

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Růst týku (*Tectona grandis* L.) v závislosti na fyzikálních  
vlastnostech půd farmy H.F.C. v Nikaragui**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2015/2016**

**Jan Pangrác**

### **Čestné prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem práci: Růst týku (*Tectona grandis* L.) v závislosti na fyzikálních vlastnostech půd farmy H.F.C. v Nikaragui zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne:*

*Podpis studenta:*

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Davidu Juříčkovi za pomoc a podporu při sběru dat v terénu a tvorbě práce. Ing. Janu Pecháčkovi Ph.D. a Ing. Jakubu Houškovi Ph.D. za konzultantskou pomoc. Dále prof. Klementu Rejškovi za podporu při vycestování do Nikaragui a Ing. Peteru Hanincovi a Ing. Kateřině Novosadové za pomoc při praktické části terénních prací a poskytnutí údajů o růstu týku.

## **Abstrakt**

Jan Pangrác - Růst týku (*Tectona grandis* L.) v závislosti na fyzikálních vlastnostech půd farmy H.F.C. v Nikaragui

Bakalářská práce je zaměřena na vyhodnocení vlivu fyzikálních vlastností půdy ve vztahu k růstu týku (*Tectona grandis* L.) na fince La Reserva v Nikaragui. Autorem odebrané půdní vzorky byly podrobeny stanovení základních fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností, data statisticky analyzována a konfrontována s ekologickými nároky týku na půdu. Bylo zjištěno, že zdejší půdy svým charakterem neodpovídají nárokům týku na charakter půd. Statistické vyhodnocení získaných dat prokázalo vztah mezi retenčními vlastnostmi půdy a růstem týku, konkrétně se jedná o zvýšenou retenci vody na úkor obsahu vzduchu v půdě.

Klíčová slova

Půda, hydrofyzikální vlastnosti, objem kapilárních pórů, *Tectona grandis*, růst týku, Nikaragua.

## **Abstract**

Jan Pangrác – Growth of teak (*Tectona grandis* L.) in dependencies of soil physical attributes on H.F.C. farm in Nicaragua.

This bachelor thesis is objected on resulting of soil physical attributes in the relation with Growth of teak (*Tectona grandis* L.) on finca La Reserva in Nicaragua. Soil samples taken by author were subjected to assessment of soil physical attributes and confronted with teak soils ecological requirement. There was found that soil character is not suitable for teak soil requirements. Statistic evaluate of obtained data showed relevations between retention attributes and growth of teak, it is increase of water retention at the expense of air volume in the soil.

Key words

Soil, soil hydrophysical attributes, volume of capillary pores, *Tectona grandis*, growth of teak, Nicaragua

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Současný stav řešené problematiky .....	3
3.1 Lokalizace a základní údaje o území .....	3
3.1.1 Zařazení do biomu.....	4
3.1.2 Přírodní podmínky.....	5
3.2 Nároky dřeviny <i>Tectona grandis</i> na půdu.....	7
3.3 Fyzikální parametry ovlivňující produkci půd.....	8
3.3.1 Zrnitost půd .....	8
3.3.2 Objemová hmotnost redukována.....	9
3.3.3 Měrná hmotnost půd.....	9
3.3.4 Pórovitost půd.....	9
3.3.5 Retenční vodní kapacita .....	10
3.3.6 Maximální kapilární kapacita .....	11
3.3.7 Minimální vzdušná kapacita.....	12
4. Metodika .....	13
4.1 Charakteristika zájmového území .....	13
4.1.1 Založení produkčních ploch týku .....	13
4.1.2 Pedologická charakteristika finky La Reserva .....	14
4.2 Výběr výzkumných ploch .....	15
4.3 Terénní práce.....	16
4.3.1 Umístění a popis půdní sondy, odběr vzorků .....	17
4.3.2 Zrnitost půd .....	18
4.4 Laboratorní zpracování půdních vzorků .....	18
4.4.1 Objemová hmotnost redukována.....	19
4.4.2 Měrná hmotnost půd stanovená pyknometricky.....	19

4.4.3 Pórovitost půd.....	20
4.4.4 Retenční vodní kapacita .....	21
4.4.5 Maximální kapilární kapacita .....	22
4.4.6 Minimální vzdušná kapacita.....	22
4.6 Statistické zpracování dat.....	24
5. Výsledky .....	25
5.1 Výsledky terénního průzkumu zájmových ploch.....	25
5.2 Výsledky hodnocení půdních profilů .....	26
5.3 Výsledky fyzikálních parametrů půdy .....	27
5.3.1 Zrnitost půd .....	27
5.3.2 Objemová hmotnost redukována .....	28
5.3.3 Pórovitost půd.....	29
5.3.4 Retenční vodní kapacita .....	30
5.3.5 Maximální kapilární kapacita .....	31
5.3.6 Minimální vzdušná kapacita.....	32
5.4 Výsledky statistické analýzy .....	33
6. Diskuze .....	34
7. Závěr .....	35
8. Summary.....	36
9. Seznam literatury .....	37
9.1 Literární zdroje.....	37
9.2 Elektronické zdroje (URL).....	38

## 1. Úvod

Práce vznikla na základě vlastního pozorování a aplikace zjištěných informací o růstu týku na pozemcích finky (zemědělská usedlost, plantáž) La Reserva v Nikaragui. Na plantáži, kterou vlastní firma H.F.C. a.s. a Lesy ČR s.p., se nachází produkční plochy týku (*Tectona grandis* L.), které jsou v současnosti Mendelovou univerzitou využívány pro výzkumné účely.

Mezi porosty, i v rámci jednotlivých produkčních ploch zdejší plantáže existují velké rozdíly v růstu týku. Na některých plochách prosperuje velice dobře a na jiných dochází k velmi pomalému růstu až ke krnění. Toto se děje i v porostech stejné provenience a data výsadby.

Metodika terénních prací vycházela z odběrů vzorků půd do Kopeckého fyzikálních válečků na stanovištích s různými růstovými projevy týku. Výsledná data byla porovnána s optimálními hodnotami pro lesní půdy a podrobena statistické analýze.



## 2. Cíl práce

Tato práce si klade za cíl potvrdit či vyvrátit existenci vztahu mezi fyzikálními a hydrofyzikálními vlastnostmi půd, myšleno některými produkčními parametry a růstovými projevy týku (*Tectona grandis L.*) na pozemcích finky La Reserva v Nikaragui, ve Střední Americe. Výsledky této práce buď potvrdí, nebo vyvrátí korelaci mezi výše uvedenými ukazateli. Popudem pro vytvoření této práce byla odlišnost v růstových projevech týkových porostů a myšlenka, že by tento stav mohl být zapříčiněn nepříznivými hydrickými procesy v půdě. Veškeré výsledky jsou uvedeny v přehledných tabulkách a grafech.

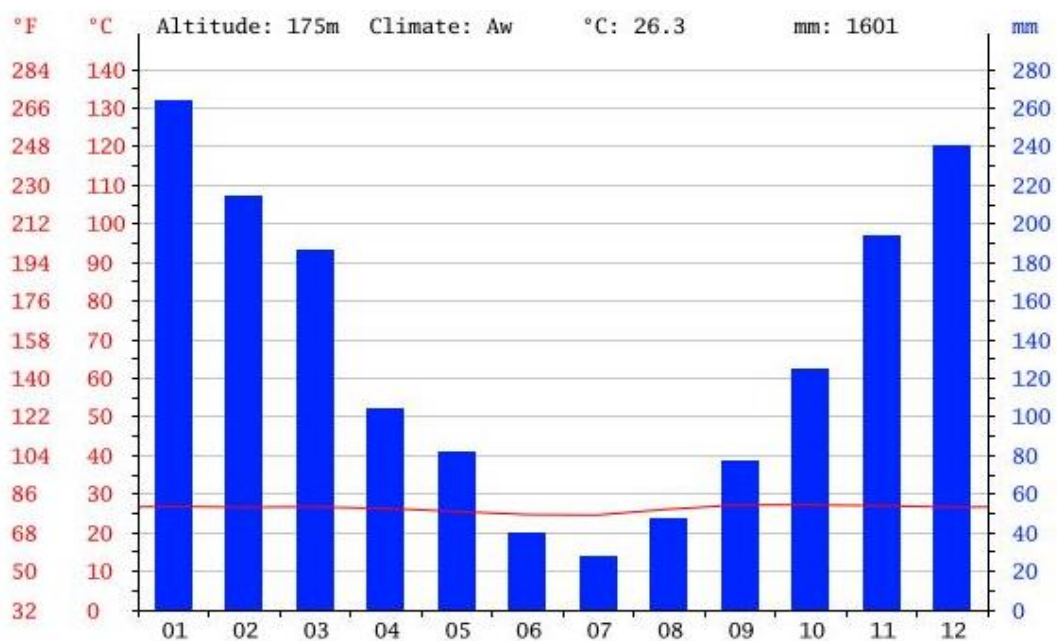
### **3. Současný stav řešené problematiky**

#### **3.1 Lokalizace a základní údaje o území**

Stát Nikaragua se nachází ve Střední Americe, kde na severu sousedí s Hondurasem a na jihu s Kostarikou. Ze západu jsou její břehy omývány Tichým oceánem, na východě Karibským mořem. Je druhým největším státem Střední Ameriky (Lye, 2000). Její poloha je vymezena souřadnicemi 15°06' a 10°45' severní šířky a 83°10' a 87°35' západní délky. Severní hranice procházejí pohořím Cordillera de Dipilto y Jalapa s nejvyšší horou Nikaragui Mogoton (2 107 m n. m.) a dále pak jsou tvořeny řekou Segovia. Jižní hranice s Kostarickou republikou jsou určovány pobřežím jezera Nicaragua a řekou San Juan. V Karibském moři se nacházejí významné ostrovy, které byly v minulosti pronajaty Spojeným státem Americkým. Jedná se o Isla de Maiz Grande a Isla de Maiz Pegueña (Dvořáková a Kunc, 1990). Rozloha Nikaragui je 132 000 km<sup>2</sup>, žije zde 4 583 000 obyvatel, úředním jazykem je španělština a převažujícím náboženstvím je křesťanství (Lye, 2000). Měnou je 1 cordoba = 100 centavů (Dvořáková a Kunc, 1990). 1 cordoba = 0,908 Kč ke dni 23. 12. 2015 (URL [1]).

