

HYDROPEDOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY LIMITUJÍCÍ VHLKOSTNÍ REŽIM PŮD LUŽNÍCH EKOSYSTÉMŮ JIŽNÍ MORAVY

L. Kubík

Došlo: 10. září 2004

Abstract

KUBÍK, L.: *Hydropedological parameters limiting soil moisture regime floodplain ecosystems of south Moravia*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 1, pp. 71-84

Soil moisture regime of floodplain ecosystems in southern Moravia is considerably influenced and greatly changed by human activities. It can be changed negatively by water management engineering or positively by landscape revitalizations. The paper deals with problems of hydropedological characteristics (hydrolimits) limiting soil moisture regime and solves effect of hydrological factors on soil moisture regime in the floodplain ecosystems. Attention is paid especially to water retention curves and to hydrolimits – wilting point and field capacity. They can be acquired either directly by slow laboratory assessment, derivation from the water retention curves or indirectly by calculation using pedotransfer functions (PTF). This indirect assessment uses hydrolimit dependency on better available soil physical parameters namely soil granularity, bulk density and humus content. The aim is to calculate PTF for wilting point and field capacity and to compare them with measured values. The paper documents suitability utilization of PTF for the region of interest. The results of correlation and regression analysis for soil moisture and groundwater table are furthermore presented.

hydrolimits, water retention curve (pF curve), pedotransfer function (PTF), soil moisture regime, groundwater table

Ekosystém lužních lesů jižní Moravy v nivách řek Dyje a Moravy patří svou rozlohou a zachovalostí k ojedinělým lokalitám v celoevropském měřítku. Tento ekosystém se od jiných lesních ekosystémů liší specifickým režimem půdní vlhkosti. Celá krajina poříčních niv se v minulosti silně změnila, zbylá přírodní koryta Moravy a Dyje byla regulována, značné plochy luk byly odvodněny a zorněny, při vodohospodářských úpravách zmizely stovky hektarů lužního lesa. Přestože se vodohospodářské úpravy zásadním způsobem dotkly jihomoravských niv, zůstávají v nich dodnes velmi cenné lokality nebo celé úseky prostředí velmi blízké přírodě – např. největší komplex lužního lesa v oboře Soutok s pralesní rezervací Ranšpurk, nebo meandry řeky Moravy v oblasti Strážnického

Pomoraví. Charakteristickým rysem těchto území je těsné spojení s vodním režimem krajiny (kolísání hladiny povrchových vod a hladiny podzemní vody). Obsah půdní vody má přitom přímý vliv na vegetaci. Její nedostatek či nadbytek v půdě negativně ovlivňuje růst a vývoj rostlin, což se pak odráží na výnosech i zdravotním stavu. Výstavba Novomlýnských nádrží, regulace a ohrázování Dyje přinesly kromě přímého zničení více než tisíce hektarů lužních lesů i zamezení záplav, které celému ekosystému luhu přinášely vodu s povodňovými kaly. Ukončení záplav negativně změnilo nejen vlhkostní režim půd, ale i koloběh živin a specifický fluvizemní pedogenetický proces tvorby humusového horizontu. Vodní režim lužních lesů přešel po ukončení záplav z režimu nivního (při-

rozené záplavy) do režimu výparného, tj. srážky jsou nižší než výpar (Prax, 1994), což v podstatě znamená „usychání“ lužního lesa. Aby se v budoucnu zabránilo negativnímu ovlivňování vlhkostního režimu lužního lesa spojeného s prosycháním lesních porostů, začala se v oblasti lužních lesů řek Moravy a Dyje provádět revitalizační opatření.

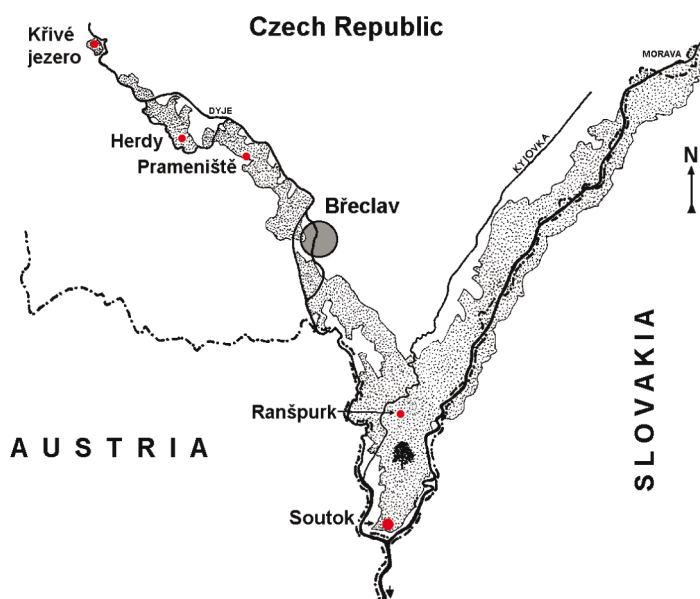
Cílem práce je navázat na předchozí výzkumy v oblasti lužních ekosystémů jižní Moravy na dolních tocích řek Moravy a Dyje a dále rozšířit poznatky řešené problematiky. Úkolem bylo sledovat a vyhodnotit dynamiku změn vlhkostního režimu půd v lužních ekosystémech na čtyřech vybraných lokalitách a specifikovat hydropedologické charakteristiky nutné pro konstrukci typických průběhů pF čar pro půdy aluvií lužních ekosystémů, zároveň určit a modelovat ty půdní hydrolimity – bod vadnutí (BV), polní vodní kapacitu (PK), které představují limitující faktory vlhkostních režimů půd.

MATERIÁL A METODY

Obecná charakteristika sledovaných lokalit

Monitorované lokality se nacházejí v nížinných polohách tvořených nivními aluviálními náplavy. Studovaná oblast zahrnuje lužní ekosystémy na aluviích nejnižších partií řek Dyje a Moravy a v oblasti jejich působení. Hydrogeologicky nejvýznamnějším útvarem jsou říční štěrkopískové uloženiny údolních niv i přilehlých nižších říčních akumulacních teras.

Pro práci byly vybrány čtyři automatické monitorovací stanice v oblasti nivy řeky Dyje v úseku Lednice až Soutok (Obr. 1), které byly vybudovány na konci roku 1994 a uvedeny do provozu 1. 1. 1995. Všechny stanice měří v pravidelných intervalech následující parametry: půdní vlhkost ve 30 cm (V1) a 60 cm (V2), hladinu podzemní vody (HPV), teplotu půdy a srážky. Technické, softwarové vybavení a instalaci zajistila firma Amet Velké Bílovice ve spolupráci s pracovníky CHKO a BR Pálava.



1: Lokalizace monitorovacích stanic v oblasti jižní Moravy

Monitorovací stanice Soutok je umístěná pod vysokým stromovým patrem částečně uzavřeným v nadmořské výšce 150 metrů a je pod vlivem periodického umělého povodňování i nepravidelných přirozených záplav řeky Moravy protékající východně 700 metrů od stanice. Řeka Dyje je vzdálená 3200 m západním směrem.

Monitorovací stanice Ranšpurk leží uvnitř hustě zapojeného lužního lesa v těsné blízkosti přírodní pralesní rezervace „Ranšpurk“ v úseku ovlivněném řekami Dyjí a Moravou a je celodenně zastíněna vzrostlým lesním porostem. Její nadmořská výška je kolem 154

metrů. Řeka Morava teče 2300 m východně od stanice a Dyje ve vzdálenosti 2500 m západně, 100 metrů severozápadně od stanice teče říčka Kyjovka.

Monitorovací stanice Prameniště je umístěna na hranici lužního lesa a louky v nadmořské výšce 160 m, nachází se v blízkosti čerpacích vodovodních vrtů pro vodovod Lednice na Moravě. Řeka Dyje teče 1000 m severovýchodně od stanice a Zámecká Dyje je vzdálená 250 m jihozápadně.

Monitorovací stanice Herdy se nachází v oblasti Horního lesa v nadmořské výšce 162 m. Je ovlivněna zamezením inundací po úpravě koryta řeky Dyje a až

do podzimu 1997, kdy proběhla v její těsné blízkosti rozsáhlá těžba dřeva, byla celodenně stíněna vysokým lesním porostem. Od podzimu 1997 je stanice na přechodu lesa a paseky (250x150m). Řeka Dyje teče severovýchodně ve vzdálenosti 1750 m a řeka Zámecká Dyje se nachází 400 m jihozápadně.

