

THE PEDOCOMPACTION OF TOPSOIL AND SUBSOIL ON CHOSEN LOCALITIES

UTUŽENÍ ORNIC A PODORNIČÍ VYBRANÝCH POZEMKŮ

Brtnický M., Vlček V., Pokorný E.

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, AF, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, Brno 61300, Česká republika

E-mail: Martin.Brtnický@seznam.cz, xvlcek1@mendelu.cz, xpokorny@mendelu.cz

ABSTRACT

Pedocompaction is known as one of the types of soil physical degradation. It causes crucial disturbances of biological activity in soil as well as of physical properties (like porosity, permeability, structure etc.). The pedocompaction can occur in topsoil as well as in subsoil at annually ploughed land. The pedocompaction is a type of soil degradation with cumulative character and eventually the hardened layer forms. This layer is caused by the heavy mechanics traversing. This layer is impermeable for plant roots as well as for water and oxygen so the soil functions are reduced. The survey proceeded at the localities in the surroundings of Lysice municipality. 38 measurements proceeded on total area of 174 ha (1 measurement per 5 ha on the average). The pedocompaction was measured down the depth 60 cm, while two layers were surveyed – topsoil (0–30 cm) and subsoil (30–60 cm).

Key words: soil degradation, pedocompaction, Bohemian and Moravian highland

Acknowledgments: The paper was prepared under the support of a research plan No. MSM6215648905 “Biological and technological aspects of the sustainability of controlled ecosystems and their adaptation to changes in climate” of the CR Ministry of Education.

The paper was prepared under the support of National Agency for Agriculture Research, project QH72275.

ÚVOD

Rozšířeným fenoménem fyzikálního poškození půdy, především zemědělské, je pedokompakce (zhutnění) půdy v důsledku těžké mechanizace s vysokým měrným tlakem nebo nadměrné pastvy, velkou roli hraje vlhkost a druh půdy. V některých půdách dochází ke genetickému zhutňování, které je dáno povahou půdotvorného substrátu - především zrnitostí. Je tedy přírodního charakteru.

Důsledkem utužení je zvyšování objemové hmotnosti půdy, což způsobuje nepříznivé podmínky pro růst rostlin. Dochází k degradaci půdní struktury, která s sebou nese potenciální ohrožení dalších půdních funkcí: půda má sníženou pórovitost a biologickou aktivitu. Zhutnělé půdy mají sníženou retenční schopnost pro vodu. Urychluje se tak povrchový odtok a zvyšuje se riziko vodní eroze a záplav a také vysušování půd. Na zemědělských půdách se snižuje rostlinná produkce o 10–20 %. Např. u obilovin dochází k menšímu odnožování, snižuje se počet klasů v ploše. U cukrovky dochází k nadměrnému větvení kořene, snižuje se cukernatost. Zhutnění půdy neznamenaá nevratnou degradaci. Přirozeně se ruší hlubokým promrznutím (alespoň 50–60 cm). Pedokompakce hlubších vrstev půdy je obtížně vratný proces. (URL 1, 3, 4)

Definice:

Fyzikální degradace, utužení je proces zásadního porušení fyzikálního stavu půdy, v kterém se redukuje celková a vzdušná pórovitost a propustnost, zvyšuje se pevnost a eviduje mnoho změn v půdní struktuře a v chování některých fyzikálních vlastností. Fyzikální degradace může modifikovat různé půdní vlastnosti, což vede k poškození jedné nebo více půdních funkcí. Utužení se vyskytuje tam, kde půda podléhá mechanickému tlaku používáním těžké techniky nebo pasením, hlavně ve vlhkých podmínkách. Výsledkem utužení půdy je redukce hrubého prostoru pórů mezi půdními částicemi, čímž se zvyšuje půdní objemová hmotnost a tím, že půdy částečně nebo zcela ztrácí schopnost absorbovat vodu. Výskyt utužení je nejčastěji v povrchovém horizontu, ale postihuje i podpovrchové vrstvy. Tato je velmi rozšířena na územích s nepřetržitou kultivací a je velmi těžké ji odstranit. Celkové zhoršení půdní struktury redukuje růst kořenů, vodní kapacitu, úrodnost i biologickou aktivitu. Pokud dojde ke srážkám, voda nemůže dále snadno infiltrovat do půdy (Sobocká, 2007).

