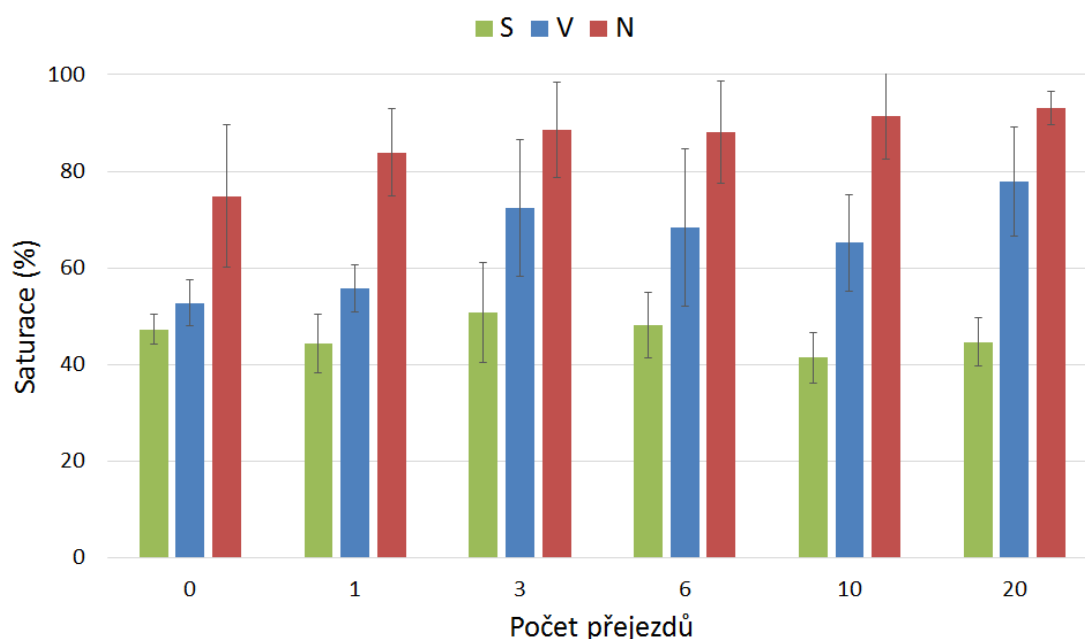
Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

Praha-Ruzyně – Bez vibrace



Obrázek 37. Saturace vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta bez vibrace.

Praha-Ruzyně – S vibrací



Obrázek 38. Saturace vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta s vibrací.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR

Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

DIČ: CZ25147501

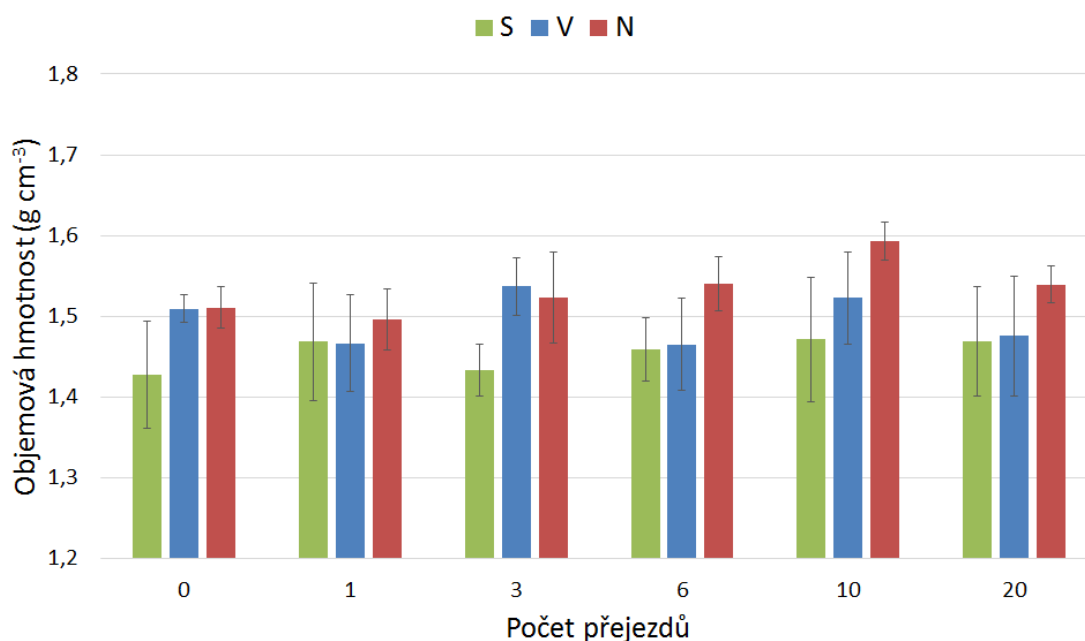
www.ekotechnika.cz

Bankovní spojení

GE Money Bank

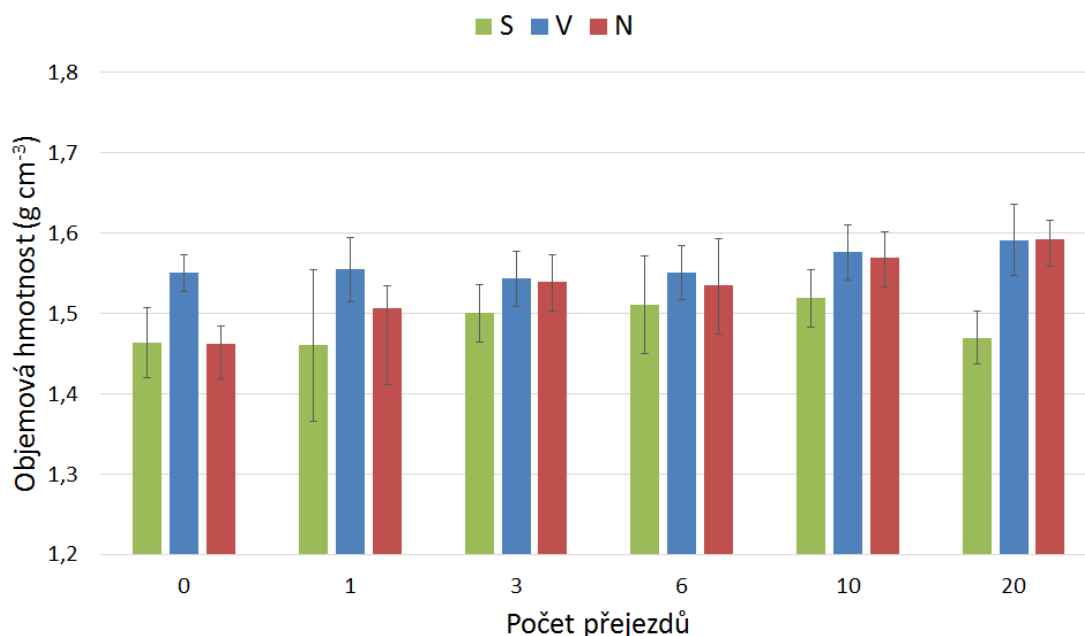
210332150/0600

Praha-Ruzyně – Bez vibrace



Obrázek 39. Objemové hmotnosti vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta bez vibrace.