Metodologie

Pro stanovení fyzikálních vlastností půd byly v blízkosti monitorovacích stanic vykopány pedologické sondy a z hloubek 30 a 60 cm byly odebrány porušené vzorky a neporušené půdní vzorky do Kopeckého fyzikálních válečků ve třech opakováních a dále zpracovány laboratorními analýzami. V laboratoři se určovaly následující parametry: objemová hmotnost redukovaná (OHR) (ρ_d , $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), zrnitostní složení pipetovací metodou, celkový obsah půdního humusu (C, %). U neporušených vzorků byly zjišťovány vlhkosti půdy v objemových procentech (půdní hydrolimity) pro určité sací tlaky půdy. Ke stanovení jednotlivých půdních hydrolimitů bylo použito pískového tanku pracujícího na principu podtlaku a přetlakového přístroje. Neporušené půdní vzorky byly na obou přístrojích vystavovány postupně zvyšujícím se tlakům odpovídajícím následujícím sacím tlakům půdy (vodnímu potenciálu) uvedených v cm, a to 10, 30, 60, 100, 500, 1000, 2000, 3000, 10000. U každého sacího tlaku se zjišťovala objemová vlhkost v procentech (Θ %) a ze zjištěných hodnot půdních vlhkostí byly následně sestrojeny retenční čáry vlhkosti tzv. pF křivky. Pro vytvoření pF křivek bylo dále použito hodnot půdní vlhkosti při plné vodní kapacitě, která byla stanovena po úplném nasátí vzorků vodou v laboratoři. Odpovídá sacímu tlaku $pF = 0$, a bodu vadnutí $pF = 4,18$, který byl vypočítán ze vzorce podle Váší z procentického obsahu první půdní zrnitostní kategorie: $\Theta_{BV} = 0,3 (\% \text{ I. kategorie}) + 4,0$.

U automaticky měřených hydrologických parametrů (V_1 , V_2 a HPV) sledovaných na lokalitách Herdy, Prameniště, Ranšpurk a Soutok byly provedeny analýzy korelace a regrese. K vyjádření změn hodnot

půdního vlhkostního režimu byly použity lineární regresní funkce. Obecná forma lineární regresní závislosti jsou funkce: $V_1 = f(V_2, \text{HPV})$ a $V_2 = f(V_1, \text{HPV})$.

Pedotransferové funkce (PTF) byly počítány pro hydropedologické charakteristiky limitující vlhkostní režim půd, a to BV; $pF = 4,18$ a PK; $pF = 2,7$. Při tvorbě pedotransferových funkcí bylo využito vlastních naměřených hodnot hydrolimitů a vybraných půdních fyzikálních charakteristik (obsah I. zrnitostní kategorie, OHR, humus) z lokalit Herdy, Prameniště, Ranšpurk a Soutok a dále pak z předešlého podrobného hydropedologického průzkumu pro závlahu zemědělských pozemků provedeného roku 1970 v okolí Břeclavi a Lanžhota, náležejícímu do oblasti lužních ekosystémů jižní Moravy. Z tohoto průzkumu byly celkem využity hodnoty z 24 půdních profilů půd lužních ekosystémů.

Pedotransferové funkce byly získány pomocí několikánásobné lineární regrese pro půdní vlhkosti odpovídající BV a PK. Za nezávisle proměnné byly vybrány obsah I. zrnitostní kategorie vyjádřené v procentech podle Kopeckého, objemová hmotnost redukovaná ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) a obsah celkového humusu v procentech.

Výsledná PTF má obecný vzorec:

$$\Theta = A \cdot (I. \text{ kat.}) + B \cdot (OHR) + C \cdot (\text{humus}) + D,$$

kde A, B, C, D jsou regresní koeficienty a Θ je vlhkost v objemových procentech odpovídající danému hydrolimitu – BV a PK.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Retenční čáry vlhkosti (pF křivky) půd vybraných lokalit

V následujících tabulkách Tab. I a Tab. II jsou uvedeny výsledky fyzikálních a hydrofyzikálních rozborů půdy prováděných podle metod uvedených v Janáček et al. (1989), nutné pro další vyhodnocování.

I: Vybrané fyzikální charakteristiky půd sledovaných lokalit

Lokalita	obsah I. zrnitostní kategorie (hmot. %)	půdní druh podle Nováka	celkový obsah humusu (%)
Herdy			
30 cm	57,13	jílovito-hlinitá	mírně humózní (2,11)
60 cm	48,82	jílovito-hlinitá	mírně humózní (1,25)
Prameniště			
30 cm	72,19	jílovitá	mírně humózní (1,15)
60 cm	71,86	jílovitá	mírně humózní (1,56)
Ranšpurk			
30 cm	38,31	hlinitá	mírně humózní (1,09)
60 cm	40,67	hlinitá	mírně humózní (1,10)
Soutok			
30 cm	39,05	hlinitá	mírně humózní (1,18)
60 cm	38,94	hlinitá	mírně humózní (1,07)

II: Vybrané hydropedologické charakteristiky (hydrolimity) půd sledovaných lokalit stanovené laboratorně

Lokalita	Θ_s (%)	Θ_{MKK} (%)	Θ_{RVK} (%)	Θ_{BV} (%)	Θ_{VVK} (%)	ρ_d (g.cm ⁻³)	ρ_s (g.cm ⁻³)
Herdy							
30 cm	48,96	44,62	41,93	21,14	24,48	1,39	2,60
60 cm	45,20	41,79	39,71	18,65	23,14	1,55	2,58
Prameniště							
30 cm	55,64	52,95	50,44	25,65	27,30	1,31	2,54
60 cm	53,64	50,37	47,65	25,56	24,81	1,36	2,57
Ranšpurk							
30 cm	46,07	39,84	36,96	15,50	24,34	1,50	2,70
60 cm	41,33	36,11	33,09	16,20	19,91	1,53	2,74
Soutok							
30 cm	47,19	43,00	38,82	15,72	27,28	1,46	2,69
60 cm	42,80	40,48	37,90	15,68	24,80	1,58	2,73

Θ_s – objemová vlhkost půdy při plné vodní kapacitě (nasáklivost)

Θ_{MKK} – objemová vlhkost půdy při maximální kapilární kapacitě

Θ_{RVK} – objemová vlhkost půdy při retenční vodní kapacitě

Θ_{BV} – objemová vlhkost půdy při bodu vadnutí – vypočítaná

z rovnice podle Váši

Θ_{VVK} – objemová vlhkost využitelné vodní kapacity

($\Theta_{VVK} = \Theta_{RVK} - \Theta_{BV}$)

ρ_d – objemová hmotnost zeminy po vysušení

(obj. hm. redukována)

ρ_s – měrná hmotnost zeminy

Průběh vlhkostních retenčních čar (pF křivek) je potřeba znát pro poznání energetických poměrů půdní vody v půdním profilu a pro studium vazby vody v půdě vzhledem k její přístupnosti pro rostliny. Vztah mezi obsahem vody v půdě (vlhkostí %) a

sacím tlakem je ukázán na Obr. 2 za pomoci půdních vlhkostních retenčních čar pro jednotlivé lokality pro hloubky 30 a 60 cm. V grafech 1–4 jsou vyznačeny půdní hydrolimity, které mají limitující charakter pro lužní ekosystém a to PK a BV. Vlhkost půdy je v gra-

fech uvedena v objemových procentech a osa hodnot sacího tlaku je vyjádřena v centimetrech a jako pF a je logaritmická. Během laboratorního měření byla stanovena pouze odvodňovací větev vlhkostních retenčních křivek. Číselné údaje jsou uvedeny v Tab. III.

Průběh retenčních vlhkostních křivek je u všech lokalit v obou hloubkách podobný, přesto indikuje rozdíly ve vlhkostním režimu jednotlivých lokalit. Lokalita Prameniště se jasně liší od ostatních lokalit vyšší vlhkostí při daných sacích tlacích, což plyne z jejího zrnitostního složení, má nejvyšší obsah I. zrnitostní

kategorie. Svou roli zde hraje i větší množství kapilárních pórů. Tvar retenčních čar indikuje relativně příznivé půdní hydrofyzikální vlastnosti, podobně uvádí i Prax (1985). Je to dáno odběrovou hloubkou, kdy fyzikální vlastnosti půdy ve větších hloubkách jsou obecně horší oproti svrchnějším částem. Z grafů je patrné, že vlhkostní retenční křivky pro hloubku 30 cm mají u všech lokalit vyšší retenční kapacitu. Pro obě hloubky u všech lokalit platí, že při vyšších sacích tlacích se půda relativně rychle odvodňuje.

