

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY

BC. ZDEŇKA VÍCHOVÁ

**MONITOROVÁNÍ PROMĚNLIVOSTI VYBRANÝCH
PŮDNÍCH FAKTORŮ V OKOLÍ EKOTONŮ**

MAGISTERSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. HELENA KILIANOVÁ, PH.D.

OLOMOUC 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou magisterskou práci řešila sama a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu. Všechna poskytnutá vstupní i výsledná digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 4. května 2009

.....

podpis

Děkuji kolegovi Janu Smékalovi, který se mnou absolvoval všechna terénní měření a jehož pomoc byla v tomto ohledu nepostradatelná.

OBOUSTRANNÁ KOPIE ZADÁNÍ MAGISTERSKÉ PRÁCE

OBSAH

Úvod	6
1. Cíl práce	7
2. Teoretický úvod	8
3. Metody zpracování	9
3.1 Terénní měření	9
3.1.1 pH půdy	9
3.1.2 Vlhkost půdy	11
3.2 Data fytocenologického snímkování	13
3.3 Podpůrné programové prostředky a mapové podklady	13
3.4 Zpracování a vizualizace dat	14
3.5 Statistické zhodnocení	15
3.6 Vyhodnocení dat a formulace závěrů	15
4. Vymezení a charakteristika zájmového území	16
4.1 Geologické a geomorfologické poměry	16
4.2 Klimatické poměry	17
4.3 Hydrologické poměry	18
4.4 Půdní poměry	18
4.5 Biogeografické poměry	18
5. Vytyčení zájmových transektů v ekotonech	19
6. BPEJ v3.6 2005	21
6.1 Obecné údaje	21
6.2 Účel programu	21
6.3 Rejstřík zranitelných oblastí	21
6.4 Rozklad kódu BPEJ	22
7. RETC v6.0	24
7.1 Účel programu a jeho dostupnost	24
7.2 Vstupní data a nastavení	24
7.3 Výstupy	28
7.4 Export dat	29
7.5 Celkové zhodnocení a extrakce údajů pro zájmové území	30
8. Charakteristika transektů v ekotonech	31
9. Proměnlivost půdy v rámci transektu	36
9.1 pH půdy	36
9.1.1 Proměnlivost během roku	36
9.1.2 Proměnlivost v rámci transektu	39
9.2 Vlhkost půdy	43
9.2.1 Proměnlivost během roku	43
9.2.2 Proměnlivost v rámci transektu	46
9.3 Dostupnost dusíku a slanost půdy	49
9.4 Syntéza sledovaných charakteristik	51
10. Diskuse	52
11. Závěr	53
12. Použité zdroje	55
Summary	57
Přílohy	

ÚVOD

Ekoton je přechod mezi dvěma či více rozdílnými společenstvy (ekosystémy). Je nedílnou součástí krajiny. Bylo zjištěno, že se tento specifický ekosystém liší od obou krajních ekosystémů, které rozděluje, avšak jak velký tento rozdíl je? Jak velkou bariéru ekoton představuje?

Pokud bychom odstranili veškerý vegetační kryt, zásadní rozdíl v proměnlivosti půdy v rámci ekotonu bychom zřejmě na první pohled nepoznali. Otázkou tedy je, zda opravdu dochází k markantním změnám mezi oběma ekosystémy nebo na první pohled výrazné rozhraní, které člověk identifikuje především na základě změny rostlinstva a vizuálního vzhledu ekosystému, ve skutečnosti pro půdu tak podstatným není.

Ovšem pokud ekoton představuje byť i jen jednoznačně identifikovatelný rozdíl a přechod z vizuálního hlediska, dá se předpokládat, že se tyto změny promítnou i do půdy. Vysledování změn a proměnlivosti na rozhraní mezi dvěma odlišnými ekosystémy týkajících se vybraných půdních charakteristik bude hlavním předmětem této práce.

1. CÍL PRÁCE

Cílem magisterské práce je monitoring vybraných půdních faktorů v okolí ekotonů v povodí Trkmanky a jejich následné zpracování a vizualizace. Pro potřeby sběru sledovaných dat bude vytvořen e-formulář pro PDA. Hodnoty budou měřeny opakovaně na vytyčených a geograficky vymezených transektech. Získaná data budou vizualizována a analyzována v prostředí ESRI produktů.

Součástí práce bude také informatický i tematický rozbor podpůrných programových prostředků BPEJ a RETC s extrakcí údajů pro zájmové území. O magisterské práci bude vytvořena informační internetová stránka, poster a anglické resumé.

Výsledky magisterské práce budou sloužit pro potřebu výzkumného projektu GA ČR 205-07-0821 Analýza a modelování dynamiky prostorových vazeb ekotonů v prostředí GIS.

2. TEORETICKÝ ÚVOD

Ekoton je přechod mezi dvěma či více rozdílnými společenstvy (ekosystémy). Tato přechodová oblast má několik funkcí, mezi nimiž jsou například ekoton jako specifický ekosystém, koridor nebo nárazník. Významnými funkcemi jsou také ochrana půdy a ekoton jako hydrologický a mikroklimatický faktor.

Ekotony jsou zónami prolínání a spojení. Kvalitativně nejvýraznější přechody vznikají na rozhraní pestrých ekosystémů, jako jsou např. les-pole, les-louka, louka-vodní plocha apod. V těchto případech je významným prostorovým atributem šířka ekotonů, která je závislá na mnoha okolnostech a je jedním z nejdůležitějších faktorů určujících jejich ekologickou hodnotu.

Často bývá ekoton definován poměrně širokým pásem s charakteristickým gradientem ekologických charakteristik, tedy pozvolným přechodem jednoho ekosystému v druhý. Naopak, na rozhraní ekosystémů, z nichž je aspoň jeden významně ovlivněn člověkem, je přechod velmi úzký (např. pole-les, urbanizovaná plocha-pole apod.).

Z hlediska ochrany půdy se pozitivní působení ekotonu projevuje ve zlepšené struktuře půdy, ve větším objemu nekapilárních pórů, a tudíž rovněž ve zvýšeném retenčním potenciálu zemědělských půd [18].



Obr. 2.1 Ekoton (rozhraní les – trvalý travní porost)

3. METODY ZPRACOVÁNÍ

Základem bylo v prvotní části studium literatury, které se týkalo především seznámení s problematikou měření fyzikálních vlastností půd a přístroji k tomu potřebných, jelikož právě sběr dat představoval jednu ze stěžejních částí magisterské práce.

3.1 Terénní měření

Prostřednictvím terénního měření byla získána hodnota vlhkosti půdy a vzorek půdy pro následné určení hodnoty pH. Měření probíhalo v měsíčních intervalech v období dubna 2008 až března 2009 v osmi vytyčených transektech (tj. příčných liniových průřezech ekotonem) na daných stanovištích (podrobněji v kapitole 5). Pro potřeby projektu byl sběr nadále realizován i v dubnu 2009.

Pro sběr dat byl ve volně stažitelném programu XSDesigner v2.01 (<http://www.mobiletopsoft.com/pocket-pc/download-xsdesigner-2-01.html>) firmy GrandaSoft vytvořen elektronický formulář pro PDA (obr. 3.1), kam byl poté vložen pomocí aplikace XSForms v2.01 LT (<http://www.pocketpcfreeware.com/en/index.php?download=919>). Tento formulář je k dispozici na přílohovém DVD. Datový model formuláře je uveden v příloze 3.

Od použití PDA a e-formuláře při terénním měření však bylo upuštěno a to z několika důvodů. Bezprostřední práce se zeminou bez možnosti umytí by mohla znamenat buď poškození přístroje nečistotami a vlhkostí, nebo neúměrnou časovou ztrátu způsobenou čištěním rukou po každém odběru a měření. Dalším důvodem bylo především v zimních měsících zpomalování přístroje a rychlé vybíjení baterií z důvodu nízké teploty.

Obr. 3.1 E-formulář pro PDA

3.1.1 pH půdy

Po prostudování literatury bylo upuštěno od původního záměru měřit tuto hodnotu elektrickým ručním půdním pH-metrem, jelikož se jedná spíše o metodu orientační, která je navíc kvůli křehkosti elektrody vhodná pouze pro kyprou půdu pro pěstování rostlin (květináč, záhon apod.), tekutiny a jiná měkká a tvárná média.

V případě trvalého travního porostu a lesní půdy, které nejsou obdělávány a kypřeny, by tato metoda vedla k rychlému opotřebení a zničení měřicí elektrody a tím ke značnému zneřádnění výsledků. Dalším znevýhodňujícím faktorem bylo, že takto měřené pH by bylo určitou mírou ovlivněno také momentální vlhkostí půdy a hloubkou měření, která představuje cca 2 cm (tzn. na trvalém travním porostu by bylo měření přesnější, jelikož hloubka, do které je půda ovlivňována vegetačním krytem, je podstatně menší než v lese). Jelikož bylo v měřítku transektu na ekotonu předpokládáno, že bude v některých případech docházet pouze k nepatrným výkyvům naměřených hodnot, bylo rozhodnutí metodu nezvolit potvrzeno.

Z uvedených důvodů bylo zvoleno stanovení pH půdy ve výluhu 0,01M CaCl_2 . Jedná se o metodu měření pH půdy pomocí extrakce 0,01M roztokem chloridu vápenatého. Výměnná reakce se následně stanoví elektrometricky. Jde o revidovaný postup ISO 10390, který je zakotven v zákonu č. 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd [14].



Obr. 3.2 Půdní jehla

Postup zpracování

Odběr půdních vzorků i jejich následné zpracování probíhalo podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků [23] a podle Pracovních postupů pro agrochemické zkoušení půd v České republice v období 2005 až 2010 [7].

Vzorky byly odebírány půdní jehlou (obr. 3.2). Hloubka odběru v lese činila 30 cm, ve středu transektu 25 cm a na trvalém travním porostu 15 cm. Svrchní drnová vrstva, popř. vrstva spadaného listí, mechu apod., byla odstraněna. Po odebrání byly vzorky uloženy do papírových sáčků označených pořadovým číslem vzorku. Během sušení byly papírové sáčky otevřeny, aby byl zajištěn dostatečný přístup vzduchu. Sušení neprobíhalo na místech vystavených přímému slunečnímu záření ani v blízkosti tepelných zdrojů. Po vysušení byly odstraněny případné zbytky rostlin a zemina proseta sítím s průměrem oka 2 mm.

Získaná jemnozeme byla použita pro přípravu výluhu chloridu vápenatého podle výše uvedené metody. Podrobný postup přípravy výluhu je uveden v příloze 4. Výsledná hodnota pH byla získána s přesností na dvě desetinná místa pomocí digitálního pH-metru MV 870 (obr. 3.3).

Jelikož je ustalování pH-metru poměrně časově náročné a výkyvy při opětovném změření téhož vzorku se pohybovaly v rozmezí 1 – 2 setiny, byla každá hodnota pH měřena pouze jednou a po deseti vzorcích kontrolována kalibrace přístroje. Náhodně zvolené vzorky byly pro kontrolu měřeny opakovaně.



Obr. 3.3 Digitální pH-metr MV 870

3.1.2 Vlhkost půdy

Přímá metoda

Vlhkost půdy byla měřena na stejných stanovištích, jako byly sbírány vzorky půdy pro stanovení pH. V prvních dvou měsících byla zjišťována vlhkost půdy hmotnostní, která představuje poměr hmotnosti vody k hmotnosti tuhé fáze půdy. Podle tohoto vzorce vychází vlhkost jako bezrozměrná veličina, proto byl poměr vynásoben číslem 100 a vlhkost vyjádřena v procentech.

Tato přímá metoda měření vlhkosti půdy (tzn. metoda, u se které stanovuje přímo obsah vody v půdě) poskytovala v tomto případě méně přesné výsledky, jelikož zemina musela být vysušována na vzduchu, aby nedošlo k degradaci půdy pro měření hodnoty pH. Jelikož přesnost metody závisí na dokonalosti, s níž se odstraní voda z půdy, lze tedy předpokládat mírné zkreslení výsledků mezi sušením v sušičce při teplotě 105°C a sušením na vzduchu.

Nevýhodou této metody je rovněž její destruktivní charakter a s ním spojené problémy. Pro jednorázové zjištění je proto přímé stanovení hmotnostní vlhkosti metodou nejvhodnější, avšak pro dlouhodobé sledování ji doporučit nelze.

Nepřímá metoda

Od měsíce června byla vlhkost půdy měřena metodou nepřímou (tzn. metodou, u které se měří jiná fyzikální veličina – elektrický odpor, dielektrická konstanta, pohlcování γ -záření, zpomalení rychlých neutronů atd., která je funkčně závislá na vlhkosti [8]), jelikož již byla k dispozici vlhkostní sonda HH2 Moisture Meter, typ ThetaProbe ML2x (obr. 3.4), která je pro dlouhodobější sledování vlhkosti půdy vhodnější a která měření podstatně zrychlila a zjednodušila.

Tato sonda měří objemovou vlhkost půdy (tzn. poměr objemu vody k objemu neporušeného vzorku půdy). Stanovení hodnoty probíhá na základě reakce na změny v dielektrické konstantě vlhké půdy. Tyto změny jsou konvertovány na stejnosměrné napětí v mV, které je následně převedeno na vlhkost půdy za použití linearizační tabulky a parametrů typu půdy. Výsledná bezrozměrná veličina je buď opět vynásobena číslem 100 a tím vyjádřena a zobrazena v procentech, nebo ponechána

jako poměr ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$). Další možností je zobrazení přímo zjištěného stejnosměrného napětí (mV).

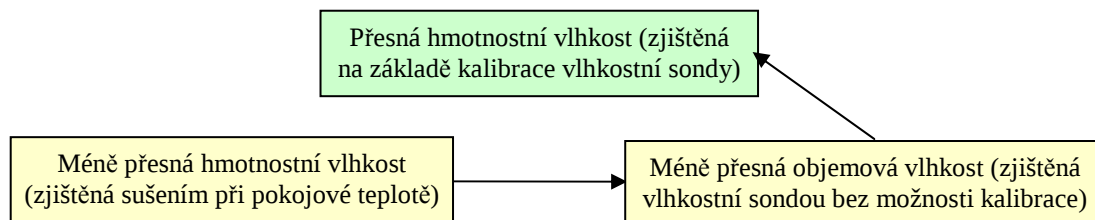


Obr. 3.4 HH2 Moisture Meter

Vlhkost půdy byla na každém stanovišti měřena třikrát s přesností na jedno desetinné místo, přičemž výsledná hodnota byla vypočtena jako aritmetický průměr těchto měření. Nevýhodou měření vlhkosti půdy touto metodou je stanovení reprezentativního místa měření. Např. na trvalém travním porostu není vhodné vybrat místo, kde je lokálně méně nebo žádný vegetační kryt, jelikož v tomto místě je naměřená vlhkost značně vyšší a naopak. Zejména v lese pak často dochází k tomu, že některá místa jsou např. z důvodu terénní nerovnosti úplně odkryta a některá zakryta silnou vrstvou hrabanky (tzn. vlhkost by byla měřena v relativně větší hloubce než u ostatních stanovišť a hodnoty by byly nižší). V takovýchto případech se rozdíly mezi naměřenou vlhkostí projevují nejvíce.

Přepočet hodnot obou metod na společnou hodnotu

Původním záměrem bylo nejprve převést méně přesnou hmotnostní vlhkost z dubna a května na méně přesnou hodnotu objemové vlhkosti, která byla měřena vlhkostní sondou, a poté všechny tyto hodnoty společně převést na přesnou hmotnostní vlhkost.



Obr. 3.5 Schéma sjednocení naměřených vlhkostí na společnou hodnotu

Tento postup představoval kalibraci sondy podle zjištěné hmotnostní vlhkosti téže půdy a převedení naměřených hodnot, které jsou zatíženy určitou systematickou chybou, podle vypočítaného přepočetniho koeficientu na hmotnostní vlhkost. Po vypočtení několika koeficientů však byly zjištěny výrazné rozdíly v jejich hodnotách, které byly zřejmě způsobeny různými typy měřené půdy. Sonda sice umožňuje nastavení typu půdy, ovšem vybrat lze pouze z možností organická nebo minerální. Z uvedeného důvodu koeficient stanoven nebyl a data byla ponechána v původní podobě. Hodnoty objemové vlhkosti tak sice nelze určit s vysokou přesností, avšak jelikož jsou zatíženy chybou systematickou, srovnání v rámci jednotlivých měsíců lze bez problému provádět.

Se stejným problémem se potýkalo srovnávací měření a následné převádění hodnot hmotnostní vlhkosti půdy z dubna a května a objemové hmotnosti z ostatních měsíců. Z důvodu odlišných typů půdy bylo, stejně jako u předchozího případu, nutné vyloučit stanovení přepočteního koeficientu.

