

EESTI MITTEHARITAVATE KÕLVIKUTE AUTOMORFSETE JA POOLHÜDROMORFSETE MULDADE STRUKTUURSUSEST

R. Kask, Ü. Jõgi

SUMMARY: *On the aggregation of the automorphic and semihydromorphic soils of Estonian nonarable lands. The A_{org} horizon (epipedon) of the automorphic and semihydromorphic soils studied contains up to 32% organic matter ($1.72 C_{org}$). Their content of clay (<0.01 mm) ranges from 6...70%. The correlation of the basic structural characteristics of the epipedon with its organic matter and clay contents can be expressed by the following equations:*

$$A_{ma} = 91.7 + 0.23fs - 0.96hu; R = 0.66$$

$$A_{v > 0.1} = 32.3 + 0.93fs + 0.61hu; R = 0.62$$

$$A_{v > 0.25} = 47.4 + 1.00fs + 0.28hu; R = 71$$

$$K_{dis} = -0.27 + 0.07fs; r = 0.71$$

$$K_{agr} = 11,5 + 0.22hu + 0.61fs; R = 0.85$$

where $A_{v > 0.1}$ – % of water-stable macroaggregates with a diameter over 0.1 mm;

$A_{v > 0.25}$ – % of water-stable macroaggregates with a diameter over 0.25 mm;

K_{dis} – the Beaver-Roades coefficient of microaggregate dispersion;

K_{agr} – degree of aggregation after Beaver and Roades;

hu – $1.72 C_{org}$ (%);

fs – granulometric fraction < 0.01 mm, %.

For all soils the water stability of microaggregates is the lower the deeper down we get from the A_{org} horizon. The rest of the characteristics change mainly alongside the granulometric composition of the soils. Another important factor is the change of the content of non-silicate iron. In the eluvial horizon (A_2 or E) aggregation decreases as the clay and non-silicate iron are washed out, whereas in the illuvial horizon aggregation, on the contrary, increases. In the B-horizon of sod-calcareous soils aggregation may even surpass that of the A_1 -horizon. In the gleyed and gley horizons the aggregation of soils decreases. As for the aggregation of the Gox-horizon it depends on its content of hydrogenically accumulated non-silicate iron.

Mullastiku uurimisel ja muldade agrofüüsikalise seisundi hindamisel on seni Eestis tähelepanu pööratud peamiselt mulla struktuuri tüübile, see tähendab mullaosakeste ruumilisele korraldusele mullamassis, ehk teisisõnu mullamassi ülesehitusele selle tahketest osakestest. See ilmneb mullamassi lagunemisel (kaevamisel, harimisel) agregaatideks nende suurusel ja kujus. Mulla struktuuri tüüpe on Eestis eristatud S. Zahharovi järgi (Mullateadus, 1962): pankjas, tompjas, pähkeljas, teraline jne.

Mulla struktuuri omapära seostub põhiosas mulla tüpoloogilise klassifikatsiooni ühikutega. Eesti muldade lühidiagnostikas (Kask, 1988; Kõlli, Lemetti, 1999) on erinevate muldade struktuuri võimalikud tüübid geneetiliste horisontide kaupa ära toodud. Võib öelda, et Eesti muldade struktuur (tüübilt) ei erine samanimeliste muldade omast naaberladel. Uurimistulemused selles valdkonnas mujalt pakuvad teaduslikku huvi ka Eestis.

Mõistega *mulla struktuur* seostub mõiste *struktuursus* e. *sõmeralisus*, e. *agregaatsioon*. See on agregaatideks e. sõmerateks liitunud ja kaevamisel, harimisel jm. viisil töötlemisel erineva suurusel agregaatideks laguneva mullamassi osakaalu näitaja. Mulla struktuursust ja selle sõltuvust maakasutusest on Eestis uurinud E. Reppo (1962–1965) ja Ü. Jõgi (1992^{a-d}).

Nendest tuleb eriti esile tõsta E. Reppet, kes Põhja-Eesti kamar-karbonaat- ja soostunud kamarmuldade struktuuri uurimismaterjalide alusel koostas ja kaitses põllumajandusteaduste kandidaadi väitekirja (Reppo, 1965). Kahjuks jäi see ulatuslik materjal autori poolt trüki (põhiliselt) avaldamata. Teda köitsid uued, teaduses enne teda tundmatud võimalused muldade

taimekasvatustlike omaduste ja seisundite hindamiseks – idandite reageerimise, põhiliselt gutatsiooni intensiivsuse järgi.¹

E. Reppo uurimusi mulla struktuuri alal jätkas aastakümneid hiljem kõikide vabariigi põhiliste muldade struktuursuse iseloomustamiseks Ü. Jõgi.

Käesolevas artiklis on sellest uurimisest vaatluse all mulla struktuursus mitteharitavatel kõlvikutel, s.o. metsas ja rohumaal (järgnevalt võetakse vaatluse alla mulla struktuursus haritaval maal).