III: Průměrné hodnoty okamžité půdní vlhkosti (Θ_m), plné vodní kapacity (Θ_{PK}), bodu vadnutí (Θ_{BV}) vypočítaného podle Váši a půdní vlhkosti pro určité hodnoty sacího tlaku

Lokalita	Θ_m	Θ_{PK}	10	30	60	100	500	1000	2000	3000	10000	Θ_{BV}
Herdy												
30 cm	37,51	48,96	47,35	46,34	45,63	45,11	42,47	39,17	37,01	34,80	31,67	21,14
60 cm	32,78	45,20	43,62	42,72	42,60	42,31	40,34	37,13	35,16	32,86	29,99	18,65
Prameniště												
30 cm	45,93	55,64	54,51	53,81	53,77	53,41	51,06	47,13	44,30	41,58	37,28	25,65
60 cm	45,37	53,64	52,22	51,42	51,30	50,91	48,28	44,30	41,81	39,25	35,30	25,56
Ranšpurk												
30 cm	32,55	46,07	44,31	42,97	41,20	40,27	37,51	33,02	30,94	28,63	25,61	15,50
60 cm	31,16	41,33	39,83	38,23	37,36	36,71	34,38	31,31	29,19	27,30	24,27	16,20
Soutok												
30 cm	39,01	47,19	46,91	45,70	44,73	43,51	38,82	36,95	34,54	31,24	28,43	15,72
60 cm	39,02	42,80	42,75	42,44	42,40	41,11	38,95	35,80	33,68	29,76	27,75	15,68

Pedotransferové funkce (PTF) pro bod vadnutí a polní vodní kapacitu

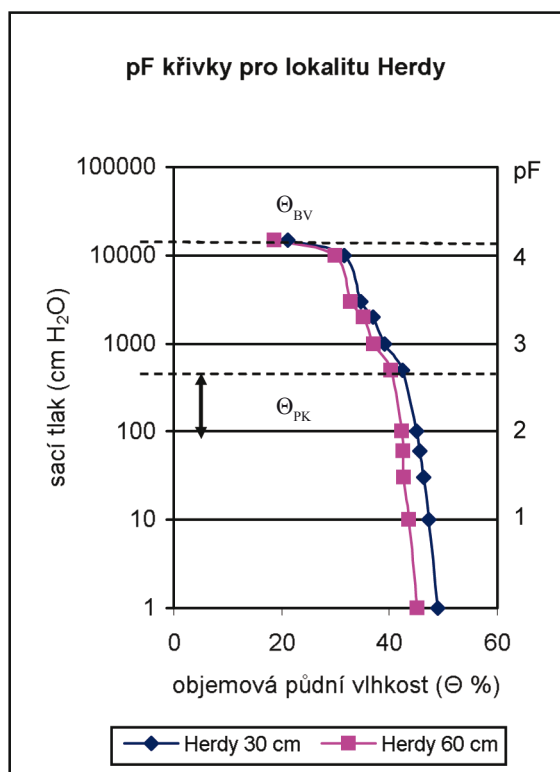
Zpracováním dvou souborů údajů (BV; $pF = 4,18$, PK; $pF = 2,7$) vyjadřujících limitní hodnoty vodního režimu v půdě v závislosti na obsahu částic I. zrnitostní kategorie, objemové hmotnosti redukované a celkového obsahu humusu s využitím trojnásobné lineární regrese byly získány tyto PTF:

$$\Theta_{BV} = 0,3006 * X1 + 0,1445 * X2 + 0,0045 * X3 + 3,7794; kr = 0,9 a$$

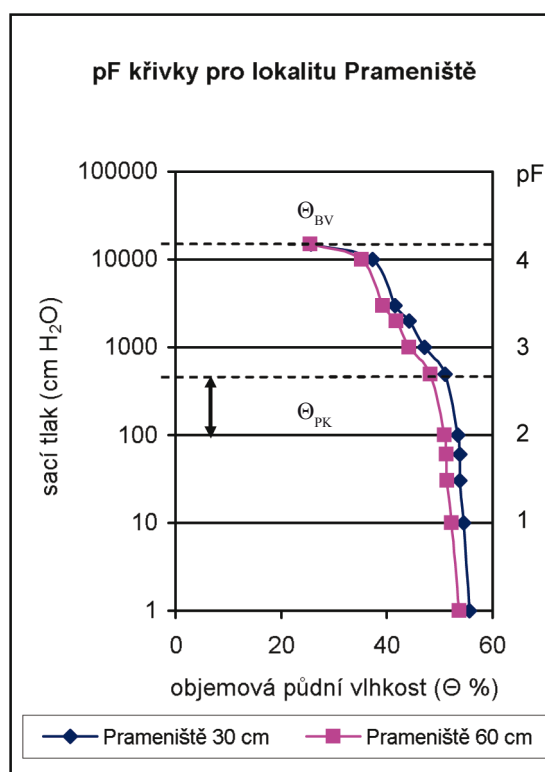
$$\Theta_{PK} = 0,4841 * X1 + 3,8236 * X2 + 0,2803 * X3 + 6,8845; kr = 0,82,$$

kde $X1$ značí obsah částic I. zrnitostní kategorie, $X2$ je objemová hmotnost redukovaná a $X3$ je celkový obsah humusu a kr značí koeficient regrese.

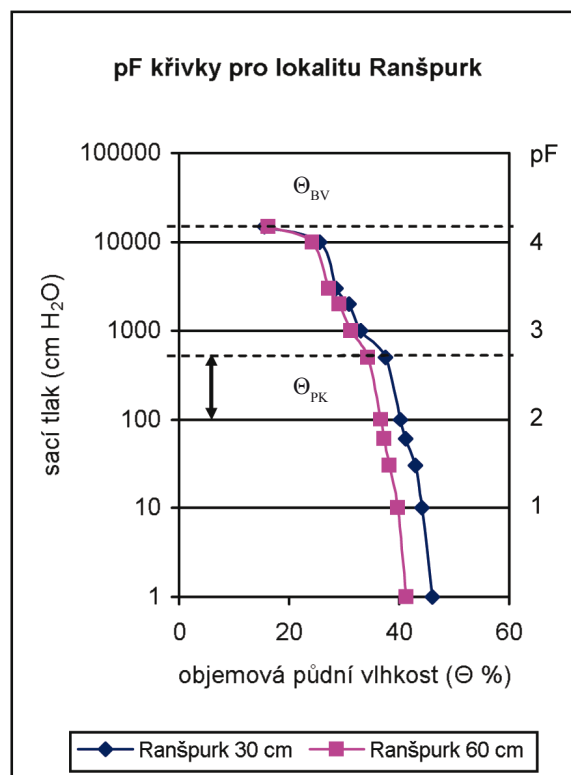
Graf 1



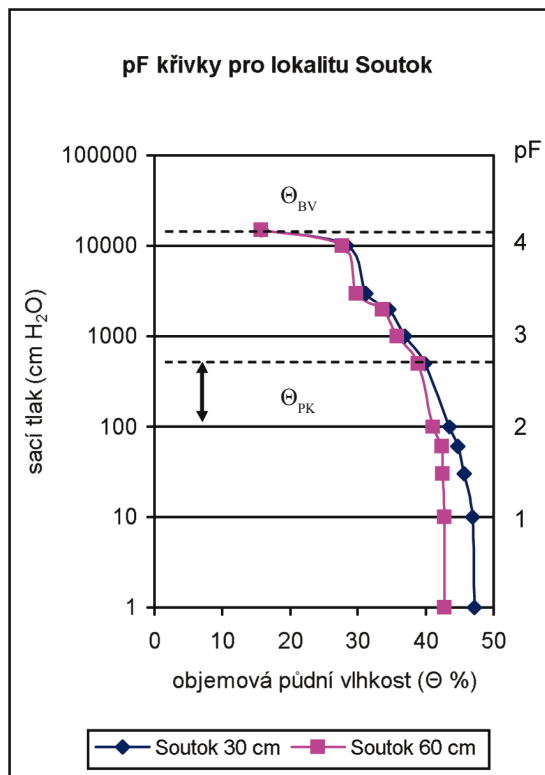
Graf 2



Graf 3



Graf 4



2: Grafy 1–4 pF křivek pro hloubky 30 a 60 cm na lokalitách Herdy, Prameniště, Ranšpurk a Soutok; Θ_{BV} – vlhkost půdy při bodu vadnutí, Θ_{PK} – vlhkost půdy při polní vodní kapacitě