### 3.1.1 Zařazení do biomu

Území Nikaragui lze zařadit do biomu tropického deštného lesa (Udvarda, 1975). Tropický deštný les je biom rozšířený v oblastech humidního až perhumidního klimatu v rovníkové zóně po obou stranách rovníku. Dělíme jej podle výskytu na Americký tropický deštný les (TDL), Africký TDL, Indo-Malajský TDL a Australský TDL. Americký TDL je rozvinut v Jižní a Střední Americe a na srážkově bohatých okrajích Kuby a Hispanoly. Vyznačuje se četnou dominancí stromů z čeledi *Fabaceae* a *Caesalpinaceae*, přítomností pionýrských dřevin rodu *Cecropia* sp. a rozvojem epifytické čeledi *Bromeliaceae*. Ve fauně obratlovců jsou zastoupeny jak placentální savci, tak i vačnatci (Jeník a Pavliš, 2011).



Obr. 1 Klimadiagram Managui (URL [2])

Nicméně podle přiloženého klimadiagramu z Managui (obr.1), lze Nikaraguu začlenit i do biomu sezonních tropických lesů a savan. Tyto biomy se vyznačují obdobím během roku, kdy i několik měsíců neprší. Sucho je výsledkem působení suchých a teplých pasátů (Prach, 2009). Konkrétně lze v Nikaragui pozorovat přechody dřevin charakteristických pro TDL, do druhů vyskytujících se v biomech sezonních tropických lesů a savan (vlastní pozorování, 2014).

### 3.1.2 Přírodní podmínky

#### Obecná geologická charakteristika Nikaragui

Severní část země představuje součást dávného středoamerického masivu, vytvořeného v období mladších prvohor a druhohor, který byl v pozdějším období dále dotvářen sopečnou činností. Produkty této činnosti dnes zaujímají 70 % území Nikaragui. Sopečného původu je i podstatně mladší západní pobřeží. Zde se nachází příkopová propadlina narušující rozsáhlý masiv, který se táhne celým americkým kontinentem podél pobřeží Tichého oceánu. Vznikla ve třetihorách a ještě v období mladších třetihor byla pravděpodobně pod hladinou Tichého oceánu (Dvořáková a Kunc, 1990).

#### Obecná pedologická charakteristika Nikaragui

Vzhledem ke geologické historii země jsou v západní části Nikaragui vyvinuty půdy vzniklé zvětráváním produktů sopečné činnosti (tuf, tufit, sopečné pumy, popel a pyroklastika). Tyto půdy se vyznačují unikátními fyzikálními a chemickými vlastnostmi, jako například nízkou měrnou hmotností, vysokou retenční schopností a vysokým zastoupením amorfních jílovitých částic (Juo a Franzluebbers, 2003).

V různé hloubce půdního profilu se může nacházet tvrdá, navětralá vrstva tufu, zvaná místním názvem talpetate (obr. 2). Půdy jsou pod vrstvou talpetate vysoce biologicky aktivní a mají vysoké thixotropické charakteristiky, tato vlastnost je způsobena nekystalickými amorfními jílovitými minerály skupiny allofánu (Vogel a Espinales, 1995). Nejčastěji se vyskytující půdní typy na území Nikaragui uvádí tabulka (tab. 1).



Obr. 2 Vrstva talpetate v půdním profilu (foto autor)

Tab. 1 Přehled půdních typů v Nikaragui (Vogel a Espinales, 1995)

Kód dle FAO – UNESCO	Název půdního typu
NI 5	Vitric Andosol
NI 6	Mollic Andosol
NI 7	Haplic Phaeozem
NI 8	Chromic Luvisol
NI 9	Eutric Vertisol
NI 10	Haplic Phaeozem
NI 11	Haplic Phaeozem

#### Klimatické poměry v Nikaragui

Klima v Nikaragui je tropické s nízkými ročními výkyvy v teplotách (Vogel a Espinales, 1995). Na místní klima působí vliv pasátů a teplého oceánského proudění. Mezi tichomořskou a atlantskou částí země jsou patrné rozdíly stejně tak jako v nadmořské výšce. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 15,5 ° C a 35,0 ° C. Mírnější klimatické podmínky jsou v horách, ve výšce nad 600 m n. m., kde je průměrná teplota kolem 20 ° C (Dvořáková a Kunc, 1990). Z tab. 2 lze odvodit roční průměr teplot 26,4 °C.

Tab. 2 Přehled průměrných teplot (Dvořáková a Kunc, 1990)

Přehled průměrných ročních teplot (v °C)			
Stanice	Leden	Duben	Roční průměr
Managua	26,5	30,0	28,0
San Carlos	24,0	26,6	25,5
Bluefields	25,4	28,0	26,4
San Juan del Norte	25,3	27,1	26,2
San Jorge	25,0	27,4	26,0

Pasát, přicházející z východu přináší vláhu, a tak ve východní části takřka každodenně prší. Nejvyšší množství srážek je zaznamenáno v oblasti San Juan (tab. 3) Roční úhrny zde dosahují až 6 500 mm. Na východní straně pohoří se roční úhrny pohybují kolem 5 000 mm, směrem k západu srážek ubývá (Dvořáková a Kunc, 1990).

Tab. 3 Přehled průměrných srážek (Dvořáková a Kunc, 1990)

Přehled průměrných srážek (v mm)			
Stanice	Březen	Srpen	Roční průměr
Managua	0,3	260,0	1144,0
San Carlos	17,0	288,0	1822,0
Bluefield	70,0	633,0	3818,0
San Juan del Norte	165,0	926,0	6588,0
San Jorge	1,0	328,0	1244,0

### 3.2 Nároky dřeviny *Tectona grandis* na půdu

Týk dobře prosperuje na širokém spektru půd na rozmanitém geologickém podloží (Seth a Khan, 1958). Přesto nejlépe roste na hlubokých, porézních, úrodných a dobře drénovaných aluviálních půdách s neutrálním nebo kyselým pH (Kadambi, 1972). Weaverův přehled z roku 1993 dokázal, že tato dřevina toleruje i půdy s extrémními fyzikálními vlastnostmi za předpokladu, že jsou odpovídajícím způsobem drénované. Plytké, podmáčené půdy nebo kompaktní a tvrdé neposuvné půdy způsobují špatný růst týku, stejně tak i nízká dostupnost vápníku, hořčíku a fosforu (Booth, 2000). *T. grandis* prospívá na porézním pískovci, ale krní na kvarcitu (metamorfovaná hornina, vzniklá metamorfózou pískovce). Podobně nevhodné jsou i žuly (hornina magmatická hlubinná), břidlice a další metamorfované horniny. Alexander (1981), Ryan (1982) došel při studiu půdy na plantážích v Kerale k závěru, že nejdůležitějšími parametry ovlivňující kvalitu dřeva jsou zrnitost půdy, pH a poměry acidobazické rovnováhy. V Nikaragui jsou zastoupeny nejčastěji allofanické půdy, s drobkovo-granulovanou strukturou, které udrží vlhkost i několik dní po dešti. Pokud je mateřská hornina bazická, jde o nejproduktivnější půdy tropů. Půdní pH se pohybuje v rozmezí od mírně kyselého až po neutrální. Zásoba fosforu je nízká, menších než 10 ppm (Juo a Franzluebbbers, 2003).

### **3.3 Fyzikální a hydrofyzikální parametry ovlivňující produkci půd**

#### **3.3.1 Zrnitost půd**

Zrnitostní půdní podíl je tvořen minerálními částicemi velmi rozmanitých velikostí. Minerální zrnka jsou různých tvarů, které jsou odvislé od způsobu a intenzity zvětrávání a jejich transportu (vodou, větrem). Minerální zrnka se shromažďují do skupin určitých průměrových velikostí. Dle kvantitativního zastoupení těchto frakcí získáme tzv. zrnitost, čili mechanické složení půd. Tato zrnitost se zjišťuje zrnitostním rozbořem (Pelíšek, 1957).

Zrnitostní rozbor je možno provádět Kopeckého plavící metodou, pipetovací metodou nebo hustoměrnou metodou (Šarapatka, 2014). Zrnitost půd je možné odhadnout i orientačně pomocí drolení a roztírání zeminy mezi prsty. Tento odhad slouží pro rychlou orientaci v terénu (Šály, 1977).

Podle obsahu jednotlivých frakcí se určuje půdní druh. Půdní druh je skupina konkrétních půd, které mají přibližně stejné zastoupení zrnitostních frakcí. V České republice je používán klasifikační systém dle Nováka, který vylišuje půdní druhy na základě procenta obsahu částic menších než 0,01 mm (Šarapatka, 2014).

Zrnitost půdy ovlivňuje poměr vody a vzduchu v půdě, poměr kapilárních a nekapilárních pórů, obsah i složení edafonu, velikost povrchové plochy a energie, adhezi a kohezi, chemické, fyzikálně chemické i biochemické procesy v půdách (Rejšek, 1999).

Důležitý je také vliv na sorpční schopnost. Půdy hlinité a jílovité, obsahující mnoho jílovitých částic s velkým specifickým povrchem mají větší sorpční schopnost než půdy písčité. Střední a těžší půdy tedy lépe zásobují rostliny živinami a vodou (Rejšek, 1999).

Na půdní zrnitosti je také závislý poměr vzduchu a vody v půdě, což se odráží na biologické aktivitě půdy. Půdy lehčí jsou velmi biologicky aktivní a převládá v nich rychlý a úplný rozklad organických látek, než v půdách těžších (Rejšek, 1999).

### **3.3.2 Objemová hmotnost redukována**

Vyjadřuje hmotnost objemové jednotky půdy v přirozeném stavu, po odstranění kapalné fáze půdy (stanovena z Kopeckého fyzikálního válečku). Vysušení vzorku se provádí při teplotě 105 °C, kdy je z půdy vytěsněna nekystalická voda. (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

Hodnoty objemové hmotnosti v sobě odrážejí poměr pevných částic a pórovitosti. Půdy s vysokým podílem pórů k pevné fázi půdy mají nižší objemovou hmotnost ve srovnání s půdami majícími pórů méně. Půdy s vyšším podílem jemnější zrnitostní složky se vyznačují nižší objemovou hmotností, než půdy písčité (Šarapatka, 2014).

### **3.3.3 Měrná hmotnost půd**

Tato veličina není z lesnického hlediska determinační, nicméně s její pomocí stanovujeme důležitou veličinu – půdní pórovitost. Obecně platí, že měrná hmotnost je jednou ze základních fyzikálních charakteristik každého materiálu – tedy i půdy. Vzhledem k tomu, že je pevná fáze lesních půd složena z látek organických i minerálních, bude její hodnota záviset především na podílu organických látek v matrici daného horizontu a na chemickém složení horninotvorných minerálů půdotvorného substrátu daného lesního stanoviště (Rejšek, 1999).

Měrnou hmotnost stanovujeme pomocí pyknometru a pro minerální horizonty kolísá mezi 2,5–3,0 g/cm<sup>3</sup>. V případě povrchových humusových A horizontů většinou nepřesahuje 2,0 g/cm<sup>3</sup>, v případě nadložních horizontů nepřesahuje 1,5 g/cm<sup>3</sup>. (Rejšek, 1999).