Pokud voda při srážce pronikne vrchní kyprou vrstvou půdy, může se jí postavit do cesty další překážka. V důsledku pravidelného mechanizovaného obdělávání půdy se často v hloubce 30–60 cm vytváří utužená vrstva podorničí. Tato je mnohdy téměř nepropustná, nebo propouští vodu jen velmi málo. Účinná hloubka půdy a s ní také retenční kapacita se tak značně zmenšuje. Navíc voda po podorničí stéká podobně jako po povrchu, následně v terénních depresích vystupuje na povrch a přidává se k povrchovému odtoku. Na vznik zhutnělého podorničí mají vliv především přejezdy zemědělskou technikou po půdě a technologická doprava, například při svážení cukrové řepy nákladními automobily. V zhutnělé půdě se snižuje obsah organických látek na polovinu a její pórovitost klesá pod 45 % (Davies, et al 1993).

Faktory ohrožení fyzikální degradací (Sobocká, 2007)

Klima – teplota, srážky

Půda a půdotvorný substrát – vlastnosti povrchového a podpovrchového horizontu (textura, struktura, obsah org.hmoty, obsah vody v půdě apod.)

Využití krajiny – orná půda, TTP, les

Management půdy – agrotechnické postupy (frekvence pojezdů, typ operace, typ plodiny, váha strojů)

Topografie – vymezení míst kde není možné použít mechanizaci (svahy, apod.)

Identifikace půd ohrožených utužením

Hlavním faktorem, který vede k mechanickému porušení stavu půdy je využívání těžké techniky na povrchu půdy. Všeobecné půdy s vysokým obsahem jílu (nad 35 %) jsou náchylnější na deformace, než písčité půdy avšak i písčité půdy obsahují velké množství hrubých pórů, to může způsobit vyšší náchylnost půd k utužení. V minerálních půdách organická hmota snižuje náchylnost půd k utužení pro všechny zrnitostní třídy. Půdy se zrnitou či slabě vyvinutou polyedrickou strukturou vykazují silnou náchylnost na zhutnění (Sobocká, 2007).

Tab.1 Hodnoty vybraných půdních vlastností u zhutněných půd v ZPF

půdní vlastnost	půdní druh					
	JV	JH	H	PH	HP	P
objemová hmotnost [g/cm ³]	>1,25	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70
penetrometrický odpor [MPa]	2,8–3,2	3,2–3,7	3,7–4,2	4,5–5,0	5,5	6,0
půdní vlhkost [% hm.]	28–24	24–20	8–16	15–13	12	<10
pórovitost [% obj.]	<48	<47	<45	<42	<40	<38
min. vzdušnost [% obj.]	<10	<10	<10	<10	<10	<10
max. kapil.kapacita [% obj.]	>35	>35	>35	-	-	-

ju – jílovitá, jh – jílovitohlinitá, h – hlinitá, ph – písčitolhinitá, hp – hlinitopísčitá, p - písčitá

Při předpokládané klimatické změně způsobuje hlavně sucho změnu fyzikálních vlastností vedoucí k utužení a ztvrdnutí půdních vrstev. Tvorba kalcikových a uhličitánových ztvrdlých vrstev není v případě půd obohacených o soli vyloučena (chloridy, sulfáty, karbonáty apod.). Podobně můžeme zaznamenat tvorbu profilových trhlin u půd s vysokým obsahem sekundárních jílových minerálů. Tvorba agregátů může být zpomalena, či porušena v případě výskytu dlouhodobého sucha. Rovněž časté střídání klimatických jevů (střídání extrémního vlhka a sucha) vede k možným intenzivním procesům destrukce struktury půdy. Stupeň utužení kolísá v závislosti na půdní vlhkosti. Při nevhodném způsobu agrotechnických zásahů, kdy se nerespektují meteorologické jevy a zesiluje se antropická činnost (časté či nesprávně načasované pojezdy mechanismů apod.) dochází k intenzivní tvorbě podorničních ztvrdlých vrstev s výskytem pseudoagregátů. Pokud se obsah vody v půdě zvyšuje, zvyšuje se i zhutnění půdy až do obsahu blízcího se polní vodní kapacitě. Při vysokém obsahu vody se

půda stává nekompaktní, nasycená půda je vlastně plastický tok, který má za následek destrukci půdní struktury a makropórů (Sobocká, 2007).

Zhutněním je ohroženo kolem 30–50 % všech zemědělských půd, a to převážně zhutněním technogenním, způsobeným použitím nevhodné mechanizace (Anonym 1).