Vzájemný přepočet obou vyjádření vlhkosti je také možný pomocí vzorce

$$\theta = w \cdot \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

kde θ je objemová vlhkost půdy, w hmotnostní vlhkost půdy, ρ_d objemová hmotnost půdy a ρ_w hustota vody (pokud se uvádí ρ v g.cm^{-3} , lze použít zjednodušenou rovnici $\theta = w \cdot \rho_d$) [8]. Jelikož objemová hmotnost půdy není známa, nebylo možné použít ani tuto metodu převádění objemové a hmotnostní vlhkosti půdy a veškerá data byla ponechána v původní podobě.

Při hodnocení grafů a srovnávání křivek z jednotlivých měsíců se tak musí počítat s tím, že hodnoty hmotnostní vlhkosti z prvních dvou měsíců jsou o něco nižší, než by byly po převedení na objemovou vlhkost.

3.2 Data fytoecologického snímkování

Na základě dat fytoecologického snímkování (Lacina, Halas, Běťák, orig.), které bylo pro každý sledovaný ekoton jednorázově provedeno v období června až srpna 2008, byla stanovena dostupnost dusíku, kterou je možné interpretovat rovněž jako zásobu živin, a slanost půdy. Tyto charakteristiky byly určeny pomocí Ellenbergových indikátorových tabulek [3].

Pro každý fytoecologický snímek byly zjištěny hodnoty sledovaných charakteristik těch zaznamenaných rostlin, které jsou zahrnuty v Ellenbergových indikátorových tabulkách, a následně vypočítán jejich aritmetický průměr. Z hodnot průměrů byl vytvořen graf.

3.3 Podpůrné programové prostředky a mapové podklady

Sledované transekty byly popsány také pomocí několika doplňkových charakteristik. Z dostupných mapových podkladů z datového skladu projektu (viz kapitola 1) byly převzaty lesní typ, stupeň přirozenosti lesních porostů, stupeň ohrožení půdy acidifikací a kód BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka).

Na základě tohoto kódu byla v programu BPEJ v3.6 2005 zjištěna propustnost půdy. Ostatní charakteristiky uvedené v kapitole 8 (klimatický region, hlavní půdní jednotka, sklonitost, expozice, skeletovitost, hloubka půdy) byly získány rozkladem BPEJ kódu podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup

pro jejich vedení a aktualizaci [24]. Z údaje o hlavní půdní jednotce pak byly podle převodního klíče [15] získány trofický a hydrický režim půdy.

Všechny uvedené charakteristiky jsou v menším měřítku než půdní faktory získané terénním měřením a popisují daný transekt jako celek jednou hodnotou nebo příp. lesní část a část trvalého travního porostu zvlášť.

3.4 Zpracování a vizualizace dat

Zpracování, vizualizace, statistické zhodnocení a vyhodnocení byly provedeny pouze nad daty vztahujícími se k období duben 2008 až prosinec 2008 (pH)/leden 2009 (vlhkost), jelikož zpracování hodnot a zvláště stanovení pH je časově velmi náročné. Data z celého sledovaného období (duben 2008 – březen 2009) jsou ve formátu *.pdf* uložena na přílohovém DVD.

Data byla vizualizována jednak v podobě tabulek a grafů vytvořených v programu Microsoft Office Excel 2003, tak také ve formě přehledných map s grafy pro jednotlivé sledované transektu. Veškeré mapy a schémata, která jsou součástí magisterské práce, byla vytvořena v souřadném systému JTSK v programech ArcGIS Desktop 9.2 a Corel Draw 9.0. Jako podkladových dat bylo využito vektorové geografické databáze ArcČR 500, BPEJ (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) a dat přístupných přes ArcIMS službu geoportálu životního prostředí CENIA.

Pro větší názornost byly zpracovány i dvě sady animací. K tomuto kroku vedl i fakt, že se jedná o časové řady a vizualizace vývoje a změn během roku je v tomto případě lépe viditelná než v grafu, zvláště pokud rozdíly nejsou příliš markantní.

První sadu animací tvoří jednotlivá stanoviště v transektu jako body, které mění svoji barvu v závislosti na naměřené hodnotě v daném měsíci. Pro přesnější představu je zde také graf těchto hodnot, který je rovněž animován. Doplnkovými prvky jsou titul s názvem transektu a sledovanou charakteristikou, podtitul se zobrazovaným časovým obdobím, průběžně se měnící datum (pro větší přehlednost je vztaženo vždy k prvnímu dni právě zobrazovaného měsíce, např. 1. 4. 2008, 1. 5. 2008 atd.), legenda použitých barev a výřez ortofota se zaznačením transektu v terénu. Pro tvorbu této sady animací bylo použito programu ArcGIS Desktop 9.2.

Druhou sadu animací představují tatáž data, nyní ovšem v podobě interpolovaných povrchů ve formě GRIDů, které byly vytvořeny metodou Topo to Raster. Šířka území byla stanovena na 2 m, velikost pixelu na 0,1 m. Pro tvorbu GRIDů bylo použito rovněž programu ArcGIS Desktop 9.2, pro jejich následnou vizualizaci a animaci ve 3D dle komponenty této aplikace ArcScene a programu CamStudio v2.0 a Advanced X Video Converter. (Animace nebyla zhotovena pro transekt 3, protože metodou Topo to Raster nebylo možné vytvořit GRID ze tří hodnot.)

Veškeré tabulky, grafy, mapy a animace jsou dostupné na přílohovém DVD.

3.5 Statistické zhodnocení

Data vlastního terénního měření byla podrobena základní statistické analýze (pH a vlhkost zvlášť), přičemž byla zjišťována směrodatná odchylka, aritmetický průměr, medián, maximální a minimální hodnota a rozdíl těchto hodnot. Data každého transektu byla rovněž testována na kvalitu stanovením konfidenčních intervalů (68 %, 97 %, 99 %) na základě směrodatné odchylky a aritmetického průměru. Všechny vypočtené konfidenční intervaly jsou uvedeny na DVD.

Pro každý transekt a každý měsíc (pH a vlhkost zvlášť) byly vypočítány průměry ze stanovišť v lese a stanovišť na trvalém travním porostu, přičemž následným vizuálním porovnáním průměrných hodnot bylo možné stanovit, zda se hodnota ve středu transektu přiklání spíše k jeho lesní či nelesní části. Na základě provedeného oboustranného dvouvýběrového t-testu nad lesní a nelesní částí transektu za celé vyhodnocované období bylo možné určit, zda obě části transektu liší. Vypočtené průměry z lesních a nelesních částí a provedené t-testy jsou uvedeny v příloze 6.

V případě potřeby byly počítány průměrné hodnoty pro vybrané měsíce, transekty a stanoviště, body v grafech prokládány trendy apod. Nad všemi daty byl proveden test ANOVA, aby bylo možné zjistit, zda je průběh vlhkosti a pH ve všech transektech shodný či nikoli. Výsledky testů ANOVA jsou uvedeny v příloze 6.

Veškeré statistické zhodnocení dat bylo provedeno v programech R a Microsoft Excel a použito jako pomocný podklad pro formulaci závěrů a dále v práci není uváděno jako samostatná kapitola.

Nutno také dodat, že se statistickými výsledky je třeba z důvodu relativně malého množství dat zacházet velmi opatrně a v žádném případě je nelze použít jako jediný zdroj pro formulaci závěrů.

3.6 Vyhodnocení dat a formulace závěrů

Posledním krokem magisterské práce byla syntéza veškerých získaných dat a formulace závěrů. Data získaná terénním měřením byla vyhodnocována na základě vizualizovaných hodnot (zejména sad grafů a tabulek) a provedené statistické analýzy, přičemž sledována byla jak proměnlivost během roku, tak v rámci jednotlivých stanovišť v transektu, a tím tedy také mezi transekty jako celky.

Zjištěné závěry týkající se průběhu sledovaných charakteristik v ekotonu byly nakonec konfrontovány s provedenou celkovou charakteristikou transektů (viz kapitola 9.4), aby bylo možné odhalit případné společné rysy transektů a vývoje sledovaných faktorů v nich.

4. VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území je vymezeno povodím řeky Trkmanky, které je součástí povodí Dyje. Jedná se o oblast na jižní Moravě ležící v okresech Hodonín a Břeclav. Severní část povodí okrajově zasahuje také do okresu Vyškov. Plocha povodí je přibližně 380 km², tvaru protáhlého ve směru ze severovýchodu na jihozápad.

V rámci zájmového území byly zvoleny dvě menší modelové lokality v okolí obcí Ždánice a Kobylí a to tak, aby reprezentovaly charakter a proměnlivost jednotlivých částí povodí.



Obr. 4.1 Vymezení zájmového území

4.1 Geologické a geomorfologické poměry

Z geologického hlediska území náleží ke Karpatské soustavě a Vídeňské pánvi. Karpatská soustava byla vytvořena ve druhohorách a třetihorách alpínským vrásněním. Největší část pak vyplňuje tzv. Ždánická jednotka, která je tvořena Ždánickým lesem a Kyjovskou pahorkatinou. Pískovce a břidlice terciárního stáří jsou zde hlavními horninami. Jižní část povodí, která náleží do Vídeňské pánve, je vyplněna sedimenty neogenního stáří. Těmito sedimenty jsou především písky, jíly a štěrky z období pliocénu. [2]

Geomorfologicky patří povodí do Alpsko-himalájského systému. Většina území spadá do Karpatského subsystému, subsystém Panonské pánve tvoří pouze jižní okraj povodí. Podrobnější geomorfologické členění je uvedeno v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Geomorfologické členění povodí Trkmanky [2]

Subsystém	Provincie	Soustava	Podsoustava	Celek	Podcelek
Karpaty	Západní Karpaty	Vnější západní Karpaty	Středomoravské Karpaty	Ždánický les	Hustopečská pahorkatina
					Boleradická vrchovina
					Dambořická vrchovina
				Kyjovská pahorkatina	Mutěnická pahorkatina
					Větěřovská pahorkatina
Panonská pánev	Západopanonská pánev	Vídeňská pánev	Jihomoravská pánev	Dolnomoravský úval	Dyjsko – moravská pahorkatina
					Dyjsko – moravská niva

Plošně nejrozsáhlejší část povodí tvoří celek Ždánický les, který se nachází v jihozápadní části Středomoravských Karpat. Má ráz ploché vrchoviny s klenbovitě zarovnaným povrchem. Na rozvodí vodních toků se v této oblasti kromě meziúrodních hřbetů nacházejí také výrazné plošiny, které jsou navzájem odděleny širokými a měkkými sedly, údolími potoků a příkřejšími úseky svahů. Řeka Trkmanka pramení v tomto celku.

Kyjovská pahorkatina je jihovýchodní částí Středomoravských Karpat. Je tvořena pahorkatinovým a vrchovinovým georeliéfem, který je mírně zvlněn. Rozvodní části jsou ploché s úvalovitými, neckovitými a suchými údolími. Třetihorní usazeniny jsou pokryty váty a sprašemi.

Dolnomoravský úval představuje sníženinu s plochým reliéfem, kterou tvoří neogenní a čtvrtohorní usazeniny. Střed sníženiny tvoří široká niva řeky Moravy a Dyje. [1, 2]

4.2 Klimatické poměry

Území náleží z větší části k teplé, na severu pak k mírně teplé klimatické oblasti [16]. Charakteristické je dlouhé, teplé, suché léto a krátká, mírně teplá a suchá zima. Trvání sněhové pokrývky je velmi krátké. Severní část povodí je vlhčí a sněhová pokrývky je zde výraznější. Průměrná teplota vzduchu je v severní části povodí nižší než na jihu území a pohybuje se kolem 8°C. Roční úhrn srážek je v rozmezí 500 – 600 mm.

4.3 Hydrologické poměry

Území je vymezeno povodím Trkmanky, která pramení ve Ždánickém lese severozápadně od města Ždánice v nadmořské výšce 300 m n. m. Hydrologické pořadí je 4-17-01-012, jde tedy o tok IV. řádu s délkou 47,3 km. Trkmanka ústí zleva do Dyje poblíž obce Podivín ve výšce 158 m n. m.

Významnějšími pravostrannými přítoky jsou Spálený potok, Němčický potok a Trníček, mezi levostranné přítoky se pak řadí Lovčický potok, Ždánický potok, Čejčský potok, Kobylský potok, Bořetický potok a Bílovický potok. [21]

4.4 Půdní poměry

Z hlediska půd je území velmi rozmanité. Co se týče půdních druhů převládají v severovýchodní části povodí hlinité půdy na sprašových substrátech. V jižní části jsou zastoupeny půdy jílovitohlinité, na severozápadě těžké jílovité půdy. Ve Ždánickém lese se nacházejí lehké písčité půdy.

Z půdních typů jsou nejčastěji zastoupeny černozemě, které jsou z hlediska zemědělského využití nejúrodnější. Dále se vyskytují hnědozemě, podzolové půdy (především pod lesními porosty) a v nejjižnější části povodí nivní půdy. [4]

4.5 Biogeografické poměry

Podle fytogeografického členění (zkoumajícího rozšíření rostlin na Zemi) se povodí Trkmanky nachází ve čtyřech jednotkách – subxerofilní doubravy, dubohabrové háje, luhy a olšiny a šípákové doubravy a skalní lesostepi.

Subxerofilní doubravy jsou charakteristické pro nejteplejší oblasti České republiky a vyznačují se bohatým křovitým patrem. Dubohabrové háje tvoří převážně listnatý smíšený les, luhy a olšiny se vyskytují především podél vodních toků. Šípákové doubravy zahrnují společenstva na jižních svazích a terénních hranách na přechodu mezi lesem a stepí. [10]

5. VYTYČENÍ ZÁJMOVÝCH TRANSEKTŮ V EKOTONECH

Pro terénní měření bylo vytyčeno osm transektů (tzn. příčných liniových průřezů ekotonem) ve dvou modelových lokalitách v povodí řeky Trkmanky. První z nich se vyskytuje v okolí města Ždánice, druhá v okolí obce Kobylí (viz příloha 7). Lokalita Ždánice leží v převážně zalesněné severní části povodí, lokalita Kobylí se nachází v oblasti dolního doku, která je intenzivně zemědělsky využívána především pro pěstování vinné révy.

Středy transektů byly vymezeny na souřadnicích uvedených v souřadném systému WGS84 v tab. 5.1, která rovněž popisuje průběh každého transektu.

Tab. 5.1 Souřadnice středů vytyčených transektů

Transekt	X	Y	Průběh transektu	Lokalita
1	E 16°52'13,79	N 48°56'44,29	les – nepoužívaná bývalá nezpevněná komunikace (nyní zarostlá) – vinice	Kobylí
3	E 16°52'13,03	N 48°56'41,68	les – TTP* (stepní oko uvnitř lesa)	Kobylí
4	E 16°51'42,70	N 48°56'07,79	les – TTP*	Kobylí
5	E 17°00'48,21	N 49°04'58,13	les – TTP*	Ždánice
6	E 17°00'34,80	N 49°04'52,78	les – TTP*	Ždánice
8	E 17°00'14,45	N 49°03'48,94	les – nepoužívaná bývalá nezpevněná komunikace (nyní zarostlá) – TTP*	Ždánice
9	E 16°51'21,59	N 48°56'06,06	les – nepoužívaná bývalá nezpevněná komunikace (nyní zarostlá) – TTP*	Kobylí
10	E 16°50'41,90	N 48°56'38,26	les – TTP*	Kobylí

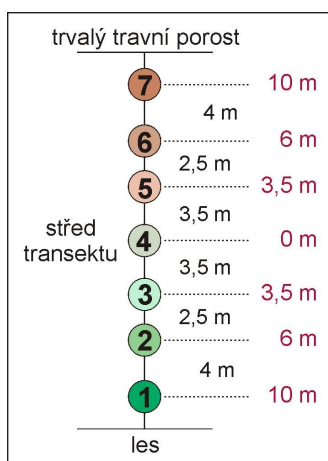
* trvalý travní porost

Trasekty byly vždy vedeny v linii od zaměřeného středového bodu, který představuje rovněž střed zkoumaného ekotonu, kolmo na hranici lesa. Každý transekt je tvořen 7 stanovišti, ve kterých probíhalo následné měření. Tato stanoviště jsou číslována postupně od 1 do 7, přičemž číslo 1 představuje stanoviště nejdále v lese od středu transektu, číslo 4 je středem transektu a stanoviště číslo 7 leží podle typu transektu od středu nejdále na trvalém travním porostu, vinici apod.

Výjimku tvoří transekty číslo 1 a 3. V transektu číslo 1 nebylo měřeno stanoviště číslo 7, jelikož se zde nachází oplocená vinice. Transekt číslo 3 se nachází ve stepním oku uvnitř lesa, takže ekoton je zde natolik úzký, že nebylo možné měřit v takovémto rozpětí, aniž by měřené body ve stepním oku nepřecházely do téhož

ekotonu z opačné strany – tento transekt je tvořen pouze třemi stanovišti – 1, 4 a 7 (pro potřeby znázornění v grafech jsou stanoviště číslována 3, 4, 5).