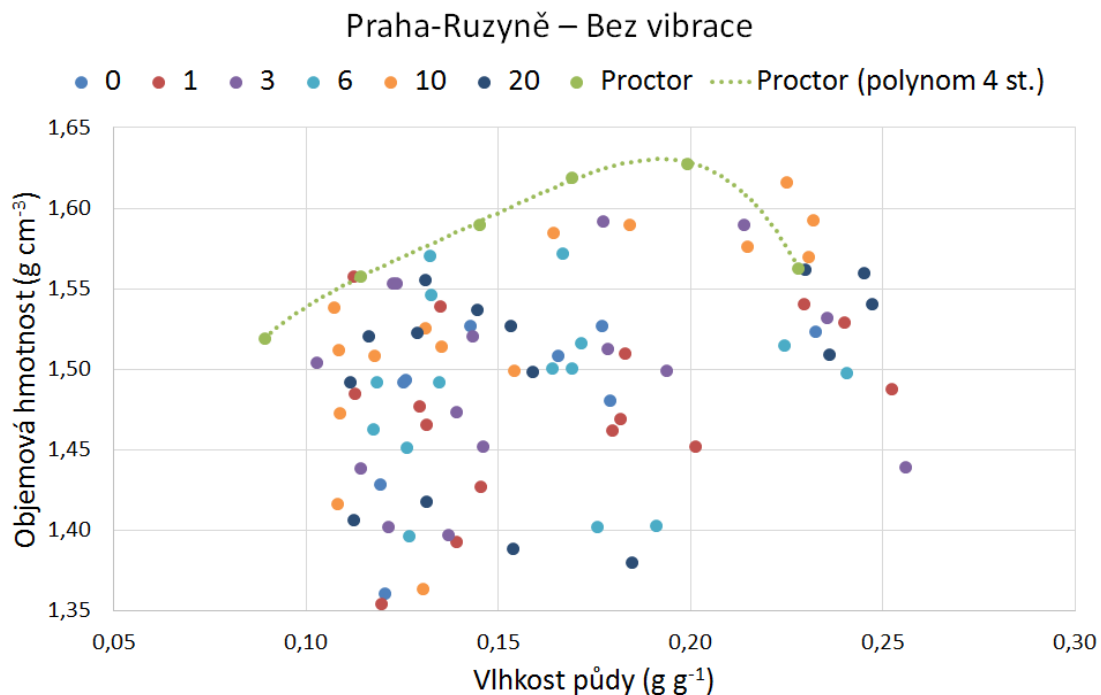
Praha-Ruzyně – S vibrací



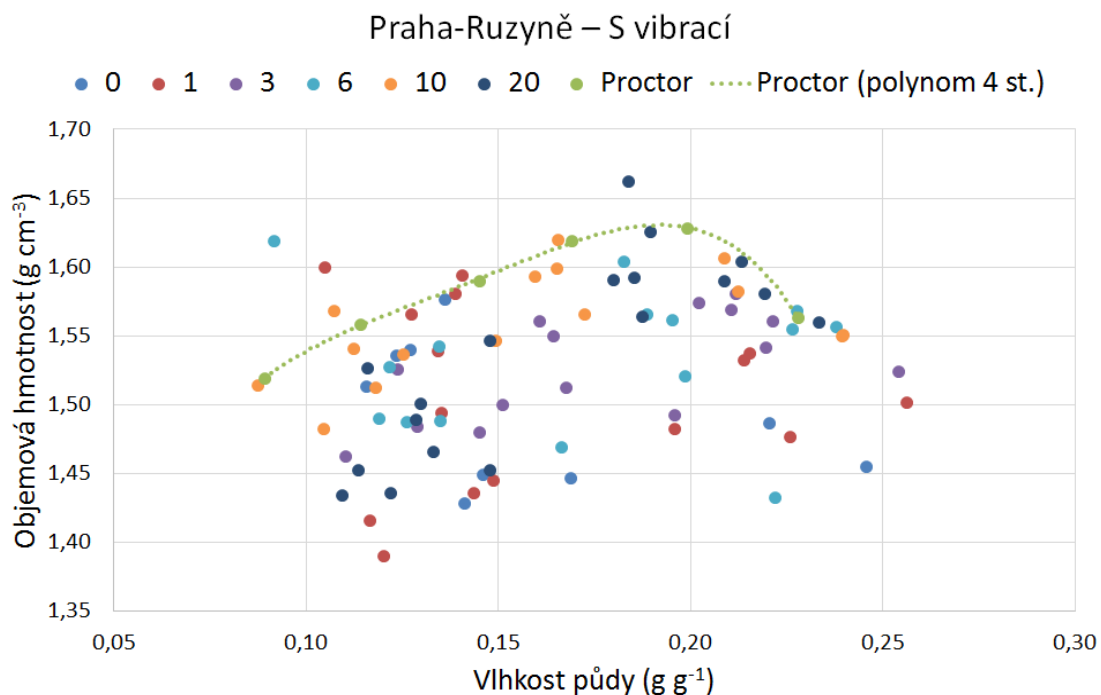
Obrázek 40. Objemové hmotnosti vyhodnocené gravimetricky na neporušených půdních vzorcích odebraných v hloubce 10–15 cm, varianta s vibrací.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o. tel.: +420 251 640 511 IČO: 25147501 Bankovní spojení
Mokropeská 1832 fax: +420 251 640 512 DIČ: CZ25147501 GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy ekotechnika@ekotechnika.cz www.ekotechnika.cz 210332150/0600
Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570



Obrázek 41. Vztah mezi hmotnostní vlhkostí a objemovou hmotností vyhodnocený laboratorně na vzorku z povrchové vrstvy půdy a vyhodnocený při terénním pokusu, varianta bez vibrace.