Pozornost věnovaná zlepšování retenční schopnosti zemědělských půd je dosud nedostatečná. Málo propustné a zhutnělé půdy přitom kromě svého nepříznivého vodohospodářského efektu poskytují i nižší výnosy a zvyšují až o 50 % spotřebu pohonných hmot při obdělávání půdy (Hůla, Abrham, Bauer, 1997). To potvrzují i další studie z různých zemí, kde se uvádí, že pedokompakce má důležitý vliv na výnosy a finanční náklady. Za všechny uvedme například studie Estonské univerzity v letech 2001–2005, která ukazuje pokles výnosu ječmene až o 70 % na lokalitách postižených utužením, oproti neutuženým lokalitám (Edesi, et al, 2007). Nebo pokusy Jugoslavií kdy v důsledku pedokompakce docházelo k růstu výrobních nákladů o 20–40 % a poklesu výnosů v průměru o 10–25 %, (Nikolic, 2001). To se týká zejména plodin jako jsou cukrovka, brambory a ječmen (Fulajtar, 2000), kde dochází k redukci výnosů o 10–20 %.

Návrhová opatření

Základními metodami předcházení zhutnění půdy a zejména podorničí jsou

- omezování přejezdů těžké mechanizace,
- využívání půdo-ochranných způsobů obdělávání,
- dostatečné organické hnojení,
- používání mechanizace s nízkou zátěžovými pneumatikami.

Pozemky s již zhutněným podorničím lze jednorázově zlepšit melioračním kypřením nebo dlátovými kypřiči pracujícími v hloubce kolem 50 cm (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).

Preventivními a nápravnými prostředky pro omezování degradace půd zhutněním jsou tato opatření:

- zpracování a půdy ve vhodném vlhkostním stavu,
- omezení pojezdů těžkých mechanismů, počtu pojezdů, pojezdů na jaře a po orbě, ježdění v těžké koleji, rozložení hmotnosti pojezdových vozidel,
- vhodná protierozní ochrana půd,
- dostatečné organické hnojení a vápnění, zlepšování podmínek pro biologické procesy v půdě,
- vhodné ovlivňování vodního režimu (infiltrace a akumulace vody v půdě – spojitost s protierozními opatřeními),
- vyvážené osevní postupy.(URL 1)

Nepřímo je možno objemovou hmotnost měřit penetračním odporem, který charakterizuje utuženost půd. (Tabulka 2).(URL 2)

Tab.2: Třídy penetračního odporu (Arshad et al., 1996)(URL 2).

třída	penetrační odpor (Mpa)
extrémně nízký	< 0,01
velmi nízký	0,01 -0,1
nízký	0,1 – 1
střední	1 – 2
vysoký	2 – 4
velmi vysoký	4 – 8
extrémně vysoký	> 8

Jak uvádí Benada, přílišné utužení a přemokření bude možné zjistit i pomocí měření redoxpotenciálu.(URL 5)

MATERIÁL A METODY

Metodika pro zjišťování zhutňování půdy je založena na určování míst vhodných pro konkrétní měření zhutnění penetrometrem.

Penetrometrická elektronická sonda (dále jen penetrometr) je elektronický přístroj pro měření zhutnění (utužení) půdy. Penetrometr se používá pro běžné praktické určení zhutnění půdy s ohledem na potřebu nápravného zásahu nebo na použití vhodné technologie následné plodiny a při zkoušení zemědělské techniky. V rámci projektu QH72275 je penetrometrické měření použito pro zjištění vlivu utužení půdy na výnosy plodin.

Samostatné terénní měření se provádí po ukončení přípravy půdy k setí nebo sázení nebo před sklizní s ohledem na vlhkost. V době měření musí být půdní profil rovnoměrně nasycen vodou. Pro kontrolu se provádí měření vlhkosti půdy.

Jednotlivé kontrolní body jsou od sebe vzdáleny na homogenních pozemcích 200–300 m, tj. cca 5 ha. Na každém kontrolním bodu se provádí 3–5 vpichů podle variability kontrolního bodu se vzdáleností od kontrolního bodu cca 5 m (jeden vpich uprostřed). V případě kontaktu hrotu s kamenem je nutno měření opakovat. Vyhodnocení zhutnění půdy se provádí po skončení polního měření. Při každém vpichu je potřeba dbát na to, aby jehla penetrometru vnikala do půdy plynule. Na velkou rychlost vpichu upozorní zvukový signál penetrometru, na který je třeba reagovat opakovaným měřením, provedeným o několik centimetrů dál, aby nebylo ovlivněné předchozím měřením. Stejně tak je třeba postupovat v situaci, kdy po zapíchnutí jehly do několika centimetrů nelze dále plynule pokračovat. To se stane zejména při nárazu jehly do kamene. Snížená hloubka podorničí se předpokládá tehdy, jestliže žádný z těchto vpichů nedosáhl výrazně větší hloubky.

