

NAPRAVE IN POSTOPKI ZA PRIDOBIVANJE NEKATERIH MEHANSKIH LASTNOSTI TAL IN IZVEDBO PEDOLOŠKE ANALIZE TAL PO POSAMEZNIH HORIZONTIH

Tone GODEŠA¹, Borut VRŠČAJ²

UDK / UDC 631.431(045) 631.431:631.445 (045)
izvirni znanstveni članek / original scientific article
prispelo / recived: 27.10.2008
sprejeto / accepted: 19.12.2008

IZVLEČEK

Fizikalne oz. mehanske lastnosti tal ključno vplivajo na skupne, uporabne karakteristike tal. Spreminjajo se z globino glede na vrsto in lastnosti posameznih horizontov in njihovo razporeditev. Prispevek predstavlja postopke in strojno opremo za vzorčenje in pridobivanje podatkov o fizikalnih in mehanskih lastnostih tal na KIS-u. Z napravo pridobivamo podatke, iz katerih izračunamo zgoraj navedene parametre mehanskih lastnosti tal. Vzporedno poteka odvzem neporušenega vzorca talnega profila s sondo premera 20 cm do globine 130 cm, ki mu sledi morfološki opis ter vzorčenje po horizontih. Podani so rezultati vzorčenja na dveh lokacijah. Ugotovljena je povezava med obravnavanimi mehanskimi lastnostmi.

Ključne besede: vzorčenje tal, specifični upor tal, strižna trdnost, kot zloma tal, pedološka analiza

EQUIPMENT AND PROCEDURES FOR ACQUISITION SOME SOIL MECHANICAL PROPERTIES AND UNDISTURBED SOIL CORE SAMPLING FOR MORPHOLOGICAL DESCRIPTION

ABSTRACT

Some physical and mechanical soil parameters crucially determine the common soil properties. They differ with depth according to the properties and the depth of individual horizons. The paper presents the procedures and equipment for the collection of physical soil information developed at Agricultural Institute of Slovenia. A computer controlled and hydraulic driven device is used to acquire data which are used to derive soil properties mentioned above. Additionally, a newly constructed drilling equipment is used to get undisturbed soil core samples with 20 cm of diameter and up to 130 cm depth which is used for morphological description and sampling of soil. Results of measurements and analysis on two locations are presented. Connections between observed soil mechanical parameters were found out.

Key words: soil sampling, cone penetration resistance, shear strength, soil break angle, pedological analysis

¹Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana

²Kmetijski inštitut Slovenije, Centralni laboratorij, Center za tla in okolje, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana

1 UVOD

Degradacija tal je rezultat različnih učinkov medsebojnega delovanja tal samih in človeških aktivnosti ter vplivov klime, reliefa in vegetacije [1]. Učinki degradacije tal vplivajo na zmanjšanje trenutne, še večkrat pa trajne rodnosti tal. Med te učinke štejemo tudi prekomerno zbijanje tal zaradi intenzivne, stanju tal neprimerne obdelave in zaradi obremenitev s težkimi stroji [2]. Zbitost posredno vpliva na parametre rodnosti tal, kot so mikrobiološka aktivnost, mineralizacija in humifikacija organske snovi, sposobnost transporta in vezave rastlinskih hranil, strukturo in stabilnost agregatov [3,4,5]. Metoda penetrometra je še danes najbolj pogosto uporabljena za določanje zbitosti in propustnosti tal, upora pri rasti korenin, učinka obdelave tal, globine in zbitosti plazine, prehodnosti površin in učinka vožnje vozil na tla. Najnovejši penetrometri omogočajo še istočasno merjenje vlažnosti tal [6] in električno prevodnost, na podlagi katere se lahko določi tudi vsebnost glin [7,8]. Izvedba strojne opreme za vzorčenje se spreminja skladno z razvojem tehnike, tako na področju mehanskih sklopov in merilne tehnike, kot na področju obdelave podatkov in vključitev le teh v prostorsko informatiko (GIS). Najpomembnejše mehanske lastnosti, ki pomagajo oceniti zbitost tal so specifični upor in strižna trdnost tal [9]. **Specifični upor tal** je upor pri prodiranju stožca v tla (penetration resistance), ki je linearno odvisen od stopnje zbitosti v kolikor so ostali parametri tal (predvsem vlažnost) konstantni [10]. **Strižna trdnost tal** je fizikalna veličina, ki neposredno vpliva na stabilnost in nosilnost tal, obenem pa je tudi eden od pokazateljev rodnosti tal, saj nanjo vpliva gostota tal, tekstura, vsebnost organske snovi, vlažnost [11]. Namen prispevka je predstaviti nova orodja in postopke za zajem in obdelavo fizikalnih podatkov tal po horizontih v okviru raziskav o občutljivosti različnih tipov tal na procese zbijanja tal. Pri zajemu podatkov združujemo tehniko standardnih pedoloških opisov in vzorčenja tal z mehaniziranimi postopki pridobivanja fizikalnih lastnosti na nivoju posameznih talnih horizontov z namenom pridobiti celovite in večnamenske podatke tal.