Z rovnice pro bod vadnutí vyplývá, že pokud se obsah humusu změní o 10 %, pak se hodnota BV změní velmi nepatrně, pouze o 0,045 %. Naopak pro I. zrnitostní kategorii a pro OHR z rovnice vyplývá, že jejich změna vyvolá patrné zvýšení hodnoty BV. U I. zrnitostní kategorie zvýšení o 10 % vyvolá zvýšení hodnoty BV o 3,006 % a u OHR změna o 10 % vyvolá změnu hodnoty BV o 1,445 %. U rovnice pro výpočet PK má změna obsahu humusu větší vliv na změnu hodnoty PK oproti hodnotě BV, a to při změně o 10 % se změní hodnota PK o 2,803 %. Podobný větší vliv humusu na PK než na BV zjistil i Brežný (1969, 1970). Změna I. zrnitostní kategorie působí téměř stejnou změnu hodnoty PK jako u hodnoty BV. OHR však vyvolává daleko větší změnu a pokud se změní o 1 %, pak se hodnota PK změní o 3,8236 %.

Podobný postup byl použit i při vyjádření využitelné vodní kapacity (VVK) a byla získána tato PTF:

$$\Theta VVK = 0,1835 * X1 + 3,6791 * X2 + 0,2757 * X3 + +3,1050; kr = 0,36.$$

BV, PK a VVK jejich hodnoty naměřené a získané z PTF jsou prezentovány v Tab. IV. Z tabulky je patrná blízká shoda mezi hodnotami hydrolimitů BV, PK a VVK stanovených jak měřením, tak i z výpočtu s použitím PTF. Hodnoty hydrolimitů jsou závislé na variabilitě změn objemové hmotnosti redukované během roku. Proto jsou vždy hydrolimity v určitém intervalu obsahu půdní vody (Štekauerová et al., 2002).

IV: BV, PK a VVK vyjádřené v objemových % vlhkosti měřené a získané z PTF a rozdíl mezi těmito hodnotami hydrolimitů

Lokalita	měřené hodnoty (HM)			počítané hodnoty z PTF (HP)			$\Delta = f(HP - HM)$		
	ΘBV	ΘPK	ΘVVK	ΘBV	ΘPK	ΘVVK	ΘBV	ΘPK	ΘVVK
Herdy									
30cm	21,14	42,47	21,33	21,22	40,53	19,12	0,08	-1,94	-2,21
60 cm	18,65	40,34	21,69	18,68	36,80	18,19	0,03	-3,54	-3,50
Prameniště									
30 cm	25,65	51,06	25,41	25,67	47,16	21,53	0,02	-3,90	-3,88
60 cm	25,56	48,28	22,72	25,58	47,31	21,67	0,02	-0,97	-1,05
Raňšpurk									
30 cm	15,50	37,51	22,01	15,52	31,47	16,07	0,02	-6,04	-5,94
60 cm	16,20	34,38	18,18	16,23	32,73	16,62	0,03	-1,65	-1,56
Soutok									
30 cm	15,72	39,82	24,10	15,73	31,70	16,04	0,01	-8,12	-8,06
60 cm	15,68	38,95	23,27	15,72	32,08	16,50	0,04	-6,87	-6,77

Rozdíl mezi počítaným a měřeným hydrolimitem BV se pohybuje v rozmezí 0,01–0,08 % objemové vlhkosti, rozdíl pro hydrolimit PK je v rozmezí 0,97–8,12 % objemové vlhkosti, a pro VVK je rozdíl v intervalu 1,05–8,06 % objemové vlhkosti.

Vodní režim vybraných lokalit

Pro jednotlivé měřené parametry (hladina podzemní vody (HPV), vlhkosti půdy v hloubkách 30 cm (V1) a 60 cm (V2)) abiotického prostředí lužního lesa lokalit Herdy, Prameniště, Raňšpurk, Soutok jsou v Tab.V uvedeny základní statistické charakteristiky pro období let 1995 – 1999, a to průměrné roční hodnoty, medián, absolutní roční minima a maxima.

V průběhu měření hodnoty HPV zachycovaly také stav při povodňování prováděném v rámci revitalizací nebo při přirozených povodních, kdy byla lokalita zatopena. K tomuto stavu došlo na lokalitě Soutok v roce 1995 s maximem 0,41 m nad povrchem půdy, 1996 s max. 0,84 m, 1996 s max. 0,41 m, 1997 s max. 0,15 m, 1997, kdy došlo k přerušení měření vlivem povodně, s naměřeným nejvyšším max. 1,72 m, 1998 s max. 0,25 m, 1999 s max. 0,88 m a 1999 s max. 0,1 m, na lokalitě Raňšpurk v roce 1997 s max. 0,33 m, 1997 s max. 0,08 m a na lokalitě Prameniště v roce 1997 s max. 0,1 m. Hladina podzemní vody na lokalitě Herdy nikdy nedosáhla nad terén, neboť je zřetelně ovlivněna manipulací s vodou v nádržích

Nové Mlýny. Tento vliv se uplatňuje i u lokality Prameniště, kde k němu ještě přibývá vliv čerpání podzemní vody vodovodem Lednice. Absolutní minima úrovně HPV byly dosaženy na lokalitě Herdy v roce 1995 (–1,89 m), Prameniště v roce 1996 (–2,40 m), Ranšpurk v roce 1995 (–2,51 m) a Soutok v roce 1998 (–2,54 m). Největší rozpětí mezi maximem a minimem HPV byl u lokality Soutok 3,88 m v roce 1997 díky povodni. Na této lokalitě byly největší rozdíly mezi minimem a maximem hladiny podzemní vody, neboť zde každoročně hladina vody vystoupila nad terén.

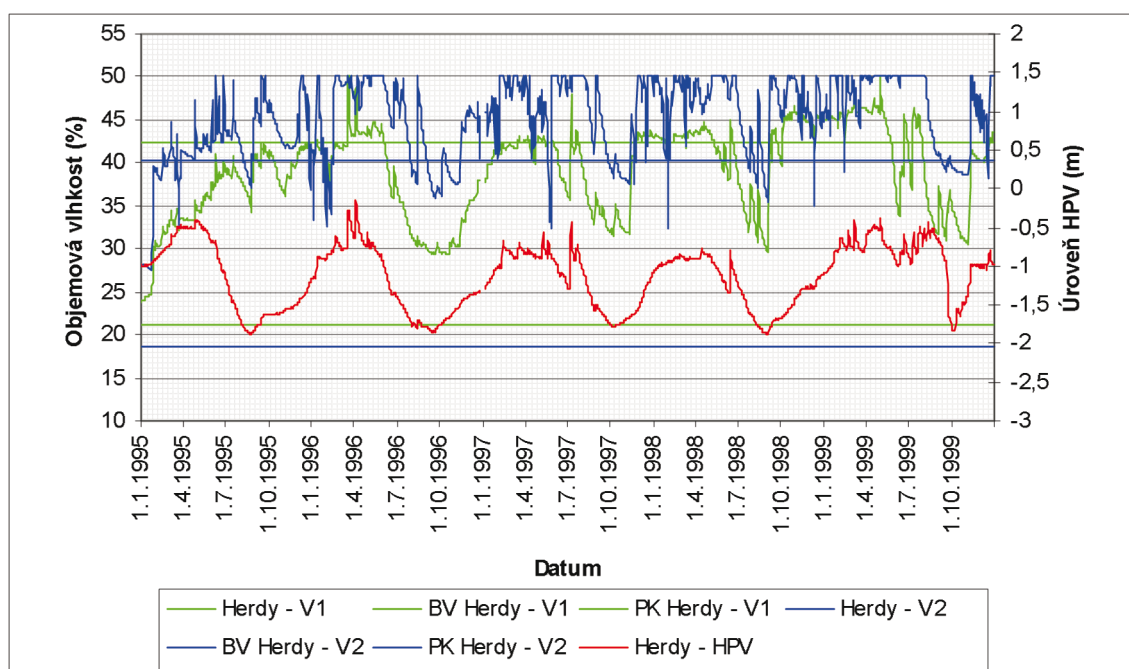
Ze srovnání dynamiky vlhkosti půdy v hloubce 30 cm (V1) v průběhu celého měření vyplývá, že nejmenší rozpětí mezi maximem a minimem je na lokalitě Soutok 22,92 objemových % (27,80–50,00 %),