Na každém pozemku se odeberou 2 vzorky půdy pro zjištění její vlhkosti, nebo se zjistí vlhkost půdy kalibrovaným vlhkoměrem. První vzorek je odebírán z ornice z hloubky 16–20 cm, druhý vzorek je odebírán z podorniční vrstvy, z hloubky 36–40 cm.

Na všech zkoumaných pozemcích jsou půdy spadající do referenční třídy luvisoly–hnědozem, šedozem (Němeček a kol. 2001).

Vyhodnocení výsledků penetračních měření

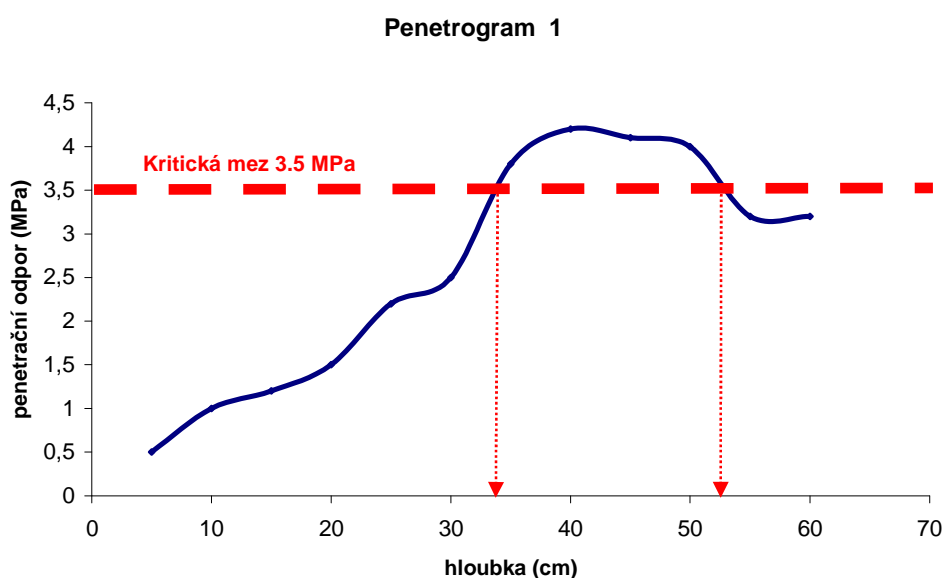
Vyhodnocení penetračních měření je prováděno z penetrometrických záznamů numericky nebo graficky. V další části textu je ukázka grafického hodnocení.

Za základ vyhodnocení slouží kritické hodnoty které publikoval Lhotský (1994). Pro střední (hlinitou) půdu je za kritickou hodnotu považována mez 3,5 MPa.

V zásadě mohou nastat tři případy:

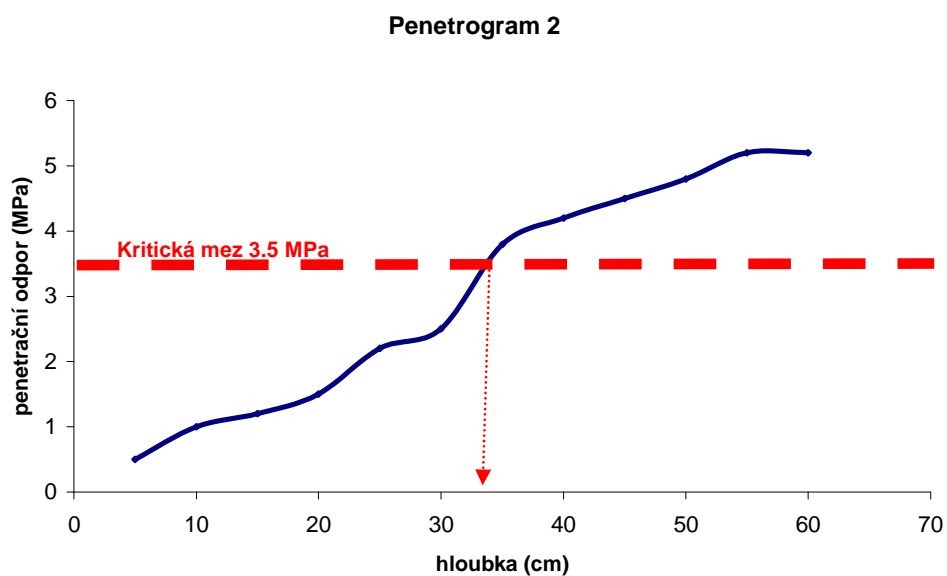
Půda je technogenně poškozená (viz graf 1), v našem případě je maximální utužení v hloubce 34 až 52 cm – utužené podomníčí. Náprava bude spočívat v agromelioračních technologiích.

