

NearriCZ: Databáze pro odhad polní vodní kapacity a bodu vadnutí v zemědělských půdách ČR pro účely řízení závlah

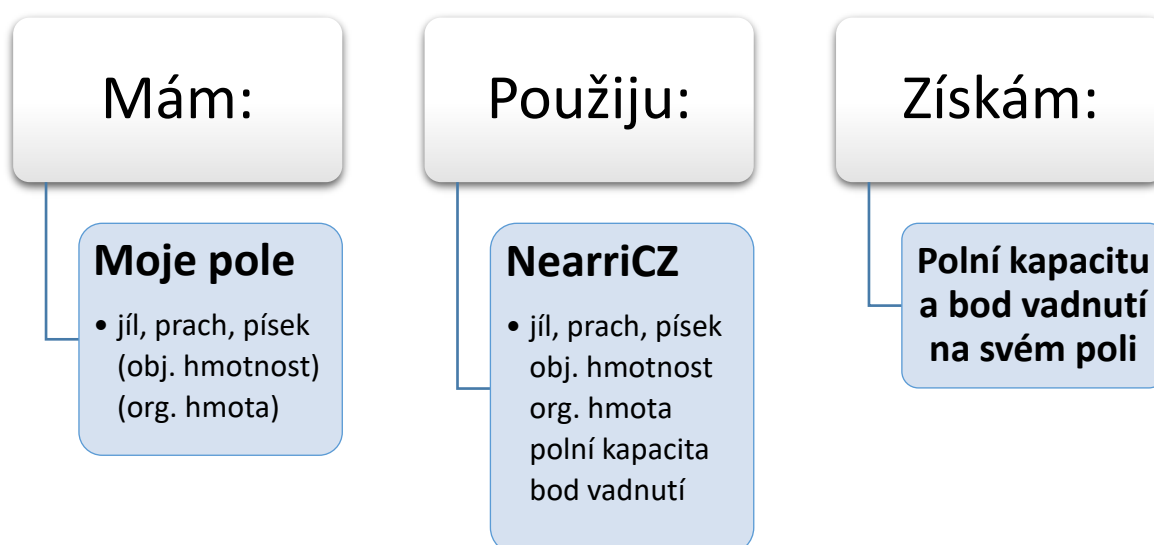
Miháliková, M., Khel, T., Almaz, C., Duffková, R., Matula, S., Fučík, P., Vopravil, J., Kara, R.S., Havelková, L., Bátková, K., Vlčková, M. 2019. NearriCZ: Databáze pro odhad polní vodní kapacity a bodu vadnutí v zemědělských půdách ČR pro účely řízení závlah [on-line]. Databáze. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. Dostupné z <https://katedry.czu.cz/kvz/nearricz>.

Vysvětlení použitých metod a postup aplikace databáze NearriCZ

Tato databáze umožňuje odhad dvou základních agronomicky významných hydrolimitů - **polní vodní kapacity a bodu vadnutí** - pomocí **zrnitostního rozboru** a variabilně také **objemové hmotnosti a/nebo obsahu organické hmoty**. Je určena k práci s programem **k-Nearest** (Nemes et al., 2008), jak je dále popsáno. Data pro databázi NearriCZ, vhodná pro odhad hydrolimitů našich půd, byla v ČR shromážděna a verifikována v rámci spolupráce ČZU a VÚMOP, v.v.i. Uživatel tak získá poměrně spolehlivé odhady polní vodní kapacity a bodu vadnutí platné pro orné půdy na území ČR. Nejistota odhadu je vyjádřena směrodatnou odchylkou.

Odhad polní vodní kapacity lze realizovat pro dvě rozdílné hodnoty matričního potenciálu půdy, - 10 kPa a -33 kPa, kdy prvně jmenovaná hodnota je vhodnější pro lehčí půdy a citlivé plodiny. Popsaná metoda se snaží vyhovět dvěma základním cílům, 1) co nejpřesněji odhadnout hydrolimity polní vodní kapacitu a bod vadnutí na základě konkrétních dat z určité lokality, 2) umožnit běžnému uživateli tuto metodu jednoduše použít.

Software k-Nearest (Nemes et al., 2008) je nástroj sloužící podobně jako pedotransferová funkce (PTF) pro odhad vlhkosti půdy při matričních potenciálech -33 kPa a -1500 kPa, tedy tzv. hydrolimitů polní vodní kapacity a bodu vadnutí. Schéma odhadu je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1. Schéma použití programu k-Nearest.