Celková délka transektu byla stanovena na 20 m, přičemž vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti jsou znázorněny na obr. 5.1. I v tomto případě bylo nutné stanovit několik výjimek. Transekt číslo 5 představuje difuzní přechodovou zónu mezi lesem a trvalým travním porostem, proto byly vzdálenosti od středu upraveny z 3,5-6-10 m na 6-10-15 m. Jak již bylo řečeno výše, v transektu číslo 3 byly ponechány pouze stanoviště 1, 4 a 7. Vzdálenost mezi nimi byla stanovena na 5 m.



Obr. 5.1 Schéma vzdáleností mezi stanovišti v transektu

Převzatá data fytocenologického snímkování byla pořízena na shodných transektech jako vlhkost a pH půdy, ale rozestup mezi stanovišti a jejich počet byl odlišný. V lesní části transektu byly snímky s rozměrem 2x2 m pořízeny ve vzdálenostech od středu 2-4, 6-8, 10-12, 14-16, 18-20, 22-24 a 26-28 m, v části transektu na trvalém travním porostu ve vzdálenostech 0-2, 4-6, 8-10, 12-14, 16-18, 20-22, 24-26 a 28-30 m od středu transektu.

6. BPEJ v3.6 2005

6.1 Obecné údaje

Tento program byl vyvinut Výzkumným ústavem rostlinné výroby a Katedrou pozemkových úprav Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Minimální hardwarové a softwarové požadavky jsou Pentium II. a operační systém MS Windows 98, ME, 2000, XP a internetový prohlížeč MS Internet Explorer 5.0 a vyšší. Aplikace je vytvořena v programovacím jazyce Borland C++ Builder a její průběžně podle potřeby aktualizované verze jsou volně dostupné ke stažení na internetové adrese

<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projekty.htm>

(zatím nejnovější verze je dostupná na internetové adrese

http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projects/bpej_3/bpej_3.htm). Na těchto stránkách je také možné požádat o zasílání aktualizací programu.

6.2 Účel programu

Hlavním důvodem vytvoření programu bylo generování příslušných dat a informací z číselného kódu BPEJ (Bonitovaná půdně ekologická jednotka) a to především pro přehlednou orientaci v opatřeních stanovených Nařízením vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech (dále jen NV). Tato opatření mají vést zejména ke snižování znečištění vod způsobenému splachy látek ze zemědělských zdrojů a předcházet tomuto znečišťování především pro zajištění kvalitní pitné vody, k ochraně povrchové vody před eutrofizací a k ochraně půd ohrožených erozí. Ve vymezených zranitelných oblastech se zakazuje nebo omezuje aplikace určitých druhů hnojiv na zemědělské plochy, stanovuje aplikace hnojiv v závislosti na klimatických a půdních podmínkách, stanovují možnosti využívání půdy a zemědělské způsoby obhospodařování apod. Aktualizace programu jsou vytvářeny na základě nově vydaných nařízení vlády (nejaktuálnější verze programu BPEJ v4.0 je zpracována podle NV ve znění Nařízení vlády č. 219/2007 Sb. a č. 108/2008 Sb.).

6.3 Rejstřík zranitelných oblastí

Aplikaci lze logicky rozdělit do dvou částí. První z nich tvoří rejstřík katastrálních území, která se řadí mezi zranitelné oblasti. Oblasti jsou podle názvu abecedně seřazeny podle příslušnosti k okresu. Je zde zahrnuta rovněž možnost

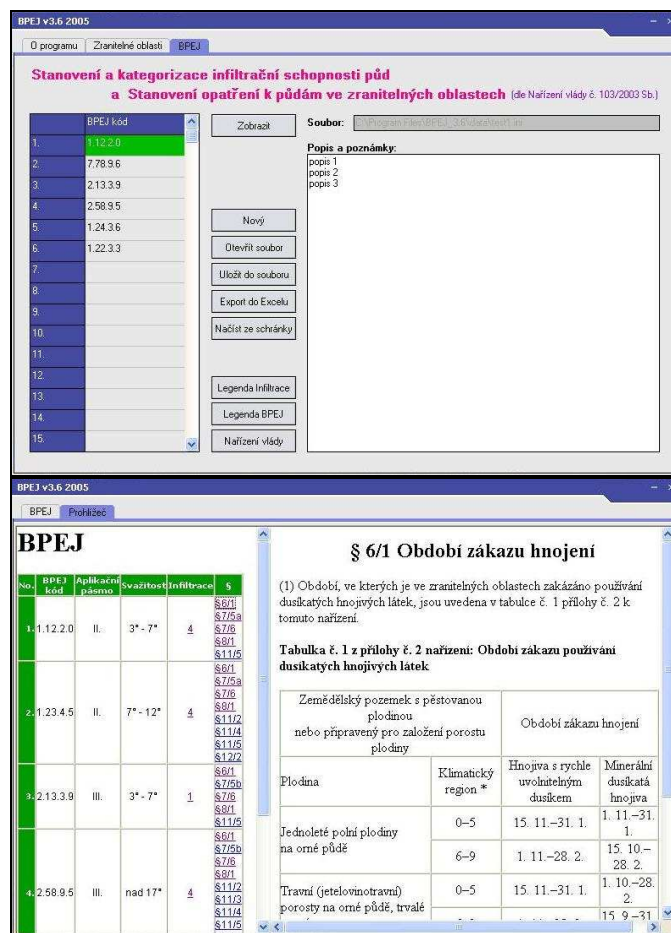
vyhledávání podle kódu nebo názvu katastrálního území. Zobrazovanými atributy jsou kód katastrálního území, název katastrálního území a kód a název okresu.

	Kód kat. území	Název kat. území	
1.	614131	Březíněves	CZ0110 - Praha
2.	762148	Březi u Šebestěnic	CZ0215 - Kutná Hora
3.	774227	Březová u Úmonína	CZ0215 - Kutná Hora
4.	614017	Březina u Mnichova Hradiště	CZ0217 - Mladá Boleslav
5.	614173	Březinka pod Bezdězem	CZ0217 - Mladá Boleslav
6.	614777	Březovice pod Bezdězem	CZ0217 - Mladá Boleslav
7.	794023	Březová u Zvole	CZ021A - Praha - západ
8.	735515	Březové Hory	CZ021B - Příbram
9.	614050	Březina u Deštné	CZ0313 - Jindřichův Hradec
10.	645061	Březina u Hořepníku	CZ0613 - Pelhřimov
11.	671398	Březi u Kovářova	CZ0314 - Písek
12.	787116	Březová u Všelbic	CZ0513 - Liberec
13.	777684	Březno	CZ0423 - Litoměřice
14.	614572	Březno u Loun	CZ0424 - Louny
15.	723410	Březinka u Havlíčkovy Brodu	CZ0611 - Havlíčkův Brod
16.	613878	Březhrad	CZ0521 - Hradec Králové

Obr. 6.1 Rejstřík zranitelných oblastí

6.4 Rozklad kódu BPEJ

Druhá část aplikace se zabývá rozkladem kódu BPEJ. Ze zadaného pětimístného čísla zobrazí v tabulce následující atributy: původní BPEJ kód, příslušnost do aplikačního pásma podle NV, svažitost ve stupních, infiltraci (třída 1 - 5) a seznam paragrafů nebo jejich částí, kterých se území s tímto kódem týká. Čísla paragrafů jsou aktivně provázána s vybraným textem NV, který se zobrazuje ve zbylé části okna. Aplikační pásmo je stanoveno podle kombinací prvních tří čísel kódu BPEJ. Kategorii svažitosti přímo určuje čtvrté číslo kódu. Třída infiltrace je vypočítána na základě přiřazení vah v rozmezí 1 až 5 jednotlivým položkám kódu BPEJ podle jejich vlivu na infiltraci (maximální infiltraci odpovídá váha 1, minimální váha 5). Výsledné zařazení do třídy infiltrace vzniklo součtem vah jednotlivých kritérií, které byly upraveny o koeficienty důležitosti jednotlivých kritérií. Důležitost kritéria je výsledkem odborného odhadu pedologů Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze [9]. Hodnota tohoto atributu je aktivně provázána s legendou.



Obr. 6.2 Zadávání kódů BPEJ (nahore) a jejich zpracování se zobrazenou zvolenou související částí NV (dole)

Maximální počet vložených kódů BPEJ v jednom souboru je 10 000. Ošetřena je i možnost vložení neplatného číselného kódu. Zadávané kódy BPEJ je možné otevřít/uložit z/do souboru .ini. V případě zobrazených odvozených atributů je povolen export do souboru .xls.

Součástí této části aplikace je také pod samostatnými tlačítky dostupný celý text NV, legenda infiltrace a legenda BPEJ, která pracuje s aktivně provázaným textem pro zobrazení podrobností k jednotlivým částem kódu BPEJ. Program neumožňuje grafické prostorové zobrazení dat, ani prostorové a atributové dotazování. Toto rozšíření by bylo pro zjištění vzájemných prostorových vazeb vhodné zejména v první část aplikace, která představuje registr zranitelných oblastí.

7. RETC v6.0

7.1 Účel programu a jeho dostupnost

Program RETC byl vytvořen pro analýzu retence a hydraulické vodivosti nenasycených půd. Jeho autory jsou M. Th. van Genuchten, J. Šimůnek, F. J. Leij a M. Sejna, poskytovatelem Zemědělská výzkumná služba Ministerstva zemědělství Spojených států (United States Department of Agriculture - USDA Agricultural Research Service). Aplikace je spolu s manuálem, programovým kódem v jazyce Fortran a ukázkovými příklady volně stažitelná na internetové adrese <http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc>. Původní verze byla vytvořena v roce 1991 pro operační systém DOS, verze 6.0 v roce 1998 pro Windows.

Aplikace slouží pro výpočet retenční čáry půdní vlhkosti a nenasycené hydraulické vodivosti na základě pozorovaných dat retence půdy, příp. také dat vodivosti nebo difuzivity. Pro výpočet retenční čáry využívá parametrických modelů Brookse-Coreyho (1964) a van Genuchtena (1980), modelu Durnera (1994) a lognormalního rozdělení (Kosugi, 1996). Pro odhad nenasycené hydraulické vodivosti jsou to modely Mualema (1976) a Burdineho (1953). Součástí manuálu jsou podrobné charakteristiky všech použitých modelů.

7.2 Vstupní data a nastavení

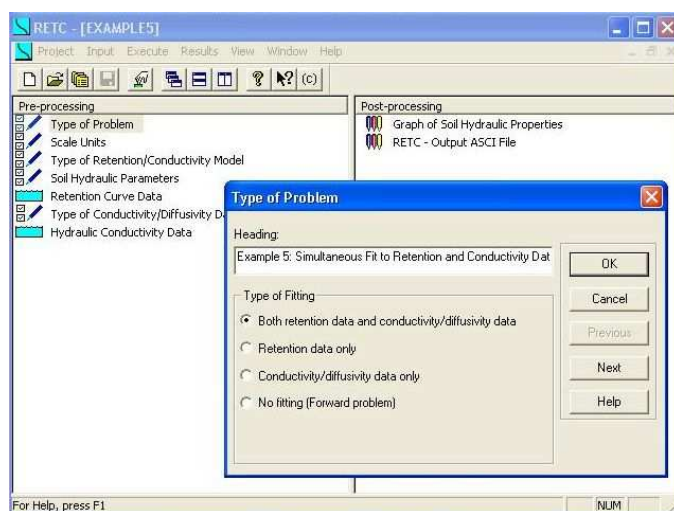
Nový projekt aplikace se ukládá jako soubor *nazevprojektu.ret* spolu se složkou *nazevprojektu*, do které jsou automaticky ukládány výsledky. Nastavením pracovního adresáře je možné přehledně prohlížet a otevírat uložené projekty. Vstupní nastavení programu RETC se skládá ze čtyř až sedmi kroků, které jsou postupně nastavovány v levé části programového okna (Pre-processing):

1) Type of Problem

Aplikace rozlišuje čtyři základní úlohy podle toho, jaká data má uživatel k dispozici:

1. Both retention data and conductivity/diffusivity data
 - k dispozici jsou data o vlhkosti půdy, tlakové výšce a nenasycené hydraulické vodivosti nebo difuzivitě
2. Retention data only
 - dostupná jsou pouze data o vlhkosti půdy a tlakové výšce
3. Conductivity/diffusivity data only
 - dostupná jsou pouze data o difuzivitě a současně vlhkosti půdy nebo nenasycené hydraulické vodivosti a současně vlhkosti půdy nebo tlakové výšce

4. No fitting (Forward problem)
 - uživatel nemá žádná naměřená data



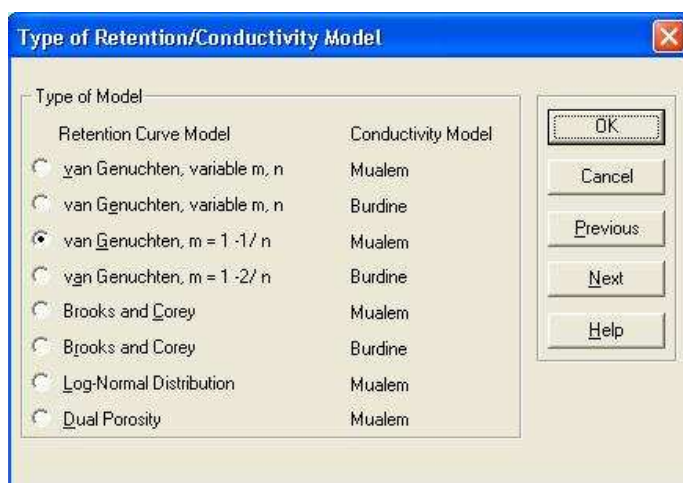
Obr. 7.1 Pracovní prostředí programu RETC

2) Scale Units

Toto dialogové okno nabízí nastavení délkových (mm, cm, m) a časových (sekundy, minuty, hodiny, dny) jednotek, ve kterých budou dále zobrazována data (tlaková výška, nasycená hydraulická vodivost apod.).

3) Type of Retention/Conductivity model

Nastavení modelů pro výpočet retenční čáry půdní vlhkosti a nenasycené hydraulické vodivosti se provádí v tomto dialogovém okně výběrem jejich přednastavených kombinací, jejichž seznam je uveden na obr. 7.2.



Obr. 7.2 Možnosti nastavení výpočetních modelů

4) Soil Hydraulic Parameters

Retence a nenasycená hydraulická vodivost jsou počítány na základě výše popsaných parametrů, jejichž ruční nebo automatické nastavení je umožněné v tomto dialogovém okně.

Retence půdní vody je počítána pomocí pěti parametrů:

θ_r (reziduální vlhkost půdy)

θ_s (vlhkost nasycené půdy)

α , n , m (empirické koeficienty)

Pro odhad nenasycené hydraulické vodivosti K a difuzivity D přibývají další dvě neznámé:

K_s (nasycená hydraulická vodivost)

l (parametr propojenosti pórů)

Jelikož lze m vyjádřit jako $m = l - 1/n$ nebo $m = l - 2/n$, počet neznámých proměnných může klesnout z počtu 7 na 6. RETC může být použit v případě, že jsou známy všechny, jen některé nebo žádná z těchto proměnných.

Jejich hodnoty lze nastavit ručně nebo automaticky a zároveň zvolit, zda budou zařazeny do výpočtů či nikoli. Hodnoty l a K_s není nutné nastavovat, pokud chceme vypočítat pouze retenční čáru půdní vlhkosti. Automatické nastavení se provádí výběrem půdního typu z rolovacího seznamu (Sand, Loamy Sand, Sandy Loam, Loam, Silt, Silt Loam, Sandy Clay Loam, Clay Loam, Silty Clay Loam, Sandy Clay, Silty Clay, Clay).