### **3.3.4 Pórovitost půd**

Póry si lze představit jako prostory mezi tuhými částicemi půdy. Objem všech meziprostorů, vyjádřený v procentech celkového objemu přirozené uložené půdy se nazývá pórovitost (Šály, 1978).

Hodnota pórovitosti závisí na vzájemném uložení částic, tedy na struktuře a tvaru. Čím jsou částice nepravidlejší, tím je pórovitost vyšší. Půdy, složené z hrubých částic, mají větší póry, ale nižší pórovitost, u půd, složených z jemných částic, je průměr pórů nižší, ale mají vyšší pórovitost (Šály, 1977).



Podle velikosti lze póry rozdělit:

1. Kapilární – mající průměr menší než 0,2 mm. Tyto póry drží pevně vodu, způsobují kapilární vedení vody v půdě a ve vlhké půdě jsou úplně nasyceny vodou (Pelíšek, 1957).
2. Nekapilární – s průměrem vyšším než 0,2 mm. Jsou viditelné i pouhým okem a velmi rychle vedou prosakující gravitační vodu do nižších půdních vrstev a jsou podmínkou výměny vzduchu v půdě (Pelíšek, 1957). Tyto póry neudrží vodu a ta se vsakuje vlivem gravitace. Proto je lze označit i jako drénující póry. Vodou bývají vyplněny jen výjimečně, zejména při deštích, tání sněhu a v bezprostřední blízkosti hladiny spodní vody (Šály, 1978).

Velikost pórů a jejich rozdělení v půdním profilu přímo ovlivňuje ekologické vlastnosti a vodní a vzdušný režim půd (Šály, 1977). Rozdělení dle velikosti pórů a tím i přístupnosti pro mikroedafon a kořenové vlášení je uvedeno v tab. 4.

Tab. 4 Rozdělení přístupnosti pórů (Šály, 1977)

Průměr pórů	Přístupnost pro mikroedafon a vlášení
< 0,001 mm	Neobyvatelné ani pro bakterie
0,001–0,01 mm	Obyvatelné pro bakterie, nepřístupné vlášení
0,01–0,02 mm	Přístupné vlášení, nepřístupné prvokům a řasám
> 0,02 mm	Přístupné mikroorganismům

### 3.3.5 Retenční vodní kapacita

Retenční vodní kapacita ( $\Theta_{RVK}$ ) se řadí mezi tzv. základní hydrolimity (Šarapatka, 2014). Půdní hydrolimity jsou definovány jako hraniční hodnoty vlhkosti, jimiž jsou vzájemně odděleny jednotlivé kategorie vody v půdním prostředí. Hranice nejsou nijak ostré, ale překrývají se v určitém vlhkostním intervalu (Jandák, 2007). Pomocí hydrolimitů vyjadřujeme pohyblivost a přístupnost vody pro rostliny a jsou zároveň ve vztahu k jednotkám vlhkostního potenciálu (Šarapatka, 2014).

Veličinu  $\Theta_{RVK}$  lze charakterizovat, jako množství vody, které je půda schopná zadržet v kapilárních pórech a postupně ji pro potřeby rostlin uvolňovat (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

### Stanovení obsahu kapilárních pórů

Celkové množství kapilárních pórů lze vyjádřit veličinou  $\Theta_{RVK}$ . Optimální zastoupení kapilárních a nekapilárních pórů je cca. 2–3:1 z celkové pórovitosti. Nadbytek kapilárních pórů znesnadňuje vsakování vody, vede k provlhčení půdy do malé hloubky a vzrůstu povrchového odtoku, čímž se zvyšuje riziko eroze. Nedostatek kapilárních pórů předznamenává malou zásobu vody pro rostliny, nízkou vododržnost a nasákavost (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

### Stanovení obsahu nekapilárních pórů

Nekapilární pórovitost je charakteristická póry s velmi malou vododržností, ve kterých se voda pohybuje s působením gravitace. Lze ji vyjádřit rozdílem hodnot pórovitosti a objemu kapilárních pórů. Při dominanci nekapilárních pórů je v půdě nízká zásoba vody díky rychlému průtoku vody do hloubek, kde již nedosáhnou kořeny rostlin. Z nekapilárních pórů je voda z fyzikálního válečku odsána během 30 minut odsávání z plného nasycení (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

### **3.3.6 Maximální kapilární kapacita**

Maximální kapilární kapacita ( $\Theta_{MKK}$ ) představuje procenticky vyjádřené množství vody, které je neporušený půdní vzorek (odebraný do Kopeckého fyzikálního válečku) schopen pojmout procesem vzlínání a množstvím vody, které si udržel během odsávání. Hodnota  $\Theta_{MKK}$  je hodnotou korelující s fyziologickými procesy rostlin a umožňuje kvantifikovat schopnost půdy jímat vodu (Rejšek, 1999).

Z hlediska lesního hospodářství tato hodnota představuje nejvyšší vlhkost, kterou ještě lesní půda může disponovat bez toho, aby došlo v půdním profilu k převlhčení. (Rejšek, 1999).

V lesních půdách hodnota  $\Theta_{MKK}$  kolísá mezi 15–40 %. Obecně platí, že u zrnitostně těžších půd, půd se slitou půdní strukturou, u slehlých půd s vazkou konzistencí a u půd s vysokým obsahem humusu je  $\Theta_{MKK}$  nepoměrně vyšší než u půd písčitých, půd s prašnou konzistencí a u půd s vysokým podílem nekapilárních pórů (Rejšek, 1999). Příměs humusu zvyšuje kapilární kapacitu (Šály, 1977).

Maximální kapilární kapacita udává v objemových procentech maximální jímavost (vododržnost) půdy pro vodu. Extrémní hodnoty jsou jednou z charakteristik lesních půd nejnižší úrodnosti (Rejšek, 1999). Vyhodnocení provádíme dle tab. 7.

### **3.3.7 Minimální vzdušná kapacita**

Minimální vzdušná kapacita ( $A_{MKK}$ ) informuje o množství vzduchu v půdě v okamžiku, kdy jsou všechny kapilární póry zaplněny vodou. Lze tedy konstatovat, že  $A_{MKK}$  udává jaká je teoretická provzdušněnost v okamžiku, kdy je půda nasycena vodou až po mez  $\Theta_{MKK}$  (Rejšek, 1999).

U lesních a lučních porostů lze považovat půdy za extrémně neprovzdušněné při hodnotě nižší než 5 %, kdy jsou půdy náchylné k zamokření a nedostatku vzduchu v půdě. Naopak vysoké hodnoty  $A_{MKK}$  způsobují vyšší záhřevnost provzdušněné vrstvy, čímž se zvyšuje výpar a v půdě dochází k vodnímu deficitu. Za spodní mezní hodnotu lze považovat  $A_{MKK}$  8 %, za průměrnou hodnotu 10 % (u ornice), za horní mezní hodnotu považujeme 20 % a za rizikovou 25 % (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

## 4. Metodika

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Areál finky La Reserva se nachází v západní části Nikaragui, v blízkosti měst Diriamba a Jinotepe, kterými probíhá Pan-Americká dálnice (Pan-American Highway). Finka je od této komunikace vzdálena, z vesnice Dolores, asi 12,5 km jihozápadním směrem a od Tichého oceánu cca 16 km severovýchodním směrem. GPS souřadnice finky jsou N 11.765733, W 86.269374 (obr. 3).



Obr. 3 Lokalizace finky La Reserva (DIVA-GIS, 2016; URL [4])

Plantáž má rozlohu 250 ha, avšak celá její plocha není zalesněná. Kromě ploch plantážových porostů týku a sekundárních lesních porostů jsou zde i pozemky využívané k zemědělství.

#### 4.1.1 Založení produkčních ploch týku

Zdejší týkové porosty byly založeny mezi lety 2006 a 2010. Byl použit sadební materiál z pěti různých proveniencí – Hojancha, Cetropic, Catie, Don Victor a lokální. Výsadba probíhala ve sponu 1 x 1 m a 2 x 2 m. Plantáž je rozdělena na pět částí (příloha 1), které jsou označeny čísly. Každá tato část je dále rozdělena na několik dílčích podčástí, které jsou pojmenovány místními názvy. Ty se dále dělí na dílce, které jsou označeny velkými písmeny, skládajících se z jednotlivých porostů (lotte) označených velkým písmenem a příslušnou arabskou číslicí. Podrobnější údaje o jednotlivých porostech z roku 2012 uvádí příloha 2.

#### 4.1.2 Pedologická charakteristika finky La Reserva



Obr. 4 Pyroklastický materiál v půdním profilu na stanovišti Teak 4 (foto autor)

Vzhledem ke geologické minulosti (nálezy magmatických výlevných hornin – ryolitu, tufu, čediče) se lokality pod týkovými porosty a pod porosty sekundárního lesa nacházejí půdy sopečného původu. Lze je rozpoznat díky množství pyroklastického materiálu v půdním profilu (obr. 4). V některých případech lze v profilu nalézt i vrstvy velmi tvrdého talpetate (tufu) v různém stupni zvětrávání. Genetická hloubka půd je různá. V místech, kde se produkční plochy nacházejí na bývalých zemědělských plochách, jsou profily hluboké přes 120 cm. Naproti tomu se na plochách bývalého sekundárního porostu se nacházejí půdy mělké (70–80 cm). Barva svrchních vrstev půdy je převážně hnědá, až hnědo-černá. Obsah skeletu je velmi proměnlivý a souvisí s hloubkou půdního profilu. Zdejší půdy jsou z hlediska textury převážně hlinité až jílovito-hlinité.

## 4.2 Výběr výzkumných ploch

Výběr stanovišť (obr. 5, tab. 5) pro terénní šetření se opíral především o informace o úspěšnosti růstu týku na jednotlivých plochách fínky z minulých let a o vlastní pozorování porostů. Důležitým kritériem při srovnání jednotlivých částí porostů bylo shodné datum založení, shodná provenience a odtok vody ze stanoviště. Z toho plyne, že se porovnávaly porosty se shodným datem založení, v rámci jedné konkrétní provenience a shodného charakteru odtoku povrchové vody. Porovnávány byly dva typy odtoku, plošný a soustředěný. Pro každý druh odtoku byly vyhloubeny dvě dvojice půdních sond. Sondy byly umístěny vždy tak, aby se jedna sonda nacházela v místě, kde týk zřetelně prosperuje a druhá v místě kde se mu nedaří (příloha 3–6). Vzhledem k těmto jevům byly vylišený pro statistické zpracování dat dvě bonity. Bonita „a“, která označuje stanoviště s prospívajícím týkem a bonita „b“, která označuje stanoviště, kde týk neprosperuje. Byl kladen důraz na umístění sond do jedné linie za sebou.