Tento software, fungující na principu analogie (zde algoritmus líného učení), tzv. metodě nejbližšího souseda, odhaduje hydrolimity v cílové půdě pomocí známého zrnitostního rozboru (obsahy písku, prachu a jílu), a/nebo objemové hmotnosti suché půdy a obsahu organické hmoty. Metodu můžeme zařadit mezi kontinuální a bodové PTF (více Minasny et al., 1999; Tomasella et al., 2003).

Odkaz ke stažení programu „Nearest Neighbor Soil Water Retention Estimator“: <https://www.ars.usda.gov/research/software/download/?softwareid=130&modecode=80-42-05-10#downloadForm>

Vyplňte jednoduchý registrační formulář, stáhněte a nainstalujte program dle instrukcí. Program je freeware, má pouze 3,2 MB a nevyžaduje žádné další informace. Pro jeho správnou funkci je potřeba nastavit v operačním systému tečku jako desetinný oddělovač.

Program obsahuje detailní popis a uživatelskou příručku v anglickém jazyce.

Program pracuje se dvěma základními soubory: referenční datový soubor a aplikační datový soubor. Nejistota odhadu je vyjádřena směrodatnou odchylkou, kterou program taktéž spočítá, a to pomocí tzv. „bootstrappingu“ i pro odhady s původně nezměřenými daty.

Referenční datový soubor

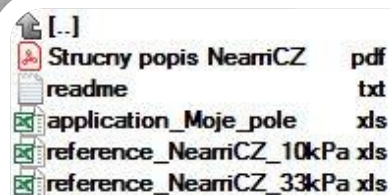
- je výchozí databáze půd, která je použita pro odhad neznámé polní kapacity a bodu vadnutí.
- Obsahuje identifikaci jednotlivých záznamů a půdní vlastnosti (prediktory) i změřené body retenční čáry půdní vlhkosti, v tomto případě pouze dva body – polní kapacitu a bod vadnutí.
- Program obsahuje základní referenční datový soubor vycházející z americké databáze NRCS-SCS Soil Characterization Database, ale je možné ho snadno vyměnit za jakoukoliv vlastní databázi (viz dále).

Aplikační datový soubor

- je třeba připravit uživatelem podle instrukcí v manuálu (či podle přiloženého vzoru, viz dále Obr. 2 a Tab. 1).
- Obsahuje identifikaci záznamů, známé prediktory a připravené sloupce pro odhady polní kapacity a bodu vadnutí.
- *Tip: otestujte si odhad na vzorovém aplikačním souboru.*

Databáze NearriCZ

- Rozbalte zazipovaný soubor, jehož součástí je tento text, do samostatné složky.
- Obsahuje tři sešity MS Excel, dva referenční datové soubory a jeden vzorový aplikační soubor.



Oba referenční datové soubory jsou vlastně samostatné databáze půdních vzorků, které se liší hodnotou matričního potenciálu půdní vody (jinými slovy sacího tlaku půdy), při kterém byla stanovena půdní vlhkost asociovaná s polní kapacitou. Konkrétně jsou to hodnoty -10 kPa a -33 kPa.

- Databáze „Reference_NearriCZ_10kPa.xls“ obsahuje celkem 873 půdních vzorků a její použití je vhodné pro lehké, písčité půdy, které snadno vysychají, a dále pro plodiny citlivé na sucho.
- Databáze „Reference_NearriCZ_33kPa.xls“ obsahuje celkem 1003 půdních vzorků a její použití je vhodné pro ostatní půdy a plodiny.
- Soubor „Application_Moje_pole.xls“ je vzorová databáze půd uživatele (Obr. 2).