Obrázek 42. Vztah mezi hmotnostní vlhkostí a objemovou hmotností vyhodnocený laboratorně na vzorku z povrchové vrstvy půdy a vyhodnocený při terénním pokusu, varianta s vibrací.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.	tel.: +420 251 640 511	IČO: 25147501	Bankovní spojení
Mokropeská 1832	fax: +420 251 640 512	DIČ: CZ25147501	GE Money Bank
252 28 Černošice u Prahy	ekotechnika@ekotechnika.cz	www.ekotechnika.cz	210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
 Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570

4. Závěry a doporučení

Penetrometrická měření podél drah ukázala, že je únosnost půdy za nízké půdní vlhkosti vyhovující (hodnoty CBR byly převážně vyšší než 15 %). Za vyšší půdní vlhkosti na řadě míst hodnoty CBR poklesly pod požadovanou hodnotu. Tato místa odpovídala lokalitám s nižší objemovou hmotností. Hutní zkoušky prokázaly, že je možné za vhodných vlhkostních podmínek dosáhnout vyšších hodnot objemové hmotnosti půdy a tím i vyšší únosnosti. Získané podklady však neumožňují vyvodit závěr, že hutnění ověřeným způsobem zajistí dostatečnou únosnost půdy za všech podmínek.

Doporučení:

1. Měření CBR podél drah byla provedena v letním období, tj. v době kdy půda nebyla dostatečně nasycena vodou. Proto je dále nutné zopakovat měření při více stupních nasycení.
2. Na již vytipované ploše provést terénní hutní pokus podle metodiky ověřené na letištích v Praze-Ruzyni a Pardubicích. Na těchto lokalitách bylo provedeno hutnění válcováním s a bez vibrace při různých vlhkostech půdy a byly vyhodnoceny hodnoty CBR a objemových hmotností.
3. Měření CBR včetně vyhodnocení objemových hmotností na experimentální ploše pak zopakovat po zimním období a na konci léta. Tím bude prověřen vliv klimatických podmínek, vegetace živočichů atd. na změnu pórovitosti půdy a tím i její únosnost.
4. Na místech, která budou v rámci monitoringu CBR podél drah vytipována jako nejméně únosná provést zhutnění a dále monitorovat jako zavedenou experimentální plochu.

5. Popis půdních profilů v místech vpichových sond

Tabulka 6. Hodnocení půdní zrnitosti podle Nováka.

Obsah I. kategorie (%)	Kód	Pojmenování
< 10	P	Písčítá
10 – 20	hP	Hlinitopísčítá
20 – 30	pH	Písčitohlinitá
30 – 45	H	Hlinitá
45 – 60	jH	Jílovitohlinitá
60 – 75	j	Jílovitá
75 <	J	Jíl

Tabulka 7. Hodnocení obsahu uhlíčanů.

Obsah (%)	Kód	Hodnocení
0	0	Žádný
< 0,3	1	Nízký
0,3 – 1,0	2	Střední
1,0 – 5,0	3	Vysoký
5 <	4	Velmi vysoký

V následujících tabulkách je uveden podrobný popis půdních horizontů ve vpichových sondách.

Transekt R1

R1A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–30	10YR 3/2	pH	–	0	
	Bt	30–47	10YR 4/6	H	–	0	
	C	47–100	10YR 5/6	H	–	0	Sprašová hlína



R1B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	pH	–	0	
	Bt	20–25	10YR 4/6	H	–	0	
	C	25–100	10YR 5/6	jH	–	0	Sprašová hlína



Transect R1 (pokračování)



RIC	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-30	10YR 3/3	H	-	0	
	Bt	30-55	10YR 4/3	jH	-	0	
	C	55-100	10YR 4/6	J	-	0	Sprašová hlína



RID	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-20	10YR 3/4	H	-	0	
	Bt	20-25	10YR 4/6	jH	-	0	
	C	25-80	10YR 5/4	J	-	0	Sprašová hlína






Transekt R2

R2A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-10	10YR 3/3	jH	-	0	
	E	10-28	10YR 5/4	jH	-	0	
	Bt	28-65	10YR 4/2	j	-	1	
	C	65-95	10YR 5/6	jH	-	1	Spraš až sprašová hlína
							