Tlačítko „Neural Network Prediction“ má blíže a přesněji simulovat skutečnou situaci v přírodě a co nejlépe se vypořádat s přírodní nehomogenitou. Nachází se pod ním program Rosseta Lite Version 1.1, který slouží pro výpočet a případné zpřesnění zadávaných koeficientů podle toho, jaké údaje má uživatel k dispozici. Je zde na výběr z pěti možností zadání vstupních dat:

- 1) typ půdy
 - výběr z rolovacího seznamu podle klasifikace USDA (Clay, Clay Loam, Loam, Loamy Sand, Sand, Sandy Clay, Sandy Clay Loam, Sandy Loam, Silt, Silty Clay, Silty Clay Loam, Silty Loam)
- 2) procentuální zastoupení jílu (clay), prachu (silt) a písku (sand)
 - součet je akceptován v rozmezí 99 – 101
- 3) viz 2) + objemová hmotnost
 - akceptována hodnota v rozmezí 0,5 až 2,0 g/cm³

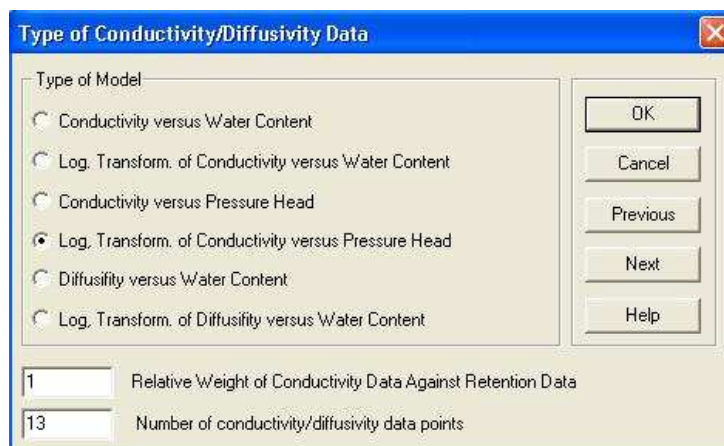
- 4) viz 3) + vlhkost půdy při sacím tlaku 33 kPa
- akceptována hodnota v rozmezí 0,0 až 1,0 cm³/cm³
- 5) viz 4) + vlhkost půdy při sacím tlaku 1500 kPa
- akceptována hodnota v rozmezí 0,0 až 1,0 cm³/cm³

V celém dialogovém okně je u desetinných čísel akceptována pouze tečka. V případě zadání desetinné čárky je ze zadané hodnoty do výpočtu zaneseno pouze celé číslo před desetinnou čárkou.

Na základě zadaných údajů jsou pomocí pedotransferových funkcí vypočteny hodnoty θ_r [cm³/cm³], θ_s [cm³/cm³], α [1/cm], n , K_s [cm/den]. Tlačítkem „Accept“ mohou být vypočtené hodnoty převedeny zpět do dialogového okna „Water Flow Parameters“.

5) Retention Curve Data

Pokud v dialogovém okně „Type of problem“ vybereme variantu, kdy máme k dispozici jak data pro retenci, tak pro nenasycenou hydraulickou vodivost nebo difuzivitu, odkrývají se další tři dialogová okna. První z nich představuje tabulku, do které uživatel vkládá hodnoty tlakové výšky v dříve zadaných jednotkách a vlhkosti půdy v intervalu <0;1> a v případě potřeby i váhu jednotlivých bodů. Počet vstupních bodů/řádků se nastaví buď číselně v dialogovém okně „Type of Retention/Conductivity Model“ nebo postupným přidáváním nebo umazáváním řádků přímo v tabulce.



Obr. 7.3 Možnosti kombinace dat nenasycené hydraulické vodivosti/difuzivity

6) Type of Conductivity/Diffusivity Data

V této části uživatel definuje, jaká kombinace dat nenasycené hydraulické vodivosti příp. difuzivity bude vyplňována do následující tabulky (obr. 7.3). Rovněž je zde možné nastavit počet vstupních bodů/řádků v tabulce.

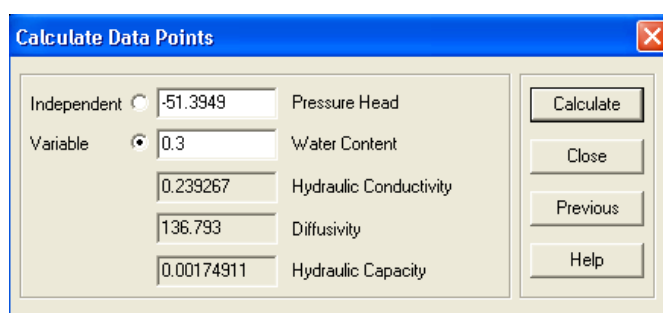
7) Hydraulic Conductivity Data

Posledním vstupním dialogovým oknem je tabulka, jejíž dva atributy byly zadány v předchozím bodě (třetím atributem je opět váha jednotlivých bodů). Do této tabulky jsou opět vyplněny příslušné hodnoty v předem zadaných jednotkách.

Je pochopitelné, že pokud uživatel v počátečním okně „Type of problem“ zvolí možnost, že má k dispozici jen data pro výpočet retenční čáry půdní vlhkosti, z posledních tří dialogových oken mu bude zpřístupněno k vyplnění pouze „Retention Curve Data“. Stejně tak v případě, když zvolí možnost, že byla získána data o nenasycené hydraulické vodivosti/difuzivitě, bude nutné vyplnit dialogová okna „Type of Conductivity/Diffusivity Data“ a „Hydraulic Conductivity Data“.

7.3 Výstupy

Po vyplnění prvních čtyř vstupních kroků je již možné si zobrazit výsledky, avšak pouze v případě, že uživatel v prvním kroku zadá, že nemá k dispozici žádná vlastní naměřená data. V tomto bodě si může vybrat ze dvou možností. Buď chce znát pouze hodnoty sledovaných charakteristik v jím zadaných bodech (možnost „Data points“), nebo chce namodelovat všechny dostupné křivky (možnost „Entire curve“). Pokud je zatržena možnost „Data points“, uživatel do nabídnuté tabulky vkládá buď hodnotu tlakové výšky (pro nenasycenou hydraulickou vodivost záporné číslo), nebo vlhkosti půdy. Jako desetinný oddělovač je opět nutné vkládat tečku. Na základě vložené hodnoty, zvolených modelů a nastavených koeficientů jsou dopočítány ostatní hodnoty (tlaková výška/vlhkost, nenasycená hydraulická vodivost, difuzivita, hydraulická kapacita, viz obr. 7.4).



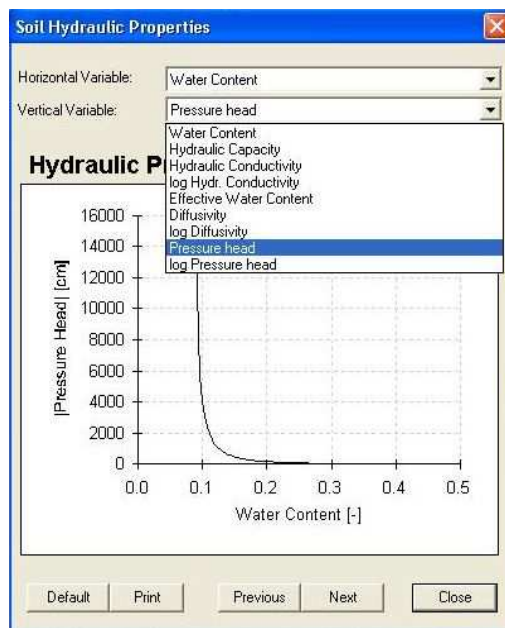
Obr. 7.4 Výpočet charakteristik pro zadaný bod vlhkosti půdy

Pokud uživatel zvolí možnost „Entire curve“, výsledky se zobrazí v pravém okně aplikace (Post-processing) a to ve dvou formách: buď jako sada grafů (Graph of Soil Hydraulic Properties), nebo jako tabulka (RETC – Output ASCII File). Tabulka obsahuje informace o všech vstupních nastaveních a zvolených modelech a všechny

vstupní a vypočítané hodnoty - tlakovou výšku (P), nenasycenou hydraulickou vodivost (Cond), difuzivitu (Dif) a jejich zlogaritmované hodnoty (logP, logK, logD) a vlhkost (WC). Tabulka se automaticky ukládá do souboru *RETC.OUT* do složky s názvem projektu.

Grafy s vypočtenými křivkami si uživatel může prohlížet tak, že v rolovacím menu postupně vybírá jednotlivé charakteristiky, které chce zobrazit na osách x a y (obr. 7.5). Na ose x lze zobrazit tlakovou výšku, její logaritmus a vlhkost, na ose y pak kromě těchto hodnot také nenasycenou hydraulickou vodivost, difuzivitu a jejich zlogaritmované hodnoty, hydraulickou kapacitu a efektivní vlhkost.

V grafech je umožněno široké nastavení barev, písma, změny popisků os a nadpisu a celkového vzhledu. Jako grafický výstup je povolen pouze tisk grafu. Veškerá data se však ukládají také do textového souboru ve formě tabulky s názvem *RETC.GRF* ve složce s názvem projektu. V této složce je automaticky uložen i textový soubor *RETC.IN* s kompletním vstupním nastavením.



Obr. 7.5 Retenční čára půdní vlhkosti

7.4 Export dat

Jak již bylo řečeno výše, veškerá výstupní data program exportuje automaticky bez možnosti nastavení uživatele. Při zakládání nového projektu se automaticky vytváří složka s totožným názvem, do které se ukládají souboru *RETC.OUT*, *RETC.GRF* a *RETC.IN* (viz výše). Všechny soubory mají textový charakter ASCII tabulky.

7.5 Celkové zhodnocení a extrakce údajů pro zájmové území

Aplikace je užitečným pomocníkem, pokud je potřeba získat charakteristiky půdy, které se jinak v terénu nebo laboratoři zjišťují velmi obtížně. Program je na základě nově získaných experimentálních dat podle potřeby aktualizován, takže se nejedná o jednorázově vytvořenou aplikaci bez dalších úprav. Nevýhodou programu pro využití v České republice je používání rozdílných půdních klasifikací v USA.

Pro potřeby magisterské práce aplikaci pro charakteristiku stanovených transektů v ekotonech nelze použít, jelikož nejsou k dispozici hodnoty sacího tlaku ani druhu půdy podle uvedené zahraniční klasifikace.

8. CHARAKTERISTIKA TRANSEKTŮ V EKOTONECH

Sledované transektory v ekotonech jsou v této kapitole popsány jako celek z hlediska několika charakteristik získaných převážně z mapových podkladů, převodních tabulek a extrakcí z programu BPEJ v3.6 2005. (podrobněji v kapitole 3.3).

Tabulka 8.1 představuje celkové srovnání jednotlivých charakteristik pro všechny sledované transektory. (Pokud se transekt nebo jeho část podle mapy BPEJ nacházel v lese, nebylo možné určit charakteristiky odvozené z kódu BPEJ a tyto položky zůstaly nevyplněny).

Tab. 8.1: Charakteristika sledovaných transektů v ekotonech

Transekt		1	3	4	5	6	8	9	10
Lesní typ	les	1X2	1X2	1X2	2H4	2H4	2H4	1C2	1X5
	TTP*		1H3					1X5	
Stupeň přirozenosti lesních porostů	les	6	6	4	6	6	5	3	4/0
	TTP*			0				0	4
Acidifikace		3	3	3	3	3	3	3	3
Hlavní půdní jednotka	les	08	Lim(c), Ras	Lim(c), Ras	HNm(g)	HNm(g)	HNm(g)	KMm(o), KMm(b)	Ral, Rak
	TTP*		LMm	40	19	41	41	RAL, Rak	
Klimatický region	les	0	0	0	2	2	2	0	0
	TTP*								
Sklonitost	les	3	př. sv., sr.	—	—	—	—	m. sv., př. sv.	pl., m. sv.
	TTP*		zvl. ploš.	4	3	4	4	pl., m. sv.	
Expozice	les	1	1**	1**	1**	1**	3**	1**	2**
	TTP*			1	1	1	3		
Skeletovitost	les	0	—	—	—	—	—	—	—
	TTP*			0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1		
Hloubka půdy	les	0	—	—	—	—	—	—	—
	TTP*			0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1		
Propustnost	les	4	—	—	—	—	—	—	—
	TTP*			3	4	4	4		
Trofický režim	les	B, BD	—	—	—	—	—	—	—
	TTP*			A, AB, B, BD, D	BD, (D)	A, AB, B, BD, D	A, AB, B, BD, D		
Hydrický režim	les	(2) 3	—	—	—	—	—	—	—
	TTP*			2 - 3	(2) 3 (4)	2 - 3	2 - 3		

* trvalý travní porost

** chybějící hodnota byla určena empiricky na základě znalosti terénu a mapových podkladů
chybějící hodnota, kterou nebylo možné odečíst z kódu BPEJ, byla převzata z charakteristiky lesního typu [5, 20]

V tabulkách 8.2 až 8.12 a doprovodných textech níže jsou jednotlivé třídy těchto charakteristik obsažené v tabulce 8.1 a označené číselným kódem popsány podrobněji.

Údaje získané prostřednictvím programu BPEJ v3.6 2005 (hlavní půdní jednotka a třída propustnosti) jsou k dispozici rovněž v příloze 5.

Lesní typ

1C2 – Suchá habrová doubrava lipnicová na svazích

(přirozená druhová skladba – dub 80 %, habr obecný 10 %, lípa 10 %, břek, borovice)

1H3 – Sprašová habrová doubrava s ostřicí horskou na luvizemi

(přirozená druhová skladba – dub 80 %, habr obecný 10 %, lípa 10 %)

1X2 – Dřínová doubrava na rendzině s válečkou prapořitou

(přirozená druhová skladba – dub 60 %, dub pýřitý 30 %, habr obecný 10 %, břek)

1X5 – Dřínová doubrava s habrem s válečkou prapořitou na vápencových plošinách

(přirozená druhová skladba – dub 70 %, lípa 10 %, habr obecný 10 %, břek 10 %)

2H4 – Hlinitá buková doubrava s ostřicí chlupatou na stinných svazích

(přirozená druhová skladba – dub zimní 50-70 %, buk lesní 10-30 %, lípa 10-20 %, habr obecný 0-10 %, javor mlč 0-2 %, javor klen 0-1 %, jilm, javor babyka, břek)

Stupeň přirozenosti lesních porostů

Stupeň přirozenosti porostů je základním ukazatelem pro vyjádření potenciálních schopností lesních porostů ovlivňovat hydrickou a půdoochrannou funkci. Vychází se z předpokladu, že lesní porosty na úrovni potenciální přírodní vegetace mají tento potenciál nejvyšší a naopak čím více se od ní vzdalují, tím je nižší [26]. V transektech zastoupené stupně přirozenosti lesních porostů (porovnání stávající druhové skladby ke skladbě na úrovni potenciální přírodní vegetace) znázorňuje tab. 8.2.

Tab. 8.2 Zastoupené stupně přirozenosti lesních porostů

Stupeň	Index přirozenosti	Klasifikace druhové skladby
0	< 1	introdukce a druhově nevhodné
3	31 – 50	spíše kulturní – druhově vhodná
4	51 – 70	spíše přirozená
5	71 – 90	přirozená blízká
6	≥ 91	přirozená

Acidifikace

Acidifikace je proces okyselování daný vzrůstem koncentrace vodíkových kationtů v půdním nebo vodním prostředí. Jde tedy o časovou změnu, která má povahu trendu, jehož součástí jsou různě krátkodobé fluktuace. Druhotnými jevy jsou v půdách především ztráta bazických kationtů (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) a uvolňování hliníku a železa [11]. Horniny se podle rizika acidifikace člení do pěti tříd podle rozsahu obsahu výše zmíněných bazických kationtů v ekvivalentech.

Všechny sledované transektory spadají do třídy 3, která představuje horniny se středním rizikem acidifikace s obsahem bazických kationtů v ekvivalentech 5,204 - 7,798. Jedná se o vápnatý typ půdy.

Hlavní půdní jednotka

- 08** – Černozemě modální a černozemě pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %, na spraších, sprašových a svahových hlínách, středně těžké i těžší, převážně bez skeletu a ve vyšší sklonitosti
- 19** – Pararendziny modální, kambické i vyluhované na opukách a tvrdých slínovcích nebo vápnatých svahových hlínách, středně těžké až těžké, slabě až středně skeletovité, s dobrým vláhovým režimem až krátkodobě převlhčené
- 40** – Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici
- 41** – Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry

Tab. 8.3 Půdní typ (podle charakteristiky lesního typu)

Zkratka	Popis
HNm(g)	hnědozem typická oglejená
KMm(b)	kambizem typická mezotrofní
KMm(o)	kambizem typická oligotrofní
Lim(c)	litozem typická karbonátová
LMm	luvizem typická
Rak	rendzina kambická
Ral	rendzina litická
Ras	rendzina suťová

Tab. 8.4 Charakteristika klimatických regionů

Kód	0	2
Symbol	VT	T2
Charakteristika	velmi teplý, suchý	teplý, mírně suchý
Suma teplot nad 10°C	2800 – 3100	2600 – 2800
Průměrná roční teplota [°C]	9 – 10	8 – 9
Průměrný roční úhrn srážek [mm]	500 – 600	500 – 600
Pravděpodobnost suchých vegetačních období [%]	30 – 50	20 – 30
Vláhová jistota	0 – 3	2 – 4

Tab. 8.5 Sklonitost (podle BPEJ)

Kód	Sklon [°]	Popis
3	7 – 12	střední svah
4	12 – 17	výrazný svah

Tab. 8.6 Sklonitost (podle lesního typu)

Zkratka	Popis
pl.	plošina (0-5°)
m. sv.	mírný svah (10-20°)
př. sv.	příkrý svah (20-30°)
sr.	sráz (nad 60°)

Tab. 8.7 Expozice

Kód	Popis
1	jih (jihozápad až jihovýchod)
2	východ (jihovýchod až severovýchod) a západ (jihozápad až severozápad)
3	sever (severozápad až severovýchod)

Tab. 8.8 Skeletovitost

Kód	Charakteristika
0	bezskeletovité s celkovým obsahem skeletu do 10 %
1	slabě skeletovité s celkovým obsahem skeletu do 25 %

Tab. 8.9 Hloubka půdy

Kód	Charakteristika
0	větší než 60 cm, půda hluboká
1	30 – 60 cm, půda středně hluboká

Tab. 8.10 Propustnost

Třída	Charakteristika
3	střední propustnost (0,08 – 0,83 mm/min)
	podorníčí s výraznou strukturou nebo tvořené hlínou; středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou
4	nízká propustnost (0,025 – 0,08 mm/min)
	pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jíl nebo jílovitá hlína

Tab. 8.11 Trofický režim půdy

Označení	Popis
A	půdy oligotrofní (chudé živinami)
AB	půdy hemioligotrofní (polochudé živinami)
B	půdy mezotrofní (středně bohaté živinami)
BD	půdy hemialkalofilní (polobohaté vápníkem)
D	půdy alkalofilní (bohaté vápníkem)

Tab. 8.12 Hydrický režim půdy

Označení	Popis
2	půdy omezené řady
3	půdy normální řady
4	půdy mokré řady

9. PROMĚNLIVOST PŮDY V RÁMCI TRANSEKTU

V této kapitole jsou vyhodnoceny půdní charakteristiky získané terénním měřením – pH, vlhkost, slanost půdy a dostupnost dusíku. V případě prvních dvou zmíněných byla sledována jak proměnlivost v rámci transektu a mezi transekty jako celky, tak proměnlivost během roku. Slanost půdy a dostupnost dusíku, které byly získány na základě dat jednorázově provedeného fytocenologického snímkování, jsou zhodnoceny pouze co se týče proměnlivosti v rámci ekotonu a jejich vzájemného srovnání.