na lokalitě Prameniště 25,50 % (24,50–50,00 %), na Herdách 26,20 % (23,80–50,00 %) a největší rozpětí je na lokalitě Ranšpurk 37,90 % (12,10–50,00 %). Pro dynamiku vlhkosti v hloubce 60 cm platí, že nejmenší rozpětí mezi maximem a minimem je opět na lokalitě Soutok 18,76 objemových % (31,24–50,00 %), dále pak Herdy 22,40 % (27,60–50,00 %) a Prameniště 22,50 % (27,50–50,00 %), největší rozpětí je opět na lokalitě Ranšpurk 25,90 % (24,10–50,00 %), kde vlhkost v obou hloubkách dosahuje nejnižších hodnot v průběhu celého měření.

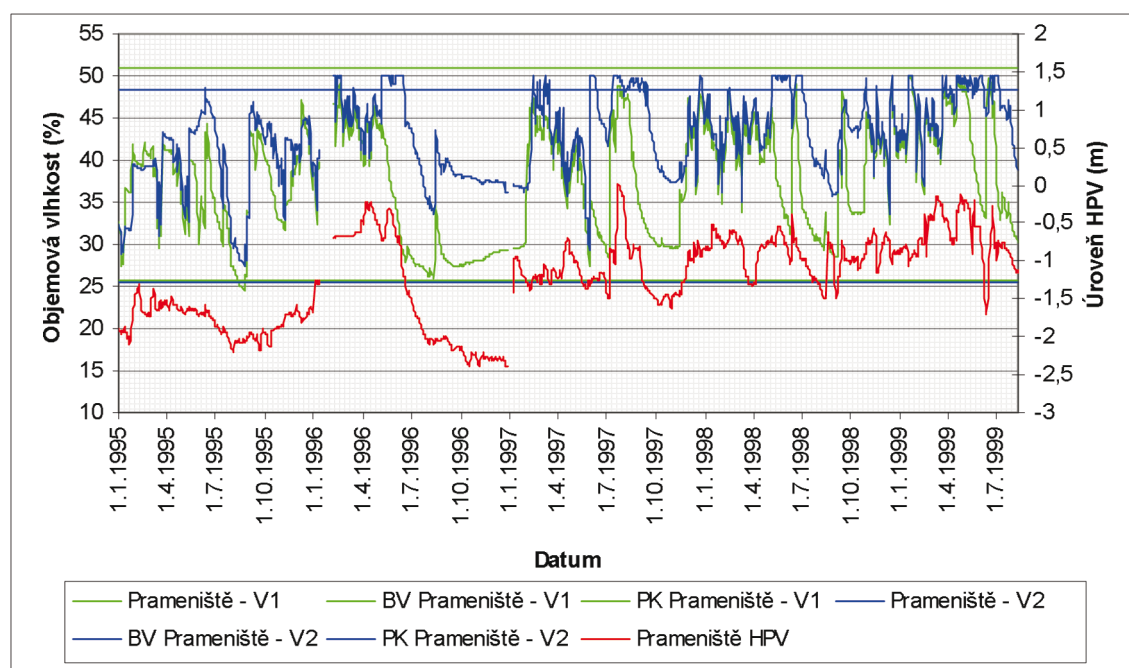
Na Obr. 3–6 je vykreslen průběh HPV vzhledem k terénu a půdní vlhkosti v hloubkách 30 a 60 cm, které jsou porovnávány s hodnotami limitujících hydrologických charakteristik vlhkostí bodu vadnutí $\Theta_{\text{bv}} \text{ pF} = 4,18$ a polní vodní kapacity $\Theta_{\text{pk}} \text{ pF} = 2,7$.

V: Základní statistické charakteristiky V1, V2 a HPV

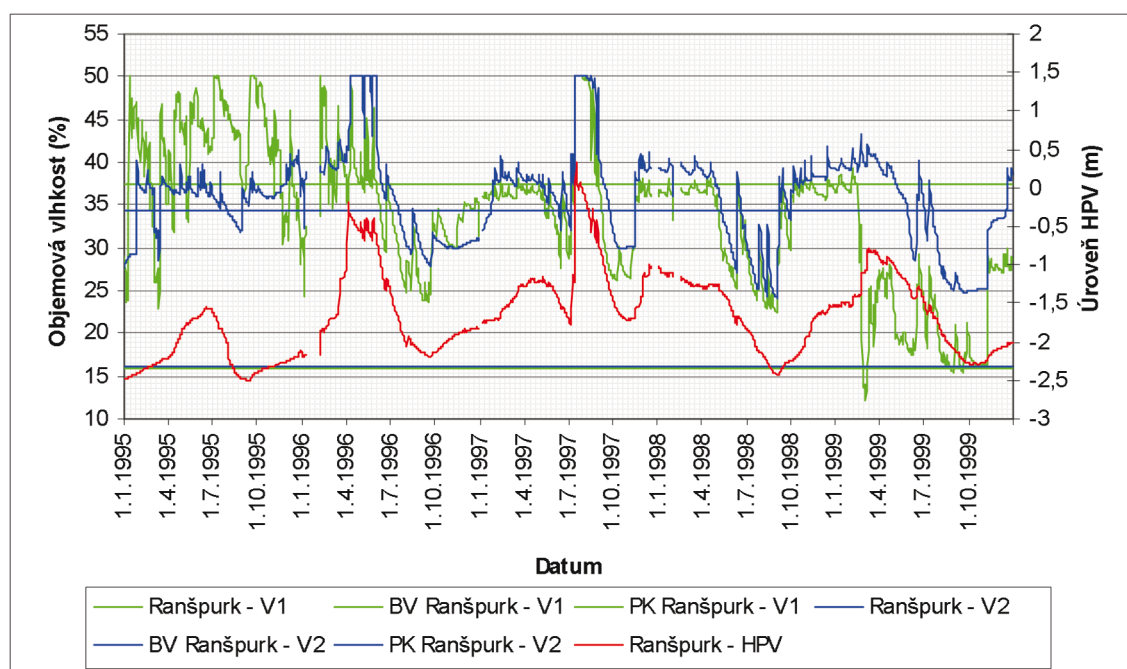
Lokalita	Rok	V1				V2				HPV			
		Ø	Medián	Min.	Max.	Ø	Medián	Min.	Max.	Ø	Medián	Min.	Max.
Herdy	1995	36,19	37,30	23,80	42,40	41,73	42,00	27,60	50,00	–1,15	–1,17	–1,89	–0,04
	1996	37,13	37,10	29,30	50,00	44,41	45,50	32,70	50,00	–1,22	–1,34	–1,85	–0,15
	1997	39,11	41,00	31,50	48,00	45,92	47,40	32,40	50,00	–1,18	–1,11	–1,78	–0,44
	1998	41,46	43,00	29,50	46,60	46,66	48,00	32,40	50,00	–1,25	–1,19	–1,88	–0,78
	1999	40,86	42,20	30,60	50,00	46,56	49,40	38,30	50,00	–0,88	–0,81	–1,84	–0,39
Prameniště	1995	36,69	37,90	24,50	47,10	39,50	40,40	27,50	48,60	–1,78	–1,72	–2,20	–1,32
	1996	33,85	29,20	26,00	49,40	41,97	40,30	33,50	50,00	–1,46	–1,75	–2,40	–0,22
	1997	37,51	37,40	27,50	48,90	43,28	43,45	29,30	50,00	–1,12	–1,19	–1,62	0,01
	1998	38,80	40,30	28,50	50,00	44,01	44,00	33,60	50,00	–0,91	–0,85	–1,50	–0,38
	1999	41,92	42,90	30,30	50,00	46,42	47,30	36,90	50,00	–0,68	–0,73	–1,71	–0,12
Ranšpurk	1995	41,44	42,90	23,00	50,00	35,95	36,60	27,60	41,30	–2,16	–2,27	–2,51	–1,55
	1996	34,11	33,80	23,70	50,00	36,44	35,00	27,80	50,00	–1,56	–1,84	–2,19	–0,19
	1997	35,71	36,00	26,10	50,00	37,99	37,80	29,90	50,00	–1,26	–1,35	–1,78	0,33
	1998	33,16	36,20	22,50	39,50	35,29	37,80	24,10	41,90	–1,69	–1,64	–2,43	–1,02
	1999	23,11	20,90	12,10	39,20	33,54	35,00	24,80	43,20	–1,59	–1,51	–2,30	–0,79
Soutok	1995	35,95	35,00	31,00	50,00	44,61	43,60	37,40	50,00	–1,52	–2,00	–2,50	0,41
	1996	39,83	38,20	27,40	50,00	46,08	45,80	33,00	50,00	–1,25	–1,58	–2,28	0,84
	1997	40,31	39,30	31,60	50,00	47,63	47,20	42,50	50,00	–1,00	–1,18	–2,16	1,72
	1998	36,27	37,31	23,93	45,06	42,84	42,59	31,24	50,00	–1,52	–1,60	–2,54	0,25
	1999	37,22	38,77	27,08	47,20	43,51	43,37	37,08	50,00	–1,49	–1,49	–2,44	0,88