R2B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-28	10YR 3/3	jH	-	0	
	E	28-43	10YR 4/3	jH	-	0	
	Bt	43-68	10YR 4/4	jH	-	1	
	C	68-95	10YR 5/6	j	-	1	Spraš až sprašová hlína
							

Transekt R3

R3A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	jH	–	0	
	A/B	20–45	10YR 4/4	jH	–	0	
	Bt	45–68	10YR 5/4	j	–	0	
	C	68–95	10YR 5/6	j	–	0	Sprašová hlína
							
R3B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–25	10YR 3/4	jH	–	0	
	A/B	25–47	10YR 3/3	jH	–	0	
	Bt	47–84	10YR 4/3	j	–	0	
	C	84–97	10YR 4/6	j	–	0	Sprašová hlína
							
R3C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	jH	–	0	
	Bt	20–28	–	–	–	0	
	C1	28–60	10YR 4/6	j	–	0	
	C2	60–90	10YR 4/6	j	–	0	Sprašová hlína
							

Transekt R4

R4A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	H	–	0	
	Bt	20–59	10YR 5/6	j	–	0	
	Ck	59–95	10YR 5/8	J	ANO	3	Spraš
							
R4B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–27	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	27–67	10YR 5/6	jH	–	0	
	C	67–100	10YR 5/6	pH	ANO	1	Spraš až sprašová hlína
							
R4C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–30	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	30–40	10YR 5/6	jH	ANO	0	
	C	40–90	10YR 5/6	jH	ANO	0	Sprašová hlína s úlomky opuky
							

Transekt R5

R5A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-22	10YR 3/3	jH	-	0	
	Bt	22-62	10YR 4/4	jH	-	2	
	C	62-90	10YR 4/4	jH	ANO	2	Spraš
							
R5B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-30	10YR 3/2	jH	-	0	
	Bt	30-65	10YR 4/6	jH	-	2	
	C	65-95	10YR 5/4	jH	-	2	Spraš
							
R5C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-15	10YR 3/3	H	-	0	
	Bt	15-28	10YR 4/3	jH	-	1	
	Ck	28-90	10YR 6/6	j	-	3	Spraš
							

Transekt R6

R6A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0–20	10YR 3/3	H	–	0	
	C1	20–25	–	–	–	0	Navážka
	Ck2	25–57	10YR 5/6	jH	ANO	3	Navážka stabilizovaná
	Ck3	57–80	10YR 5/6	jH	–	3	Navážka stabilizovaná
	fA	80–87	–	–	–	0	
R6B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–22	10YR 3/3	H	–	0	
	Bt	22–85	10YR 5/4	H	–	2	
	C	85–95	10YR 5/6	jH	–	0	Sprašová hlína
R6D	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–30	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	30–60	10YR 4/4	H	–	0	
	C	60–77	10YR 5/4	jH	–	0	Sprašová hlína

R7 – Experimentální plocha



R7 – Experimentální plocha

R7A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–25	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	20–55	10YR 4/4	H	–	0	
	C	55–95	10YR 4/6	jH	ANO	0	Sprašová hlína
R7B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–35	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	35–65	10YR 4/3	H	ANO	0	
	C	65–97	10YR 5/4	jH	–	0	Sprašová hlína
R7C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–35	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	35–74	10YR 5/6	jH	–	0	
	C	74–90	10YR 4/6	jH	–	0	Sprašová hlína

R7 – Experimentální plocha (pokračování)

R7D	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–35	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	35–65	10YR 5/4	H	–	0	
	C	65–95	10YR 5/6	jH	–	0	Sprašová hlína
							
R7E	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–31	10YR 4/4	H	–	0	
	Bt	31–65	10YR 5/4	H	–	0	
	C	65–95	10YR 6/4	jH	–	0	Sprašová hlína
							
R7F	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–43	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	43–65	10YR 4/4	H	–	0	
	C	65–90	10YR 5/4	jH	–	1	Spraš až sprašová hlína
							

R7 – Experimentální plocha (pokračování)



R7G	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–40	10YR 4/3	H	–	0	
	Bt	40–60	10YR 4/3	jH	–	0	
	C	60–95	10YR 5/4	jH	–	0	Sprašová hlína



Transekt R8

R8A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0–10	10YR 3/3	jH	–	0	
	Ck1	10–70	10YR 4/3	jH	ANO	3	Navážka stabilizovaná
	Ck2	70–80	10YR 6/4	j	ANO	3	Navážka stabilizovaná
	fA	80–84	–	–	–	0	
							