9.1 pH půdy

Tab. 9.1 Základní statistické zhodnocení pH půdy

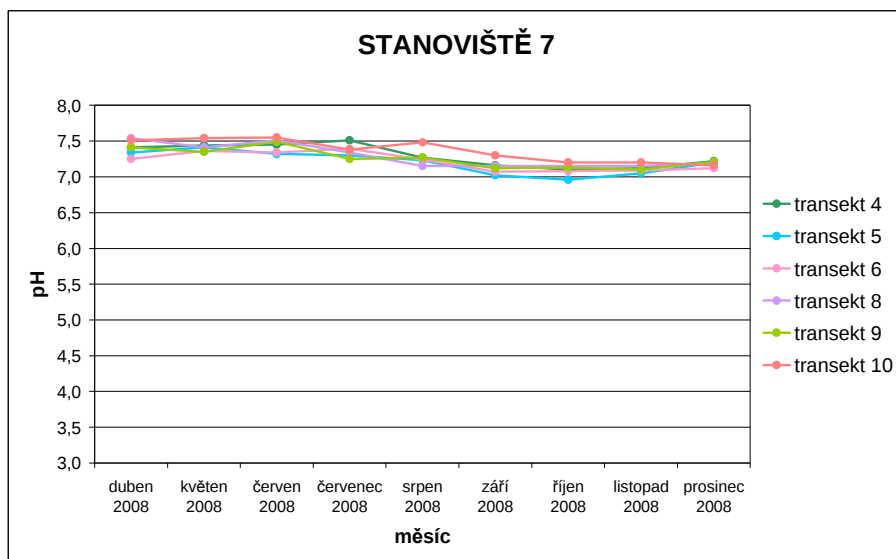
Transekt	1	3	4	5	6	8	9	10
Směrodatná odchylka	1,02	0,17	0,16	0,91	1,14	1,45	0,15	0,74
Aritmetický průměr	5,14	7,30	7,31	6,78	6,33	6,18	7,27	6,85
Medián	5,03	7,26	7,27	7,08	7,02	7,04	7,25	7,16
Maximum	6,94	7,65	7,63	7,51	7,46	7,55	7,53	7,55
Minimum	3,62	7,09	7,03	4,00	4,10	3,26	6,97	4,95
Rozdíl (max – min)	3,32	0,56	0,60	3,51	3,36	4,29	0,56	2,60

9.1.1 Proměnlivost během roku

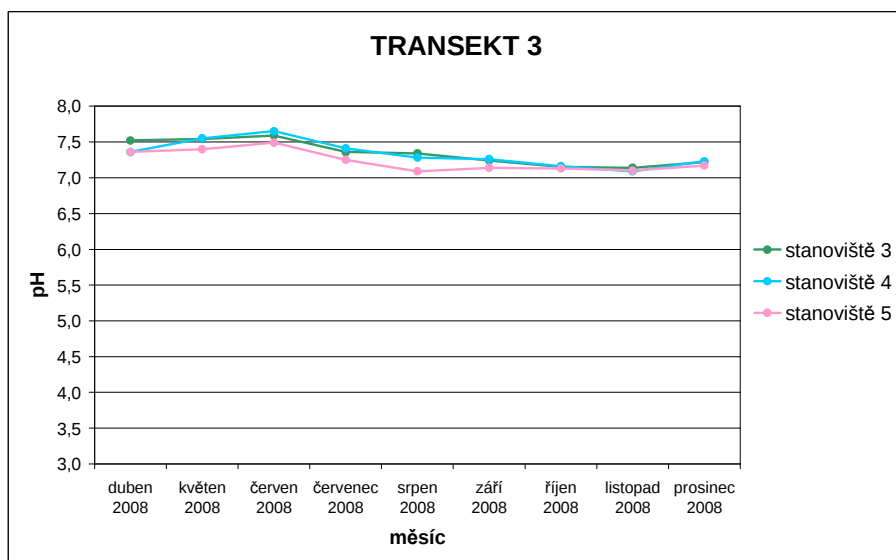
V případě chodu hodnoty pH během roku lze vysledovat, že chod hodnot má stejný charakter jak pro stanoviště 7 nejdále na trvalém travním porostu, tak pro transekty, které v rámci stanovišť vykazují pouze malou proměnlivost (na základě směrodatné odchylky, popř. rozdílu mezi maximální a minimální hodnotou) a jejich průměrná hodnota pH se pohybuje kolem hodnoty 7,3 (transekty 3, 4, 9, viz tab. 9.1). Pro srovnání, průměrná hodnota za celé sledované období všech stanovišť 7 je 7,27. Tento jev lze pozorovat na obr. 9.1, 9.2 a 9.3.

Hodnota pH v obou případech v měsících květnu a červnu mírně stoupá, poté až do října rovnoměrně mírně klesá a v listopadu a prosinci znovu mírně stoupá.

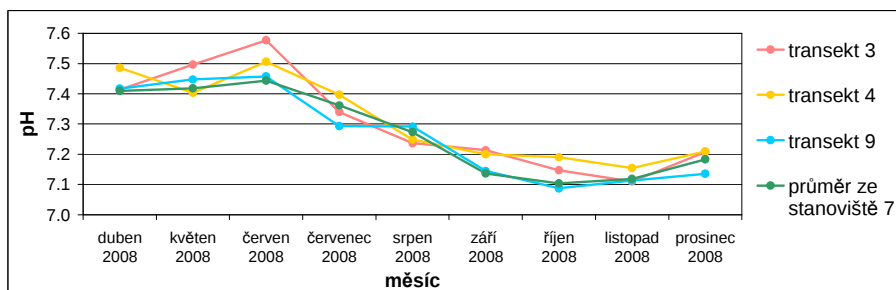
Na základě těchto zjištění je možné říci, že transekty, které vykazují minimální proměnlivost v rámci stanovišť, se jako celek chovají spíše jako trvalé travní porosty.



Obr. 9.1 Vývoj pH půdy během sledovaného období na stanovišti 7

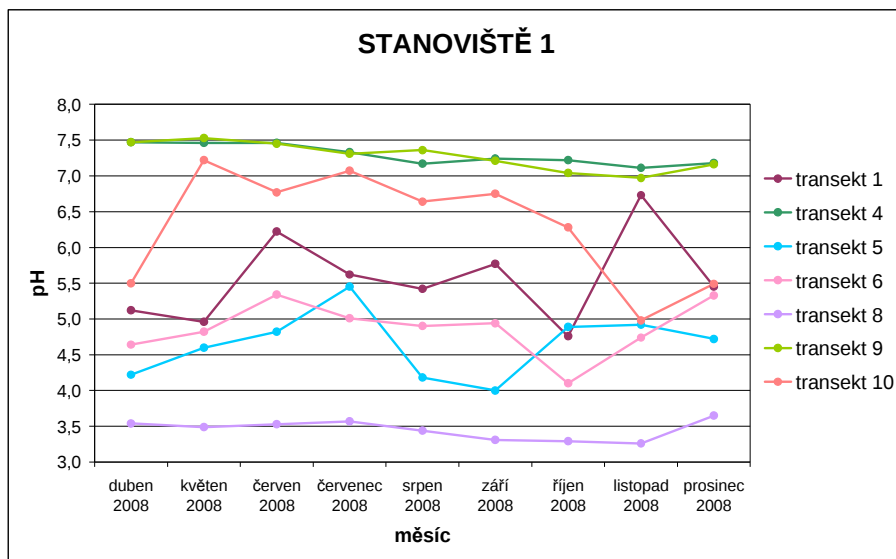


Obr. 9.2 Vývoj pH půdy během sledovaného období v transektu 3



Obr. 9.3 Vývoj pH půdy během sledovaného období – srovnání průměrných hodnot transektů 3, 4 a 9 a stanoviště 7 všech transektů

V lesní části transektů již tak jednotný chod hodnot není. V grafu na obr. 9.4 je možné pozorovat i rozdíl mezi transektu 4 a 9, jejichž hodnoty se v obou případech pohybují stále kolem hodnoty 7,3, a ostatními, jejichž hodnoty značně kolísají. (Transekt 3 není zahrnut, jelikož pro potřeby vizualizace v grafu byla jeho stanoviště očíslována 3, 4, 5.)



Obr. 9.4 Vývoj pH půdy během sledovaného období na stanovišti 1



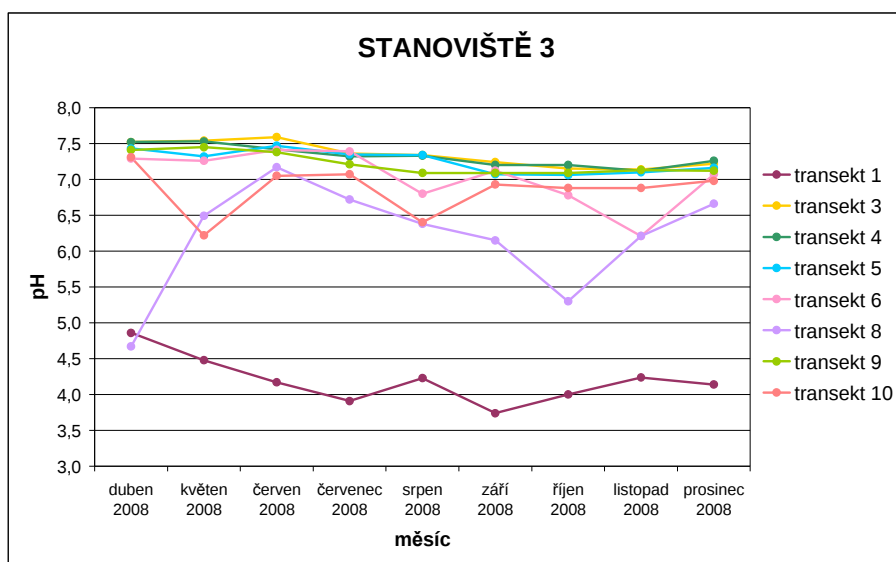
Obr. 9.5 Vývoj pH půdy během sledovaného období v transektu 6

K zajímavému jevu dochází v transektu 6 na stanovišti 4, kde v dubnu a květnu pH koresponduje spíše se stanovišti 5 – 7, poté od června do září prudce klesá a hodnoty se pohybují v rozmezí jako u lesních stanovišť 1 – 2 a od října do listo-

padu se vracejí zpět k hodnotám stanovišť 5 – 7. Stanoviště 3 koresponduje po celý rok s drobnými výkyvy se stanovišti 5 – 7 (obr. 9.5).

9.1.2 Proměnlivost v rámci transektu

Ve všech transektech byla zaznamenána vysoká hodnota pH na nejvzdálenějším stanovišti na trvalém travním porostu a rovněž je možné říci, že čím dále se posouváme od stanoviště 1 v lese na stanoviště 7 na trvalém travním porostu, na tím více transektech je zaznamenána vyšší hodnota pH (tzn. hodnota v rozmezí cca 7 - 7,5). Rovněž platí, že chod pH na stanovištích na trvalém travním porostu je v průběhu sledovaného období vyrovnanější a s menšími výkyvy mezi jednotlivými měsíci než na stanovištích v lese. Tyto jevy lze pozorovat v grafech na obr. 9.4, 9.6 a 9.1.

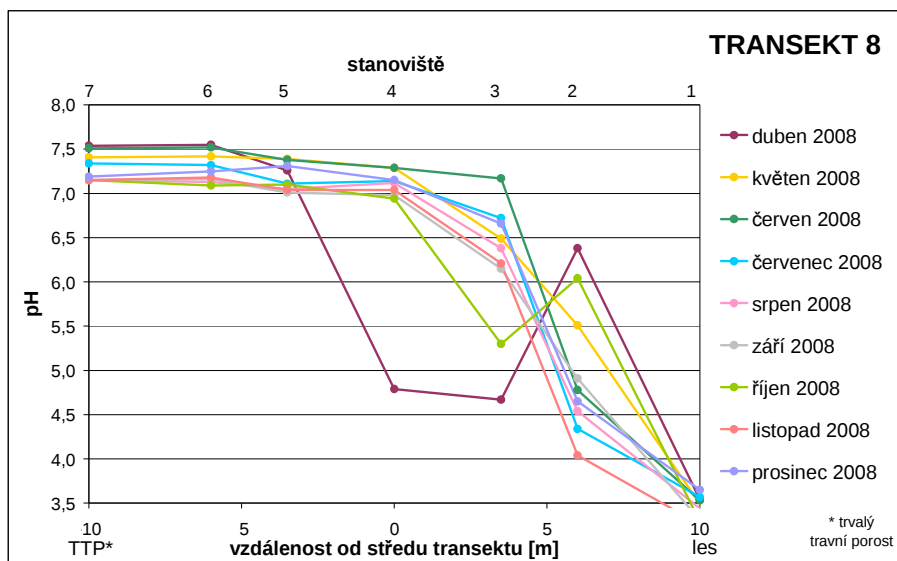


Obr. 9.6 Vývoj pH půdy během sledovaného období na stanovišti 5

Co se týče vývoje pH na jednotlivých transektech, byly zaznamenány čtyři základní typy:

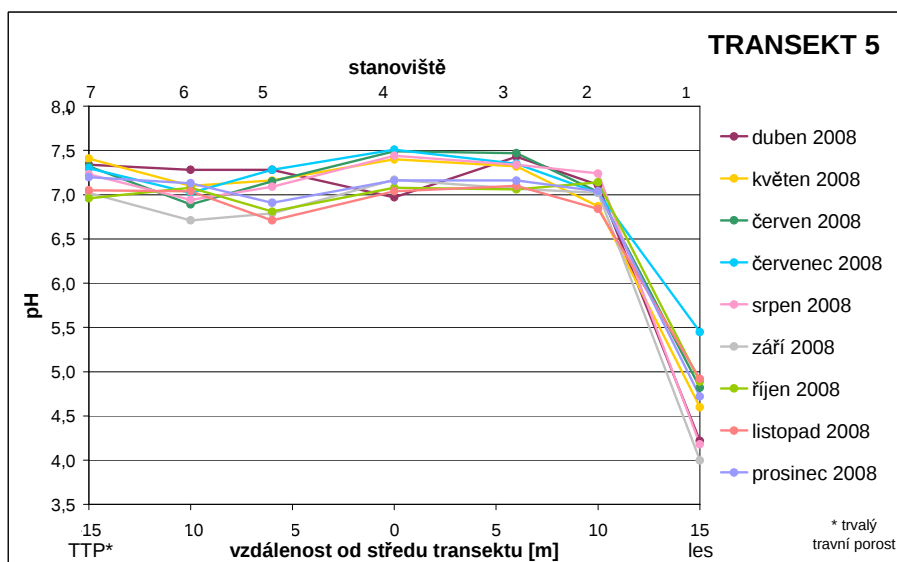
1) pH klesá od trvalého travního porostu směrem do lesa

Tento trend je nejlépe vidět na transektu 8 (obr. 9.7), kde je pokles od středu do lesa poměrně rovnoměrný a rozdíl mezi nejvyššími a nejnižšími hodnotami je velmi výrazný. Nutno poznamenat, že hodnoty na nelesních stanovištích klesají narozdíl od lesních velmi pozvolna až ke středu transektu.