2 MATERIAL IN METODE

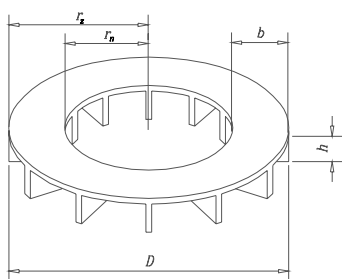
2.1 Naprava za določanje mehanskih lastnosti tal

Za terensko določanje mehanskih lastnosti tal smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije razvili večnamensko napravo, ki jo priključimo na traktor preko priključnega drogova zadaj ali spredaj (slika 1). Na tri priključna mesta na napravi lahko namestimo različna orodja in sonde za vzorčenje. Eno priključno mesto omogoča vertikalno gibanje orodij s hodom 600 mm in možnostjo istočasne rotacije v vertikalni osi za poljuben kot. Drugi dve mesti pa omogočata vertikalno gibanje v obsegu 800 mm. Ker je naprava hidravlično gnana, lahko na priključnih mestih razvije velike sile in zato lahko uporabimo večje sonde za vzorčenje, ki zajamejo večji vzorčni volumen, kar je prednost pri meritvah nehomogenih in neizotropnih materialov. S krožno strižno ploščo (slika 2) lahko merimo kohezijo in kot notranjega trenja predvsem na površini tal, lahko pa tudi na poljubni globini. Posamezno meritev izvedemo tako, da ploščo pritiskamo in tiščimo v tla z izbrano silo in ploščo pri tem zavrtimo. Pri tem merimo silo, s katero pritiskamo, vrtilni moment in kot zasuka plošče. Izvedemo več meritev pri različnih pritisknih silah in iz izmerjenih vrednosti sil in maksimalnih momentov izračunamo kohezijo in kot notranjega trenja tal.



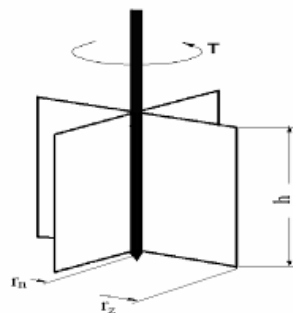
Slika 1: Naprava za določanje mehanskih lastnosti tal
Figure 1: Device for acquisition mechanical properties of soil

S krilno sondo (slika 3) določamo strižno trdnost tal na poljubni globini. Krilno sondo pritismo v tla do izbrane globine in jo zavrtimo. Pri tem merimo vrtilni moment, ki je potreben za sukanje sonde in kot zasuka. Iz maksimalne vrednosti momenta izračunamo strižno trdnost, kot zasuka pri maksimalnem momentu pa predstavlja kot zloma tal. S stožčastimi konicami (slika 4), ki jih pritiskamo v tla pa merimo specifični upor tal. Pri tem merimo silo, ki je potrebna za prodiranje stožca v tla in pomik stožca. Iz izmerjene sile in površine čelne ploskve stožca izračunamo specifični upor tal na poljubni globini.