Program podporuje soubory typu *.mdb, *.xls (pozor, *.xlsx není podporován!), *.txt a *.csv, následující příklad je popsán na souboru ve formátu MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SAMPLE	PEDON	SAND	SILT	CLAY	BD	OM	W33	W1500
2	1	moje_pole	0.5894	0.2643	0.1463	1.543	3.62	-999	-999
3	2	moje_pole	0.584	0.2853	0.1307	1.414	2.241	-999	-999
4	3	moje_pole	0.8302	0.1122	0.0576	1.35	0.001	-999	-999
5	4	moje_pole	0.3235	0.4668	0.2097	1.41	0.001	-999	-999
6	5	moje_pole	0.5757	0.2799	0.1444	1.664	3.62	-999	-999
7	6	moje_pole	0.5307	0.3068	0.1625	1.485	2.758	-999	-999
8	7	moje_pole	0.6245	0.2408	0.1347	1.497	3.276	-999	-999
9	8	moje_pole	0.5608	0.2599	0.1793	1.395	1.207	-999	-999
10	9	moje_pole	0.6715	0.2014	0.1271	1.426	0.001	-999	-999
11	10	moje_pole	0.097	0.498	0.405	1.548	2.414	-999	-999

Obr. 2. Vzor aplikačního datového souboru.

Požadavky programu k-Nearest na úpravu dat jsou detailně popsány v uživatelské příručce programu, zde jsou uvedeny hlavní zásady.

Aplikační soubor má vždy 9 sloupců (viz Tab. 1), první řádek obsahuje záhlaví sloupců přesně tak, jak je uvedeno ve vzorovém souboru. Nepoužívejte znaky s diakritikou.

Tab. 1. Přehled údajů v aplikačním datovém souboru.

Č. sloupce	Záhlaví (přesně dle vzoru)	Vlastnost půdy	Formát/jednotka
Sloupec 1	SAMPLE	Identifikace vzorku 1	Text, max. 20 znaků, bez mezer
Sloupec 2	PEDON	Identifikace vzorku 2	Text, max. 20 znaků, bez mezer
Sloupec 3	SAND	Písek (0,05 – 2 mm)	Číslo, rozsah: 0-1; jednotka [g/g]
Sloupec 4	SILT	Prach (0,002 – 0,05 mm)	Číslo, rozsah: 0-1; jednotka [g/g]
Sloupec 5	CLAY	Jíl (<0,002 mm)*	Číslo, rozsah: 0-1; jednotka [g/g]
Sloupec 6	BD	Objemová hmotnost suché půdy	Číslo, rozsah: 0-2.65; jednotka [g/cm ³]
Sloupec 7	OM	Organická hmota v půdě	Číslo, rozsah: 0-100; jednotka [%]
Sloupec 8	W33	Vlhkost půdy při -33 kPa	Číslo, rozsah: 0-1; jednotka [m ³ /m ³]
Sloupec 9	W1500	Vlhkost půdy při -1500 kPa	Číslo, rozsah: 0-1; jednotka [m ³ /m ³]