Obr. 9.7 Vývoj pH půdy v transektu 8

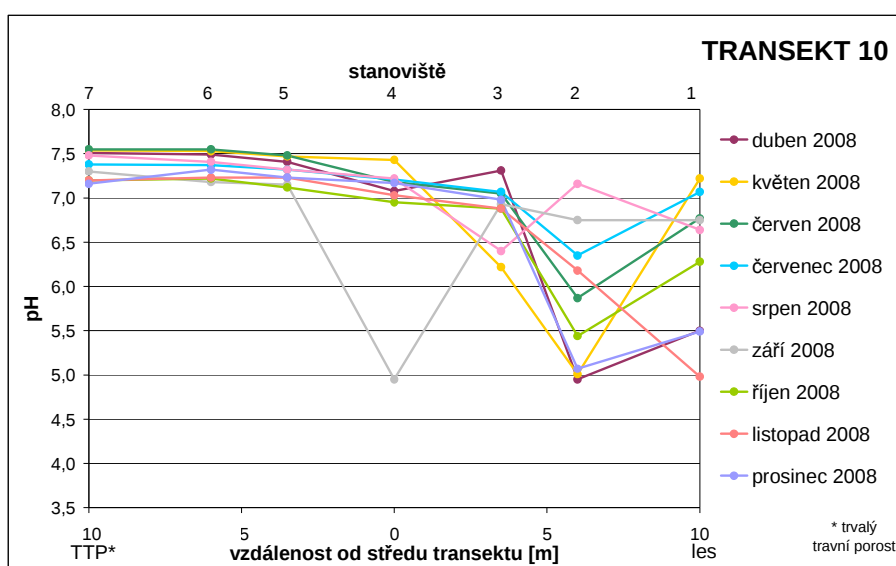
V případě transektu 5 (obr. 9.8) je tento jev méně patrný, jelikož k prudkému poklesu dochází až na stanovišti 1 nejdále v lese a na stanovištích 4 a 3 dochází dokonce k mírnému zvýšení hodnot. Nerovnoměrnosti mezi stanovišti 7 až 2 lze přisoudit typu tohoto ekotonu, který má charakter difuzní přechodové zóny mezi lesem a trvalým travním porostem, a je tudíž možné, že jsou hodnoty ovlivněny střídavě buď typem ekosystému bližšímu trvalému travnímu porostu, nebo ekosystému bližšímu lesu.



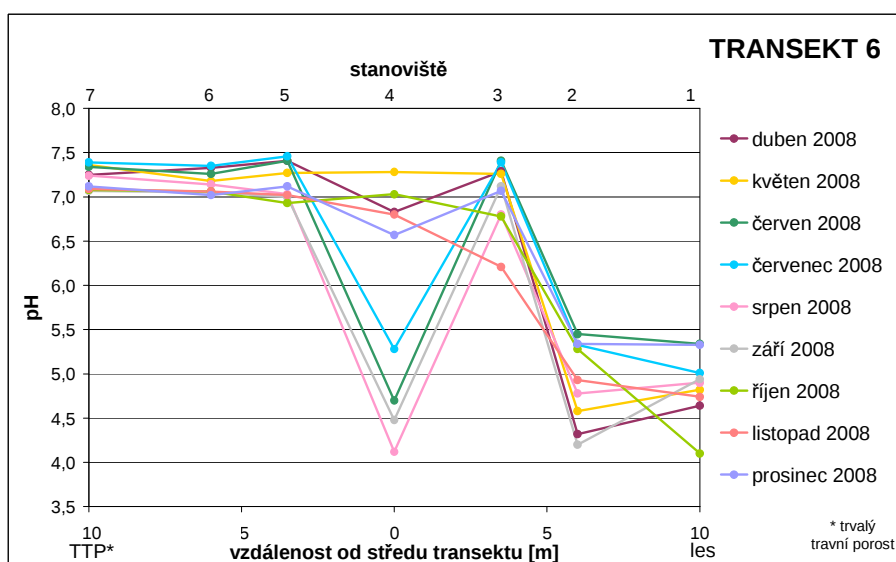
Obr. 9.8 Vývoj pH půdy v transektu 5

2) pH klesá od trvalého travního porostu směrem do lesa, na stanovišti 1 dochází ke stagnaci nebo vzrůstu hodnoty a ve středu transektu k prudkým výchýlkám

Pokud bychom hodnotili transekt 10 (obr. 9.9) samostatně, mohli bychom se domnívat, že hodnota ze září na stanovišti 4 je chybou v měření. Pokud ovšem tuto výchýlku porovnáme s transektem 6 (obr. 9.10), zjistíme, že obdobná situace zde nastala ve čtyřech po sobě jdoucích měsících. (tzn. mohlo by se jednat o souvislost).



Obr. 9.9 Vývoj pH půdy v transektu 10



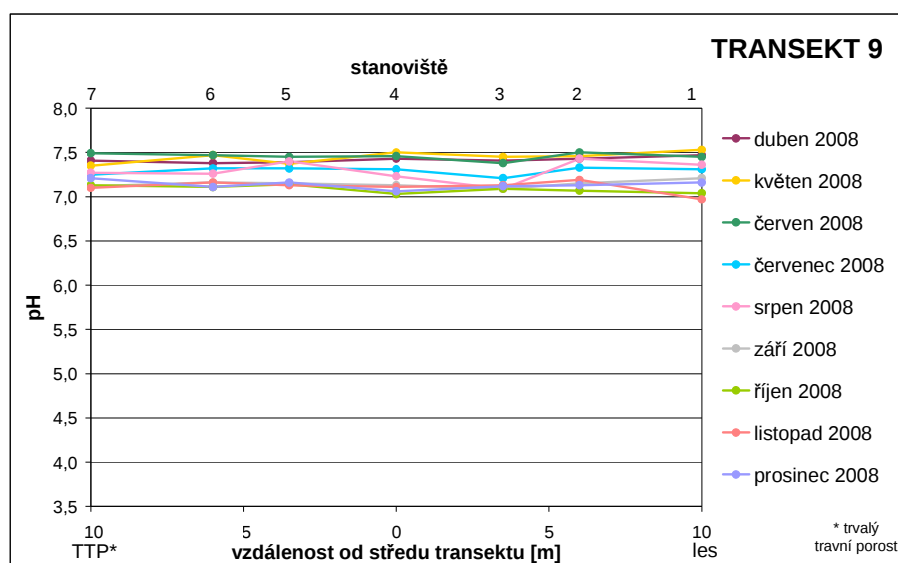
Obr. 9.10 Vývoj pH půdy v transektu 6

V obou transektech rovněž dochází k mírnému navýšení hodnot na stanovišti 1 (nejdále v lese) oproti stanovišti 2 a to o něco výrazněji v transektu 10 než v transektu 6. Lze předpokládat, že se jedná o hranici, za kterou se již hodnota pH pohybuje v ustáleném rozmezí, a tedy hranici přechodového pásma, ovšem tuto domněnku nelze potvrdit, jelikož by bylo zapotřebí ještě několika měření dále v lese.

V případech obou výše popsaných typů ale lze říci, že přechodové pásmo mezi ekosystémy se nachází především od středu transektu (tj. hranice lesa) směrem do lesa. Z důvodu krátkého transektu však nelze říci, jak široké směrem do lesa je toto pásmo, než dojde k ustálení hodnoty.

3) pH nevykazuje výraznou proměnlivost v rámci transektu

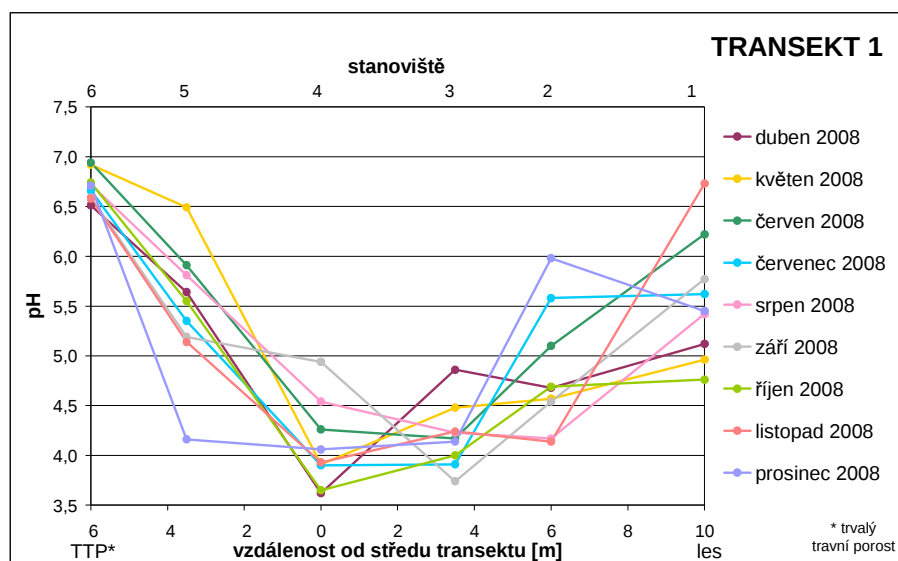
Jak již bylo zmíněno výše, jedná se v tomto případě o transekty 3, 4 a 9. Jako příklad je na obr. 9.11 uveden transekt 9. Ve všech třech se hodnota po celém sledovaném průřezu drží stabilně poměrně vysoko a ani během roku nedochází k výrazným výchylnám. Na základě srovnání všech transektů a stanovišť tedy lze říci, že v těchto případech nemá ekoton žádný vliv na pH půdy a transekty jako celky se chovají spíše jako trvalé travní porosty.



Obr. 9.11 Vývoj pH půdy v transektu 9

4) ostatní

Transekt 1 (obr. 9.12) nelze zařadit ani k jedné z výše popsaných skupin. pH je na stanovišti 6 na trvalém travním porostu sice vysoké, ovšem odtud prudce klesá ke středu transektu a od stanoviště 3 směrem do lesa opět stoupá.



Obr. 9.12 Vývoj pH půdy v transektu 1

Na základě provedených oboustranných dvouvýběrových t-testů lze říci, že alternativní hypotézu (lesní a nelesní části transektu se nerovnájí) nelze zamítnout u transektů 1, 5, 6, 8, 10. Provedením testu ANOVA na všechny transekty alternativní hypotézu (transekty se nerovnájí) nelze zamítnout.

9.2 Vlhkost půdy

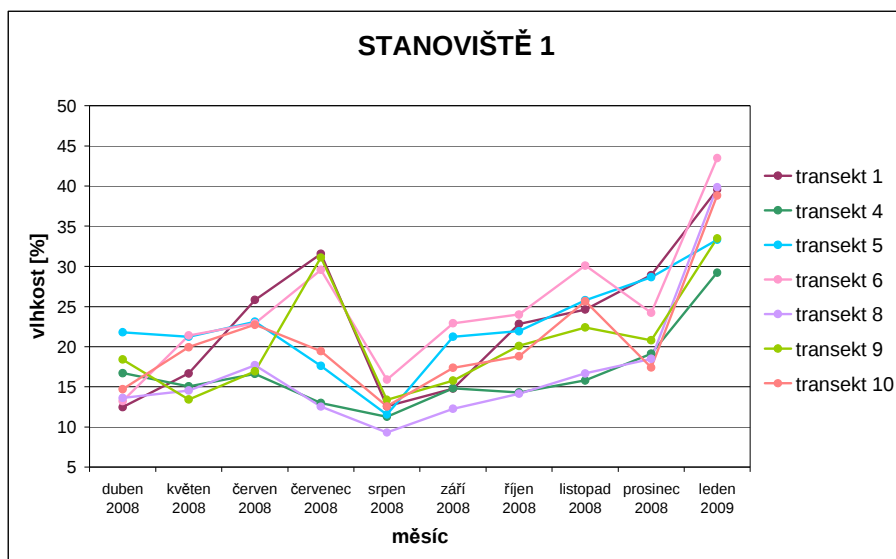
Tab. 9.2 Základní statistické zhodnocení vlhkosti půdy

Transekt	1	3	4	5	6	8	9	10
Směrodatná odchylka	7,76	8,13	6,27	10,01	8,73	9,00	7,26	5,84
Aritmetický průměr	19,62	20,87	17,47	28,38	27,33	24,75	20,35	21,66
Medián	17,90	18,10	16,50	31,40	26,03	22,26	19,70	21,60
Maximum	39,57	39,83	33,67	44,53	43,80	46,58	39,97	38,83
Minimum	6,80	11,14	6,22	7,05	8,96	9,30	5,01	10,70
Rozdíl (max – min)	32,77	28,69	27,45	37,48	34,84	37,28	34,96	28,13

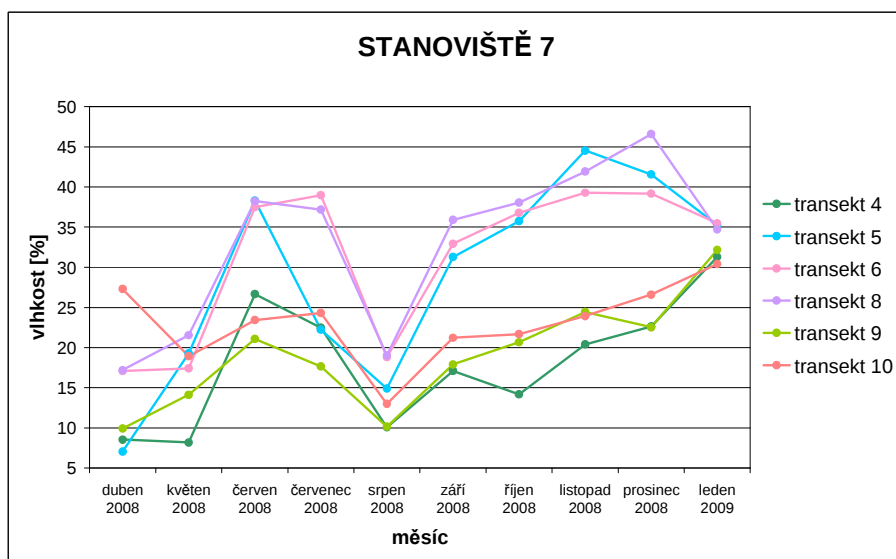
9.2.1 Proměnlivost během roku

Průběh vlhkosti během roku je znázorněn na obr. 9.15 (hodnoty vypočteny jako aritmetický průměr všech transektů a měsíců). Pokud bychom chtěli pozorovat vývoj přímo na naměřených datech v rámci transektu, lze roční chod hodnot nejlépe demonstrovat na stanovišti 1 (obr. 9.13), jelikož v lese nedochází k takovým výkyvům ve vlhkosti jako na stanovišti 7 (nejdále na trvalém travním porostu), kde jsou

měsíční rozdíly ve vlhkosti mnohem markantnější (zejména v transektech 5, 6 a 8) zřejmě z důvodu rozdílného vegetačního krytu a teplotního režimu (obr. 9.14).

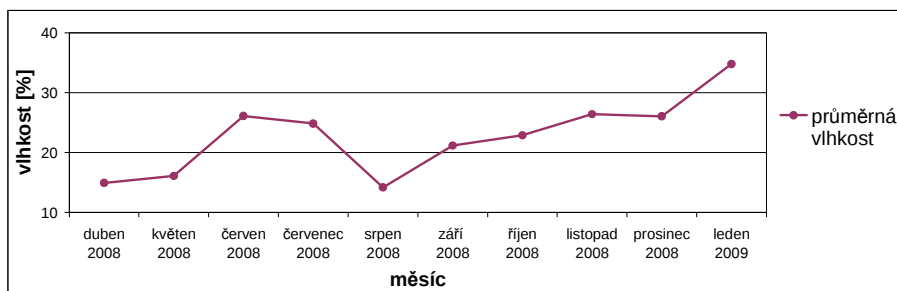


Obr. 9.13 Vývoj vlhkosti během sledovaného období na stanovišti 1



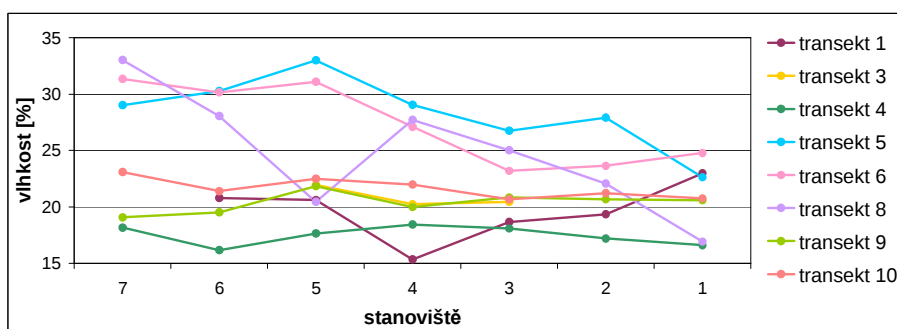
Obr. 9.14 Vývoj vlhkosti během sledovaného období na stanovišti 7

Vlhkost půdy se postupně zvyšovala od dubna do července, který představuje lokální maximum. Měsíc srpen byl nejsušším, takže došlo k prudkému poklesu hodnot. Od tohoto měsíce docházelo k postupnému zvyšování vlhkosti až do prosince, ve kterém došlo ke stagnaci nebo mírnému poklesu. Nejvyšší vlhkost byla zaznamenána po prudkém navýšení v měsíci lednu. Příčinou těchto vysokých hodnot bylo zřejmě především tání sněhové pokrývky.