R8B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0–30	10YR 3/3	H	–	0	
	Ck1	30–70	10YR 4/2	H	ANO	3	Navážka stabilizovaná
	Ck2	70–92	10YR 6/4	jH	ANO	3	Navážka stabilizovaná
	fA	92–100	10YR 4/3	H	–	2	
							
R8C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0–20	10YR 3/3	H	–	1	
	Ck	20–95	10YR 4/2	H	ANO	3	Spraš
							



Transekt R9

R9A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0-17	10YR 3/3	H	-	0	
	C1	17-56	10YR 4/3	jH	ANO	2	Navážka stabilizovaná
	C2	56-90	10YR 4/4	jH	ANO	2	Navážka stabilizovaná s úlomky skeletu
							
R9B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0-20	10YR 3/3	H	-	0	
	C1	20-60	10YR 3/3	jH	ANO	1	Navážka stabilizovaná
	C2	60-95	10YR 4/3	jH	ANO	2	Navážka stabilizovaná
							
R9C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0-10	10YR 3/3	H	-	0	
	C1	10-40	10YR 3/3	H	ANO	1	Navážka stabilizovaná
	Cr	40-80	10YR 4/6	jH	ANO	1	Skeletovitý rozpad opuky
							

Transekt R10

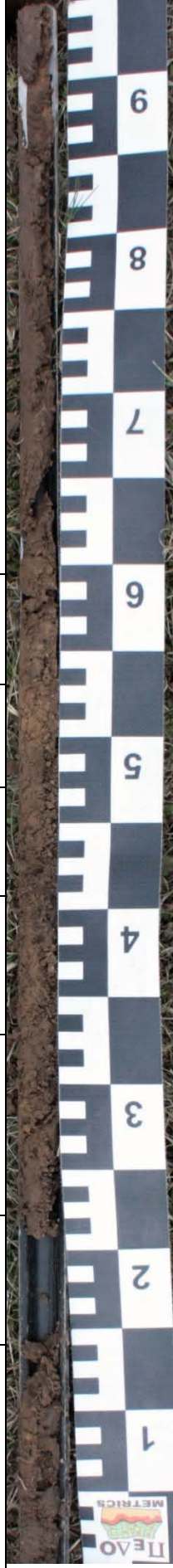
R10A	Horizont	Hĺoubka (cm)	Barva	Zrnitosť	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnédozem modálna	A	0–10	10YR 4/4	H	–	3	
	E	10–35	10YR 5/4	H	–	3	
	Bt	35–75	10YR 5/4	j	–	3	
	Ck	75–93	10YR 4/4	j	–	4	Spraš (Pseudomycelia)
							
R10B	Horizont	Hĺoubka (cm)	Barva	Zrnitosť	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnédozem modálna	A	0–42	10YR 3/3	H	–	1	
	Bt	42–65	10YR 4/3	H	–	3	
	Ck	65–95	10YR 6/4	jH	ANO	4	Spraš (Pseudomycelia)
							
R10C	Horizont	Hĺoubka (cm)	Barva	Zrnitosť	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnédozem modálna	A	0–30	10YR 4/3	H	–	3	
	Bt	30–68	10YR 5/4	jH	–	1	
	C	68–85	10YR 4/4	j	ANO	0	Sprašová hĺína
							

Transekt R11



R11A		Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0-10	10YR 4/3	H	-	1		
	Ck1	10-52	10YR 4/4	jH	ANO	3	Navážka stabilizovaná	
	Ck2	52-78	10YR 5/4	jH	ANO	3	Navážka stabilizovaná	
	Ck3	78-86	10YR 5/4	jH	ANO	4	Navážka stabilizovaná	
	fA	86-90	-	-	-	0		
								
R11B		Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Antropozem překrytá	A	0-30	10YR 4/3	jH	-	0		
	C1	30-67	10YR 3/3	jH	-	0	Navážka	
	C2	67-84	10YR 4/4	jH	-	0	Navážka	
	fA	84-95	10YR 3/2	jH	-	1		
								

Transekt R11 (pokračování)




R11C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-45	10YR 3/3	jH	-	0	
	E	45-55	10YR 3/4	jH	-	0	
	Bt	55-85	10YR 3/2	jH	-	0	
	C	85-95	10YR 4/4	j	-	0	Sprašová hlína



