



Agronomická
fakulta

Mendelova
univerzita
v Brně



**Problematika nadměrného zhutnění
lučních a pastevních půd**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Stanislav Hejduk, Ph.D.

Vypracoval:
Ondřej Pavlíček

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Ondřej Pavlíček**
Studijní program: Agrobiologie
Obor: Fytotechnika
Konzultant: Ing. Michal Kvasnovský
Název tématu: **Problematika nadměrného zhutnění lučních a pastevních půd**
Rozsah práce: 30 stran textu plus grafické přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Shromáždění a studium literárních podkladů týkajících se zhutnění půd, zejména pod travními porosty
2. Vypracování literární rešerše s využitím nových poznatků o nebezpečí nadměrného zhutnění půd
3. Posouzení rizik zhutnění půdy z hlediska produkce píce i vodního režimu krajiny v České republice
4. Na základě získaných poznatků formulujte závěry a doporučení pro praxi, které vedou k prevenci nadměrného zhutnění a které umožní regeneraci fyzikálních vlastností již poškozených půd.
5. Sepsání závěrečné práce

Seznam odborné literatury:

1. Abberton, M.T., Marshall, A.H., Humphreys, M.W., Macduff, J.H., Collins, R.P., Marley, C.L., 2008: Genetic improvement of forage species to reduce the environmental impact of temperate livestock grazing systems. *Advances in Agronomy*, 98, 311-355
2. Hansen, S., 1995: Effect of manure treatment and soil compaction on plant production of a dairy farm system converting to organic farming practice. *Agriculture, ecosystems and environment*, 56 (3): 173 – 186
3. Opitz von Boberfeld, Schlimbach, G., Schröder, D., 2007: Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale. *Pflanzenbauwissenschaften*, 11:20-27
4. Papadopoulos, A., Mooney, S.J., Bird, N.R.A., 2006: Quantification of the effect of contrasting crops in development of soil structure: An organic conversion. *Soil Use and Management*. 22:172-179
5. Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsath, A., 2008: Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 124, 275-284
6. Schjønning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T. (eds.), 2004, *Managing Soil Quality. Challenges in Modern Agriculture*. CABI Publishing, 344 p
7. Soane, B.D., Ouerwerk, C. (eds.) 1994: *Soil Compaction in Crop Production. Development in Agricultural Engineering*, Elsevier, Amsterdam, p. 479-499


Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015


Ondřej Pavlíček
Autor práce




doc. Ing. Stanislav Hejduk, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Problematika nadměrného zhutnění lučních a pastevních půd vypracoval/a 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, 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

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Stanislavu Hejdukovi, Ph.D. za poskytnutou pomoc, cenné rady, připomínky a v neposlední řadě trpělivost. Poděkování patří i mé rodině za poskytnutou podporu při studiu.

ABSTRAKT

Problematika nadměrného zhutnění lučních a pastevních půd

V současné době je zhutnění půd velmi intenzivně řešenou problematikou hlavně na orné půdě. U travních porostů je věnováno málo pozornosti změnám fyzikálních vlastností půdy, které vedou k poklesu potenciální produkční schopnosti půdy. K utužení půdy dochází při nevhodných vlhkostních podmínkách, vlivem těžké mechanizace a pobytu hospodářských zvířat na pastvinách. Tyto nepříznivé vlivy vedou k rozpadu půdní struktury, zvýšení objemové hmotnosti, snížení infiltrace vody, snížení retenční schopnosti půdy a zvýšení povrchového odtoku. Zvýšený povrchový odtok způsobuje erozi půdy a povodně.

K zabránění zhutnění travních porostů je nutné udržovat optimální pH pomocí vápnění, zařazení odolných hluboce kořenících rostlin s rovnoměrným pokryvem půdy, podpoření půdního edafonu pomocí zvýšení organických látek.

Klíčová slova

zhutnění půdy, travní porost, fyzikálních vlastností, infiltrace vody

ABSTRACT

The issue of excessive compaction grass and pasture soils

Soil compaction has currently become a very intensively discussed issue, mainly on arable land. In the case of grassland, little attention is paid to changes in the physical properties of the soil, which lead to a decrease in the potential production capability of the soil. The soil compaction occurring under unfavorable humidity conditions, caused by the influence of heavy machinery and staying livestock on grazing land. These adverse effects lead to the breakdown of soil structure, increase the bulk density, reduced water infiltration, reducing soil retention capacity and increase surface runoff. The increased surface runoff causes soil erosion and floods.

To prevent compaction of grassland, it is necessary to maintain an optimal pH by liming, inclusion of resistant, deep-rooting plants with even soil cover, support of soil edaphone by increasing organic matter.

Keywords

soil compaction, grassland, physical properties, water infiltration

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce	10
3. Literární přehled	11
3.1 Půda	11
3.1.1 Základní fyzikální vlastnosti půdy	11
3.1.1.1 Struktura půd	12
3.1.1.2 Pórovitost.....	15
3.1.1.3 Objemová hmotnost půdy.....	16
3.1.1.4 Minimální vzdušná kapacita.....	18
3.1.1.5 Infiltrační schopnost (vsak)	19
3.1.1.6 Hydraulická vodivost (propustnost)	19
3.2 Trvalé travní porosty	20
3.2.1 Rozdělení trvalých travních porostů.....	20
3.2.2 Význam.....	22
3.2.2.1 Produkční funkce travních porostů.....	22
3.2.2.2 Mimoprodukční funkce travních porostů	22
3.2.3 Způsob obhospodařování a pratotechnika	22
3.3 Nadměrné zhutnění pod TTP.....	23
3.3.1 Příčiny.....	24
3.3.2 Negativní vliv na produkci píce	25
3.3.3 Negativní vliv povrchového odtoku	26
3.4 Možnost úprav	27
3.4.1 Edafon.....	27
3.4.2 Podrývání.....	28
4. Závěr	30
5. Seznam obrázků:.....	31
6. seznam tabulek:.....	31
7. Seznam použité literatury:	32

1. ÚVOD

Travní porosty mají v celosvětovém zemědělství nenahraditelné místo. Jejich neza-
stupitelná role spočívá v ochraně půdy, zlepšování půdní struktury a dodávání organické
hmoty do půdy, čímž zvyšují úrodnost. Travní porosty vznikly jako zdroj píce pro hos-
podářská zvířata.