Obr. 5 Lokace odběrových míst (ESRI, 2014; URL [4])

Pro každou sondu byla vytyčena měřicí plocha 10 x 10 m, na které probíhalo veškeré pozorování a měření (sklon terénu, expozice, množství a rozmístění opadu, hloubka maximálního prokořenění, zdravotní stav porostu, výskyt podrostu, pokryvnost podrostu, zápoj korun). Poloha každé této plochy byla zaznamenána pomocí systému GPS.

Tab. 5 Lokality odběru vzorků

<b>Naše označení</b>	<b>Lokalita</b>	<b>Porost</b>
Teak 1	El Coral	3 B L4
Teak 2	El Coral	3 B L4
Teak 3	Mango	4 C L5
Teak 4	Mango	4 C L4
Teak 5	El Madroño	2 D L22
Teak 6	El Madroño	2 D L22
Teak 7	La Reina	5 A L6
Teak 8	La Reina	5 A L2

### 4.3 Terénní práce

Pomůcky pro práci v terénu

Kruppáč, lopata, terénní deník, tužka, pedologický metr, hřebík, fyzikální válečky (100 cm<sup>3</sup>) s víčky, nábojnice, nůž, mačeta, kladivo, tabulka charakteristik půdních horizontů, sklonoměr, fotoaparát, osobní počítač, software Microsoft Office®, GPS přijmač – Garmin, uzavíratelné sáčky.

Všechny terénní práce probíhaly na pozemcích finiky La Reserva v Nikaragui. Objem těchto prací se sestával z terénních šetření stanovištních podmínek (sklon terénu (°), expozice, pokryvnost (%), rozmístění opadu a výška opadového horizontu (cm), hloubka maximálního prokořenění (cm), zdravotní stav porostu, synuzie podrostu, zápoj korun (%)). Dále z podkladů pro terénní šetření vlastností půdních horizontů (příloha 7) (rozmezí horizontu, barva, textura, skeletnatost, barevný přechod mezi horizonty, vlhkost, konzistence, struktura, prokořenění) a odběru vzorků v půdních sondách na vybraných lokalitách. Všechna získaná data byla přepisována do osobního počítače pomocí software Microsoft Office®. Objem prací v Nikaragui se sestával z výběru lokality, popisu lokality, zhotovení půdních sond a odběru vzorků.

#### ***4.3.1 Umístění a popis půdní sondy, odběr vzorků***

Sonda o rozměrech 1,0 x 1,5 x 1,2 m (š x d x h). byla umístěna v části, která objektivně vystihovala charakter vytyčené plochy 10 x 10 m. Po jejím zhotovení byl půdní profil spolu s okolím sondy ve světových stranách sever, jih, východ, západ vyfotografován jako dokumentace charakteru stanoviště. Následně probíhalo rozčlenění půdního profilu do jednotlivých horizontů, určení půdní stratigrafie a vylišení obecných charakteristik dle přílohy 7 (rozmezí horizontu, jeho barva, textura, množství skeletu, barevný přechod do následujícího horizontu, pocitová vlhkost, konzistence, struktura a prokořenění).

Odběr půdních vzorků probíhal pomocí Kopeckého fyzikálních válečků (tj. odběr neporušených vzorků). Z čela sondy byly odebírány celkem dva vzorky, první v hloubce 10 cm od povrchu a druhý v hloubce 50 cm od povrchu. Takto bylo učiněno pro získání informace z nejvíce a nejméně prokořeněné části půdního profilu. Samotný odběr probíhal standardně, kdy se horizont (čelo sondy) zarovnal v požadované hloubce, fyzikální váleček se zasunul do nábojnice a pomocí kladiva se zapravil do sloupce půdy pod odběrnou soustavou. Vždy po několikerém poklepání na nábojnici se víko sejmulo a zkontrolovalo se případné (nežádoucí) zhutnění vzorku. Pro správnou vypovídací hodnotu je nutné, aby se zachovaly póry v neporušeném stavu. Poté se nožem ořezala půda kolem odběrné soustavy, a ta se opatrně podebrala a vyjmula. Následovalo zarovnání vyjmuté půdy s okrajem válečku pomocí nože, uzavření spodní části víčkem a celá procedura se zopakovala i na vrchní straně. Pro každou sondu bylo zaznamenáno číslo válečku, aby se předešlo zaměnění vzorků. Odebrané vzorky byly skladovány v chladícím zařízení při teplotě 4 °C.



### 4.3.2 Zrnitost půd

Pro určení zrnitosti půdy bylo využito makroskopického posouzení, kdy se vzorek z daného horizontu rozetřel mezi prsty a posuzovala se přítomnost pískových a jílovitých částic. Pomocí charakteristického projevu se poté určil jeden z půdních druhů (dle přílohy 7). Následující zařazení se pak provádí dle tab. 6.

Tab. 6 Určení půdního druhu dle obsahu částic < 0,01 mm dle Nováka (Šarapatka, 2014)

Půdní druh	Obsah částic < 0,01 mm (%)
Písčité	0–10
Hlinito-písčité	10–20
Písčito-hlinité	20–30
Hlinité	30–45
Jílovito-hlinité	45–60
Jílovité	60–75
Jíl	> 75

### 4.4 Laboratorní zpracování půdních vzorků

Pomůcky pro práci v laboratoři

Vysoušečka, Gay-Lussacův pyknometr se zátkou, digitální váhy, síto s oky 2 mm, stříčka s destilovanou vodou, drátek, malá nálevka, vaříč, stopky, filtrační papíry, dřevěné podložky, plechová vanička.

V rámci terénního šetření do předem zváženého a popsáno fyzikálního válečku s víčky odebereme půdní vzorek daného horizontu. Po přípravě nasávacího zařízení, sestávajícího se z plechové vaničky, dřevěného prkna, filtračního papíru a vody, necháme válečky 24 hodin nasávat vodu. Po ukončení nasávání umístíme vzorek na čistý a suchý filtrační papír a ponecháme odsávat. Po 30 minutách odsávání vzorek zvážíme pro zjištění polní vodní kapacity, další vážení se zopakuje po 2 hodinách, pro získání hodnot k výpočtu maximální kapilární kapacity. Po 24 hodinovém odsávání zvážíme vzorek pro výpočet retenční vodní kapacity. Před dalším zpracováním se váleček se vzorkem očistí a s víčky zváží. Dále se ve vysoušecím zařízení vysuší do konstantní hmotnosti a po vychladnutí se zváží jeho hmotnost pro výpočet objemové hmotnosti redukované.

## 4.5 Problematika stanovení fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností půdy

### 4.5.1 Objemová hmotnost redukováná

$$\rho_d = \frac{c - a}{V} [g/cm^3]$$

kde

c – hmotnost válečku se vzorkem vysušeným do konstantní hmotnosti

a – hmotnost válečku s víčky

V – objem vzorku

Průměrné hodnoty v půdách se pohybují zpravidla mezi 1,2–1,5 g/cm<sup>3</sup>, u spodních a více utužených horizontů mezi 1,5–1,9 g/cm<sup>3</sup>. Objemová hmotnost redukováná je přímo úměrná půdní pórovitosti. Proto jsou půdy písčité význačně vyšší hodnotu, než půdy jílovité (písky 1,7 g/cm<sup>3</sup>, hlíny 1,6 g/cm<sup>3</sup>, jíly 1,5 g/cm<sup>3</sup>). Hodnota objemové hmotnosti redukováné je závislá na obsahu organické hmoty, která její hodnotu snižuje (u svrchních horizontů se pohybuje mezi 0,9–1,2 g/cm<sup>3</sup>, u povrchového humusu mezi 0,2–0,4 g/cm<sup>3</sup>) (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]).

### 4.5.2 Měrná hmotnost půd stanovená pyknometricky

Připravíme vzorek jemnozeme I, zvážený a vysušený do konstantní hmotnosti a pyknometr. Daný pyknometr naplníme až po okraj destilovanou vodou, osušíme a zvážíme. Prázdný a suchý pyknometr naplníme zhruba do jedné čtvrtiny jeho výšky a zvážíme. Poté do poloviny naplníme destilovanou vodou a zahříváme až do varu. Pyknometr se odstaví a po vychladnutí se doplní do plna převařenou destilovanou vodou. Po doplnění zvážíme hmotnost vzorku s pyknometrem.

Hodnotu měrné hmotnosti stanovuje dle následujícího vzorce:

$$\rho_s = \frac{m_1}{(m_1 + m_2) - m_3}$$

kde:

$m_1$  – představuje hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti

$m_2$  – představuje hmotnost pyknometru s destilovanou vodou

$m_3$  – představuje hmotnost pyknometru s rozvařeným vzorkem a destilovanou vodou

#### **4.5.3 Pórovitost půd**

Lze ji určit pomocí pyknometru nebo vypočítat ze vzorce, v tomto případě byla vypočítána ze vzorce:

$$P = \frac{S - S_1}{S} * 100 [\%]$$

kde:

$S$  – je měrnou hmotností, která se pohybuje mezi 2–2,9 mg/mm<sup>3</sup>

$S_1$  – je objemovou hmotností, t.j. hmotnost objemové jednotky zeminy s póry, ta bývá 0,4–1,9 mg/mm<sup>3</sup>.

Stanovení kapilární pórovitosti

$$P_K = \Theta_{RVK\ 24} [\%]$$

kde:

$P_K$  – značí objem kapilárních pórů

$\Theta_{RVK\ 24}$  – značí  $\Theta_{RVK}$  po 24 hodinách odsávání fyzikálního válečku, plně nasyceného vodou

Stanovení nekapilární pórovitosti

$$P_N = P - \Theta_{30} \text{ [%]}$$

kde:

$P_N$  – značí objem nekapilárních pórů

$P$  – značí pórovitost

$\Theta_{30}$  – značí objem vody ve fyzikálním válečku po 30 minutách odsávání válečku plně nasátého vodou

#### 4.5.4 Retenční vodní kapacita

Retenční vodní kapacitu stanovíme rozdílem váhy vzorku vysušeného do konstantní hodnoty a vzorku po 24 hodinovém odsávání. Následující vzorec popisuje tento mechanismus:

$$\Theta_{RVK} = m_{24} - m_0 \text{ [%]}$$

kde:

$m_{24}$  – vyjadřuje hmotnost vzorku po 24 hodinovém odsávání

$m_0$  – vyjadřuje hmotnost vzorku, vysušeného do konstantní hmotnosti

Vyhodnocení probíhá dle tab. 7

Tab. 7 Optimální hodnoty  $\Theta_{RVK}$  a  $\Theta_{MKK}$  ve vztahu k půdnímu druhu (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3])

Půdní druh	Optimální $\Theta_{RVK}$ (%)	Optimální $\Theta_{MKK}$ (%)
Písečná	15	10–17
Hlinito-písečná	21	17–25
Písečno-hlinitá	31	25–30
Hlinitá	35	30–35
Jílovito-hlinitá	40	35–40
Jílovitá	44	40–45

#### 4.5.5 Maximální kapilární kapacita

$$\theta_{MKK} = \frac{m_{MKK} - m_d}{V} * 100 [\%]$$

kde:

$m_{MKK}$  – hmotnost uměle vodou nasyceného vzorku po 2 hodinovém odsávání

$m_d$  – hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti

$V$  – objem vzorku v daném fyzikálním válečku

Vyhodnocení probíhá dle tab. 7 a 8

Tab.8 Hodnocení půdní vododržnosti (Rejšek, 1999)

$\Theta_{MKK}$ (%)	Půdní horizont
méně než 5	velmi slabě vododržný
5–10	slabě vododržný
10–30	vododržný
30–50	silně vododržný
vice než 50	velmi silně vododržný

#### 4.5.6 Minimální vzdušná kapacita

$$A_{MKK} = P - \Theta (\%)$$

kde

$P$  – pórovitost daného horizontu

$\Theta_{MKK}$  – maximální kapilární vodní kapacita

Hodnocení provzdušněnosti uvádí tab. 9.