Graf 1: Možný případ utužení 1



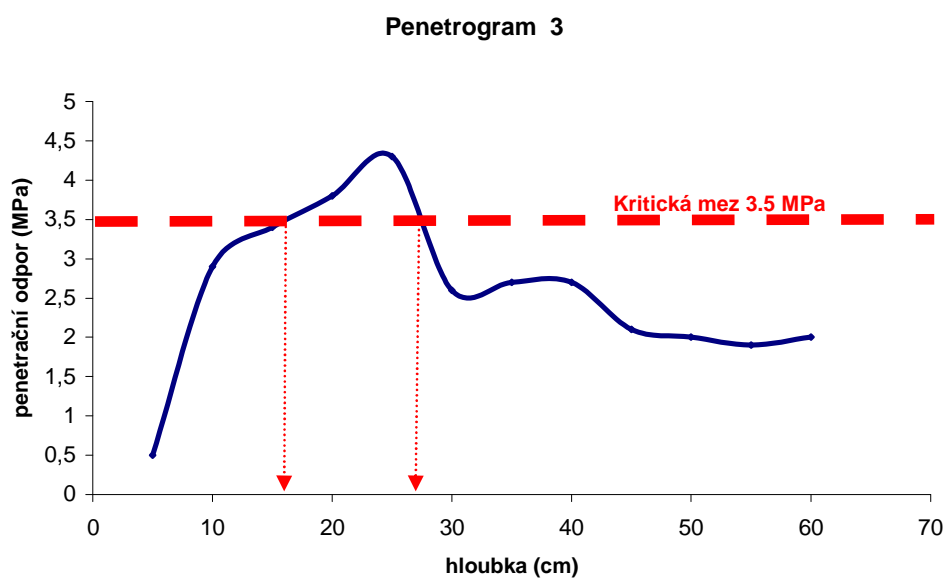
Utužení přibývá do hloubky (viz graf 2) – je přirozenou vlastností půdy (není technogenního původu) a hloubka překročení kritické meze (v našem případě 33 cm) vymezuje hloubku fyziologického profilu. Zlepšení je finančně a technicky náročné a běžně se neprovádí.

Graf 2: Možný případ utužení 2



Maximální utužení je v ornici (graf 3). Porucha je způsobena nevhodným způsobem hospodaření (agrotechnika, osevnické postupy, hnojení, atd.). Náprava je možná běžnými agrotechnickými postupy. Problémem je ale často odstranění příčiny.