Využívání nejen travních porostů má vliv na půdu, na které jsou pěstované. Vli-
vem nevhodných pracovních postupů může docházet ke zhoršování vlastností půdy,
které vede i k zhutnění půdy.

Zhutnění neboli utužení půdy (kompakce či pedokompakce) způsobuje degradaci
fyzikálních vlastností půdy. Ve většině případů dochází k jejímu stlačení a tvorbě krust
na povrchu.

Při zhutnění půdy dochází hlavně ke zvýšení objemové hmotnosti půdy a snížení její
pórovitosti. Dále se snižuje vzdušná a vodní kapacita půdy, která vede ke zhoršení infil-
trace vody do půdy a tím se zvyšuje povrchový odtok vody a může docházet k vodní
erozi. Při nadměrném zhutnění klesá i biologická činnost půdního edafonu, která vede
ke snížení mineralizace organické hmoty v půdě, odbourávání škodlivých látek např.:
reziduí pesticidů a inhibičních látek, které jsou obsaženy v půdě. Nakonec dochází i ke
změně chemických vlastností půdy. Při zhoršení fyzikálních, fyzikálně-chemických,
chemických a biologických vlastností půdy se negativně projevuje na výnosech plodin.
Zpracovatelnost půdy se zhoršuje, což vede i k většímu opotřebování pracovních ná-
strojů a navýšení spotřeby pohonných hmot.

Ke zhuťování dochází vlivem mnoha faktorů. Mezi tyto negativní faktory řadíme
například: zpracovávání půdy a přejezdy strojů za nevhodné vlhkosti, četné přejezdy
strojů po pozemku, neúměrná hmotnost strojů, nevhodná struktura plodin (opakující se
plodiny), žádné či nedostatečné organické hnojení, vysoké dávky minerálních hnojiv,
nedostatečné vápnění a další.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo shromáždit základní informace týkající se nadměrného zhutnění půd pod travními porosty, které je způsobeno zejména použitím těžké mechanizace a nadměrnou intenzitou pastvy za vyšší vlhkosti.

Díličními cíli bylo popsat vliv vysoké zátěže půdy na produkci píce a na hydrologické vlastnosti půdy (zejména na strukturu a propustnost pro vodu).

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Půda

Jeto část krajinné sféry, kde dochází k prolínání litosféry, hydrosféry, atmosféry, a biosféry (HORNÍK, 1986). Definujeme ji i jako zvětralou a rozpadlou vnější vrstvu pevninského zemského povrchu. Zformována byla prostřednictvím rozpadu matečné horniny s pozdějším působením četných organismů. Při procesu půdní geneze, která trvala stovky až tisíce let, dochází k transformaci horniny na aktivně fungující přírodní těleso (HILLEL, 2004).

Půda je neobnovitelný zdroj pro výrobu potravin, krmných a ostatních užitkových rostlin, čímž je nedílnou součástí přírodního bohatství každé země.

Půda zastává mnoho funkcí, podle kterých se posuzuje. Mezi nejvýznamnější funkce patří například: ekologická, produkční, hydrologická, vodohospodářská, prostorová, hygienická a sanitární, sociální a kulturní, transformační, a další.

Jednou ze základních vlastností půdy je půdní úrodnost. Slouží jako přirozené stanoviště pro rostliny poskytující podmínky k růstu a rozvoji. Úrodnost lze i charakterizovat jako soubor složitých specifických znaků ve vztahu k pěstovaným rostlinám a jejich výživě, což znamená vhodné prostředí a dostatek živin a vody nutný k optimálnímu vývinu a růstu rostlin. Člověk může ovlivňovat půdní úrodnost, například: zapravením organických a minerálních hnojiv, zpracováním půdy apod. Půdní úrodnost se dělí na potencionální a efektivní. Potencionální je dána podmínkami, při kterých se půda vytvořila a dále vyvíjela. Závisí tedy na zrnitosti a celkové zásobě minerálních živin a humusu. Efektivní půdní úrodnost bývá zpravidla vyšší než potencionální, protože je vytvářena i činností člověka (VRBA, HULEŠ, 2006).

3.1.1 Základní fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální vlastnosti půdy patří k základním půdním charakteristikám, které slouží pro posouzení úrodnosti půd a jsou spojené s využitím, zúrodnováním a ochranou ze-

mědělského půdního fondu. Velkou měrou se fyzikální vlastnosti podílí na jejím příznivém stavu pro růst rostlin a optimální funkci edafonu, ovlivňuje úrodnost půdy svou strukturou, provzdušeností ale i objemovou hmotností (ŠARAPATKA, NIGGLI, 2008).