Tab. 9 Charakteristiky min. vzdušné kapacity (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3])

Hodnota $A_{MKK}$ (%)	Charakteristika $A_{MKK}$
8	Dolní mezní hodnota
10	Průměrná hodnoty pro lesní půdy
20	Půdy náchylné k vysychání, mohou být přechodně až trvale výsušné
25	Horní mezní hodnota

Tab. 10 Hodnocení provzdušněnosti půdních horizontů (Rejšek, 1999)

$A_{MKK}$ (%)		
Méně než 5	Velmi nízká	Neprovzdušněný
5–10	Nízká	Slabě provzdušněný
10–20	Střední	Středně provzdušněný
20–40	Vysoká	Silně provzdušněný
Více než 40	Velmi vysoká	Velmi silně provzdušněný

Pro hodnocení  $A_{MKK}$  platí pravidla:

1. Čím je půda zrnitostně těžší, tím je  $A_{MKK}$  nižší a to často pod hranici 5 %.
2. V půdách písčitých a v půdách s hrubě drobtovitou strukturou naopak minimální vzdušná kapacita často přesahuje 45 %.
3.  $A_{MKK}$  klesá se zvyšující se hloubkou půdního profilu. V zrnitostně těžkých substrátových horizontech kolísá mezi 5–20 %, v zrnitostně lehkých substrátových horizontech kolísá mezi 15–35 %.
4. V souboru nadložního humusu  $A_{MKK}$  dosahuje až 60 %, v povrchových humusových horizontech kolísá mezi 25–40 %.

## 4.6 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat proběhlo v programu Statistika 10.0, za použití PCA analýzy a faktorové analýzy. Pro tvorbu grafů byl použit software Microsoft Excel.

PCA analýza (analýza hlavních komponent) slouží k pochopení vztahů mezi proměnnými. Lze díky ní lépe pochopit vztahy mezi jedinci, díky vizualizaci dat ve 2D grafickém znázornění. Používá se, pokud je snaha o co nejmenší ztrátu informace (Hudecová, 2012; URL [6]).

Faktorová analýza vysvětluje variabilitu v proměnných, pomocí menšího počtu latentních faktorů. Rozšiřuje interpretační schopnosti PCA analýzy, přičemž je třeba na začátku analýzy specifikovat počet faktorů (Hudecová, 2012; URL [6]).

## 5. Výsledky

### 5.1 Výsledky terénního průzkumu zájmových ploch

Následující tabulka popisuje základní začlenění výzkumných ploch do systému (dle kapitoly 4. Metodiky).

Tab. 11 *Začlenění výzkumných ploch*

Označení plochy	Lokalita	Porost	GPS	Nadm. výška (m n. m.)	Bonita <sup>1</sup>	Odtok vody <sup>2</sup>
Teak 1	El Coral	3 B L4	N 11.76327, W 86.26981	230,62	b	c
Teak 2	El Coral	3 B L4	N 11.76326, W 86.26941	224,07	a	c
Teak 3	Mango	4 C L5	N 11.76581, W 86.26714	249,85	b	d
Teak 4	Mango	4 C L4	N 11.76594, W 86.26762	243,58	a	d
Teak 5	El Madroño	2 D L22	N 11.77552, W 86.26344	245,62	b	d
Teak 6	El Madroño	2 D L22	N 11.77579, W 86.26305	278,14	a	d
Teak 7	La Reina	5 A L6	N 11.76281, W 86.26522	192,83	b	c
Teak 8	La Reina	5 A L2	N 11.76319, W 86.26438	213,72	a	c



Obr. 6 Plocha Teak 5, jižní pohled. Zde už může docházet k vzájemné kompetici týku s podrostem. (foto: autor)

Celkem bylo prozkoumáno osm ploch (přílohy 10–17) na čtyřech lokalitách. Zkoumané porosty byly založeny v letech 2006, 2007 a 2010. Nadmořská výška porostů se pohybuje mezi 192,83 a 278 m n. m., nejnižší položená plocha byla na lokalitě La Reina a nejhůš položená na lokalitě El Madroño.

Plochy, kde týk prospívá a neprospívá, jsou zde stejnoměrně zastoupeny, tak tomu je i při hodnocení odtoku vody. Dle přílohy 8–9, lze

jednotlivé plochy charakterizovat jako mírně sklonité, s převažující západní a severní expozicí. Pokryvnost opadu se pohybovala v rozmezí 30–100 %. V polovině případů docházelo k jeho splavování vlivem povrchového odtoku. Tam, kde splavován nebyl, se akumuloval v mocné vrstvě. Nahromaděné vrstvy dosahovaly mocnosti až 10 cm.

<sup>1</sup>bonita a - týk evidentně prospívá, bonita b – týk evidentně neprospívá

<sup>2</sup>odtok c – soustředěný, odtok d – plošný



V případě lokalit Teak 2, Teak 5 a Teak 7 nebyl vylišen žádný opadový horizont. Na zbývajících plochách jeho mocnost kolísala mezi 3–7 cm.

Na zkoumaných plochách týk nejvíce prokořenil do hloubky 50 cm. Mortalita v porostech byla prakticky zanedbatelná, i když na polovině ploch týk neprosplával, stále rostl a nedocházelo k masivnější mortalitě. Pokryvnost bylinného a keřového patra přesahovala 75 % (obr. 5)<sup>3</sup>. Zápoj korun týku ve většině porostů dosahoval cca 70 %, pouze ve dvou případech byly koruny zřetelně prořídle a to v porostech 1 D L 22, na ploše Teak 5 a 5 Rein A L6 na ploše Teak 7.

## 5.2 Výsledky hodnocení půdních profilů

Následující tabulka uvádí příklad popisu půdních horizontů na jednotlivých stanovištích. Zbýlé tabulky jsou zařazeny jako příloha 18–25.

Tab. 12 Charakter půdních profilů plochy Teak 1

rozezí horizontu (cm)	Stanoviště Teak 1		
	3 až 25	25 až 55	55+
<b>barva</b>	hnědo-černá	žluto-hnědá	šedo-hnědá
<b>textura</b>	hlinitá	jílovitá	jílovitá
<b>skelet</b>	-	drobný štěrku/slabě	kameny/středně
<b>bar. přechod</b>	mírný/šterbinovitý	difuzní/rovnoměrný	-
<b>vlhkost</b>	mírná	suchá	suchá
<b>konzistence</b>	kyprá	ulehlá	ulehlá
<b>struktura</b>	drobivá/kulovitá	pevná/kostkovitá	pevná/kostkovitá
<b>prokořenění</b>	silné	střední	střední



Obr. 7 Půdní profil na ploše Teak 3. Ve spodní části si lze povšimnout kompaktní vrstvy štěrku (foto autor)

Celkem bylo vyliшено a popsáno 24 půdních horizontů v 8 sondách (přílohy 26–32). Nejvíce jich bylo vyliшено na ploše Teak 8 (4 horizonty v půdní sondě), nejméně na ploše Teak 7 (2 horizonty v půdní sondě). V případě ploch Teak 2 a Teak 7 nebyl vylišen dokonce žádný humusový horizont. V naprosté většině převažovaly půdy hnědé barvy s nádechy černé, žluté, červené nebo šedé. V polovině případů nebyl skelet

<sup>3</sup>fotky, dokumentující stav na jednotlivých plochách, jsou řazeny jako příloha 10–16

v půdním profilu výrazně zastoupený. Ve zbývajících byl obsažen ve formách hrubého písku, šterku a kamenů. Na ploše Teak 4 byla nalezena vrstva sopečného tufu o mocnosti 15 cm (příloha 28) pod ní byl zjištěn další půdní horizont. Výrazné zvodnění bylo identifikováno pouze na ploše Teak 2, kde voda gravitovala po svahu, směrem od stanoviště Teak 1. Ve větších hloubkách půdního profilu stanoviště Teak 1 byly nalezeny horizonty výrazně suché. Na zbývajících plochách byla půda převážně mírně vlhká. Lze říci, že od hloubky 50 cm se snižuje míra prokořenění, což je pravděpodobně dané ulehlostí konzistencí půdy. Naproti tomu mají zkoumané půdy drobnou strukturu. V případě plochy Teak 3, byla v hloubce 70 cm vylišena kompaktní vrstva hrubého šterku, velmi pevné struktury (obr. 7).