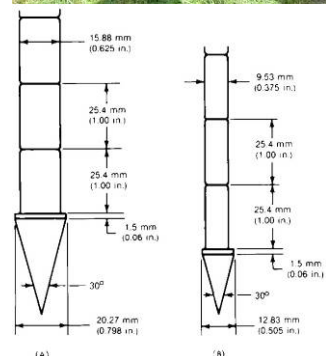
$h = 25 \text{ mm}$ – višina reber
 $r_z = 125 \text{ mm}$ – zunanji radij plošče
 $r_n = 80 \text{ mm}$ – notranji radij plošče

Slika 2: Krožna strižna plošča
Figure 2: Shear annulus



$h = 80 \text{ mm}$ – višina reber sonde
 $r_z = 70 \text{ mm}$ – radij zun. roba krila
 $r_n = 10 \text{ mm}$ – radij notr. roba krila

Slika 3: Krilna sonda
Figure 3: Vane shear probe

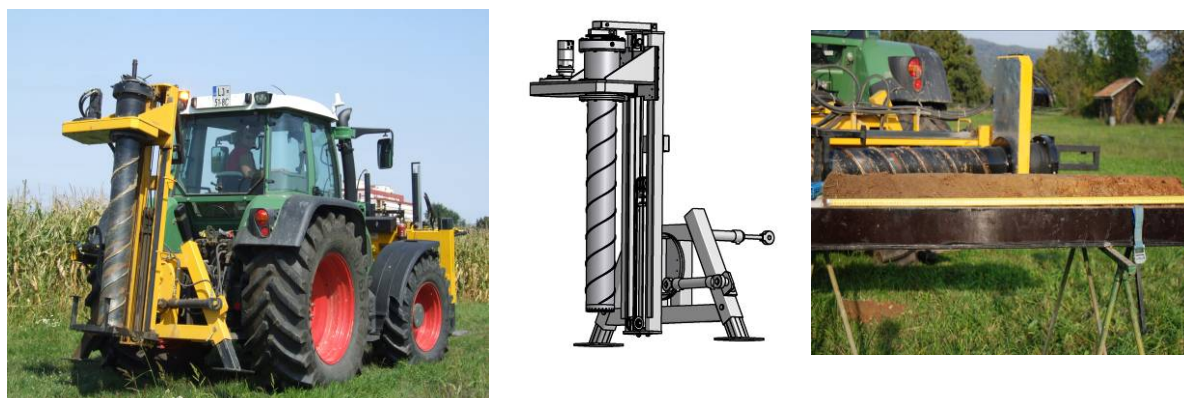


Konica oblike A (ASAE S313.3. 1999)

Slika 4: Penetrometer
Figure 4: Cone penetrometer probe

2.2 Naprava za jemanje neporušenih vzorčnih jeder tal

Za izvajanje morfološkega opisa talnega profila smo razvili in izdelali vrtalnik za jemanje vzorčnih jeder tal premera 20 cm do globine 130 cm (slika 5). Vzorčenje poteka tako, da z vrtalno cevjo zavrtamo v tla, pri čemer se vzorec tal shranjuje v mirujočo cev. Ko dosežemo želeno ali končno globino, izvlečemo vrtalno cev iz tal, zasukamo vrtalno garnituro in izvlečemo cev z vzorcem, ki jo prenesemo v posebno ležišče, v katerem opravimo opis. Morfološki opis tal zajema določitev horizontov, barvo, strukturo, teksturo, količino in vrsto organske snovi, količino in obliko korenin, količino ter vrsto in obliko novotvorb ter količino ter vrsto, obliko in velikost skeleta. Iz vsakega horizonta vzamemo reprezentativni vzorec za standardno pedološko analizo, opravimo meritev pH in določimo obstojnost strukturnih agregatov po metodi Sekere.



Slika 5: Vrtalnik za jemanje neporušenih vzorčnih jeder tal
Figure 5: Device for undisturbed soil core sampling

2.3 Lokacija

Za primerjavo obravnavanih karakteristik smo izbrali dve lokaciji vzorčenj (slika 6). Meritve specifičnega upora in strižne trdnosti tal pri različni intenzivnosti zbijanja so bile opravljene 12.5.2006 v Jabljah na neobdelanih tleh po jesenskem oranju. Vzorčenje in analiza talnega profila na lokaciji Jablje je bila opravljeno 12.10.2007 po spravilu koruze, na lokaciji Rakek pa 7.11.2007 na zorani njivi.