Vyjádření komplexních vlastností půdy vyžaduje měření řady parametrů, jako je penetrační odpor, objemová hmotnost a pórovitost a je velmi nákladné a časově náročné. Proto se hledají rychlejší polní metody založené na vizuálním hodnocení půdy, které by hodnocení usnadnily. (NEWELL-PRICE A KOL., 2015)

3.1.1.1 Struktura půd



Obrázek 1: Ideální půdní struktura (foto Hejduk)

Patří mezi významné fyzikální vlastnosti půd. Je podmíněna strukturností, což je schopnost agregovat částice pevné fáze nebo desagregovat větší celky půdní hmoty a vytvářet tak strukturní agregáty různé velikosti (LEDVINA, R. A KOL., 2000). Půdní hmota se rozpadá samovolně, nebo vnějším tlakem na agregáty různé velikosti, tvaru a stability (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).

Strukturní elementy isometrické	struktura kulovitá	hrudovitá	> 50 mm
všechny 3 rozměry přibližně stejné	zaoblené plochy a hrany vyvinuty nezřetelně	hrudkovitá	50 – 10 mm
		drobtovitá	10 – 5 mm
		jemně drobtovitá	5 - 1 mm
		práškovitá	< 1 mm
	struktura zrnitá	zrnitá	10 - 5 mm
	ostrohranné, plochy i hrany zřetelně vyvinuté	jemně zrnitá	5 - 1mm
	polyedrické	polyedrická	> 10 mm
ostrohranné, těsně uložené, plochy a hrany vyvinuty zřetelně	drobně polyedrická	< 10 mm	
Strukturní elementy anisometrické	vertikálně protažené	prismatická	bez zaoblené svrchní části
jeden nebo dva rozměry odlišné délky	hranolovitá struktura	sloupkovitá	svrchní část zaoblena
		hrubě prismatická	tloušťka > 50 mm
		prismatická	tloušťka 50 – 20 mm
		drobně prismatická	tloušťka < 20 mm
	horizontálně protažené	deskovitá	tloušťka > 5 mm
		destičkovitá	tloušťka 5 – 2 mm
		lístkovitá	tloušťka < 2 mm

Tabulka 1: Typy půdní struktury (VOPRAVIL A KOL., 2010)

Agregáty lze rozdělit podle velikostí na mikrostruktura (< 0,25 mm), na makrostruktura (0,25 – 50 mm) a na metastruktura (>50mm). Pevnost vazby agregátu určuje jejich stabilitu. Ta je velmi důležitá, protože nestabilní půdní struktura velmi snadno podléhá negativním vlivům, rozpadá se a půda stává bezstrukturní. Vznik jen dán vícero faktory. Mechanická degradace agregátů dochází při působení těžkých strojů při zpracování půdy, při sklizni za nevhodných vlhkostních podmínek, nebo při přílišném opakování zpracování půdy. Mezi chemické degenerační vlivy patří hlavně acidita a nadměrný obsah Na^+ a K^+ v půdě. Při zvýšené mineralizační činnosti způsobené aerobními mikroorganismy, dochází k biochemické a biologické poruše půdní struktury.

Dynamika půdní struktury je ovlivněna mnoha faktory. Mezi nejčastější řadíme například: způsob hospodaření, druhem pěstovaných rostlin, minerálním a zrnitostním

složením půdy, množstvím a kvalitou půdní organické hmoty, pedogenetické procesy, zásobou živin v půdě, zásobou živin v půdě, momentálním obsahem půdní vláhy apod. (VOPRAVIL, 2010).

Agronomicky je významná také stabilita půdních agregátů, která se zvyšuje v přítomnosti dostatku kvalitních organických látek, vápníku a příznivého zrnitostního složení. Naopak nejvýznamnějším rušivým činitelem půdní struktury je dešťová voda a půdní roztok. Dešťové kapky mohou v povrchové vrstvě mechanicky rozbít agregáty. Při nadměrném ovlhčování půd může docházet k rozplavování agregátů, vyplavováním koloidů a vyluhováním iontů Ca^{2+} . Nevhodné obdělávání půdy, časté poježdění těžkými mechanismy, peptizační účinky průmyslových hnojiv rovněž narušují půdní strukturu.

Pro ideální stabilní drobtovitou strukturu je průměrná velikost agregátu 1 – 10 mm.

Při zhutnění půdy způsobené mechanicky za vyšší vlhkosti, dochází i ke vzniku nestabilních náhodných shluků půdní hmoty v tzv. pseudoagregáty (KUTÍLEK, 1978).



Obrázek 2: Rozdíl mezi drobtovitou a zhutněnou strukturou (foto Hejduk)



Obrázek 3: Zhuťnělá struktura půdy (foto Hejduk)

3.1.1.2 Pórovitost

V půdě se nacházejí prostory nezaplňené pevnou fází, které nazýváme půdní póry. Jsou různé velikosti, tvaru a jsou různým způsobem propojeny. Díky pórům v půdě proudí voda i vzduch. V kapilárních pórech může voda proudit proti působení gravitace. V nekapilárních pórech se voda díky gravitaci pohybuje do spodních vrstev půdy a na její místo se dostává vzduch. Celková pórovitost zemědělských půd se ve svrchních vrstvách pohybuje většinou v rozmezí 40 – 50%. Ve spodních vrstvách klesá na 30 – 40%. Pro funkci pórů je významná jejich velikost. Třídí se zpravidla podle druhu a velikosti sil, které působí na vodu v nich obsaženou (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).

Strukturní stav humusového horizontu	Pórovitost (%)
Výborný	> 54
Dobrá	54 – 46
Nevyhovující	46 – 39
Nestrukturní	39 - 31

Tabulka 2: Hodnocení strukturního stavu podle pórovitosti (KUTÍLEK, 1978)

Třídění pórů podle velikosti: (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).