### 5.3 Výsledky fyzikálních parametrů půdy

#### 5.3.1 Zrnitost půd

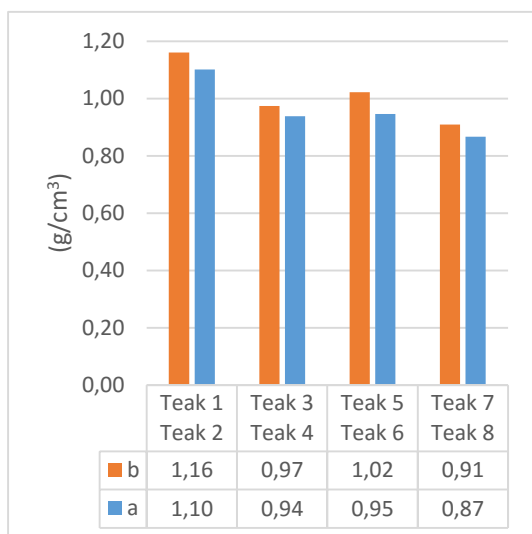
Tab. 13 *Textura a orientační objem jílu v jednotlivých horizontech*

Stanoviště	Hloubka horizontu (cm)	Textura	Obsah jílu (%)
Teak 1	10	hlinitá	30 - 45
	50	jílovito-hlinitá	45 - 60
Teak 2	10	jílovito-hlinitá	45 - 60
	50	jílovitá	60 - 75
Teak 3	10	hlinitá	30 - 45
	50	písčito-hlinitá	20 - 30
Teak 4	10	písčito-hlinitá	20 - 30
	50	jílovito-hlinitá	45 - 60
Teak 5	10	jílovitá	60 - 75
	50	hlinitá	30 - 45
Teak 6	10	hlinitá	30 - 45
	50	jílovito-hlinitá	45 - 60
Teak 7	10	písčito-hlinitá	20 - 30
	50	hlinitá	30 - 45
Teak 8	10	hlinitá	30 - 45
	50	hlinitá	30 - 45

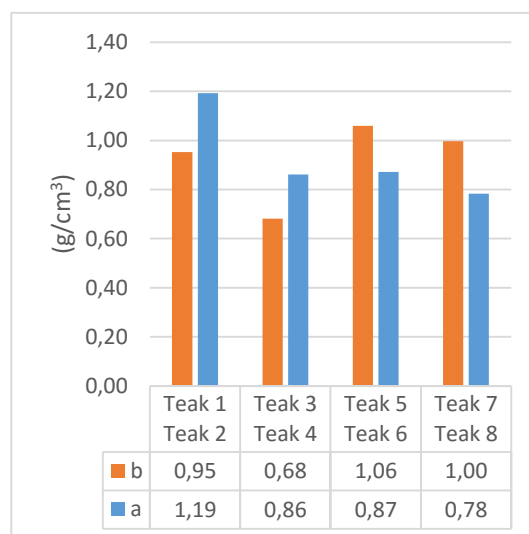
Dle tab. 13 převládaly v hloubkách 10 a 50 cm zkoumaných stanovišť půdní druhy hlinité a jílovito-hlinité. Ve čtyřech případech byly zjištěny druhy písčito-hlinité a pouze ve dvou čistě jílovité. Lze říci, že s narůstající hloubkou se zvyšuje podíl jílovité frakce. V případě horizontu 50 cm na stanovišti Teak 3, je přítomnost písčito-jílovité textury

vysvětlitelná tím, že se v horizontu vyskytuje skelet ve formě drobného šterku. Orientační obsah jílu se na zájmových stanovištích pohybuje mezi 20 a 75 %.

### 5.3.2 Objemová hmotnost redukováná<sup>4</sup>



Obr. 8 Objemová hmotnost redukováná v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách

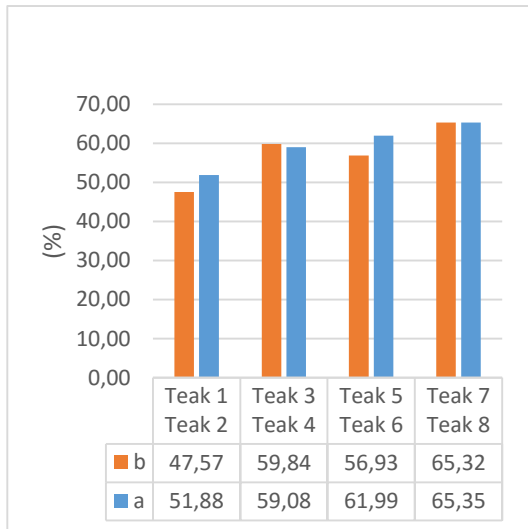


Obr. 9 Objemová hmotnost redukováná v hloubce 50 cm na jednotlivých plochách

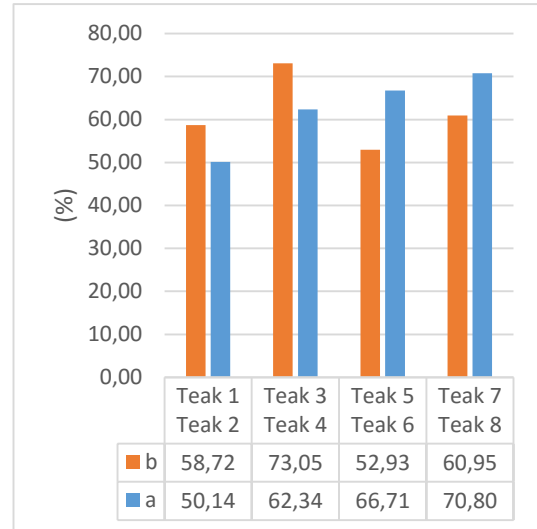
Z obr. 1 lze určit, že na stanovištích „b“ bonity dosahuje objemová hmotnost redukováná prakticky shodných hodnot, jako na stanovištích bonity „a“. U svrchních horizontů se hodnoty objemové hmotnosti redukováné pohybují mezi 0,9–1,2 g/cm<sup>3</sup>. Průměrné hodnoty v minerálních horizontech půd pak kolísají mezi 1,5–1,9 g/cm<sup>3</sup>. Stanoviště, vykázaná v obr. 1 tedy spadají do daného rozsahu hodnot pro svrchní horizonty. Hodnoty v obr. 2 nedosahují spodní hranice rozsahu pro minerální horizonty. Tam, kde jsou hodnoty objemové hmotnosti redukováné nižší, je větší množství humusu.

<sup>4</sup> Oranžová – lichá stanoviště; modrá – sudá stanoviště

### 5.3.3 Pórovitost půd



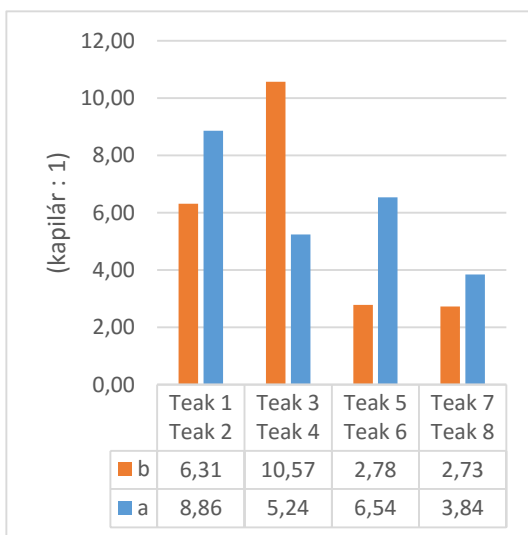
Obr. 10 Pórovitost v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách



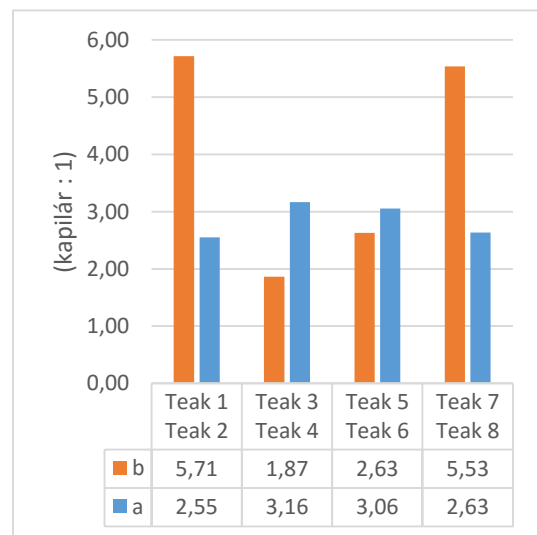
Obr. 11 Pórovitost v hloubce 50 cm na jednotlivých plochách

V hloubce 10 cm (obr. 10) dosahuje pórovitost na všech stanovištích (dle tab. 8) vysokých hodnot. Pouze v případě Teak 1 středních. Dále je pórovitost v rámci obou bonit srovnatelná. V případě horizontu 50 cm (obr. 11) dosahují hodnoty větších rozdílů. Pórovitost kolísá mezi středními a velmi vysokými hodnotami.

#### Poměr objemu kapilárních a nekapilárních pórů



Obr. 12 Poměr kapilárních pórů v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách

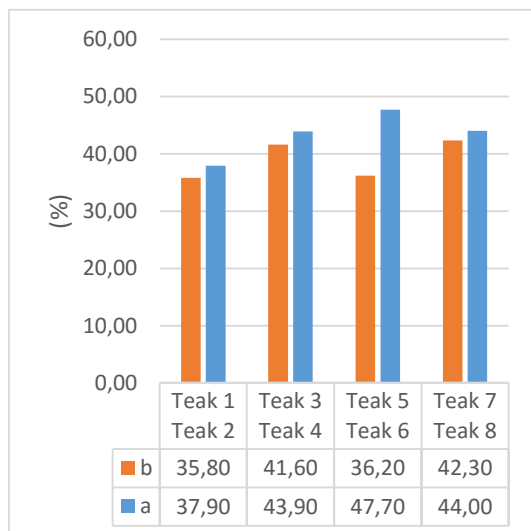


Obr. 13 Poměr kapilárních pórů v hloubce 50 cm na jednotlivých plochách

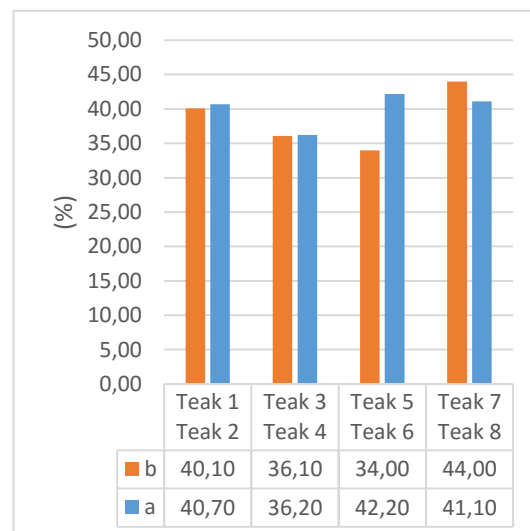
Dle Vavříčka a Kučery (2015), je optimální poměr kapilárních a nekapilárních pórů 2–3:1. V obr. 12 a 13 jsou hodnoty charakterizující nekapilární póry reprezentovány jako 1. Vždy je tedy vztažena hodnota kapilární pórovitosti k hodnotě nekapilární pórovitosti coby 1. Z obr. 12 je zřejmé, že do zmíněného rozsahu spadají pouze stanoviště Teak 5

a Teak 7. Naproti tomu hodnoty stanovišť bonity „a“ v obr. 13, lze do tohoto rozpětí začlenit. Kolísají v rozpětí 2,55–3,16; což poukazuje na optimální poměr kapilárních a nekapilárních pórů. Grafy objemu kapilárních a nekapilárních pórů jsou řazeny jako přílohy (34–37).