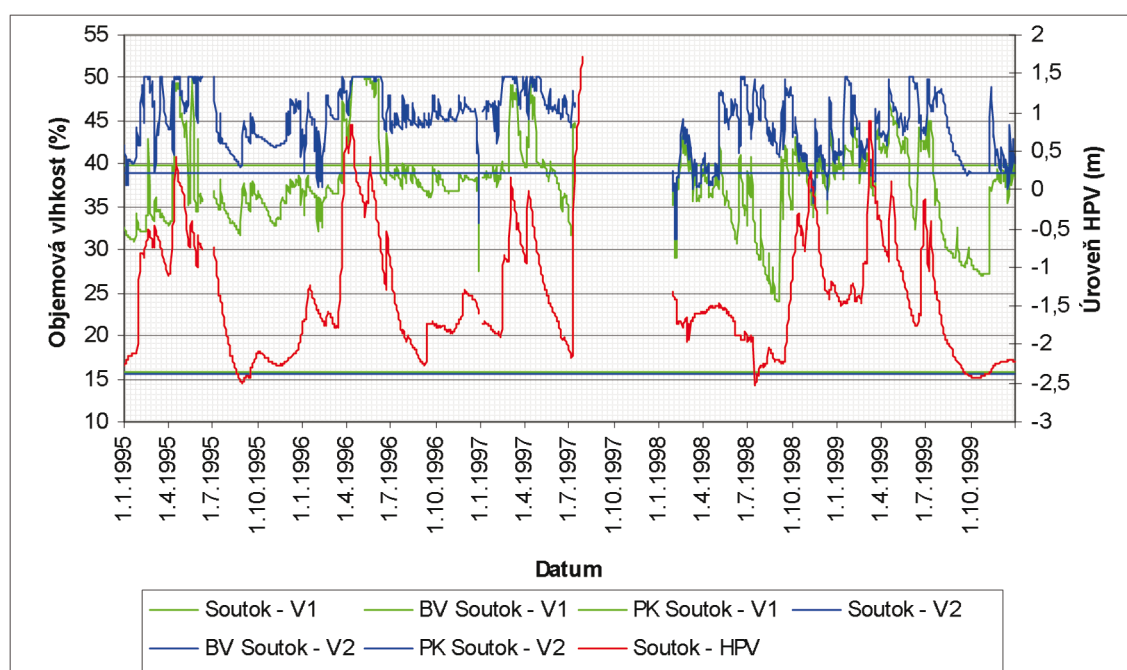
3: BV, PK, dynamika vlhkosti půdy v hloubkách 30 a 60 cm a úroveň HPV v letech 1995–1999 lokalita Herdy



4: BV, PK, dynamika půdní vlhkosti v hloubkách 30 a 60 cm a úroveň HPV v letech 1995–1999 lokalita Prameniště



5: BV, PK, dynamika půdní vlhkosti v hloubkách 30 a 60 cm a úroveň HPV v letech 1995–1999 lokalita Ranšpurk



6: BV, PK, dynamika půdní vlhkosti v hloubkách 30 a 60 cm a úroveň HPV v letech 1995–1999 lokalita Soutok

Na lokalitě Herdy se půdní vlhkost v obou hloubkách pohybovala výsoce nad bodem vadnutí a pohybovala se kolem hodnoty polní vodní kapacity, kterou také překračovala, především vlhkost V2. U lokality Herdy je patrná stejná dynamika mezi HPV a V1, V2, kdy v pozdním létě a na podzim klesá jak HPV, tak i vlhkost – ta téměř až k bodu vadnutí, a podobá se dynamice vlhkosti před vodohospodářskými úpravami, i když nedosahuje jejich hodnot. U lokality Prameniště půdní vlhkost ve 30 cm klesla pod bod vadnutí v roce 1995 na 13 dnů. Vlhkost se pohybovala v rozmezí BV a PK, přičemž hodnotu PK překračovala jen vlhkost v hloubce 60 cm. Tato lokalita je ovlivněna nejen blízkými čerpacími vrty, ale i umístěním na hranici lesa a louky, kde dochází ke změně vlhkostního režimu. Vlhkost v obou hloubkách na lokalitě Ranšpurk se do začátku roku 1999 pohybovala kolem PK, v roce 1999 pak vlhkost V1 klesla pod bod vadnutí na 11 dnů a po celý rok se pohybovala blízko tohoto hydrolimitu. U vlhkosti V2 je patrný stejný trend. U lokality Soutok se obě vlhkosti pohybovaly kolem hodnoty PK, tato lokalita je ovlivněna blízko tekoucí řekou Moravou, každoročními jarními záplavami a projevuje se u ní hydraulické spojení hladiny vody v řece s hladinou podzemní vody.

Prax (1992), který sledoval půdní vlastnosti v lužním lese, dospěl k závěru, že přestože se změnil po vodohospodářských úpravách vlhkostní režim půd na jižní Moravě, který byl závislý na přirozené dynamice průtoků vody v řekách, z nivního na výparný, zásoba půdní vody se neustále pohybovala v mezích intervalu od vlhkosti polní kapacity až po vlhkost bodu vadnutí. Představuje tedy dostatečnou zásobu vody během vegetace pro rostliny. Stejný závěr lze vyvodit i ze současného měření vlhkostí půdy.

Statistické zhodnocení vlhkostních režimů korelační a regresní analýzou

U získané řady naměřených dat je zjišťována regresní analýzou kvantitativní závislost dvou proměn-

ných pomocí regresní funkce $y = a + bx$ pro jednoduchou lineární regresi. Analýzou korelace je určen korelační koeficient r , který udává míru těsnosti vzájemného vztahu dvou vlastností.

V Tab. VI je pomocí koeficientů korelace a regrese vyjádřena souvislost mezi sledovanými abiotickými parametry lužního lesa na jednotlivých lokalitách. Je uvedena závislost mezi závislým parametrem vlhkostí půdy v hloubce 30 cm (V1) a nezávislými parametry – vlhkostí půdy v hloubce 60 cm (V2) a úrovní hladiny podzemní vody (HPV) a mezi závislým parametrem vlhkostí půdy v hloubce 60 cm (V1) a nezávislými parametry – vlhkostí půdy v hloubce 30 cm (V1) a úrovní hladiny podzemní vody (HPV).

Statistickým vyhodnocením byly získány těsnosti vztahů mezi naměřenými parametry, kde jako závisle proměnná byla stanovena vlhkost půdy v hloubkách 30 a 60 cm. Hodnocené korelační koeficienty indikují heterogenitu místních půdních podmínek a značnou časovou variabilitu hydrologických faktorů ovlivňujících vlhkostní režim během roku. Je statisticky průkazné, že vlhkosti půdy v hloubce 30 cm a 60 cm se navzájem přímo ovlivňují kromě roku 1998 na lokalitě Soutok, kdy vzájemný vliv vlhkostí půdy není průkazný. Mezi půdní vlhkostí ve 30 cm (V1) a hladinou podzemní vody (HPV) existuje statisticky velmi průkazná přímá závislost na lokalitách Prameniště, Ranšpurk a Soutok, ale u lokality Herdy nastává v roce 1995 statisticky velmi průkazná nepřímá závislost. Mezi půdní vlhkostí v 60 cm (V2) a hladinou podzemní vody (HPV) existuje statisticky velmi průkazná přímá závislost na lokalitách Prameniště, Ranšpurk, na lokalitách Herdy v roce 1995 a Soutok v roce 1998 nastává v roce 1995 statisticky velmi průkazná nepřímá závislost. Nejtěsnější závislost na lokalitě Herdy mezi V1 a V2 byla v roce 1995 (0,8962), mezi V1 a HPV v roce 1996 (0,9537) a mezi V2 a HPV v roce 1996 (0,6277). Podobně se také mohou hodnotit s pomocí Tab. VI zbývající tři lokality Prameniště, Ranšpurk a Herdy.