- a) Jemné póry (kapilární) jsou ty, v nichž voda je ovládána kapilárními silami, které vodu zadržují a umožňují její pohyb proti působení gravitace. Pohyb vzduchu je zde omezen. Probíhají zde hlavní chemické, fyzikálně-chemické a biologické pochody.
- b) Hrubé póry (nekapilární) jsou charakterizovány působením gravitace na vodu, která se v nich volně pohybuje do spodních vrstev a na její místo se dostává vzduch. Významně se podílejí na výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším.
- c) Střední póry (semikapilární) jsou přechodem mezi kapilárními a nekapilárními póry.

3.1.1.3 Objemová hmotnost půdy

Je to hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými momentním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě. Je nutno rozlišovat objemovou hmotnost suché půdy a objemovou hmotnost vlhké půdy. Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi $0,8 - 1,8 \text{ g.cm}^{-3}$ a u organických půd většinou mezi $0,2 - 0,3 \text{ g.cm}^{-3}$.

Objemová hmotnost suché půdy je hmotnost jednotkového objemu vysušené půdy, také nazývána objemová hmotnost redukována. Je to hodnota stálější a pohybuje se ve

svrchních půdních vrstvách nejčastěji v rozmezí 1,2 – 1,5 g.cm⁻³ v závislosti na měrné hmotnosti a celkovém objemu pórů v dané půdě. Do spodiny tato hodnota vzrůstá zhruba na 1,6 – 1,8 g.cm⁻³ (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).

Tabulka 3: Kritické hodnoty vybraných fyzikálních vlastností zhutnělé půdy (Lhotský, 2000)

Vlastnost půdy	Půdní druh obsah (části pod 0,01 mm v % hm.)					
	J	JV-JH	H	PH	HP	P
	>75	75-45	45-30	30-20	20-10	<10
Objemová hmotnost po vysoušení (g.cm-3)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (% objemu)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Penetrační odpor (MPa)	2,8 – 3,2	3,3 – 3,7	3,8 – 4,2	4,5 – 5,0	5,5	> 6,0
při vlhkosti (% hm.)	28 – 24	24 – 20	18 – 16	15 – 13	12	10

Legenda: J – jílovitá; JV – jílovitá půda; JH – jílovitohlinitá půda; H – hlinitá půda; PH – písčitohlinitá půda; HP – hlinitopísčitá půda; P – písčitá půda.

Objemová hmotnost vlhké půdy je závislá na půdní vlhkosti a nemůže být tedy konstantní hodnotou. Též objemová hmotnost neredukovaná. Mění se v průběhu roku podobně jako pórovitost v důsledku bobtnání a smršťování půdy při změnách vlhkosti, mrazem obráběním, rozvojem kořenového systému, apod. Má tendenci narůstat směrem do hloubky půdního profilu (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).



Obrázek 4: Lístkovitá struktura vzniklá zhutněním (foto Hejduk)

3.1.1.4 Minimální vzdušná kapacita

Minimální vzdušná kapacita popisuje množství vzduchu v půdě při zaplnění kapilárních pórů vodou. Slouží jako doplněk mezi kapilární kapacitou a celkovou pórovitostí půdy. Ideální hodnoty se, podle nároků jednotlivých plodin, pohybují v rozmezí 15 – 24%. Hodnoty pod 10% jsou již pro rostliny nepříznivé a může docházet k redukčním procesům ve vlhkém období (KROULÍK, PŘIDAL, 2001).

Pro ideální rozvoj vegetace je nezbytné optimální rozmezí hodnoty vzdušné kapacity a také požadavek, aby provzdušenost neklesla na delší dobu pod určitou minimální hodnotu. Potřeba vzduchu v půdě je u různých kulturních plodin různá. Poklesne-li vzdušná

kapacita u orných půd pod 10% a u lučních půd pod 5%, označují se tyto půdy jako náchylné k zamokření, při trvalejším stavu jako zamokřené (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010)

3.1.1.5 Infiltrační schopnost (vsak)

Je to proces, při kterém vstupuje voda do půdy. Míra tohoto procesu spolu s aktuální zásobou vody v půdě určuje, kolik vody vstoupí ke kořenům rostlin a kolik jí povrchově odteče (FRANZLUEBBERS, 2002).

Při negativních změnách půdních vlastností dochází k omezení infiltrace, což vede k vyššímu povrchovému odtoku a intenzivnější erozi, která znemožní získání vláhy pro rostliny, které následně trpí suchem. Dochází tedy k degradaci půdy při ztrátě organické hmoty. Znalost infiltračních schopností ale i procesů, které ji ovlivňují, jsou předpokladem pro lepší hospodaření s vodou v krajině (HILLEL, 2004).

Infiltrační schopnost bezprostředně ovlivňuje mnoho důležitých procesů (odtok vody z povodí, zásobení vody pro rostliny, zásobování zdrojů podzemní vody). V případech kdy dochází k nevyrovnanému koloběhu vody v krajině, hlavně při zrychleném odtoku vody, má za následek střídání sucha a povodní. Tyto děje vedou i k degradaci půdy (BADALÍKOVÁ, MAREŠOVÁ, 2009).

Při silných přívalových deštích nastává prudké snížení infiltrace na nestrukturní půdě, které je způsobeno rozpadem pseudoagregátů a vznikem půdního škraloupu. Pod škraloupem je uzavřený vzduch, jenž zhoršuje průběh infiltrace srážkové vody do půdy. Tato voda se na nestrukturní půdní vrstvě ztrácí povrchovým odtokem a výparem. Vytváří se kapilární póry, kterými je přiváděna voda z hlubších vrstev na povrch (KUTÍLEK, 1978).