Obr. 9.15 Vývoj vlhkosti půdy během sledovaného období (průměr všech transektů)

Co se týče srovnání průměrné vlhkosti za sledované období mezi jednotlivými transekty (tzn. pro každý transekt průměr ze všech stanovišť v každém měsíci), nejvlhčími jsou 5, 6 a 8, tedy celá lokalita Ždánice (viz obr. 9.16). Tento jev lze pozorovat také v tabulce 9.2 v hodnotách aritmetického průměru a mediánu, které jsou v případě celé lokality výrazně vyšší, což je zřejmě způsobeno odlišnostmi v klimatických podmínkách lokalit Kobylí a Ždánice.



Obr. 9.16 Průměrná vlhkost za sledované období v jednotlivých transektech

Tab. 9.3 Rozdíl extrémních hodnot získaných z průměrů jednotlivých stanovišť za sledované období

Transekt	1	3	4	5	6	8	9	10
Maximum	22,98	21,94	18,43	33,00	31,34	33,04	21,85	23,08
Minimum	15,34	20,22	16,17	22,63	23,20	16,91	19,06	20,68
Rozdíl (max – min)	7,64	1,72	2,26	10,37	8,15	16,12	2,78	2,40

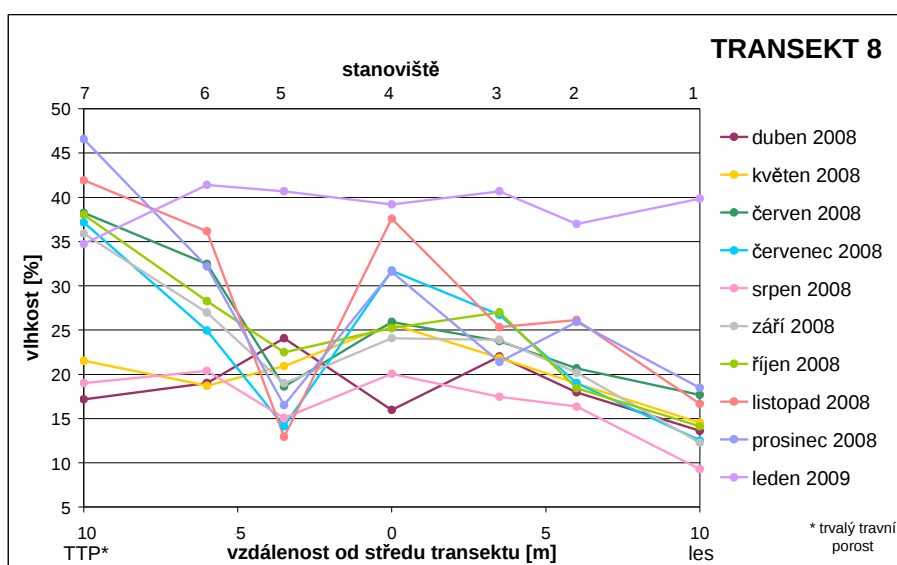
9.2.2 Proměnlivost v rámci transektu

Byly zaznamenány celkem tři typy vývoje vlhkosti v rámci stanovišť sledovaných transektů:

1) vlhkost stoupá od lesa směrem k trvalému travnímu porostu

Tento vývoj je patrný především v celé lokalitě Ždánice (transekty 5, 6 a 8, viz obr. 9.16). Pouze u transektu 8 dochází k výraznému poklesu hodnoty na stanovišti 5. Důvodem tohoto jevu je husté křoví se silnou vrstvou tlejícího listí a hrabanky, díky kterým musela být vlhkost měřena ve větší houbce než na ostatních stanovištích, aby bylo dosaženo zeminy a tedy kompaktního vzorku půdy. Z tohoto důvodu jsou na stanovišti 5 převážně zaznamenávány nižší hodnoty vlhkosti.

Rovněž lze pozorovat, že tento vývoj je potlačen v dubnu, květnu, srpnu a lednu, tedy v měsících, kdy byla vlhkost buď velmi vysoká, nebo velmi nízká (obr. 9.17). Lze tedy říci, že pokud přetrvávají extrémní vláhové poměry, působení ekotonu jako bariéry je značně potlačeno.

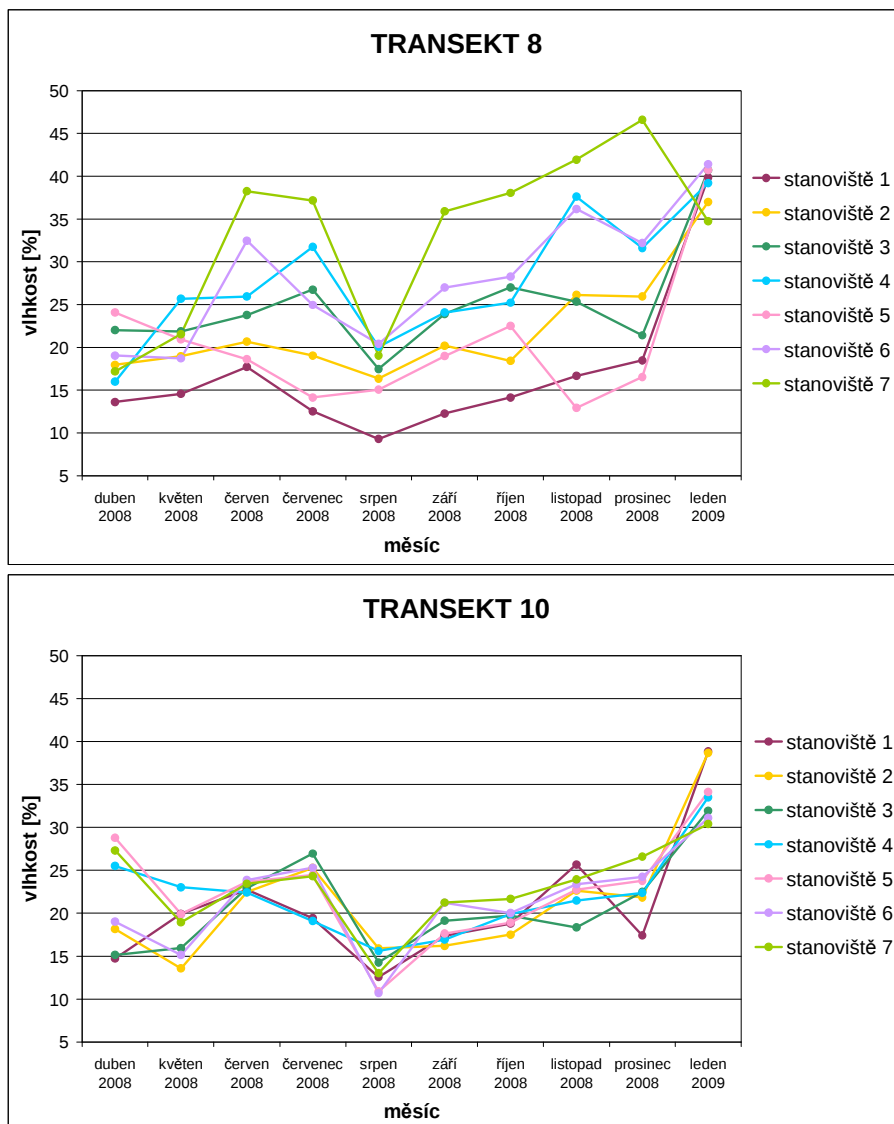


Obr. 9.17 Vývoj vlhkosti půdy v transektu 8

Na základě proložení dat vhodnými trendy a analýzy tabulky 6 v příloze 6 lze vývoj snižování vlhkosti směrem do lesa pozorovat i na transektech 3 a 10, ale pokles je oproti transektům lokality Ždánice velmi pozvolný a ekoton tedy má velmi malý vliv na vlhkost půdy.

Rozdíl mezi rozptýlenými hodnotami v transektech 3 a 10 a lokalitě Ždánice je možné vysledovat jak z tabulky 9.3 (obsahující maximální a minimální hodnoty získané

z průměrů vypočítaných ze všech měsíců pro každé stanoviště a transekt a rozdíl těchto extrémů), která popisuje obr. 9.16 (rozdíl mezi maximální a minimální průměrnou hodnotou stanovišť je 1,72 pro transekt 3 a 2,4 pro transekt 10 oproti rozdílům 10,37; 8,15 a 16,12 pro transekt 5, 6 a 8), tak srovnáním grafů na obr. 9.18 uvedeném níže.



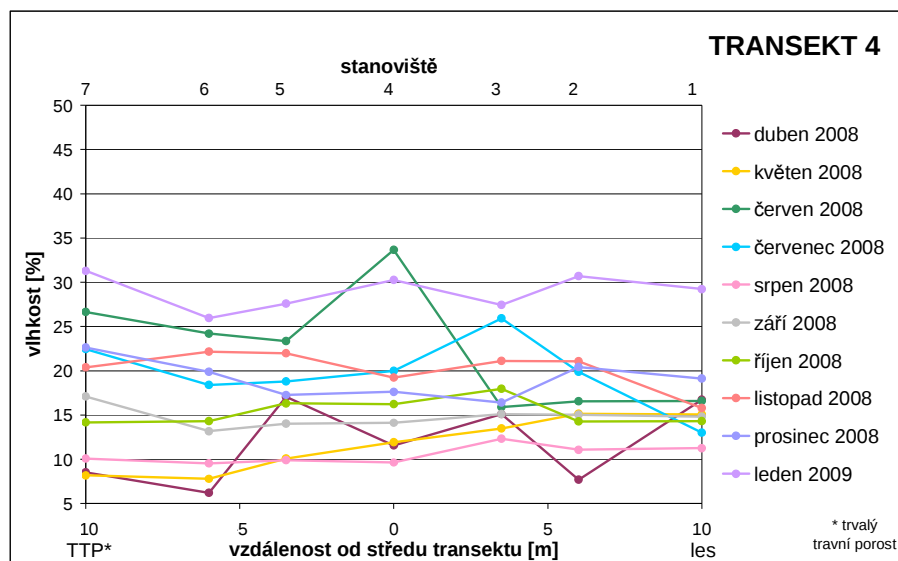
Obr. 9.18 Srovnání chodu vlhkosti půdy v transektech 8 a 10

2) vlhkost nevykazuje výraznou proměnlivost v rámci transektu

Tento typ transektu je možné dobře identifikovat rovněž z tabulky 9.3, v níž je rozdíl maxima a minima průměrů výrazně nižší u transektů 3, 4, 9 a 10.

Jak již bylo řečeno výše, transekty 3 a 10 lze zařadit do předchozí skupiny, jelikož v převážné většině měsíců je průměrná hodnota vlhkosti z lesních stanovišť (1 – 3) nižší než průměrná hodnota nelesních stanovišť (5 – 7).

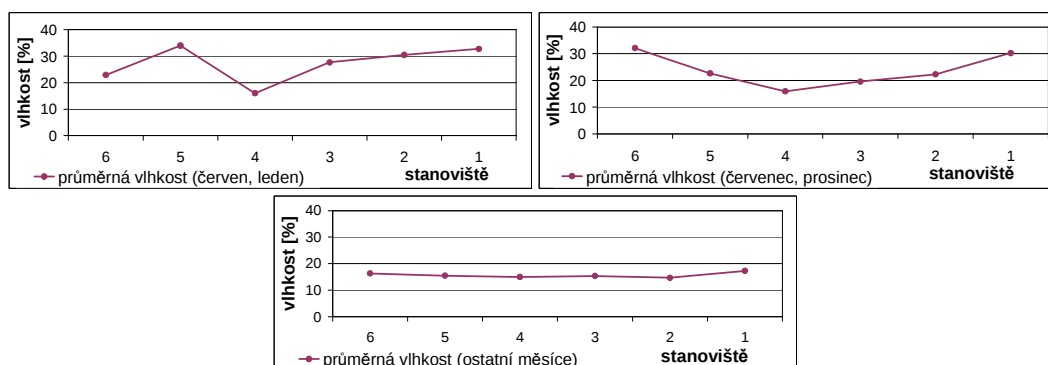
V transektech 4 a 9 však dochází k nepravidelným fluktuacím těchto průměrů a nelze stanovit žádný obecný trend vývoje vlhkosti v závislosti na stanovišti. Na základě těchto zjištění a proložení dat trendy lze říci, že v případě obou transektů nemá ekoton žádný vliv na vlhkost půdy.



Obr. 9.19 Vlhkost půdy v transektu 4

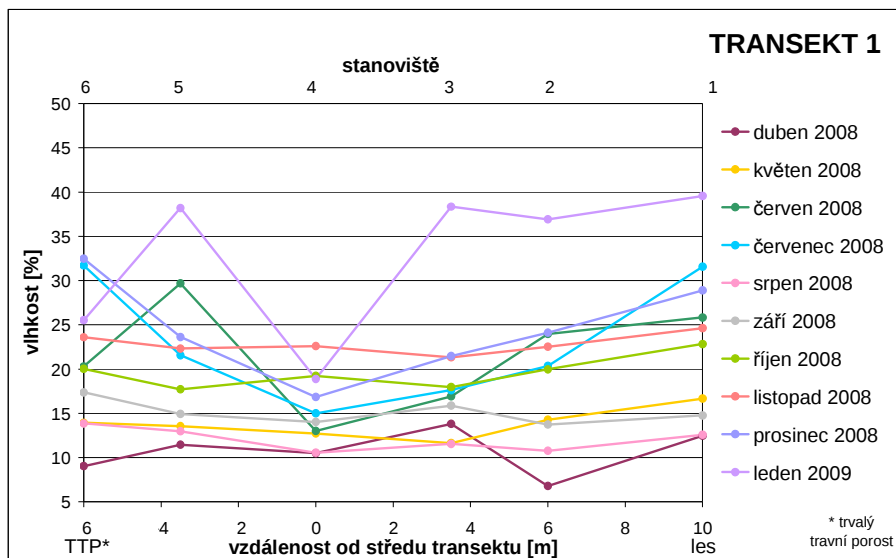
3) Ostatní

Transekt 1 (obr. 9.21) nelze zařadit ani k jedné z výše popsaných skupin. Křivky měsíců lze na základě charakteru jejich průběhu rozdělit do tří skupin:



Obr. 9.20 Průměrná vlhkost půdy v transektu 1 v období červen a leden (vpravo nahoře), červenec a prosinec (vpravo nahoře) a duben – květen a srpen – listopad (dole)

Ve většině měsíců dochází k více či méně výraznému poklesu hodnot ve středu transektu na stanovišti 4, což může být způsobeno jeho umístěním v blízkosti kmene stromu. (Podobná situace nastává rovněž u transektu 4 viz výše.)



Obr. 9.21 Vlhkost půdy v transektu 1

Na základě provedených oboustranných dvouvýběrových t-testů lze říci, že alternativní hypotézu (lesní a nelesní části transektu se nerovnají) nelze zamítnout u transektů 6 a 8. U transektu 5 je pravděpodobnost zamítnutí alternativy 5 %.

Provedením testu ANOVA na všechny transekty byla alternativní hypotéza (transekty se nerovnají) zamítnuta na 10 %.

9.3 Dostupnost dusíku a slanost půdy

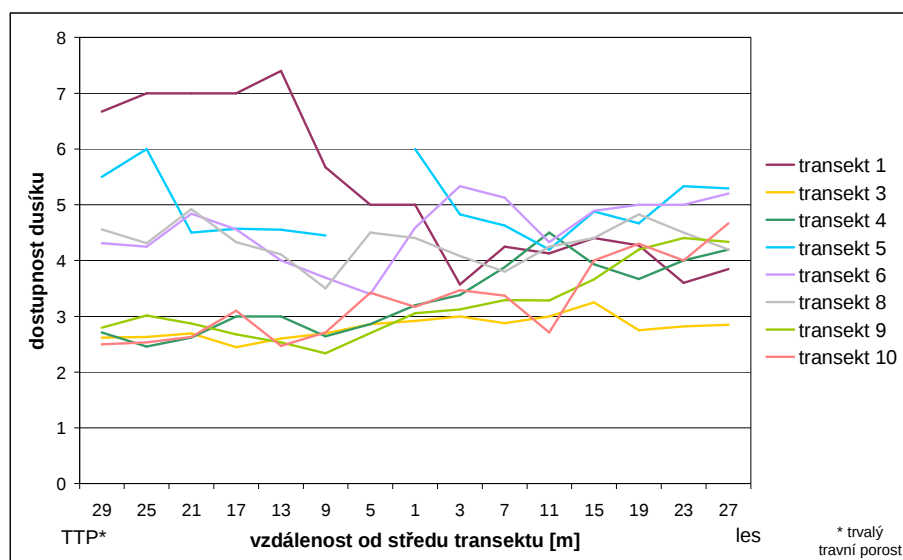
Z celkového počtu zhruba 1700 rostlin zaznamenaných na fytoecologických snímcích a obsažených v Ellenbergových tabulkách pouze 6 vykazovalo na stupnici 0 - 9 slanosti půdy hodnotu 1 (půdy chudé na sůl, 0 – 0,1 % Cl⁻), všechny ostatní spadaly do kategorie 0 – glykofyty potvrzující absenci soli v půdě, proto nemělo smysl tuto charakteristiku dále vyhodnocovat.