### 5.3.4 Retenční vodní kapacita



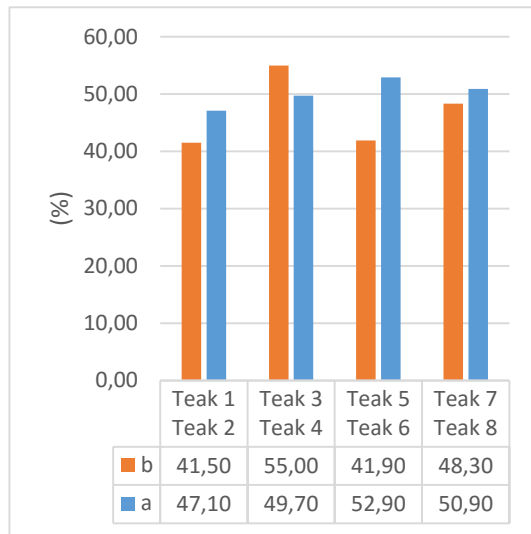
Obr. 13 Retenční vodní kapacita v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách



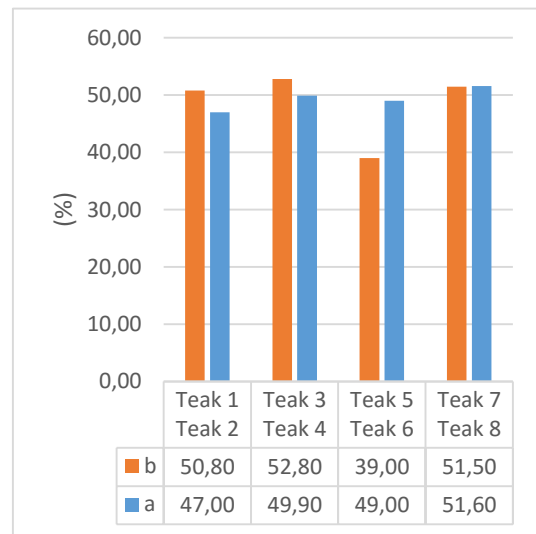
Obr. 14 Retenční vodní kapacita v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách

Hodnota retenční vodní kapacity ( $\Theta_{RVK}$ ) představuje objem kapilárních pórů, tedy pórů, které jsou schopny dlouhodobě vázat vodu pro potřeby rostlin (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]). Po porovnání s tab. 7 jsou hodnoty  $\Theta_{RVK}$  mimo optimum, kromě stanovišť Teak 1 a Teak 5 v horizontu 50 cm. Platí však vztah, že čím vyšší hodnota, tím déle se v kapilárách voda zdrží. V obr. 13 dosahují stanoviště bonity „a“ vyšších hodnot než stanoviště bonity „b“. Voda tedy bude v hloubce 10 cm déle zadržována v případě bonity „a“. Tento stav bude do určité míry vhodnější pro kořenové vlášení. Hodnoty, uvedené v obr. 14 poukazují na stav, shodný s obr. 13. Pouze v případě stanoviště Teak 7 je dosaženo vyšší hodnoty na stanovišti bonity „b“. Na stanovištích bonity „a“ budou horizonty v 50 cm schopnější déle zadržet vodu, tak jako v případě obr. 13.

### 5.3.5 Maximální kapilární kapacita



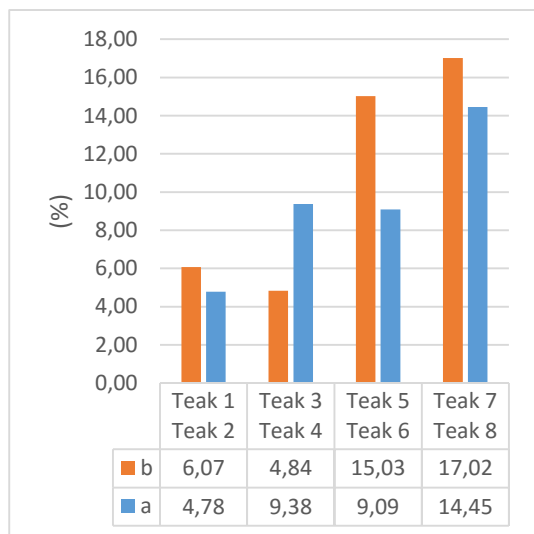
Obr. 15 Maximální kapilární kapacita v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách



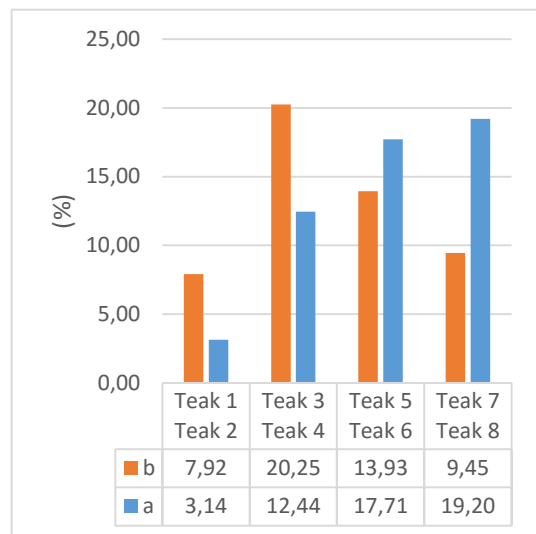
Obr. 16 Maximální kapilární kapacita v hloubce 50 cm na jednotlivých plochách

Dle tab. 10 lze hodnoty z obr. 15 označit jako silně až velmi silně vododržné (Rejšek, 1999). Znárodněné hodnoty lze pokládat z hodnoceného hlediska za extrémní a charakterizují půdy s nejnižší potenciální úrodností. Velice podobně vycházejí i hodnoty v horizontu 50 cm, znázorněné v obr. 16. Lze tedy konstatovat, že mezi hodnotami v 10 cm a 50 cm hloubky půdního profilu nejsou zásadní rozdíly. Při porovnání s tab. 8 zjistíme, že se v uvedených rozsazích pro jednotlivé půdní typy pohybuje pouze horizont 10 cm na stanovišti Teak 5. Zbývající stanoviště se vyznačují vyššími hodnotami, než jsou optimální rozsahy maximální kapilární kapacity ( $\Theta_{MKK}$ ). Rejšek (1999) uvádí, že hodnota  $\Theta_{MKK}$  lesních půd kolísá mezi 15–40 %. Ani do tohoto rozsahu žádné ze stanovišť nespádá.

### 5.3.6 Minimální vzdušná kapacita



Obr. 17 Minimální vzdušná kapacita v hloubce 10 cm na jednotlivých plochách



Obr. 18 Minimální vzdušná kapacita v hloubce 50 cm na jednotlivých plochách

Obr. 17: Půdní horizonty stanovišť Teak 1, Teak 2, Teak3, Teak 4 a Teak 6 lze (dle tab. 9 a 10) přiřadit k dolní mezní hodnotě, tedy k horizontům velmi slabě provzdušněným. Zbytek stanovišť již vykazuje známky průměrných hodnot pro lesní porosty. Tzn. půdních horizontů středně provzdušněných. Hodnoty znázorněné v obr. 18 vykazují půdní horizonty jako středně provzdušněné, tzn. průměrné pro lesní půdy (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]). Odchylna nastává pouze v případě stanoviště Teak 1 a Teak 2, které se pohybují pod dolní mezní hodnotou a jsou tedy velmi slabě provzdušněné (Vavříček a Kučera, 2015; URL [3]). U stanoviště Teak 3 jsou horizonty v dané hloubce velmi silně provzdušněné a náchylné k vysychání, což je dané výskytem horních mezních hodnot minimální vzdušné kapacity.

## 5.4 Výsledky statistické analýzy

Tab. 14 *Výsledná statistika (Statsoft,2010; URL [7])*

	<b>Faktor 1</b>	<b>Faktor 2</b>	<b>Faktor 3</b>
<b>Objemová hmotnost redukovaná (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>0,881092</b>	-0,34763	0,091065
<b>RVK (%)</b>	-0,55801	<b>-0,72383</b>	0,261875
<b>Měrná hmotnost (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>-0,80776</b>	0,092894	0,293361
<b>Pórovitost (%)</b>	<b>-0,94828</b>	0,27784	0,03334
<b>Polní vodní kapacita (%)</b>	<b>-0,84336</b>	-0,24142	-0,22779
<b>Objem kapilárních pórů (%)</b>	-0,55801	<b>-0,72383</b>	0,261875
<b>Objem nekapilárních pórů (%)</b>	-0,33669	<b>0,75902</b>	0,35984
<b>Maximální kapilární kapacita (%)</b>	<b>-0,78065</b>	-0,39114	0,032602
<b>Minimální vzdušná kapacita (%)</b>	-0,61024	0,685257	0,017243
<b>Hloubka horizontu (cm)</b>	-0,11479	0,56552	0,413976
<b>Průměrný obsah jílu (%)</b>	0,547032	0,049859	0,635944
<b>Bonita</b>	-0,19231	-0,31784	0,652222
<b>Odtok</b>	<b>0,716266</b>	-0,03031	0,377907

Z tab. 14 je zřejmé, že povrchový odtok je určujícím faktorem pro fyzikální vlastnosti. Ovlivňuje maximální kapilární kapacitu, polní vodní kapacitu, pórovitost, měrnou hmotnost, objemovou hmotnost redukovanou, objem kapilárních a nekapilárních pórů, i retenční vodní kapacitu. Z přílohy 38 lze vyvodit, že faktor odtoku na stanovištích koreluje s průměrným obsahem jílu a faktor bonity stanovišť koreluje s objemem kapilárních pórů.



## 6. Diskuze

Růstové projevy týku se v některých případech liší v rámci dvou, nebo i uvnitř jednoho porostu. Tento jev může být výsledkem souboru rozdílných půdních charakteristik jednotlivých stanovišť. Kadambi (1972) uvádí, že týk nejlépe roste na hlubokých, porézních, úrodných a dobře drénovaných, aluviálních půdách, s neutrálním až mírně kyselým pH. Dle Bootha (2000) roste i na týku primárně nevyhovujících půdách (tzn. s vyšším obsahem jílovitých částic) za předpokladu, že jsou odpovídajícím způsobem drénované a voda zde nestagneje. Špatný růst týku způsobují mělké, podmáčené, nebo kompaktní ulehlé půdy. Fyzikální vlastnosti půdy finky La Reserva (příloha 33) specifikaci vhodných půd neodpovídají, jsou zcela nevyhovující. Půdy zájmových lokalit jsou ulehlé, s nízkým stupněm provzdušněnosti. Vzhledem k vysokému obsahu jílu jsou velmi náchylné k podmáčení. Během průzkumu byly nalezeny profily s velmi malou genetickou hloubkou, což také odporuje nárokům týku pro optimální růst. Aluviální půdy, které jsou pro růst týku vhodné, se na plochách plantáží nevyskytují.