3.1.1.6 Hydraulická vodivost (propustnost)

Závisí na vlastnostech půdy a na obsahu vody v ní. Nejvyšší hodnoty nabývá při úplném nasycení půdy vodou, kdy všechny vzájemně propojené póry jsou zaplněny

vodou a uplatní se při transportu vody. Hnací silou stacionárního proudění za izotermních podmínek je gradient hydraulického potenciálu. Nasycené ustálené jednosměrné proudění vody v půdě nastává například při závlaze postřikem, kdy se po čase vytvoří ustálený stav proudění směrem k podzemní vodě a trvá po dobu postřiku.

Ve většině případů voda proudí v půdě za neustálených podmínek, kdy obsah vody v libovolném místě nezůstává stálý, ale mění se s časem, jako je tomu například při infiltraci vody do půdy, při odtoku nebo výparu vody z půdy. (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2010).

3.2 Trvalé travní porosty

Trvalé travní porosty (dále TTP) jsou složité, smíšené a pestré společenstva trav (druhy z čeledí lipnicovitých, sítinovitých a šáchorovitých), jetelovin a jiných dvouděložných druhů různých čeledí, které vznikly samovolným anebo umělým zatravněním na specifických stanovištích a udržují se pravidelným využíváním. Zjednodušeně řečeno, že přirozeně převládají tam, kde je příliš sucho, příliš vlhko, nebo zde převládají nevhodné klimatické podmínky pro existenci lesa (VOZÁR, JANOVIČ, 2014).

V ČR trvalé travní porosty představují velký potenciál pro produkci biomasy a zároveň představují nezastupitelnou roli v ekologické stabilitě krajiny. Díky svému složení zajišťují retenční kapacitu pro zadržení vody v krajině. Dále omezují na minimum větrnou a vodní erozi půdy a v neposlední řadě poskytují ideální životní podmínky pro mnoho živočišných druhů (HONSOVÁ, 2006).

TTP v České republice tvoří 23,7 % ze zemědělské půdy a z celkového půdního fondu 12,5 % výměry. Za posledních 25 let se výměra TTP mírně zvýšila o 136 620 ha, z 864 000 ha v roce 1991 na současných 1 003 390 ha (ČÚZK, 2017).

3.2.1 Rozdělení trvalých travních porostů

Dle způsobu obhospodařování:

1) Pastviny

- travní porosty vhodné především ke spásání

- porost ovlivněn nízkým okusem rostlin, nerovnoměrným spásáním poporostu, sešlapáváním drnu apod.
- jsou zde rostliny zejména nižšího vzrůstu
- obhospodařovány pastvou zvířat
- mohou být obhospodařované také kosením např. pro likvidaci nedopasků

2) Louky

- vytrvalé společenstvo kulturních rostlin složené z víceletých či vytrvalých trav, jetelovin a ostatních bylin
- jsou zde rostliny zejména vyššího vzrůstu
- obhospodařovány kosením
- mohou být obhospodařované přepásáním druhé nebo třetí seče na podzim (přepásané louky)

Dle vzniku a vývoje:

1) Původní

- vznikly na hranici lesa samozatravněním
- existence je zde podmíněna stanovištěm, které je příliš vlhké nebo suché

2) Polopřirozená

- vznikly v důsledku působení člověka, vypálením a žďářením lesů či přerušením hospodaření na orné půdě
- díky pravidelnému sečení či spásání brání návratu do původního stavu, tedy opětovnému zalesnění

3) Kulturní

- od polopřirozených se liší vyšším vlivem člověka, který zde mimo pravidelného sečení také mění druhovou skladbu a dodává vyšší množství živin
- patří sem i obnovené, či přesévané trvalé travní porosty, tak i tzv. dočasné travní porosty na orné půdě

3.2.2 Význam

3.2.2.1 *Produkční funkce travních porostů*

Na našem území tvoří nejčastěji travní porosty druhotná společenstva. Tyto společenstva byla v minulosti primárně vytvořena pro produkci píce pro hospodářská zvířata.

Produkční funkce zajišťuje důležitou roli pro výživu zvířat a následně člověka. Výraz „produkční funkce“ znamená produkci sušiny vytvořenou fotosyntetickou asimilací světelné energie rostlinami k tvorbě energeticky bohatých komplexních organických sloučenin z jednoduchých anorganických látek, tzn. přeměna sluneční energie do produkce fytomasy (PROCHÁZKA A KOL., 1998).

U intenzivně využívaných travních porostů, s dobrou výživou a dostatkem vody, je dosahován výnos až 18 t.ha⁻¹ sušiny. V podmínkách České republiky je produkce sušiny okolo 1,5 až 5,5 t.ha⁻¹, která je závislá na dostupnosti živin a vody (SKLÁDANKA IN SKLÁDANKA A KOL., 2014).

3.2.2.2 *Mimoprodukční funkce travních porostů*

Travní porosty zastávají i mnohostrannou funkci v krajině. Dříve byly využívány pouze k produkci píce, ale v dnešní době se přidávají ekologické, krajinytvorné a společenské funkce. Trendem v dnešní době je snižování ploch intenzivních jetelotravních porostů pěstované na orné půdě a rozšiřování ploch luk a pastvin pro extenzivní využití. Mezi tyto funkce patří např. stabilizační prvek v krajině, zachování cenných rostlinných a živočišných společenstev, ochrana proti půdní erozi a zachování půdní úrodnosti, udržování čisté vody, objemná píce pro zušlechtění (HRABĚ A KOL., 2004).