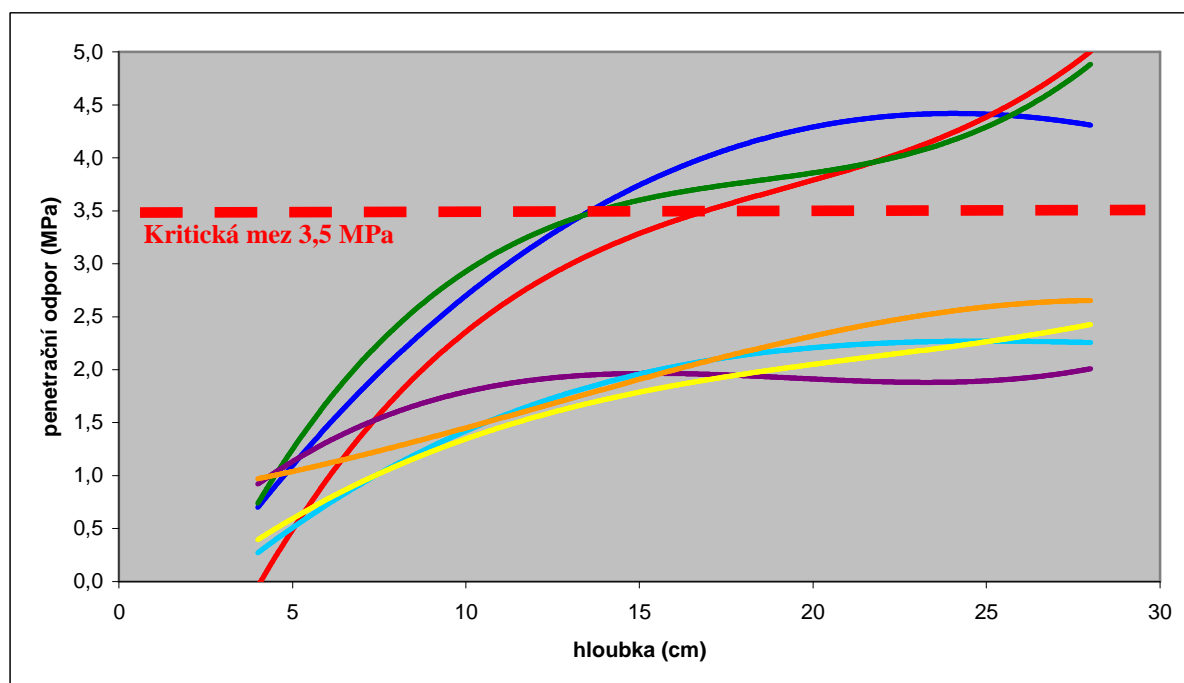
Graf 3: Možný případ utužení 3



VÝSLEDKY A DISKUZE

Získané výsledky jsou znázorněny na třech níže ležících grafech. Korekce na vlhkost nebylo nutné dělat, vlhkost byla v optimálním rozmezí.

Graf 4: Penetrační odpor ornic (0–30 cm), lokalita Lysice

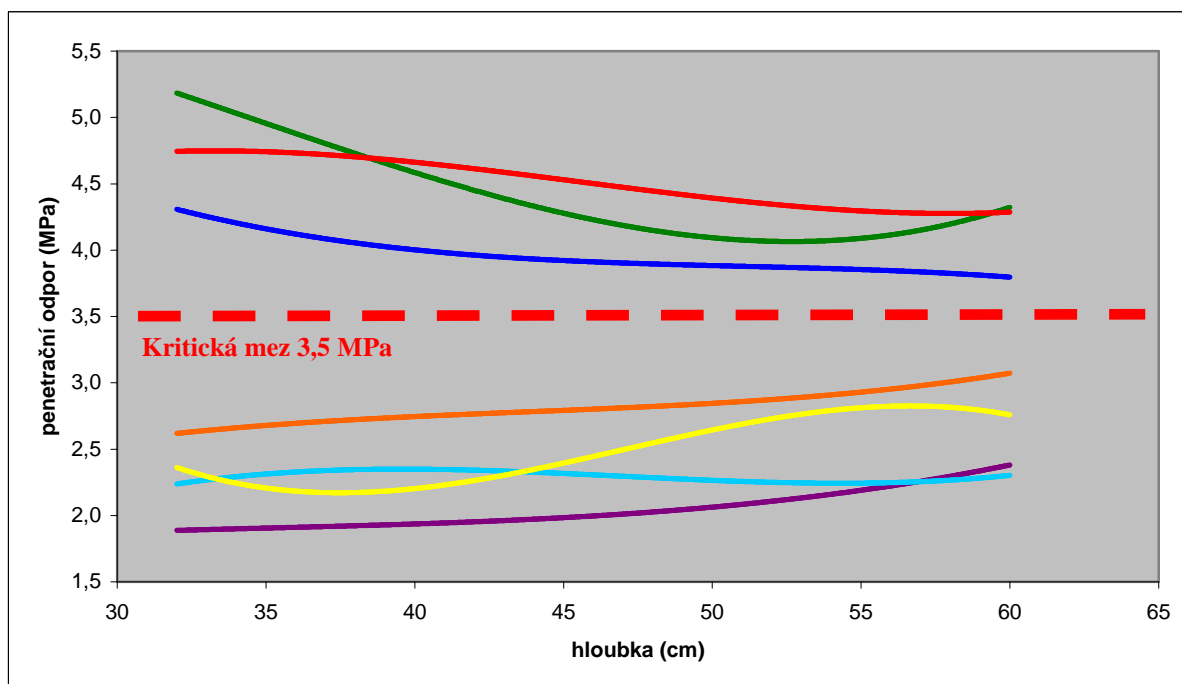


Tab. 3: Regresní rovnice a hodnoty spolehlivosti – ornice

Rovnice regrese	R	R ²
$y = 0,0008x^3 - 0,0439x^2 + 0,8557x - 2,0324$	0,9931	0,9862
$y = 0,0007x^3 - 0,0396x^2 + 0,847x - 2,8429$	0,9875	0,9751
$y = 9E-05x^3 - 0,014x^2 + 0,5152x - 1,1429$	0,9966	0,9933
$y = -0,0001x^3 + 0,0046x^2 + 0,0348x + 0,7656$	0,9896	0,9794
$y = 0,0002x^3 - 0,0115x^2 + 0,2924x - 0,6011$	0,9924	0,9848
$y = 0,0003x^3 - 0,0201x^2 + 0,3729x - 0,2714$	0,9968	0,9936
$y = 0,0001x^3 - 0,0113x^2 + 0,3307x - 0,8776$	0,9995	0,9990

Na penetračním odporu v ornici (Graf. 4) je patrný nárůst odporu s hloubkou na sledovaném území. Na třech ze sedmi lokalit je již v ornici přesahena kritická mez dle Lhotského 3,5 Mpa již kolem hloubky 15 cm.