VI: Hodnoty korelačních a regresních koeficientů vlhkosti půdy v 30 a 60 cm a hladiny podzemní vody pro jednotlivé roky a pro celkové období rozmezí let 1995–1999 na lokalitách Herdy, Prameniště, Ranšpurk a Soutok

Herdy						Prameniště					
Rok	Závisle proměnná y	Koef.	Nezávisle proměnná x			Rok	Závisle proměnná y	Koef.	Nezávisle proměnná x		
			V1	V2	HPV				V1	V2	HPV
1995	V1	r		0,8962**	−0,5437**	1995	V1	r		0,7456**	0,4298**
		b		0,8587	−5,2061			b		0,7262	11,3145
	V2	r	0,8962**		−0,3004**		V2	r	0,4298**		0,3461**
		b	0,9353		−3,0019			b	−0,1483		9,3534
1996	V1	r		0,7225**	0,9537**	1996	V1	r		0,7261**	0,8675**
		b		0,8386	11,9174			b		1,0863	8,2666
	V2	r	0,7225**		0,6277**		V2	r	0,7261**		0,8484**
		b	0,6277		6,7860			b	0,4854		5,4040
1997	V1	r		0,6761**	0,7499**	1997	V1	r		0,5724**	0,6098**
		b		0,6104	8,3768			b		0,7574	12,7898
	V2	r	0,6761**		0,5482**		V2	r	0,5724**		0,4290**
		b	0,7489		6,7833			b	0,4326		6,7995
1998	V1	r		0,7472**	0,5257**	1998	V1	r		0,4533**	0,4027**
		b		0,8172	6,7906			b		0,6406	9,2917
	V2	r	0,7472**		0,4737**		V2	r	0,4533**		0,2763**
		b	0,6831		5,5947			b	0,3207		4,5115
1999	V1	r		0,6761**	0,7499**	1999	V1	r		0,4601**	0,4224**
		b		0,9386	9,0506			b		0,8317	7,7408
	V2	r	0,6761**		0,5482**		V2	r	0,4601**		0,2111**
		b	0,6117		8,2931			b	0,2545		2,1397
1995 – 1999	V1	r		0,7832**	0,4020**	1995 – 1999	V1	r		0,6240**	0,6109**
		b		0,8452	5,0591			b		0,8078	7,0435
	V2	r	0,7832**		0,3272**		V2	r	0,6240**		0,6169**
		b	0,7257		3,8152			b	0,4820		5,4938
Ranšpurk						Soutok					
Rok	Závisle proměnná y	Koef.	Nezávisle proměnná x			Rok	Závisle proměnná y	Koef.	Nezávisle proměnná x		
			V1	V2	HPV				V1	V2	HPV
1995	V1	r		0,1409**	0,2358**	1995	V1	r		0,5490**	0,5309**
		b		0,3290	5,1544			b		0,6943	2,7647
	V2	r	0,1409**		0,3150**		V2	r	0,5490**		0,7159**
		b	0,6030		2,9484			b	0,4341		2,9474
1996	V1	r		0,7108**	0,5786**	1996	V1	r		0,8093**	0,8479**
		b		0,5837	5,5419			b		1,4538	5,0637
	V2	r	0,7108**		0,8840**		V2	r	0,8093**		0,6574**
		b	0,8655		10,3104			b	0,4506		2,1856
1997	V1	r		0,9217**	0,7918**	1997	V1	r		0,5939**	0,8692**
		b		0,0061	9,7817			b		1,3392	5,2321
	V2	r	0,9217**		0,8763**		V2	r	0,5939**		0,6290**
		b	0,8442		9,9166			b	0,2634		1,6789
1998	V1	r		0,9771**	0,5114**	1998	V1	r		−0,0758	0,4850**
		b		0,9999	5,9340			b		−0,0910	3,8268
	V2	r	0,5114**		0,5754**		V2	r	−0,0758		−0,4269**
		b	0,9548		6,5251			b	−0,0631		−2,8051
1999	V1	r		0,6455**	0,2745**	1999	V1	r		0,4932**	0,6879**
		b		0,7627	4,0126			b		0,7819	4,9886
	V2	r	0,6455**		0,8560**		V2	r	0,4932**		0,3332**
		b	0,5462		10,5886			b	0,3111		1,5238
1995 – 1999	V1	r		0,5923**	0,1221**	1995 – 1999	V1	r		0,4742**	0,6765**
		b		0,9099	1,8761			b		0,6674	4,5704
	V2	r	0,5923**		0,6818**		V2	r	0,4742**		0,3648**
		b						b	0,3369		1,7511

Na lokalitě Herdy závisle proměnná V1 (průměrná denní hodnota) může být maximálně ovlivněna téměř 1% fluktuací průměrných denních hodnot V2, a to v roce 1999. Vliv průměrných denních hodnot HPV na V1 je maximálně 12 % v roce 1996. Závisle proměnná V2 může být maximálně ovlivněna nezávislou hodnotou V2 o 1 % v roce 1995, a nezávislou hodnotou HPV o 8 % v roce 1999. Maximální změna závisle proměnná V1 byla o 1,5 % při změně nezávisle proměnné V2 v roce 1996 na lokalitě Soutok, podobně maximální změna V1 o 13 % při změně HPV na lokalitě Prameniště v roce 1997, maximální změna V2 o 1 % při změně V1 na lokalitě Ranšpurk v roce 1998 a maximální změna V2 o 11 % při změně HPV také na lokalitě Ranšpurk v roce 1999. Stejný způsobem mohou být podle Tab. VI interpretovány a zhodnoceny i další regresní koeficienty na všech lokalitách Herdy, Prameniště, Ranšpurk a Soutok.

ZÁVĚR

V této práci je vyhodnoceno pětileté měření parametrů abiotického prostředí lužního lesa z automatických stanic na čtyř sledovaných lokalitách. Kromě uvedených automaticky měřených parametrů byly laboratorně stanoveny a následně popsány některé fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti půd těchto lokalit. Z naměřených půdních vlhkostí na pískovém tanku a přetlakovém přístroji při různých tlacích jsou zhotoveny půdní retenční čáry vlhkosti tzv. pF křivky.

V práci jsou uvedeny pedotransferové funkce (PTF) půd pro hydrolimity – BV a PK – vytvořené pro přírodní prostředí nivy Dyje a Moravy – okolí Břeclavi a Lanžhota. Pomocí získaných PTF byly počítány hydrolimity pro sledované lokality a porovnávány s naměřenými hodnotami. Bylo zjištěno, že rozdíly mezi hodnotami měřených hydrolimitů a počítaných z PTF nepřekračují 8,12 % objemového obsahu vody pro PK a pro BV 0,08 % ve všech případech. Z těchto hodnot lze konstatovat, že vytvořené PTF mohou být využitelné k stanovení hydrolimitů BV a PK pro půdy v oblasti nivy Dyje a soutoku Dyje s Moravou. Určování hydrolimitů tímto způsobem je výhodné pro management vodního režimu této oblasti z hlediska malé časové náročnosti. Přesto musím zdůraznit, že počítané hodnoty se nikdy nemohou vyrovnat hodnotám přímo stanoveným na konkrétním stanovišti.