3.2.3 Způsob obhospodařování a pratotechnika

Způsob obhospodařování travních porostů je závislý na krmivářském využití píce. Mezi základní způsoby sklizně patří spásání, kosení, střídavé využití a v současné době i mulčování zeleného úhoru.

Pratotechnika je způsob udržování luk a pastvin. Mechanickým ošetřováním se rozumí smykování, válení, vláčení, verifikace, skarifikace, mechanická likvidace nedopas-ků a plevelů. Dále se na loukách a pastvinách aplikuje výživa a hnojení minerálními a organickými hnojivy. Poslední pratotechnický zásah je sklizeň (HRABĚ A KOL., 2004).

3.3 Nadměrné zhutnění pod TTP



Obrázek 5: Přejezd těžké techniky po travním porostu (foto Hejduk)

Nadměrné zhutnění půdy pod travními porosty vede k vážným důsledkům omezujícím její schopnost důležité ekosystémové funkce. Zvyšuje se ztráta dusíku denitrifikací a do atmosféry se dostávají oxidy dusíku s vysokým skleníkovým efektem. Na travních porostech je snížena diverzita rostlin i půdního edafonu. Se sníženou produkcí rostlin se snižuje potenciál ukládání organické hmoty do půdy a tím sequestrace uhlíku. (NEWELL-PRICE A KOL., 2013)

V České republice je, nevhodným a jednostranným intenzifikačním opatřením, negativně ovlivněn stav fyzikálních vlastností půd. K nadměrnému zhutňování půd přispívá nejvíce opakované přejezdy těžké techniky po pozemcích za vysoké vlhkosti, kdy půda bývá nejvíce zranitelná (POKORNÝ A KOL., 2001).

Na travních porostech ve Velké Británii působí největší problémy těžká mechanizace využívaná při sklizni a aplikaci kejdy, zejména při použití velkokapacitních strojů u velkých podniků nebo ve službách. V posledních 30 letech výrazně vzrostla hmotnost zemědělských strojů. V 80. letech 20. století byla zátěž nápravy 50 kN považována za vysokou, ale dnes je obvyklá zátěž 90 – 120 kN (NEWELL-PRICE A KOL., 2013).

Další příčiny zhutňování jsou aplikace minerálních hnojiv ve vysokých dávkách a výběru nesprávného hnojiva, neodpovídající přísun organické hmoty do půdy, nedostatečné využití kompenzačních faktorů preventivního charakteru a nedostatečná agrobiologická opatření vedoucí k omezení nadměrného zhutnění (JAVŮREK, VACH, 2008).

V současné době je zhutněním v České republice ohroženo kolem 49% zemědělských půd. Z toho asi 30 % je zranitelných tzv. genetickým zhutněním, které je typické pro půdy s vyšším obsahem jílu. Více než 70 % je vystaveno tzv. technogennímu zhutnění, které může být vyvoláno na půdách jakéhokoli zrnitostního složení. Obvykle se tyto způsoby kombinují (MZE, 2015).

3.3.1 Příčiny

Hlavní příčinou nadměrného zhutnění, jak v minulosti, tak v současné době je způsobeno antropogenní činností. Řadíme sem:

- Vysoký měrný tlak stále těžších a silnějších strojů působící na půdu pro zajištění vysoké produktivity práce,
- velikost a uspořádání půdního fondu – vznik velkých půdních bloků v minulosti,
- počet pracovních operací a době vstupu strojů na pozemek.

Ve velké míře je dlouhodobě degradována půda zhutněním v podorničním horizontu. Odstranění zhutnění v těchto hloubkách lze eliminovat jen obtížně a je odstranitelné pouze v dlouhodobém časovém horizontu (JAVŮREK, VACH, 2008).

Nejen pratotechnickými postupy je degradována, ale i spásání porostů při nevhodné vlhkosti a vysokému zatížení zvířat, které působí nepříznivě na fyzikální vlastnosti půdy. Převážně dochází k snížení infiltrační schopnosti (DONKOR A KOL., 2002).

Hospodářská zvířata působí na půdu silou, která je závislá na jejich hmotnosti a kontaktní ploše paznehtů s půdou. Např. paznehty krav, když zvíře stojí, se statický tlak pohybuje od 130 kPa až do 220 kPa, když se zvíře pohybuje a má pouze tři nebo dvě nohy v kontaktu s půdou. Při zrychlování nebo brzdění zvířete působí tlak dynamický, který může být vyšší než 400 kPa (DI A KOL., 2001). Tlak vyvolávající zhutnění půdy nastává při překročení okamžité únosnosti půdy.

Limitní kontaktní tlaky u strojů jsou v rozmezí 50 – 150 kPa v závislosti na vlhkosti půdy. Po překročení rozmezí dochází k negativním změnám fyzikálních vlastností půdy (LHOTSKÝ, 2000).

3.3.2 Negativní vliv na produkci píče

Poškození půdy zvířaty se vždy projevuje v mělké hloubce do 150 mm. Velkým problémem způsobuje pastva na začátku a na konci vegetace, kdy jsou půdy obecně vlhčí a vegetace nechrání účinně půdu (NEWELL-PRICE A KOL., 2013).

Při zvýšeném pastevním tlaku k ovlivnění výnosů píče dochází nepřímo (zhutněním půdy), ale i přímým narušováním drnu paznehty. Působení kombinací přímých a nepřímých faktorů po dobu 5 – 8 měsíců, došlo ke snížení výnosů hmoty např. jílku vytrvalého o 9 % (DI A KOL., 2001).