Graf 5: Penetrační odpor podorničí (30–60 cm), lokalita Lysice

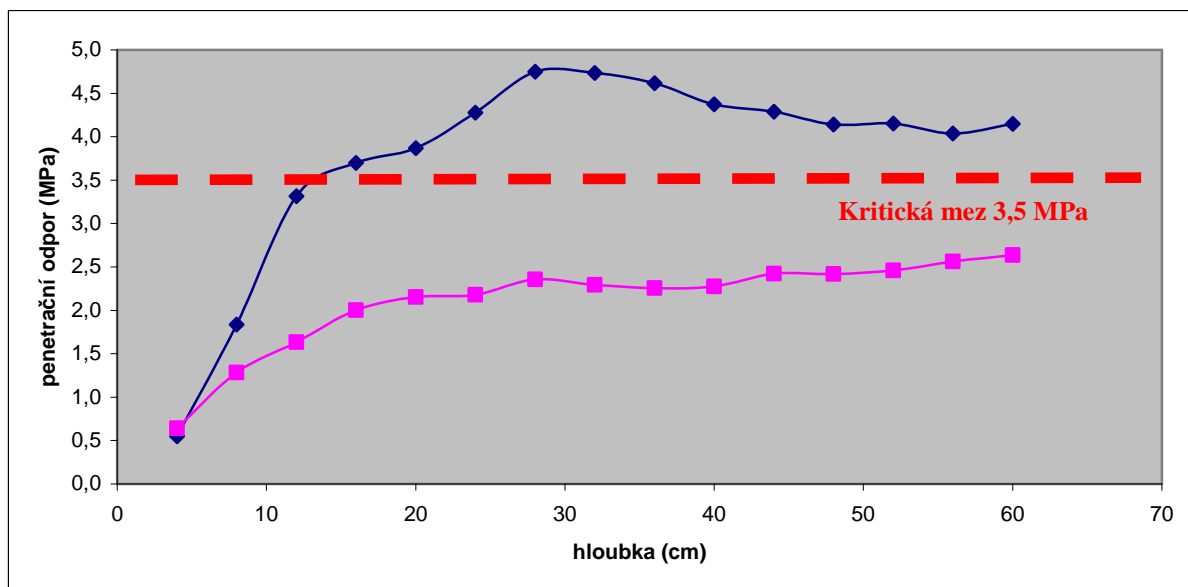


Tab. 4: Regresní rovnice a hodnoty spolehlivosti–podorničí

Rovnice regrese	R	R ²
$y = 6E-05x^3 - 0,0086x^2 + 0,362x - 0,122$	0,9657	0,9326
$y = 8E-05x^3 - 0,008x^2 + 0,2004x + 4,4525$	0,9732	0,9471
$y = -5E-05x^3 + 0,0072x^2 - 0,3718x + 10,397$	0,9633	0,9280
$y = 3E-05x^3 - 0,0045x^2 + 0,2075x - 0,5129$	0,9466	0,8961
$y = -0,0002x^3 + 0,0262x^2 - 1,1828x + 19,446$	0,9470	0,8968
$y = 7E-05x^3 - 0,0093x^2 + 0,4273x - 4,0497$	0,7503	0,5630
$y = 2E-05x^3 - 0,0022x^2 + 0,0824x + 0,8148$	0,9669	0,9348

Při pohledu na grafické vyhodnocení hodnot v podorničí je patrné, že u všech tří pozemků utužených již v ornici je kritický limit poměrně vysoce překročen i v podorničí. Z výsledků v Grafu 4 a 5 lze vytvořit dvě skupiny pozemků: první neutužené pozemky, kde ani v ornici ani v podorničí není překročena kritická mez 3,5 MPa. Druhou skupinu pozemků tvoří tři výše zmíněné pozemky u nichž je kritická hodnota 3,5 MPa překročena již v ornici, v podorničí dokonce nad hodnotu 4 MPa. Z těchto skupin proto lze vytvořit jakýsi průměrný penetrační odpor pro první a druhou skupinu: viz Graf 6.