Y,X: 466110, 111246

Y,X : 446639, 74360

Slika 6: Lokaciji obravnavanih vzorčenj
Figure 6: Sampling locations

2.4 Postopek meritev

Za opis talnega profila pa smo z vrtnikom odvzeli po en vzorec na vsaki lokaciji, ob tem pa izvedli meritve specifičnega upora tal in strižne trdnosti po zgoraj opisanem postopku v osmih ponovitvah. Na parceli v Jablah smo v štirih ponovitvah izvedli tlačenje – zbijanje tal z enim, dvema, štirimi in šestnajstimi prehodi traktorja po istih kolesnicah. Skupna masa traktorja je bila 7454 kg, premer prednjih pnevmatik 1,44 m, širina 0,52 m, in tlak polnjenja 1,4 bar. Premer zadnjih pnevmatik 1,83 m, širina 0,63 m in tlak 1,5 bar. Z zgoraj opisano napravo smo izvedli meritve specifičnega upora tal s penetrometrom in strižne trdnosti s krilno sondo na vsaki od kolesnic in na nepovoženi površini med kolesnicama.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Tabela 1: Rezultati analize nekaterih lastnosti tal na izbranih lokacijah

Table 1: Analysis results of some soil properties on selected locations

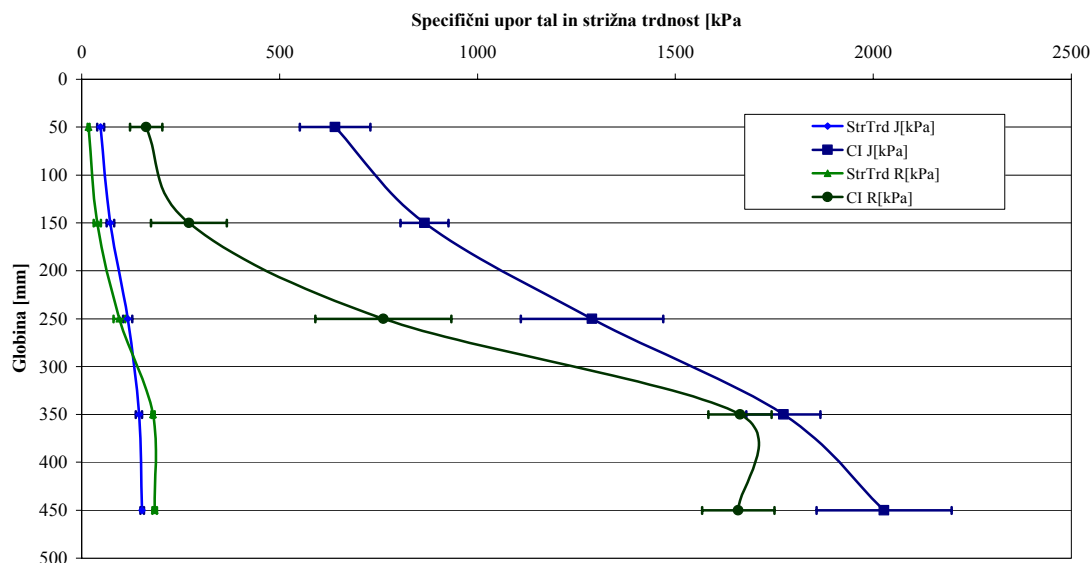
	Horizont	Globina cm	Glina %	Grobi melj %	Fini melj %	Pesek %	Poroznost %	Vlažnost g/100cm ³	Org. snov %
Ob meritvah pri različnih zbitostih lok. Jablje			28,0	15,9	29,1	27	42,09	29,81	
Jablje	Ap	0 - 30	22,0	16,4	25	36,6	29,18	36,14	2,6
	A2	30 - 65	24,4	15,4	24,6	35,6	25,57	34,71	1,6
	AB	65 - 118	23,2	16,0	21,0	39,8	24,29	34,61	1,1
	Gr	118 - 131	22,7	13,1	17,1	47,1	25,39	35,13	1,1
Rakek	Ap	0 - 25	29,6	20,6	41,1	8,6	38,40	45,32	5,1
	A2	25 - 37	30,5	17,6	41,5	10,4	42,53	44,13	4,8
	A/B	37 - 63	42,0	18,3	36,2	3,5	31,78	41,35	2,3
	B1	63 - 94	59,4	8,9	28,8	2,9	28,49	44,41	1,0
	B2	94 - 112	60,6	8,7	23,8	6,9			1,1

Tla v Jablah vsebujejo manj glin in več peska v primerjavi s teksturo tal na lokaciji Rakek. Manjša je tudi poroznost, vsebnost organske snovi in vlažnost. Vlažnost je trenutna spremenljivka, ki je delno odvisna od teksture, poroznosti in organske snovi v tleh, vendar nanjo močno vpliva lokalno vreme. Pričakujemo, da bodo razlike v sestavi tal vplivale tudi na mehanske lastnosti – specifični upor in strižno trdnost tal.