Transekt R12

R12A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–6	10YR 3/3	H	–	2	
	Bt	6–66	10YR 4/4	jH	–	1	
	C	66–89	10YR 4/6	j	ANO	0	Sprašová hlína
							
R12B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	H	–	0	
	E	20–26	10YR 4/3	jH	–	1	
	B	26–70	10YR 4/6	jH	–	0	
	C	70–97	10YR 5/4	j	–	0	Sprašová hlína
							
R12C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0–20	10YR 3/3	jH	–	0	
	Bt	20–46	10YR 4/3	jH	–	0	
	C	46–86	10YR 5/4	j	–	0	Sprašová hlína
							

Transekt R13

R13A	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-7	10YR 3/4	H	-	1	
	Bt	7-50	10YR 5/6	jH	-	1	
	Crk	50-87	10YR 5/6	jH	ANO	3	Skeletový rozpad opuky
							
R13B	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-8	10YR 3/3	H	-	0	
	Bt	8-52	10YR 4/6	jH	-	0	
	Crk	52-87	10YR 5/4	jH	ANO	3	Skeletový rozpad opuky
							
R13C	Horizont	Hloubka (cm)	Barva	Zrnitost	Skelet	CaCO ₃	Poznámka
Hnědozem modální	A	0-20	10YR 4/3	H	-	1	
	Bt	20-50	10YR 4/4	jH	ANO	2	
	Ck	50-91	10YR 5/6	jH	ANO	3	Sprašová hlína s úlomky opuky
							

6. Literatura

Decagon Device, 2016a. 10HS soil water content sensor, Version: July 7, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.

Decagon Device, 2016b. MPS-6 Dielectric Water Potential Sensors, Version: May 9, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.

Decagon Device, 2016c. EM50/ EM50R/EM50G Operator's Manual, Version: March 4, 2016. Decagon Device, Inc., Pullman, WA, USA.

Delta-T Devices Ltd., 2013. User Manual for the ML3 ThetaProbe. Version: ML3-UM-1.0. Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK.

Eijkelkamp Soil & Water, 2013a. Soil coring kit for chemical soil research operating instruction. Eijkelkamp Soil & Water, Giesbeek, The Netherlands.

Eijkelkamp Soil & Water, 2013b. Penetrologger operating instruction. Eijkelkamp Soil & Water, Giesbeek, The Netherlands.

Flint, A. L., Flint, L. E., 2002. Particle density. In: Dane, J. H., Topp, G. C. (Eds.): Methods of Soil Analysis, Part 4 – Physical Methods. Soil Science Society of America: pp 229–240.

ISO 10390, 2005. Standard of Soil Quality – Determination of pH. International Organization of Standardization, Geneva.

Lascar Electronics, 2016. Manual. Lascar Electronics Ltd UK, Whiteparish, UK.

Munsell Color, 2009. Munsell soil-color charts with genuine Munsell color chips. Munsell Color, Grand Rapids, MI, USA.

Rhoades, J.D., 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids, in: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston, M.E. Sumner (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA, pp. 417–435.

Soilmoisture Equipment Corp., 2009. 15 Bar Pressure Plate Extractor, Operating Instructions. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA.

UMS, 2011. User Manual: Long-term Monitoring Tensiometer T8. Revision: 12/2011. UMS GmbH München, Germany.

van Genuchten, M. Th., 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of America Journal, 44: 892–898.

Zbiral, J., 2002. Analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 197 s.

Zbiral, J., Honsa, I., Malý, S., 2004. Analýza půd III. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 199 s.

Přístroje pro pedologii, hydrologii, meteorologii, výzkum rostlin a diagnostiku životního prostředí.

Ekotechnika spol. s r.o.

Mokropeská 1832

252 28 Černošice u Prahy

tel.: +420 251 640 511

fax: +420 251 640 512

ekotechnika@ekotechnika.cz

IČO: 25147501

DIČ: CZ25147501

www.ekotechnika.cz

Bankovní spojení

GE Money Bank

210332150/0600

Výhradní zastoupení společností Eijkelkamp, ADC Ltd., Solinst, ADC, Campbell Scientific a mnoha dalších v ČR a SR
Zápis v OR, vedeným Krajským soudem v Praze, oddíl C vložka 53570