Graf 6: Průměrný „skupinový“ penetrační odpor pozemků na lokalitě Lysice



Pokud srovnáme stav pozemků druhé skupiny na lokalitě Lysice s výše uvedenými potenciálními případy ztuhnutí (Grafy 1–3), blíží se možnosti první. Jedná se tedy o technogenně poškozenou půdu. Náprava je možná agro-melioračními opatřeními, respektive omezením pojezdů těžkými mechanismy. Při porovnání s Tab. 2, můžeme hodnoty penetračního odporu v podorniči zařadit do třídy vysoký až velmi vysoký.

ZÁVĚR

Na penetračním odporu v ornici (Graf. 4) je patrný nárůst odporu s hloubkou na sledovaném území. Na třech ze sedmi lokalit je již v ornici přesažena kritická mez dle Lhotského 3,5 Mpa již kolem hloubky 15 cm. Při pohledu na grafické vyhodnocení hodnot v podorniči je patrné, že u všech tří pozemků utužených již v ornici je kritický limit poměrně vysoce překročen i v podorniči. Z výsledků lze vytvořit dvě skupiny pozemků: první s neutuženými pozemky, a druhou s utuženými. U neutužených není ani v ornici ani v podorniči překročena kritická mez dle Lhotského (3,5 MPa). Druhou skupinu pozemků tvoří tři výše zmíněné pozemky u nichž je kritická hodnota 3,5 MPa překročena již v ornici (v hloubce 15 cm), v podorniči je penetrační odpor dokonce nad hodnotu 4 MPa.

Dle dříve publikovaných výsledků některých autorů se jedná u tří pozemků o technogenně poškozenou půdu, pravděpodobně vlivem častých pojezdů zemědělskou technikou. Náprava je možná agromelioračními opatřeními, respektive omezením pojezdů těchto mechanismů. Při porovnání s Tab. 2, můžeme hodnoty penetračního odporu v podorniči zařadit do třídy vysoký až velmi vysoký.

LITERATURA

Anonym 1 (2007): Přílohy Národního strategického plánu rozvoje venkova České republiky pro období 2007–2013. online (stav úprav z 10.9.2007):

http://kostelec.czu.cz/UAE/SEA/EAFRD/Pril_NSPRV_final.pdf.

Bulinski J., Niemczyk H. (2004): Changes in soil physical properties in a three-year experiment on sugar beet cultivation. *Annals of Warsaw Agricultural University, Agriculture Agricultural Engineering*. (45): 3-9

Davies B. et al (1993): *Soil management*, Farming Press, London.

Edesi L., Kuht J., Reintam E., Trukmann K. (2007): Influence of soil compaction on the grain yield of barley. *Agronomy-2007*. 9-12

Fulajtar E. (2000): Assessment and determination of the compacted soils in Slovakia. *Advances-in-Geoecology*. (32): 384-387

Hůla J., Abrham Z., Bauer F. (1997): *Zpracování půdy, Brázda*, Praha.

Lhotský J. (1994): *Kultivace a rekultivace půd*. VÚMOP Praha, 198 s .

Němeček J., a kol. (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd ČR*. ČZU Praha.78 s.

Nikolic R., Savin L., Furman T., Gligoric R., Tomic M. (2001): Research of the problems of soil compaction. *Acta Technologica Agriculturae*. 4(4): 107-112

Nugis E., Kuht J. (2000): Subsoil compaction in Estonia. *Advances-in-Geoecology*. (32): 402-408

Sobocká J. (2007): Citlivost' a zranitelnost' poľnohospodárskych pôd SR vo vzťahu ku klimatickej zmene. *VUPOP Bratislava*, 28s.

Stenitzer E., Murer E. (2003): Impact of soil compaction upon soil water balance and maize yield estimated by the SIMWASER model. *Soil-and-Tillage-Research*. 73(1/2): 43-56

URL

1 [http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPKHFDS217N/\\$FILE/Popis.doc](http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPKHFDS217N/$FILE/Popis.doc) 28.8.2008

2 [http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPKHFDQGU6Z/\\$FILE/Microsoft%20Word%20-%20objemova_hmotnost.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPKHFDQGU6Z/$FILE/Microsoft%20Word%20-%20objemova_hmotnost.pdf)

3 http://fle.czu.cz/~hejcman/Prednasky/Ochrana_pudy1.pdf

4 <http://ekologie.upol.cz/ku/pgsmp/Monit3.pdf>

5 http://www.vukrom.cz/www/benada/B_olom/MERENI_%20REDOXNIHO_POTENCIALU.htm