Spreminjanje specifičnega upora in strižne trdnosti skozi profil tal prikazuje slika 7. Specifični upor tal je na lokaciji Jablje po celotni globini večji kot na lokaciji Rakek. Večja razlika je v zgornjih plasteh, v Ap in A2 horizontu, nato pa se razlika zmanjšuje predvsem na račun vpliva plazine, ki je izrazito prisotna na lokaciji Rakek. Tudi strižna trdnost je na lokaciji Jablje do globine 300 mm večja, nato pa se zmanjša v primerjavi z lokacijo Rakek.

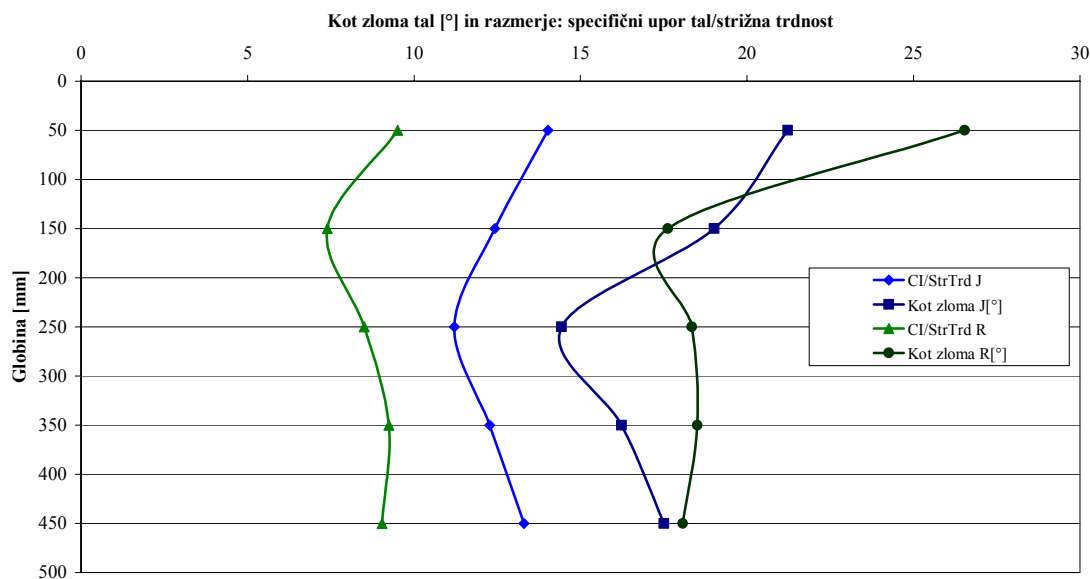
Vzrok temu je manjši delež glin in večji delež peska v spodnjih plasteh tal na lokaciji Jablje. Iz diagrama lahko razberemo tudi, da sta specifični upor tal in strižna trdnost povezana, saj povečanju specifičnega upora sledi povečanje strižne trdnosti. Zanimiv rezultat da primerjava

razmerja med specifičnim uporom tal in strižno trdnostjo na eni strani in kotom zloma tal pri strižnem obremenjevanju na drugi strani, kot lahko vidimo na sliki 8.



Slika 7: Povprečni specifični upor in strižna trdnost s 95 odstotnimi intervali zaupanja skozi profil tal na obravnavanih lokacijah

Figure 7: Average penetration resistance and shear strength with 95% confidence intervals through soil profile on selected locations