Vavříček a Kučera (2015) uvádějí, že optimální zastoupení kapilárních a nekapilárních pórů je poměru 2–3:1. Nadbytek kapilárních pórů znesnadňuje vsakování vody, vede k provlhčení půdy do malé hloubky a vzrůstu povrchového odtoku, čímž se zvyšuje riziko povrchové eroze. Pokud s tímto tvrzením konfrontujeme dosažené výsledky poměru kapilárních a nekapilárních pórů, zjistíme, že nastává situace, kdy kapilární póry několikanásobně převyšují póry nekapilární. Důsledkem je nedostatek kyslíku v půdním profilu a zvýšené riziko eroze. Vavříček a Kučera (2015) uvádějí, že za intenzivního vertikálního či horizontálního průsaku půd může docházet k ztrátám jílovitých částic. Pokud se vodou naplní veškeré kapilární póry a půda je i nadále vodou sycena, nemůže se dále v půdním profilu udržet a musí odtékat (Šály, 1977). Když nasycení vodou přesáhne určitou mez pro půdní druhy, dochází prostřednictvím odtokového faktoru k odvedení vody a tím i odnosu jílovitých částic.

Zvýšené riziko eroze a její vliv na další fyzikální vlastnosti půdy, tedy sekundárně i na růst týku, má podle výsledků PCA statistické analýzy faktor odtoku. Posuzován byl odtok soustředěný a plošný, přičemž mezi oběma druhy odtoku byl rozdíl ve fyzikálních parametrech půdy. Vodní eroze se bude více projevovat na lokalitách se soustředěným odtokem, kde je unášecí síla vody koncentrovanější.

## 7. Závěr

V porovnání s nároky týku na půdu (hluboké, porézní, dobře drénované, aluviální půdy s neutrálním až mírně kyselým pH) je charakter půd plantáží finky La Reserva pro optimální růst týku nevyhovující. Část zkoumaných půd se vyznačuje malou fyziologickou i genetickou hloubkou s výskytem kompaktních vrstev sopečného tufu (talpetate) v půdním profilu. Dále je zde výrazně nevhodná skladba kapilárních a nekapilárních pórů a nízký stupeň půdní propustnosti daný nízkým obsahem skeletu a minimálním množstvím nekapilárních pórů.

Půdy na fince La Reserva jsou převážně jílovito-hlinitého až jílovitého půdního druhu. Obsah jílovitých částic v těchto půdách kolísá mezi 45–70 %. Vysoký obsah jílu souvisí se zadržením a uvolňováním vody pro potřeby rostlin dle  $\Theta_{RVK}$  a půdní jímavosti dle  $\Theta_{MKK}$ . Vzhledem ke zvýšenému obsahu jílu mají zdejší půdy vysoký a dlouhodobý potenciál vododržnosti, což opět není pro optimální růst týku ideální (riziko přílišného podmáčení půdy). Tato skutečnost souvisí i s hodnotou provzdušněnosti ( $A_{MKK}$ ), která půdy na většině zdejších stanovišť charakterizuje jako velmi slabě provzdušněné. V ideálním případě je počet kapilárních pórů v půdě v mírně vyšších hodnotách. Zdejší půdy vykazují až několikanásobně větší objem kapilárních pórů vůči nekapilárním. Tento stav potvrzuje zjištění, že zdejší půdy jsou velmi náchylné k podmáčení a nedostatku kyslíku v půdním profilu.

Výsledky statistického šetření poukazují, že bonita týku souvisí s objemem kapilárních pórů a faktorem odtoku (podle PCA statistické analýzy). V prvním případě jde o již zmíněnou náchylnost k zamokření a v druhém o negativní vliv vodní eroze.

Stav, kdy týk na zájmových plochách neprospívá, je dán souborem nepříznivých podmínek prostředí, fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností půd, mezi něž patří forma a intenzita odtoku vody ze stanoviště (tj. faktor vodní eroze), malá fyziologická hloubka půdy i její náchylnost k podmáčení.

Půdy zájmových lokalit vznikaly zvětráváním produktů sopečné činnosti. Proto existuje předpoklad vyššího obohacení půd o kovy, které mohou působit zhoršování růstových vlastností týku. Tento fakt, je podmětem k dalšímu výzkumu chemizmu půd zdejších lokalit. Pokud má být hospodaření na půdách finky La Reserva efektivní a výdělečné, je nezbytně nutné přistoupit k dalšímu důkladnému výzkumu a aplikace souboru protierozních a melioračních opatření ke změně současného nepříznivého stavu.

## 8. Summary

Teak needs deep, porous, well drained, aluvial soils with neutral to slightly acid pH. There are shallow compact soils with present of tuff and talpetate layers on La Reserva farm. There are bad drained (too small volume of skelets and non capilar pores) non porous (wery bad ratio of capilar and non capilar pores) soils.

Finca La Reserva soils have claim-loam to claim character. Volume of claim element is between 45 to 70 %. Due to the rise of claim elements in soils, there is a long-term retencion effect. This effect is not optimal for growth of teak. Results of statistical analyses demonstrate, that growth of teak is linked with volume of capilar pores and outlet factor.

There is a poor growth of teak in relevation with bad local condition and hydrophycical sets. Form and intesion of water outlet (water erosion factor), unfavourable fyziologic shallow and poor drained soils are main problems in depend of teak growth.

Soils are developer by vulcanic erosion products on LaReserva farm. There is a premise of heavy metal contain in the soils. It means worst growth condition of teak. This fact is the impulse to researches in near future. If we would like to improve present conditions, we will need next research and anti erosion and betterment precautions too.

## 9. Seznam literatury

### 9.1 Literární zdroje

ALEXANDER, T. G., BAGOPALAN, M., THOMAS, T. P., 1981. Properties of soils under teak. KFRI Research Report 7, 13 s.

BOOTH, H. E., 1978. Integrated utilization of tropical forest proceedings. 8th. World forestry congress Jakarta. 257-270

DVOŘÁKOVÁ, V., KUNC J., 1990. Nikaragujská republika. 1.vyd. Praha, Svoboda, 237 s. ISBN 80-205-0074-X.

JANDÁK, J., POKORNÝ E., PRAX A., 2007. Půdoznalství. 2., přeprac. vyd. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 141 s. ISBN 978-80-7375-061-9.

JENÍK, J., PAVLIŠ, J., 2011. Terestrické biomy lesy a bezlesí Země. Brno, Mendelu 238 s. ISBN 978-80-7375-481-5

JUO, A., FRANZLUEBBERS, K. 2003. Tropical Soils Properties and Management for Sustainable Agriculture. Oxford, Oxford university press, 281 s. ISBN 0-19-511598-8

KADAMBI, K., 1972. Silviculture and managment of teak. Bulletin No. 24. Nacogdoches, Texas, USA, School of Forestry, Stephen State University, 137 s.

LYE, K., 2002. Svět do kapsy. Praha, OTTOVO nakladatelství s.r.o., 352 s. ISBN 80-7181662-0

PELÍŠEK, J., 1957. Lesnické půdoznalství. 1. vyd. Praha, SZN, 486 s.

PRACH, K., ŠTĚCH, M., ŘÍHA, P., 2009. Ekologie a rozšíření biomů na Zemi. Praha, Scientia, 151 s. ISBN 978-80-86960-46-3

REJŠEK, K., 1999. Lesnická pedologie: cvičení. 1. vydání. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 154 s. ISBN 80-715-7352-3.

RYAN, P. A., 1982. The management of Burmese teak forests. Commonwealth Forestry Review, 61(2):115-120

SETH, S. K., WAHEED, M.A., 1958. Regeneration of teak forest. Indian forester, 455-466

ŠÁLY, R., 1977. Lesnícke pôdoznanstvo. Zvolen, Vysoká škola lesnícka a drevárska. 380 s.

ŠÁLY, R., 1978. Pôda základ lesnej produkcie. 1. vyd. Bratislava, Príroda, 235 s.

ŠARAPATKA, B. 2014. Pedologie a ochrana půdy. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 232 s. ISBN 978-80-244-3736-1

UDVARDY, M., D., F., 1975. A Classification of the Biogeographical Provinces of the World. IUCN occasional Paper No. 18. Morges, Switzerland, IUCN, 48 s.

VOGEL, A. W., ESPINALES, E. A., 1995. Nikaragua: Reference Soils of the Pacific Volcanic Cordillera. Soil Brief Nikaragua 1-3. Universidad Nacional Agraria, Managua and International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, 27 s. ISSN:1381- 6950

## 9.2 Elektronické zdroje (URL)

[1] EXOTICKÉ MĚNY: Americké. [online] citováno 23. 12. 2015. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.kurzy.cz/kurzy-men/exoticke-meny/americke/>>

[2] KLIMA: Managua. [online] citováno 4. 4. 2015. Dostupné z World Wide Web: <<http://images.climate-data.org/location/1021791/climate-graph.png>>

[3] VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A., 2015. Lesnická pedologie pro posluchače LDF. Mendelu v Brně [online]. 2015 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z World Wide Web: <[https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady\\_lesnicke\\_pedologie.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf)>

[4] DIVA-GIS. [online] citováno 4. 4. 2016. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.diva-gis.org/gdata>>

[5] ESRI, ArcGis 10.2 [software] 9. 9. 2014. Dostupné z World wide Web: <<http://support.esri.com/en/downloads/patches-servicepacks/view/productid/160/metaid/2118#install>>. Požadavky na systém: procesor Intel Pentium 4, Intel Core Duo, Xeon Processors; SSE2 minimum, operační systém Microsoft Windows XP nebo starší, volné místo na disku 2,4 GB, operační paměť 2 GB.

[6] HUDECOVÁ, Š., 2012. Mnohorozměrná statistika. [online] citováno 26. 4. 2016. Dostupné z World Wide Web: <[http://www.karlin.mff.cuni.cz/~hudecova/education/download/chem\\_vyb/mnoh\\_stat.pdf](http://www.karlin.mff.cuni.cz/~hudecova/education/download/chem_vyb/mnoh_stat.pdf)>

[7] STATSOFT Inc., Statistica 10.0 [software] 1. 11. 2010. Dostupné z World wide Web: <<http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features/Version-10>>. Požadavky na systém: procesor 500 MHz, operační systém Microsoft Windows 2000 nebo starší, volné místo na disku 220 MB, operační paměť 256 MB

[8] ÚGP LDF MENDELU, 2016. Terénní hodnocení půdních vlastností FAO. [online] citováno 22. 3. 2016. Dostupné z World Wide Web: <[http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/uploads/2015/02/Material-FAO\\_Terenni-setreni-pudnich-vlastnosti.pdf](http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/uploads/2015/02/Material-FAO_Terenni-setreni-pudnich-vlastnosti.pdf)>