Při častých pojezdech těžkých strojů po poli dochází ke snížení půdní úrodnosti. Snížení výnosu, způsobený pohybem strojů po parcelách, nastává zejména na jaře, jak u travin, tak u jetelovin je podobný. Příčinou snížení výnosu není nepřímý faktor, ale spíše přímý faktor. Tedy rozdrčení listů, lodyh a kořenů koly stroje. Avšak výnos není nižší v místě přejezdu, ale také poblíž stop kolejnic. Pokles výnosu může dosáhnout až 46 % (RASMUSSEN, MOLLER, 1981).

3.3.3 Negativní vliv povrchového odtoku

Poškozená půdní struktura s vyšší objemovou hmotností půdy a nižší pórovitostí má negativní vliv na vzdušnou a vodní kapacitu půdy. Tyto nepříznivé následky zvyšují povrchový odtok, při zhoršení infiltraci vody do půdy. Na svažitéch pozemcích dochází velkému odtoku povrchové vody a následně i smyvu nejcennějších částic půdy včetně důležitých živin obsažených v půdě. Toto vede k nežádoucí erozi a dojí i k povodním. Živiny, které transportované v povrchové vodě do vodních nadrží, kde způsobují ekologickou zátěž a dochází k úhynu vodních živočichů.

Na rovinách se zhutněnou půdou v jarním období velké množství vody špatně zasa-kuje díky tání sněhu. Na povrchu se vytvářejí louže. Díky nadbytku vody je půda dlouho studená a to vede k opoždění jarních prací (LHOTSKÝ, 2000).



Obrázek 6: Snížená infiltrační schopnost (foto Hejduk)

3.4 Možnost úprav

3.4.1 Edafon



Obrázek 7: Žížala (foto Hejduk)

Půdní edafon má pozitivní vliv na půdu, protože zvyšuje propustnost a pórovitost půdy, zlepšuje její strukturu a pomáhá cyklu živin ve zlepšování půdní úrodnosti.

Nejprospěšnější mezoedafon ve zlepšování půdní struktury řadíme žížaly členovci aj. Spoluvytvářejí ideální drobtovité struktury. V půdě razí chodbičky a následně vylučují látky, které mají stabilizující účinek pro vznik půdních drobtů. Tímto procesem zvyšují pórovitost pro infiltraci vody a výměnu plynů. V půdě se i nachází mikroedafon (bakterie, houby, aj.), který má vliv na půdní humus. Podílí se na přeměnách organických a minerálních látek. (JAVŮREK, VACH, 2008).

Představitelem nejdůležitějšího makroedafonu v půdě jsou žížaly (*Lumbricina*). Živí se půdním humusem, částmi z odumřelých rostlin a mikroorganismy (BRADY, WEIL, 2010). Travní porosty jsou pro žížaly ideálním prostředím, protože je zde dostatek potravy, ideální půdní vlhkost a absence nezpracování půdy orbou, kypřením aj.

Při nevyskytování žížal v půdě dochází k omezenému provzdušňování půdy, které omezuje růst kořenů rostlin. Velká část travních porostů ve Velké Británii roste v podmínkách silně kyselých půdách s 3,7 – 4,0 pH (ADAMS, GIBBS, 2014).



Obrázek 8: Kořen, který prorostl chodbičkou po žížale v utužené půdě (foto Hejduk)

3.4.2 Podrývání

Mechanické kypření je často doporučováno jako prostředek zlepšení struktury půdy a omezení povrchového odtoku. Ve Velké Británii byly vybrány míst as vysokou objemovou hmotností, kde se testovalo mělké a hluboké kypření v interakci s hluboce koře-

níci rostlinami. V následných 3 letech byla testována infiltrační schopnost. Největší zvýšení infiltrace bylo zaznamenáno po hlubokém kypření do 30 cm (4 – 10 x vyšší hodnoty než kontrola) a na středně těžkých půdách. Tento způsob zpracování půdy se může uplatnit v oblastech s vysokým zatížením zvířat, kde se objevují časté problémy s povodněmi. Efekt se udržel po dobu 30 měsíců. Mělké kypření do 20 cm mělo výrazně menší a krátkodobější účinnost (NEWELL-PRICE A KOL., 2015).

4. ZÁVĚR

Problematika nadměrného zhutnění lučních a pastevních půd je celosvětově rozšířený problém v zemědělství. Studie na zhutnění orné půdy je mnoho, avšak na travní porosty jsou omezené.

Dobře obhospodařované travní porosty mají zlepšující vliv na půdu, avšak při jejich zanedbání může být půda rychle degradována. Musí se zamezit převážně nežádoucím mechanickým vlivům vedoucím k rozpadu agregátů a zvýšené objemové hmotnosti půdy. Pórovitost půdy a infiltrační schopnost půdy se snižuje. Destrukce agregátů vede ke snížení retenční schopnosti, která je důležitá pro udržení vody v krajině. Následné přívalové deště způsobí že, travní porost nestačí pojmout množství přívalových srážek. Toto může vést i k povodním, protože travní porost není schopen zadržet vodu, ikdyž k tomuto byl primárně určen.

Aplikace organických hnojiv na travní porosty iniciuje rozvoj žíhal a dalšího půdního makroedafonu. Ten mechanicky kypří a dodává další organickou hmotu do půdy. Zvyšuje se obsah humusu, který podporuje tvorbu agregátů.

Zhutnění půdy na produkci píce nemá příliš negativní vliv. Produkci píce spíše snižuje nadměrná zátěž hospodářských zvířat a mechanizační technika. U lučních půd je způsobena přejezdy mechanizační techniky. Snížení produkce dochází v kolejovém řádku a v jeho blízkosti. U pastevních půd je převážně způsobena sešlapem a rozrušování travního drnu.

5. SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Ideální půdní struktura (foto Hejduk)	12
Obrázek 2: Rozdíl mezi drobtovitou a zhutněnou strukturou (foto Hejduk).....	14
Obrázek 3: Zhutnělá struktura půdy (foto Hejduk)	15
Obrázek 4: Lístkovitá struktura vzniklá zhutněním (foto Hejduk).....	18
Obrázek 5: Přejezd těžké techniky po travním porostu (foto Hejduk)	23
Obrázek 6: Snížená infiltrační schopnost (foto Hejduk)	26
Obrázek 7: Žížala (foto Hejduk)	27
Obrázek 8: Kořen, který prorostl chodbičkou po žížale v utužené půdě (foto Hejduk) .	28

6. SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Typy půdní struktury (VOPRAVIL A KOL., 2010)	13
Tabulka 2: Hodnocení strukturního stavu podle pórovitosti (KUTÍLEK, 1978)	16
Tabulka 3: Kritické hodnoty vybraných fyzikálních vlastností zhutnělé půdy (Lhotský, 2000)	17

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- ADAMS, W.A., GIBBS, R.J., 2004, Natural Turf for Sport and Amenity: Science and Practice. CAB International, Cambridge, 3rd edition, 404 p., ISBN 0-85198-720-6
- BADALÍKOVÁ, B., MAREŠOVÁ, K. 2009. Zlepšení infiltrace půdy po aplikaci kompostů z biologicky rozložitelných odpadů. In CD: Mezinárodní vědecká konference, Využitie výsledkov výzkumu k zlepšeniu vzťahu poľnohospodárskej činnosti a životného prostredia“ Mužla, Slovensko, s. 1 – 9. ISBN 978-80-552-0191-7.
- BRADY, N.C., WEIL, R.R., 2010: Elements of the nature and properties of soils. 3rd edition. Pearson education, 614 s.
- ČÚZK, 2017: Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky. Český úřad zeměměřičský a katastrální. Praha2016. www.cuzk.cz
- DI H. J., CAMERON K. C., MILNE J., DREWRY J. J., SMITH N. P., HENDRY T., MOORE S., REIJNEN B., 2010: A mechniccal hoof for simulating animal treading under controlled conditions. New Zealand od agricultural research, 44:1, 111-116 s
- DONKOR, N. T., GEDIR, J. V., HUDSON R. J., BORK, E. W., CHANASYK, D. S., FRANZLUEBBERS, A. J., 2002: Water infiltration and soil structure relatedto organic matter and its stratification with depth. Soil and Tillage research 66. 197 – 205 s.
- HILLEL, D. 2004. Introduction to environmental soil physics. Boston, Elsevier Academic Press, 494 s. ISBN 01-234-8655-6
- HONSOVÁ, D.: Pícninářsky nevyužívané travní porosty: Aktuální problémy v české republice, www.priroda.cz, 2006
- HORNÍK, S. a kol. 1986. Fyzická geografie II. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1. vyd., 320 s.
- HRABĚ, F. A KOL.: Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi, vydavatelství ing. Petr Baštan, 2004.
- JANČOVIČ, J., VOZÁR, E., 2014 Vznik a rozšíření travních porostov, 154 – 159 s, In: SKLÁDANKA, J., A KOL., Pícninářství, Brno 2014, ISBN 978-80-7509-111-6
- JANDÁK, J., PRAX, A., POKORNÝ, E.: Půdoznalství 3. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 2010, 143 s. ISBN 978-80-7375-445-7
- JAVŮREK M., VACH M., 2008: Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Praha, 24 s.
- KROULÍK, M., PŘIDAL, P.: vliv heterogenity půdního prostředí na kvalitu zpracování, Farmář, březen 2001, roč. 7, 34 – 36 s.
- KUTÍLEK, M.: Vodohospodářská pedologie, Praha, Státní nakladatelství technické literatury, ALFA, 1978, ISBN 04-721-78, 296 s.
- LEDVINA, R. a kol., 2000: Geologie a půdoznalství. Jihočeská univerzita v českých budějovicích, české Budějovice 2000, 200 s.

- LHOTSKÝ J., 2000: *Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 61 p. ISBN 80-7271-067-2. (in Czech)
- MZE ČR, 2015: Situační a výhledová zpráva Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2015, 137 s. ISBN 978-80-7434-252-3
- NAETH, M. A., 2002: Impact of grazing systems on soil compaction a pasture production in Alberta. *Canadian journal on soil science* 82: 1-8.
- NEWELL PRICE J.P., BALSHAW H., AND CHAMBERS B.J, 2015: Managing grasslands to mitigate flooding risk. *Grassland Science in Europe*, 19, p. 270-272
- NEWELL-PRICE J.P., WHITTINGHAM, M.J., CHAMBERS B.J., PEEL, S. 2013: Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales. *Soil & Tillage Research* 127, 65–73 s.
- POKORNÝ E., FILIP J., LÁZNIČKA V., 2001: rekultivace. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 128 s.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. (eds.), 1998: Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 488 s.
- SKLÁDANKA, J., 2014 Produkční význam travních porostů, 168 – 169 s, In: SKLÁDANKA, J., A KOL., Pícninářství, Brno 2014, ISBN 978-80-7509-111-6
- ŠARAPATKA, B., NIGGLI, U.: Zemědělství a krajina – cesty vzájemného souladu, Univerzita Palackého v Olomouci 2008, ISBN 978-80-244-1885-8, 271 s.
- VRBA, V., HULEŠ, L.: Humus – Půda – rostlina (2), www.biom.cz, 2006. [//http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda/](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda/)