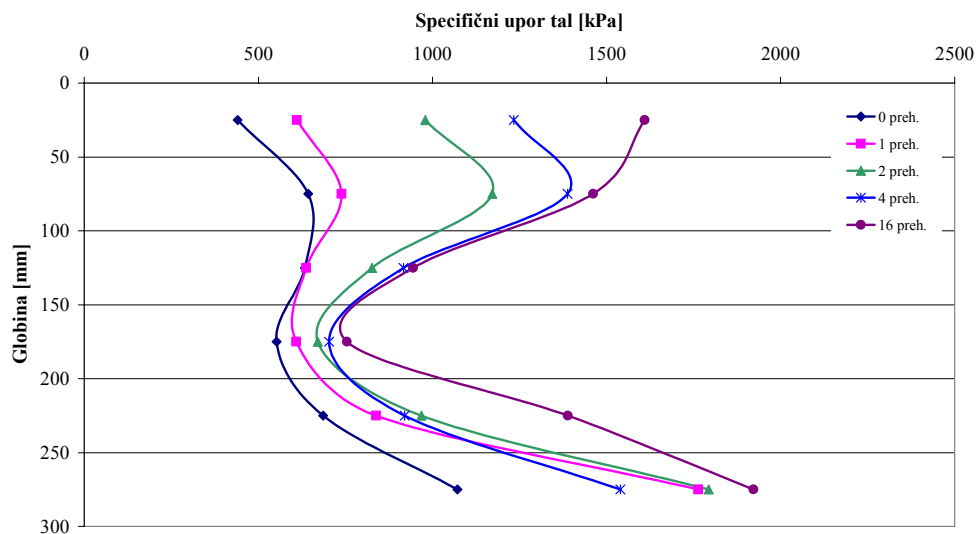


Slika 8. Prikaz kota zloma tal in razmerja med specifičnim uporom tal in strižno trdnostjo skozi profil tal na obravnavanih lokacijah.

Figure 8: Soil break angle and penetration resistance – shear strength quotient through soil profile on selected locations

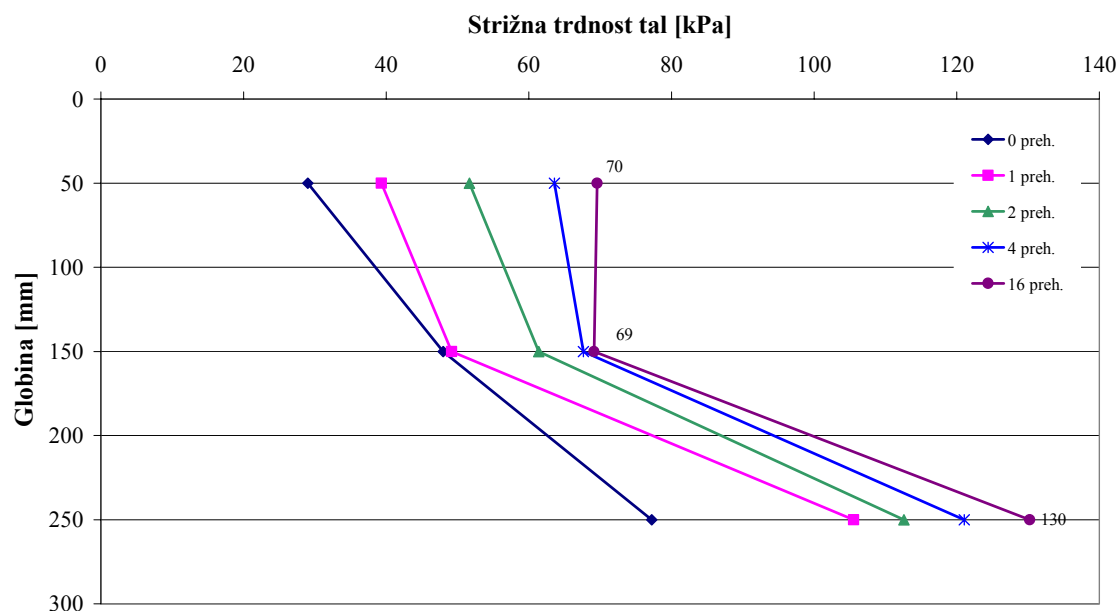
Na posamezni lokaciji krivulja kota zloma sledi obliki krivulje razmerja specifičnega upora tal in strižne trdnosti. Oddaljenost med krivuljama, to je razmerje med eno in drugo obravnavano spremenljivko, pa je med lokacijama različna. Iz tega lahko sklepamo, da

fizikalno kemijske lastnosti vplivajo na povezavo med kotom zloma tal, strižno trdnostjo in specifičnim uporom tal. Kakšen pa je njihov vpliv, je potrebno še raziskati.



Slika 9: Specifični upor tal v različno zbitih tleh
Figure 9: Penetration resistance through different compacted soils

Pri vožnji vozil po neutrjenih tleh se najbolj poveča specifični upor tal na površini pri prvem in drugem prehodu (slika 9). Če vozimo večkrat po istih kolesnicah, pa je vpliv nadaljnjih prehodov na globini okrog 20 cm manjši. Na večjih globinah se specifični upor tal zopet poveča. To povečanje pa je posebno škodljivo, saj je regeneracija zbitega stanja tal na teh globinah počasnejša in težja.