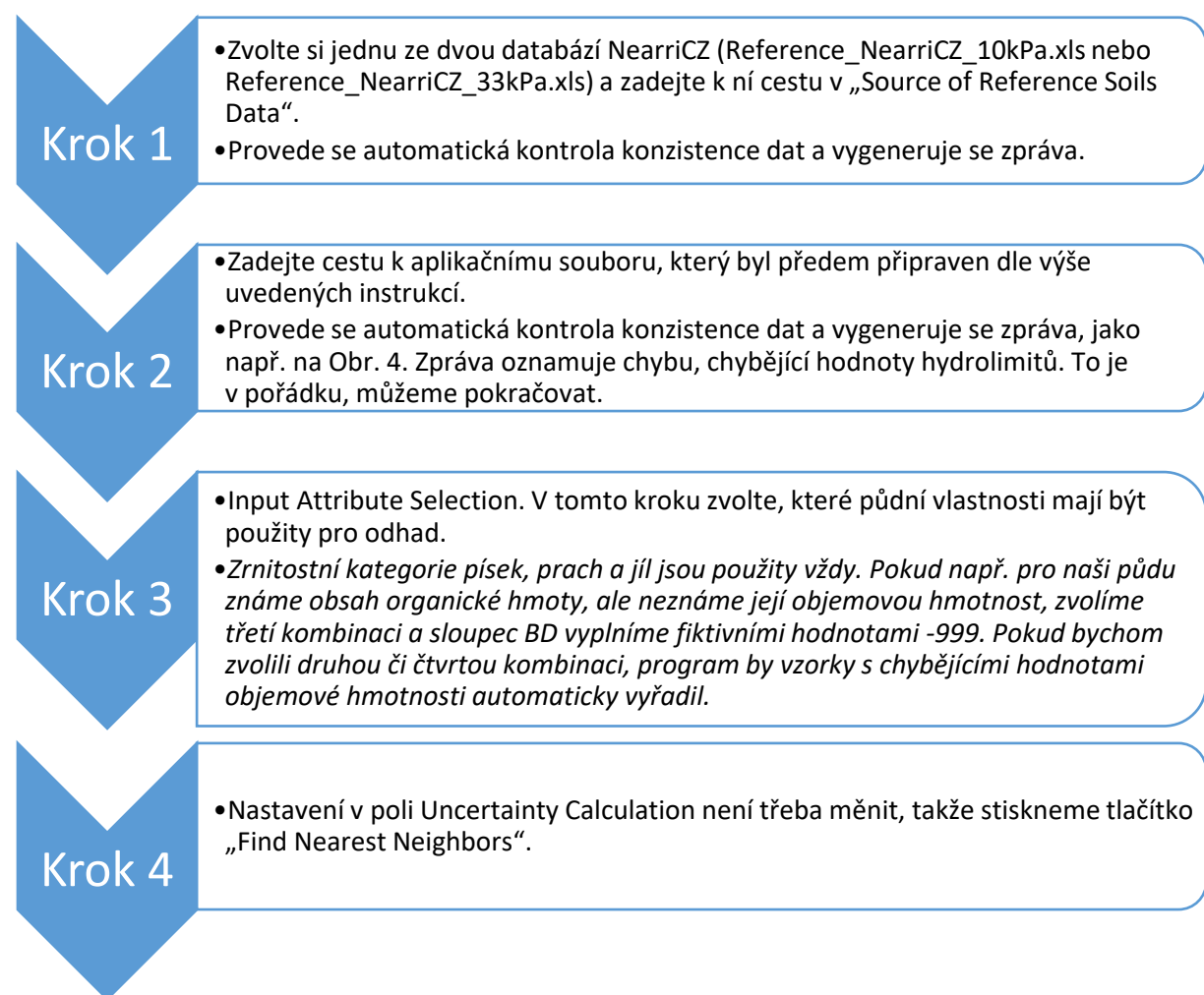
Chybějící údaje by měly být nahrazeny fiktivní hodnotou „-999“. Pokud pole necháte prázdná, může to vést k nereálným odhadům.

- Fiktivní hodnoty „-999“ jsou povoleny pouze v polích BD, OM, W33 a W1500.
- Hodnoty zadané pro SAND, SILT a CLAY se v součtu musí rovnat přesně 1. V těchto polích nejsou povoleny žádné chybějící hodnoty. Vzorky s chybějícími nebo fiktivními hodnotami v těchto polích jsou automaticky vyřazeny z výpočtu.
- *Pokud je k dispozici pouze frakce jílu <0,001 mm, lze ji přepočítat na frakci <0,002 dle rovnice Němečka et al. (2011):

$$y = 1,1503x + 2,3676 \quad (R^2 = 0,9748)$$

kde: x - % částic <0,001 mm, y - % částic <0,002 mm, R^2 - determinační koeficient

Spustíte program, objeví se hlavní okno (Obr. 3).



k-Nearest Neighbors

File Options Run k-Nearest Neighbor algorithm Help

Source of Reference Soils Data: **1** User Name:

Reference Soils Data (display only)

	Sample	Pedon	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Bd (g/cm ³)	Om (%)	W33 (m ³ /m ³)	W1500 (m ³ /m ³)
1	103300001	NearriCZ_33	0.2650	0.4720	0.2630	1.4336	2.8618	0.2633	0.1554
2	103300002	NearriCZ_33	0.0460	0.4490	0.5050	1.3520	3.1894	0.4154	0.2233
3	103300003	NearriCZ_33	0.4280	0.4460	0.1260	1.5098	3.1204	0.2657	0.1485
4	103300004	NearriCZ_33	0.1010	0.5810	0.3180	1.7522	1.0172	0.3439	0.2533
5	103300005	NearriCZ_33	0.3740	0.4870	0.1390	1.1790	2.8446	0.4237	0.1259
6	103300006	NearriCZ_33	0.5720	0.3520	0.0760	1.2995	1.6550	0.2827	0.1012

Number of soils in this Reference Soils Data Source: 1003 Current Worksheet: reference33\$

Source of Application Data: **2**

Application Data Set:

	Sample	Pedon	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Bd (g/cm ³)	OM (%)	W33 (m ³ /m ³)	W1500 (m ³ /m ³)
1	1	moje_pole	0.5894	0.2643	0.1463	1.5430	3.6200	-999.0000	-999.0000
2	2	moje_pole	0.5840	0.2853	0.1307	1.4140	2.2410	-999.0000	-999.0000
3	3	moje_pole	0.8302	0.1122	0.0576	1.3500	0.0010	-999.0000	-999.0000
4	4	moje_pole	0.3235	0.4668	0.2097	1.4100	0.0010	-999.0000	-999.0000
5	5	moje_pole	0.5757	0.2799	0.1444	1.6640	3.6200	-999.0000	-999.0000

Add Soil Delete Soil Clear grid Save Current worksheet: application data\$

Input Attribute Selection:

3

- ☐ Sand, Silt, Clay
- ☐ Sand, Silt, Clay, Bulk Density
- ☐ Sand, Silt, Clay, Organic Matter
- ☒ Sand, Silt, Clay, Bulk Density, Organic Matter

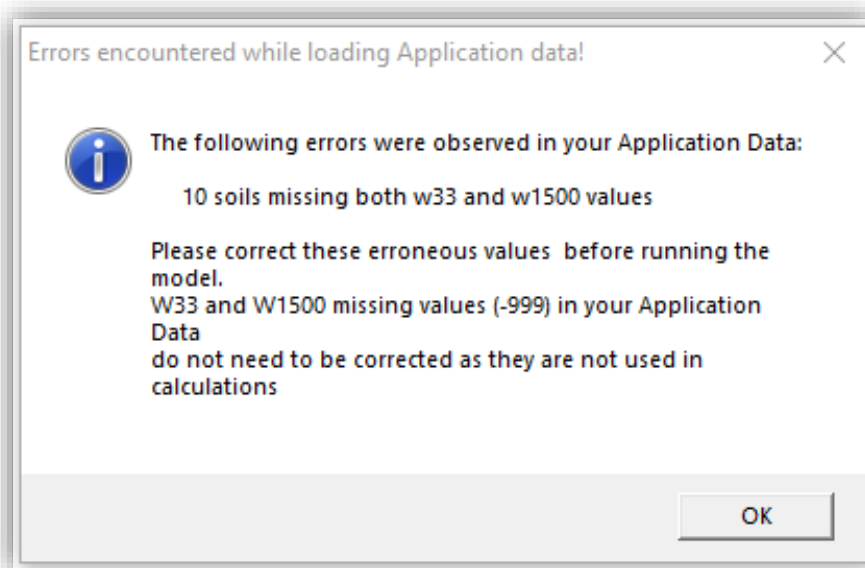
Uncertainty Calculation

☒ Bootstrapping # of Replications: 50

Help Find Nearest Neighbors **4**

14.10.2019 18:26

Obr. 3. Hlavní okno programu k-Nearest. Číslice označující pracovní kroky jsou popsány v textu.



Obr. 4. Chybová zpráva o datech v aplikačním datovém souboru.

Vygenerovaný soubor uložíme, nejprve však zvolíme formát výstupního souboru (např. tabulku *.xls). V horní části uloženého souboru je výstupní zpráva (Obr. 5) obsahující mj. počty a kompletnost půdních vzorků.

```

User name           : CZU+VUMOP
Processing date      : 14.10.2019 18:26:22
Application          : k-Nearest Neighbor, version 1.00.02 (Compiled on 12/22/2008)
Reference Soils Data source : D:\NearricZ\reference_NearricZ_33kPa.xls
Reference worksheet/table name : reference33$
Application data source   : D:\NearricZ\application_Moje_pole.xls
Application soils worksheet/table name : 'application data$'
Invalid entries in the application data:
  Invalid w33 value(s)      : 0
  Invalid w1500 value(s)    : 0
  Invalid w33 & w1500 value(s) : 10
  Invalid Sand+silt+Clay Not = 1 : 0
  Missing/invalid Bd value(s) : 0
  Missing/invalid OM value(s) : 0
Input attributes         : Sand, silt, Clay, Bulk Density, Organic Matter
Number of Reference Data soils with all specified input attributes present : 1003
Number of bootstrap replicates : 50
knumber                  : 20
Power                     : 1.08

```

Obr. 5. Výstupní zpráva programu k-Nearest.