U automaticky měřených parametrů byla zjišťována jejich vzájemná závislost a míra ovlivnění. Vlhkostní režim nivních půd charakterizovaný objemovou vlhkostí půdy ve 30 cm je ovlivněn během roku v průměru 0,76 % vývojem objemové vlhkosti půdy v 60 cm a 7,15 % průběhem hladiny podzemní vody. Nicméně v některých letech vliv vlhkosti v 60 cm byl vyšší až 1,4 % v roce 1996 na lokalitě Soutok, u hladiny podzemní vody byl maximální vliv 12,79 % zaznamenán na lokalitě Prameniště v roce 1997. Vlh-

kostní režim nivních půd charakterizovaný objemovou vlhkostí půdy v 60 cm je ovlivněn během roku v průměru 0,53% vývojem objemové vlhkosti půdy v 30 cm a 6,07 % průběhem hladiny podzemní vody. V některých letech ale vliv vlhkosti ve 30 cm byl vyšší, a to 0,95 % na lokalitě Ranšpurk v roce 1998 a maximální vliv hladiny podzemní vody byl spočítán na lokalitě Ranšpurk v roce 1999, a to 10,59 %. Odlišné výsledky statistického zpracování jen dokládají značnou heterogenitu půdních i hydrologických podmínek sledovaných lokalit.

Na lokalitě Herdy během měření nikdy nevystoupila hladina podzemní vody nad terén a její pokles byl vždy ukončen kolem hranice 1,80 m pod terénem. Z Obr. 2 je patrná malá rozkolísanost během roku a jistá roční dynamika, právě proto jsou zde vlhkostní podmínky příznivé. Objemová vlhkost půdy ve 30 cm během měření kolísala od 23,80 % do 50,00 % a nikdy neklesla pod bod vadnutí, který je limitujícím faktorem pro růst rostlin. Taktéž objemová vlhkost půdy v 60 cm nikdy neklesla pod bod vadnutí a kolísala během měření v rozmezí hodnot 42,00–50,00 %. Tyto příznivé podmínky jsou projevem jarního povodňování a znovu zavodnění kanálů v lužním lese.

Lokalita Prameniště je ovlivněna blízkostí vodovodní čerpací stanice pro město Lednice na Moravě. Možná proto se u ní projeví negativní vlhkostní podmínky. Hladina podzemní vody zde jednou vystoupila nad terén pouhých 0,01 m a byla během měření silně rozkolísaná. Její pokles byl v rozmezí –2,4 m až –1,50 m pod terénem. Objemová vlhkost půdy ve 30 cm během měření kolísala od 24,50 % do 50,00 % a v roce 1995 klesla pod bod vadnutí na 13 dnů. V letních a podzimních měsících během dalších let, přestože nedosáhla bodu vadnutí, však vždy klesala až téměř k této hodnotě. Objemová vlhkost půdy v 60 cm kolísala v rozmezí 27,50–50,00 %, a přestože nikdy neklesla pod bod vadnutí, platí pro ní stejná charakteristika jako pro vlhkost v 30 cm.

Lokalita Ranšpurk je nejdále od povrchových zdrojů vody, proto hladina podzemní vody klesala až k hodnotám –2,51 m pod terén. V roce 1997 během katastrofálních záplav na Moravě zde vystoupila hladina podzemní vody 0,33 m nad terén. Objemová vlhkost půdy ve 30 cm během měření kolísala od 12,10 % do 50,00 % a na začátku roku 1999 klesla pod bod vadnutí na 11 dní. Pak se po celý rok držela těsně nad touto hodnotou. Objemová vlhkost půdy v 60 cm kolísala v rozmezí 24,10–50,00 % a nikdy neklesla pod bod vadnutí, i když se k němu blížila. U této lokality bylo zaznamenáno největší rozpětí vlhkostí v obou hloubkách.

Lokalita Soutok ačkoliv je umístěna blízko řeky Moravy klesla u ní hladina podzemní vody až –2,54 m pod terén. Koryto řeky Morava je po vodohospodář-

ských úpravách hluboce zahloubeno pod terénem, ale hladina řeky je hydraulicky spojena s hladinou podzemní vody. Hladina řeky Moravy každoročně vystupuje nad terén, nejvíce nad terén vystoupila hladina vody v roce 1977 během povodní, a to 1,72 m. Vlhkostní režim je příznivě ovlivněn její blízkostí a každoročními přirozenými záplavami. Vlhkost půdy v obou měřených hloubkách nikdy neklesla pod bod vadnutí, ani se k němu výrazně nepřiblížila. Objemová vlhkost půdy v 30 cm kolísala během měření od

27,08 % do 50,00 % a v hloubce 60 cm od 31,24 % do 50,00 %.

Na základě získaných, naměřených a statisticky vyhodnocených údajů lze konstatovat, že limitující hydropedologické charakteristiky zatím výrazně neovlivňují vlhkostní režim půd sledovaných lokalit. Výsledné údaje o vlhkostním režimu půd a kolísání hladiny podzemní vody jsou přímým ukazatelem trvalého vlivu provedených negativních zásahů do vodního režimu sledovaných lužních ekosystémů.

SOUHRN

Vlhkostní režim půd lužních ekosystémů jižní Moravy je významně ovlivněný a značně pozměněný lidskou činností ať už negativně vodohospodářskými úpravami, nebo pozitivně následnou revitalizací krajiny. Příspěvek se zabývá problematikou hydropedologických charakteristik (hydrolimitů) limitujících vlhkostní režim půd na vybraných lokalitách v oblasti lužních ekosystémů jižní Moravy a řeší vliv hydrologických faktorů na vlhkostní režim půd lužních ekosystémů. Pozornost je věnována především vlhkostním retenčním křivkám a hydrolimitům – bodu vadnutí a polní vodní kapacitě. Ty lze získat buď zdoluhavým laboratorním stanovením, odečtením z vlhkostních retenčních křivek nebo nepřímo a relativně rychleji výpočtem za pomoci pedotransferových funkcí (PTF). Toto nepřímé stanovení využívá závislosti hydrolimitů na lépe dostupných půdních fyzikálních charakteristikách a to zrnitostním složením půdy, objemové hmotnosti redukované a celkovém obsahu humusu v půdě. Cílem je vypočítat PTF pro hydrolimity – bod vadnutí a polní vodní kapacitu a provést srovnání s naměřenými hodnotami těchto hydrolimitů. Příspěvek dokumentuje vhodnost využití PTF v daném regionu. V příspěvku jsou dále prezentovány výsledky korelační a regresní analýzy mezi objemovou vlhkostí půdy ve dvou hloubkách a hladinou podzemní vody.

hydrolimity, vlhkostní retenční čára (pF křivka), pedotransferové funkce (PTF), vlhkostní režim půd, hladina podzemní vody

LITERATURA

- BREŽNÝ, O. Výpočet vlhkosti vädnutia z pôdných vlastností. *Poľnohospodárstvo*, 1969, XV, 11: 944-950.
- BREŽNÝ, O.: Vzt'ahy medzi pôdnou zrnitosťou, obsahom humusu a poľnou vodnou kapacitou pôdy. *Meliorace*, 1970, 6, 1: 1-6.
- BREŽNÝ, O.: Závislosť využiteľnej vodnej kapacity na mechanicko-fyzikálnych vlastnostiach pôdy. *Rostlinná výroba*, 1970, 16, 11-12: 1185-1190
- JANDÁK, J. et al.: Cvičení z půdoznalství. VŠZ v Brně, 1989. 213 s. ISBN 55-924-91
- PRAX, A.: Selected degrees of soil moisture gradient and the characterisric of primary producers. In: M. Pemka, M. Vyskot, E. Klimo, F. Vašíček (Edits.), *Floodplain Forest Ecosystem 1*. Elsevier, Amsterdam coed. Academia, Prague, 1985: 295-308.
- PRAX, A.: The hydrophysical properties of the soil and changes in them. In: M. Pemka, M. Vyskot, E. Klimo, F. Vašíček (Edits.), *Floodplain Forest Ecosystem 1*. Elsevier, Amsterdam coed. Academia, Prague, 1985: 145-168.
- PRAX, A.: Vlhkostní režim půd vybraných ekosystémů nížinné a pahorkatinné oblasti jižní Moravy. Habilitační práce. VŠZ Brno, 1992, 205 s.
- ŠTEKAUEROVÁ, V., SKALOVÁ, J., ŠÚTOR, J.: Using of pedotransfer function for assessment of hydrolimits. *Rostlinná výroba*, 2002, 48, 9: 407-412

Adresa

Ing. Ladislav Kubík, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Úsek ekologie krajiny a lesa Brno, odd. ochrany půdy, Lidická 25/27, Brno 657 20, Česká republika