Slika 10: Strižna trdnost skozi profil tal pri različni stopnji zbitosti
Figure 10: Shear strength through different compacted soils

Tudi strižna trdnost tal se s povečano zbitostjo povečuje (slika 10). Najbolj se poveča na površini in v globini pod nivojem obdelave tal. Pri večjem številu prehodov traktorja se strižna trdnost tal približuje maksimumu, ki je odvisen samo še od fizikalno-kemijskih lastnosti in trenutnega stanja tal.

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov meritev lahko sklenemo, da je predstavljena večnamenska naprava za določanje mehanskih lastnosti tal primerno orodje za terenska vzorčenja mehanskih lastnosti tal in njihovo vezavo na porazdelitev horizontov po profilu tal. Kakovost meritev in hitrost pridobivanja rezultatov opravičujejo razvoj naprave za vzorčenje mehanskih lastnosti in sistema za vzorčenje neporušenega talnega vzorca, saj se podatki dopolnjujejo in omogočajo izvajanje kompleksnejših analiz. Na podlagi analize obravnavanih parametrov na dveh lokacijah ugotavljamo, da sta velikost specifičnega upora tal in strižne trdnosti skozi profil tal povezana. Ugotovili smo tudi, da obstaja povezava med razmerjem specifični upor/strižna trdnost in kotom zloma tal pri strižnem obremenjevanju. Od katerih parametrov fizikalno-kemijskih lastnosti je ta zveza odvisna in kakšna je ta odvisnost pa je potrebno še raziskati. Pri večkratnih prehodih vozila po istih kolesnicah se specifični upor tal in strižna trdnost povečujeta, najbolj na površini in pod nivojem obdelave. Največji porast se pojavi po prvih prehodih, potem pa je z vsakim prehodom porast zbitosti manjši.

5 LITERATURA

1. Barrios, M.B., Bozzo, A.A., Debelis, S.P., Pereyra, A.M., Bujan, A., Soil physical properties and root activity in a soybean second crop/maize rotation under direct sowing and conventional tillage.- *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(2006)4, p. 355-362.
2. Pereira, J.O., Defosse, P., Richard, G., Soil susceptibility to compaction by wheeling as a function of some properties of a silty soil as affected by the tillage system.- *European Journal of Soil Science*, 58(2007)1, p. 34-44.
3. Raza, W., Yousaf, S., Niaz, A., Rasheed, M.K., Hussain, I., Subsoil compaction effects on soil properties, nutrient uptake and yield of maize fodder (*Zea mays* L.).- *Pakistan Journal of Botany*, 37(2005)4, p. 933-940.
4. Gelder, B.K., Cruse, R.M., Zhang, X.Y., Comparison of track and tire effects of planter tractors on corn yield and soil properties.- *Transactions ASABE*, 50(2007)2, p. 365-370.
5. Lipiec, J., Hatano, R., Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth.- *Geoderma*, 116(2003)1-2, p. 107-136.
6. Vaz, C.M.P., Bassoi, L.H., Hopmans, J.W., Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe.- *Soil and Tillage Research*, 60(2001)1-2, p. 35-42.
7. Domsch, H., Ehlert, D., Giebel, A., Witzke, K., J.Boess, Evaluation of the soil penetration resistance along a transect to determine the loosening depth.- *Precision Agriculture*, 7(2006), p. 309-326.
8. Motavalli, P.P., Anderson, S.H., Pengthamkeerati, P., Gantzer, C.J., Use of soil cone penetrometers to detect the effects of compaction and organic amendments in claypan soils.- *Soil and Tillage Research*, 74(2003)2, p. 103-114.
9. Boon, N.E., Yahya, A., Kheiralla, A.F., Wee, B.S., Gew, S.K., Tractor-mounted, automated soil penetrometer-shearometer unit for mapping soil mechanical properties.- *Biosystems Engineering*, 90(2005)4, p. 381-396.
10. Wong, J.Y., *Terramechanics and Off-Road Vehicles*. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, Elsevier, 1989, 251 p.
11. Zimbone, S.M., Vickers, A., Morgan, R.P.C., Vella, P., Field investigations of different techniques for measuring surface soil shear strength.- *Soil Technology*, 9(1996)1-2, p. 101-111.