SAMPLE	PEDON	SAND	SILT	CLAY	BD	OM	W33	W1500	PRED33	STDEV33	PRED1500	STDEV1500	EXACTMATCH
1	moje_pole	0.589	0.264	0.146	1.543	3.62	-999	-999	0.2596	0.0143	0.1339	0.0109	N
2	moje_pole	0.584	0.285	0.13	1.414	2.241	-999	-999	0.2704	0.0131	0.1478	0.0087	N
3	moje_pole	0.83	0.112	0.057	1.35	0.001	-999	-999	0.1722	0.0409	0.075	0.0498	N
4	moje_pole	0.323	0.466	0.209	1.41	0.001	-999	-999	0.3169	0.0178	0.1484	0.0053	N
5	moje_pole	0.575	0.279	0.144	1.664	3.62	-999	-999	0.2496	0.0101	0.1218	0.0108	N
6	moje_pole	0.53	0.306	0.162	1.485	2.758	-999	-999	0.2796	0.0162	0.1516	0.0093	N
7	moje_pole	0.624	0.24	0.134	1.497	3.276	-999	-999	0.268	0.0141	0.1412	0.01	N
8	moje_pole	0.56	0.259	0.179	1.395	1.207	-999	-999	0.259	0.0081	0.1782	0.028	N
9	moje_pole	0.671	0.201	0.127	1.426	0.001	-999	-999	0.2644	0.0148	0.1194	0.0084	N
10	moje_pole	0.097	0.498	0.405	1.548	2.414	-999	-999	0.3586	0.0089	0.1665	0.018	N

Obr. 6. Výstupní tabulka s výsledky odhadů polní kapacity a bodu vadnutí.

Spodní část obsahuje výsledek: odhadnuté hydrolimity polní kapacitu (PRED33) a bod vadnutí (PRED1500), a dále směrodatnou odchylku těchto odhadů (STDEV33 a STDEV1500), viz Obr. 6. (Poslední sloupec „EXACTMATCH“ indikuje, zda se v referenčním datovém souboru nachází identický vzorek. Pokud ano, bude tam písmeno Y, pokud ne, bude tam písmeno N, jako ve vzorovém výpočtu.)

Odhadnuté hydrolimity lze využít např. pro řízení závlah.