Dostupnost dusíku již poskytla lepší výsledky. V grafu na obr. 9.22 je patrné, že v transektech 4, 9 a 10 hodnota stoupá od trvalého travního porostu do lesa (viz tabulka 9.5 vysvětlující použité kódy pro množství dostupného dusíku v půdě). V transektech 3 a 6 dochází ke zvyšování také, ale už ne tak výrazně jako v předchozích případech. Co se týče transektů 5 a 8, hodnoty nepravidelně kolísají po celém průřezu ekotonem.

Transekt 1 vykazuje zcela opačný vývoj a dochází k poklesu hodnot směrem do lesa, přičemž pokles od trvalého travního porostu je přibližně ve středu transektu velmi výrazný. Tento jev lze přisoudit charakteru ekotonu, který představuje přechodovou zónu mezi lesem a vinicí, a lze v tomto případě tedy předpokládat určité ovlivnění používanými hnojivy apod.

Tab. 9.4 Základní statistické zhodnocení dostupnosti dusíku v půdě

Transekt	1	3	4	5	6	8	9	10
Směrodatná odchylka	1,40	0,20	0,65	0,57	0,57	0,36	0,66	0,71
Aritmetický průměr	5,25	2,80	3,34	4,96	4,57	4,31	3,22	3,27
Medián	5,00	2,82	3,20	4,75	4,59	4,33	3,06	3,17
Maximum	7,40	3,25	4,50	6,00	5,33	4,92	4,41	4,67
Minimum	3,57	2,45	2,46	4,20	3,40	3,50	2,34	2,47
Rozdíl (max – min)	3,83	0,80	2,04	1,80	1,93	1,42	2,07	2,20



Obr. 9.22 Dostupnost dusíku ve sledovaných transektech

Tab. 9.5 Dostupnost dusíku v půdě [3]

Kód	Charakteristika
1	místa extrémně chudá na dostupný dusík
3	místa více či méně chudá na dostupný dusík
5	místa se střední dostupností dusíku
7	místa bohatá na dostupný dusík
9	místa extrémně bohatá na dostupný dusík (místa s pasoucím se dobyt看 nebo poblíž znečištěných řek)

9.4 Syntéza sledovaných charakteristik

Překrytím výsledků ze všech tří sledovaných charakteristik zjistíme, že některé transektory vykazují obdobný chod hodnot.

Jednoznačně nejlépe srovnatelné jsou transektory 4 a 9, které v případě pH a vlhkosti vykazovaly minimální proměnlivost v rámci transektu a v případě dostupného dusíku nárůst od trvalého travního porostu směrem do lesa. Oba se nachází na jižním svahu a řadí se mezi tři ze všech nejsušší. Polohově jsou si relativně velmi blízko a oba leží na dřínových doubravách.

Do této skupiny by bylo možné zařadit i transekt 3, ovšem důvodem velmi mírné proměnlivosti je zde zřejmě především typ ekotonu, který představuje stepní oko uvnitř lesního porostu.

Podobným popisem lze charakterizovat i transektory 5, 6 a 8, tedy celou lokalitu Ždánice. V případě vlhkosti i pH hodnoty výrazně klesají od trvalého travního porostu směrem do lesa. Co se týče dostupnosti dusíku, dochází k nepravidelným fluktuacím, na transektu 6 také k mírnému vzrůstu hodnot směrem do lesa.

Všechny tři transektory spojuje lesní typ, kterým je hlinitá buková doubrava s ostřicí chlupatou na stinných svazích (2H4).

Transekt 10 je možné považovat za určitý přechod mezi oběma výše popsanými skupinami. Chod pH je výrazný, chod vlhkosti méně, což by mohlo být způsobeno poměrně velkým sklonem svahu a lze je přirovnat k transektům lokality Ždánice. Průběh dostupnosti dusíku naopak koresponduje spíše s transektory 4 a 9 a hodnoty narůstají od trvalého travního porostu do lesa.

Transekt 1 ve všech sledovaných charakteristikách vykazuje neobvyklý průběh hodnot, v případě dostupnosti dusíku dokonce opačný trend. Tento transekt se jako jediný ze sledovaných vyskytuje v bezprostřední blízkosti zemědělsky využívané plochy (vinice) a lze tedy předpokládat, že určitý podíl na průběhu hodnot má antropogenní ovlivnění. Toto odůvodnění však z důvodu určité jedinečnosti transektu nelze potvrdit.

10. DISKUSE

Pro případné další sledování proměnlivosti půdy v ekotonech by bylo vhodné prodloužit sledované transekty směrem na trvalý travní porost a především do lesa, aby bylo možné stanovit skutečnou šířku ekotonu co se týče proměnlivosti půdy, tj. najít hranici, za kterou jsou již odchylky sledovaných charakteristik minimální. V případě charakteristik sledovaných v magisterské práci bylo možné odhadnout pouze hranici pH na trvalém travním porostu.

Pro lepší vypovídající hodnotu především co se týče vlhkosti půdy by bylo vhodné stanovit v blízkosti sledovaného transektu několik kontrolních, měřit hodnotu v několikametrových rozestupech v linii rovnoběžné s průběhem ekotonu a výslednou vlhkost vypočítat jako průměr všech hodnot, jelikož výsledek vysoce závisí na výběru vhodného místa měření (viz kapitola 3.1.2).

Uvedený způsob měření je však časově poměrně náročný, proto by ideálním řešením byla samozřejmě instalace automatické měřicí stanice. Ta by odstranila případné chyby vzniklé ovlivněním místa měření, které se při každém zjišťování vlhkosti byt' nepatrně mění a také by vyloučila např. ovlivnění hodnot momentálním stavem počasí. Pokud by se však měly stanice instalovat na každém stanovišti, tzn. po prodloužení transektu cca na 13 místech pro jeden sledovaný ekoton, bylo by toto řešení zřejmě nerealizovatelné.

Měření pH v terénu je velmi problematickou záležitostí. Díky velice křehkým elektrodám ručních pH-metrů, které jsou určeny primárně pro měření roztoků nebo měkkých substrátů, je použití v suché, tvrdé a mnohdy kamenité zemině velmi obtížné a způsobuje rychlé opotřebení a zničení měřicí elektrody. Dalším záporem je rovněž to, že měří pouze ve svrchní části půdy (cca 2 - 3 cm), což je pro srovnávání lesní části transektu a trvalého travního porostu nevhodné (např. z důvodu odlišné hloubky kořenového systému, v lese ovlivnění tlející hrabankou apod.). Oproti tomu laboratorní stanovení hodnoty na základě odebraných půdních vzorků je sice přesné, avšak časově velmi náročné a při dlouhodobém sledování dané lokality má silně destruktivní účinky.

Terénní měření probíhalo na vytyčených transektech, přičemž většina z nich byla umístěna v botanicky hodnotnějších lokalitách a představovala přechod mezi lesem a trvalým travním porostem, který byl v některých případech dokonce předmětem ochrany, tudíž antropogenní ovlivnění ekotonu bylo minimální. Jediný transekt, který se vyskytoval v bezprostřední blízkosti vinice, vykazoval výrazné výchylky od sledovaných trendů, proto by pro další výzkum bylo zajímavé sledovat několik dalších podobných transektů, aby bylo možné stanovit, zda a jakým způsobem ovlivňuje zemědělsky využívaná plocha půdní poměry v ekotonu.

11. ZÁVĚR

V této magisterské práci byla zkoumána proměnlivost vybraných půdních faktorů v ekotonech. V celkem osmi stanovených transektech byla opakovaně prováděna vlastní terénní měření pH a vlhkosti půdy, která byla poté konfrontována s charakteristikami získanými na základě dat fytoocenologického snímkování (slanost půdy a množství dostupného dusíku).

Data byla vizualizována v podobě tabulek, několika typů grafů, map a jelikož se jedná o časové řady, také formou animací v čase. Data byla animována v podobě GRIDů ve 3D a grafů spolu se stanovišti znázorněnými jako barevně kvantitativně odlišené bodové znaky podle naměřené hodnoty.

Analýza dat byla provedena jak podle zpracovaných grafických výstupů, tak podle provedené statistické analýzy (průměry hodnot, prokládání dat trendy, t-testy, test ANOVA, testování kvality dat apod.).

Sledované transekty byly rovněž popsány v menším měřítku jako celek dalšími charakteristikami získanými pomocí mapových podkladů, převodních tabulek, extrakcí z podpůrných programů, které byly v rámci magisterské práce rozebrány a popsány (BPEJ v 3.6 2005 a RETC v 6.0) apod.

Na základě syntézy všech charakteristik bylo vysledováno několik hlavních jevů:

- chod vlhkosti je vyrovnanější v lesní části transektu, chod pH na trvalém travním porostu
- dostupnost dusíku v půdě je výrazně ovlivněna přítomností zemědělsky využívané plochy (vinice)
- pokud přetrvávají extrémní vláhové poměry, působení ekotonu jako bariéry je co se týče vlhkosti půdy značně potlačeno
- hranice přechodového pásma se v případě pH vyskytuje od hranice lesa směrem do lesa (pH na trvalém travním porostu bylo od středu transektu poměrně vyrovnané na téměř všech transektech)
- pro transekty, které vykazovaly určitý společný typ průběhu hodnot (buď výrazná nebo zanedbatelná proměnlivost), byl společný i lesní typ, klimatický region, vláhový režim a stejná zájmová lokalita (obráceně již ale toto tvrzení neplatí)
- ekoton s méně výraznou přechodovou zónou (stepní oko v lesním porostu) vykazoval pozvolnější proměnlivost sledovaných charakteristik
- na základě výsledků z jednoho antropogenně ovlivněného transektu lze říci, že ekoton, který představuje přechod mezi zemědělsky využívanou plochou (vinice) a lesem, vykazuje nestandardní výsledky co se týče půdních charakteristik a je

touto plochou tedy značně ovlivněn. Potvrzení této domněnky je však předmětem dalšího případného výzkumu

Z výše popsaného tedy vyplývá, že nelze jednoznačně říci, zda má ekoton vliv na proměnlivost půdy či nikoliv, jelikož sledované transekty vykazovaly obojí chování. Nicméně, ekotony jsou pozoruhodnou částí krajinné sféry a podrobnější průzkum např. jednotlivých typů ekotonů z různých hledisek by tuto otázku jistě dokázal dále osvětlit.

12. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] DEMEK, J.: *Geomorfologie českých zemí*. Praha, Nakladatelství Československé akademie věd, 1965, 335 s.
- [2] DEMEK, J., NOVÁK, V. (1992): *Vlastivěda moravská – neživá příroda*. Brno, Muzejní a vlastivědná společnost.
- [3] ELLENBERG, H.: *Indicator values of plants in Central Europe – Scripta Geobotanica, vol. 18*. Göttingen, Erich Goltze KD, 1992, 258 s., ISBN 3-88452-518-2
- [4] HORNÍK, S. et al.: *Fyzická geografie II*. Praha, SPN, 1986, 320 s.
- [5] *Charakteristiky lesních typů* [online]. c2002 - 2008 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.slpkrtiny.cz/download/certifikace/lhp-lesni-typy-lo30.pdf>>.
- [6] *Katedra pozemkových úprav - Projekty* [online]. c2008 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projekty.htm>>.
- [7] Kolektiv autorů: *Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2005 – 2010*. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2005, 33 s., ISBN 80-86548-62-7
- [8] KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CÍSLEROVÁ, M.: *Hydropedologie 10*. Praha, Vydavatelství ČVUT, 2000, 176 s., ISBN 80-01-02237-4
- [9] KVÍTEK, T., FUČÍK, P., JANGLOVÁ, R.: *Stanovení a kategorizace infiltrační kapacity půd na základě syntézy materiálů BPEJ*. SOIL & WATER, 2/2003. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2003.
- [10] MIKYŠKA, R. et al.: *Vegetace ČSSR – A2*. Geobotanická mapa ČSSR (1. České země). Praha, Academia, 1968, 131 s.
- [11] *Okyselování lesních půd a srovnání měření z let 1941-1942 a 2003-2004 v Jeseníkách* [online]. c2005 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.hedl.net/veda/Acidifikace.pdf>>.
- [12] *PocketPCFreeware: GrandaSoft XSDesigner 2.0* [online]. c2006 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.pocketpcfreewares.com/en/index.php?soft=944>>.
- [13] *PocketPCFreeware: GrandaSoft XSForms 2.01 LT* [online]. c2006 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.pocketpcfreeware.com/en/index.php?soft=919>>.
- [14] *Praktická cvičení z Agrobiologie* [online]. c2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://pdf.uhk.cz/kbi/TUMA.htm>>.

- [15] *Převodní klíč BPEJ na STG* [online]. c2002 - 2006 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <http://krajinari.com/4rocnik/predmety/po_upravy/projekt/priloha2.pdf>.
- [16] QUITT, E.: *Klimatické oblasti Československa*. Brno, Geografický ústav ČSAV, 1971, 73 s.
- [17] *RETC* [online]. c2008 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc>>.
- [18] SKLENÍČKA, P.: *Základy krajinného plánování*. Praha, Nakladatelství Naděžda Skleníčková, 2003, 321 s., ISBN 80-903206-1-9
- [19] *Software pro stanovení a kategorizaci infiltrační schopnosti půd na základě syntézy materiálů BPEJ* [online]. c2004 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projects/bpej_2/bpej_2.htm>.
- [20] *Typologické jednotky* [online]. c2007 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/ote/37/6_typologicke_jednotky_37.htm>.
- [21] VLČEK, V. et al.: *Zeměpisný lexicon ČSR. Vodní toky a nádrže*. Praha, Academia, 1984, 315 s.
- [22] VOŽENÍLEK, V.: *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého, 2002, 31 s., ISBN 80-244-0469-9
- [23] *Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků* [online]. c2003 - 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411?PC_8411_number1=275/1998%20Sb.&PC_8411_b=275/1998&PC_8411_ps=10#10821>.
- [24] *Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci* [online]. c2003 - 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411?PC_8411_number1=327/1998%20Sb.&PC_8411_b=327/1998&PC_8411_ps=10#10821>.
- [25] *XSDesigner 2.01 Windows Mobile Pocket PC* [online]. c2005 - 2008 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.mobiletopsoft.com/pocket-pc/download-xsdesigner-2-01.html>>.
- [26] *Zpráva 2005 o charakterizaci oblasti povodí Odry – Lesní poměry* [online]. c2005 [cit. 2009-04-10]. Dostupné z: <<http://www.pod.cz/planovani/cz/pripravne-prace-2004/kapitoly/kap15.html>>.

SUMMARY

This thesis presents the results of the final part of the master study program on Geoinformatics at the Faculty of Science, Palacky University in Olomouc.

The main purpose of the thesis was to monitor variability of the chosen soil characteristics in the neighbourhood of ecotons. It was defined eight transects in the basin of Trkmanka in the south Moravia. Nearby the town Ždánice there were three of them and nearby the village Kobylí there were five of them. In these transects field survey was processed repeatedly to find out data about pH and soil moisture. Then data were confronted with the data from phytocoenologic screening (i. e. available nitrogen and salt figure).

Data were visualized as tables, several kinds of graphs, maps and animations, because of time series form of measured values. There were created two kinds of animations – grids in 3D and animated graphs with points, which were qualitatively differentiated by colours according to measured values.

Data analysis was processed on the basis of created tables, graphs and statistical analysis (i. e. averages of selected values, calculated trends, t-tests, ANOVA tests, data quality testing etc.)

Each observed transect was described in its entirety with other characteristics in smaller scale. These characteristics were obtained from maps, conversion tables, supportive programmes for soil factors etc. The informatics and thematic analysis of the programmes BPEJ v3.6 2005 and RETC v6.0 is the part of the thesis.

The synthesis of all ascertained results of each observed characteristic was the last part of thesis. There were formulated several conclusions dealing with soil variability in ecotons.

Except of the text and graphical form the results of this thesis were presented by poster form too. All created tables, graphs, maps and animations were placed to attached DVD-ROM.