Použitá a doporučená literatura

- Bouma, J. 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advanced Soil Science*. 9. 177-213.
- Contreras, C. P., Bonilla, C. A. 2018. A comprehensive evaluation of pedotransfer functions for predicting soil water content in environmental modeling and ecosystem management. *Science of The Total Environment*. 644. 1580-1590.
- Gupta, S.C., Larson, W.E. 1979. Estimating soil water characteristic from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Resources Research*. 15. 1633-1635.
- Haghverdi, A., Leib, B. G., and Cornelis, W. M. (2015). "A simple nearest neighbor technique to predict the soil water retention curve." *Trans. ASABE*, 58(3), 697–705.
- Kutílek, M. 1978. *Vodohospodářská pedologie*. Druhé, přepracované vydání. SNTL. Praha. 296 s.
- Matula, S., Mojrová, M., Špongrová, K. 2007. Estimation of the soil water retention curve (SWRC) using pedotransfer functions (PTFs). *Soil & Water Research*. 2(4). 113-122.
- Matula, S., Špongrová, K. 2007. Pedotransfer function application for estimation of soil hydrophysical properties using parametric methods. *Plant, Soil and Environment*. 53(4). 149-157.
- Miháliková, M., Başkan, O., Dengiz, O. 2015. Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environmental Earth Sciences*. 74(3). 2425-2437.
- Miháliková, M., Matula, S., Doležal, F. 2013. HYPRESCZ – Database of Soil Hydrophysical Properties in the Czech Republic. *Soil & Water Research*. 8. 34–41.
- Miháliková, M., Matula, S., Doležal, F. 2014. Application of k-Nearest code for improvement of class pedotransfer functions and countrywide field capacity and wilting point maps. *Soil & Water Research*. 9. 1-8.
- Miháliková, M., Özyazici, M., Dengiz, O. 2016. Mapping Soil Water Retention on Agricultural Lands in Central and Eastern Parts of the Black Sea Region in Turkey. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 142 (12). 05016008.
- Minasny, B. 2000. Efficient methods for predicting soil hydraulic properties [on-line]. Doctoral thesis. University of Sydney. Dept. of Agricultural Chemistry and Soil Science, Faculty of Agriculture. Sydney. p. 352. [citováno dne 1. 12. 2010] Dostupné z <<http://hdl.handle.net/2123/853>>.
- Minasny, B., McBratney, A., Bristow, K.L. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water retention curves. *Geoderma*. 93(3-4). 225-253.
- Němeček, J., Muhlhanselová, M., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání. ČZU Praha, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.
- Nemes, A., Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., van Genuchten, M.T. 2006. Sensitivity Analysis of the Nonparametric Nearest Neighbor Technique to Estimate Soil Water Retention. *Vadose Zone Journal*. 5. 1222-1235.
- Nemes, A., Roberts, R.T., Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., van Genuchten, M.T. 2008. Software to estimate -33 and -1500 kPa soil water retention using the non-parametric k-Nearest Neighbor technique. Version 1.00.02. *Environmental Modelling & Software*. 23(2). 254-255.
- Nemes, A., Schaap, M.G., Wösten, J.H.M. 2003. Functional Evaluation of Pedotransfer Functions Derived from Different Scales of Data Collection. *Soil Science Society of America Journal*. 67. 1093-1102.
- Nemes, A., Wösten, J.H.M., Lilly, A., Oude Voshaar, J.H. 1999. Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases. *Geoderma*. 90. 187-202.
- Nguyen, P.M., Van Le, K., Botula, Y.D., Cornelis, W.M. 2015. Evaluation of soil water retention pedotransfer functions for Vietnamese Mekong Delta soils. *Agricultural Water Management*. 158. 126-138.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., Lin, H.S. 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. *Geoderma*. 131(3-4). 308-316.
- Patil, N.G., Pal, D.K., Mandal, C., Mandal, D.K. 2012. Soil water retention characteristics of vertisols and pedotransfer functions based on nearest neighbor and neural networks approaches to estimate AWC. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 138(2). 177-184.

- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., Saxton, K.E. 1982. Estimation of Soil Water Properties. *TRANSACTIONS of the ASAE*. 25(5). 1316-1320.
- Richards, L.A., Weaver, L.R. 1943. Fifteen-Atmosphere Percentage As Related To the Permanent Wilting Percentage. *Soil Science*. 56(5). 331-339.
- Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten, M.T. 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology*. 251. 163-176.
- Schaap, M.G., Leij, F.L., van Genuchten, M.T. 1998. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*. 62(4). 847-855.
- Scheinost, A.C., Sinowski, W., Auerswald, K. 1997. Regionalization of soil water retention curves in a highly variable soilscape, I. Developing a new pedotransfer function. *Geoderma*. 78(3-4). 129-143.
- Šútor, J., Štekauerová, V. 2000. *Hydrofyzikálne charakteristiky pôd Žitného ostrova*. Ústav hydrológie SAV. Bratislava. 163 s. ISBN 80-968 480-1-1.
- Tomasella, J., Pachepsky, Y., Crestana, S., Rawls, W.J. 2003. Comparison of Two Techniques to Develop Pedotransfer Functions for Water Retention. *Soil Science Society of America Journal*. 67(4). 1085-1092.
- Tóth, B., Weynants, M., Nemes, A., Makó, A., Bilas, G., Tóth, G. 2015. New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. *European Journal of Soil Science*. 66(1). 226-238.
- van Genuchten, M.T. 1980. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 44(5). 892-898.
- Veihmeyer, F.J., Hendrickson, A.H. 1927. Soil moisture conditions in relation to plant growth. *Plant Physiology*. January; 2(1). 71-82.
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J., Darius, P. 1989. Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Science*. 148(6). 389-403.
- Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M.G., Genuchten, M.T. 2010. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten–Mualem soil hydraulic properties: A review. *Vadose Zone Journal*. 9(4). 795-820.
- Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A., Le Bas, C. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*. 90(3-4). 169-185.
- Wösten, J.H.M., Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*. 251(3-4). 123-150.
- Zhang, Y., Schaap, M.G. 2017. Weighted recalibration of the Rosetta pedotransfer model with improved estimates of hydraulic parameter distributions and summary statistics (Rosetta3). *Journal of Hydrology*. 547. 39-53.