Uurimisobjekt ja meetodika

Mulla makrostruktuursuse iseloomustamiseks võeti mullaproovid põhiliselt katenaarsetelt mullakooslustelt, mis olid juba varem mitmekülgselt uuritud ja vastav materjal trükis avaldatud. Seepärast ei esitata siinkohal uuritud muldade üksikasjalikku iseloomustust, näidatakse vaid mulla nimetus, horisont, proovi sügavus, füüsikalise savi (fraktsiooni <0,01 mm) ja orgaanilise aine (1,72 C_{org}) sisaldus. Täiendavat informatsiooni katenaarsete mullakoosluste ja uuritud muldade kohta võib leida järgmistest Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi (EMMTUI) teaduslike tööde kogumikest: I – katenaarse mullakoosluse kohta kogumikust LVII, Kask, Heinsalu, Niine, 1985; II – kogumikust LXV, Kask, Heinsalu, 1989^a; III – kogumikust LXVIII, Kask, Heinsalu, 1991; IV – katenaarse koosluse muldade uurimisandmed on trükis avaldamata. Sama kehtib enamiku üksiknäidete kohta. Erandiks on profiilid 18 (1219) ja 20 (1398), mille granulomeetrisest ja keemilisest koostisest ning agrokeemilistest omadustest on üksikasjalik ülevaade trükis avaldatud (Kask, Heinsalu, 1989^b, 1989^c).

Mulla mikrostruktuursuse uurimise objektiks olnud mullad ei ole kõik samadest kohtadest, kust pärinevad makroagregaatsuse uurimiseks võetud proovid. Uurimistulemused esitatakse klassifikatsiooniliste ühikute järjestuses.

Laboratoorsed uurimised. Mulla kuivisõelumine makroagregaatse koostise määramiseks tehti Savvinovi järgi, kasutades 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, ja 0,25 mm läbimõelduga avadega sõelu. Makroagregaatide veele vastupidavus määrati Savvinovi meetodika Veršinini ja Revuti modifikatsiooni (Vadjunina, Kortšagina, 1986) järgi. Kasutati sõelu, mille läbimõõt oli 20 cm ja ava suurus 3, 2, 1 ja 0,25 mm.

Mulla mikrostruktuursuse määras H. Hussar N. Katšinski ja granulomeetriselise koostise Dolgovi järgi, huumusesisalduse määras E. Tammemägi I. Tjurini järgi.

Uurimistulemused

Makrostruktuursus. Struktuuriagregaadid eraldatuna fraktsioonideks Savvinovi (Veršinini ja Revuti modifikatsiooni) järgi kujutavad endast liitunud granulomeetriseliste (meaaniliste) osakeste kogumikke, mis mullamassi laboratoorsel murendamisel (näppude vahel) moodustuvad. Sõltuvalt näpu survest mullamassile on selle lagunemine struktuuriagregaatideks erinev. Et tagada andmete võrreldavus, peab uuritavaid muldi murendama ühesuguse survega mullamassile. Sellega aga tekib võrreldamatus teises plaanis – liiv- ja saviliivmulla mass laguneb granulomeetriseliseks algüksusteks ja mikroagregaatideks kerge näpusurve mõjul mullamassile. Raske lõimisega mulla mass ei murene samasuguse surve puhul kogu ulatuses samale tasemele. Osa, sageli suurem osa moodustunud agregaatidest kujutab endast liitunud mikroagregaatide kogumikke, mis survet suurendades edasi lagunevad väiksemateks.

Makrostruktuursuse määramisel murendatakse mulla massi (laboratoorsel analüüsil) vaatamata mulla lõimisele ühesuguse survega. Seetõttu ei ole erinevate muldade samamõõtmelised makroagregaadid oma loomuselt, nagu ka vastavalt meaanilisele survele, ühesugused. Eeltoodut on vaja arvestada tabelis 1 esitatud andmete uurimisel.

Tabelis 1 toodud mitmesuguste muldade makroagregaatideks jagunemise näidetest pälvib kõigepealt tähelepanu makroagregaatideks agregeerunud mullamassi osakaal mullas tervikuna (lahter 12). Uuritud muldades on see 13...99% vahemikus. Väikseim on see leedemulla A₂-(E-) horisondis (profiil 13), sellele järgnevad liivalõimisega gleistunud kamar-leetmuld (profiil 14) ja kamar-leet-gleimuld (profiil 15), saviliivlõimisega kamar-leetmullad (profiilid 12 ja

¹ E. Reppo on sellealase uurimissuuna rajajaks. Seitse tema uurimust on tunnistanud leiutiseks, mille kohta on välja antud autoritunnistused (Kask, Heinsalu, 1992).

20). Liivsavi- ja savilõimisega kamar-karbonaatmuldade ja soostunud kamarmuldade kogu mullamassist on üle 90% agregeerunud agregaatideks läbimõõduga üle 0,25 mm.

E. Reppo (1965) uurimiste järgi moodustavad üle 0,25 mm läbimõõduga agregaadid kamar-karbonaatmuldade huumushorisondis metsades 93,8% (n=17) ja looduslikel rohumaadel 91,7% kogu horisondi peenese massist.

Samanimelised mullad erinevates kooslustes on mullamassi agregeerumise suhtes lähedased. Nii on rähkmulla makroagregaatsioon (lahter 12) I, II ja III koosluses A_1 -horisondi osas vastavalt 97, 95, 92% (esimesed kaks on pärit rohumaadelt). Sama kehtib ka soostunud kamarmuldade (gleistunud ja gleimuldade kohta).

Arvestamata mulla liiki seostub A_1 - ja AT-horisondi (koos vaadatuna) agregeerunud mullamassi osakaal eeskätt füüsikalise savi ja mulla orgaanilise aine sisaldusega. Uuritud muldade kogumis iseloomustas seda seost võrrand 1 (n=36)

$$A_{ma} = 91,7 + 0,23f_s - 0,96h_u; R = 0,66 \quad (1)$$

kus A_{ma} – makroagregaatide osakaal mullamassist %,
 f_s – füüsikaline savi %,
 h_u – orgaaniline aine %.

Füüsikalise savi mõju makroagregaatsusele on siin positiivne, orgaanilise aine mõju negatiivne. Orgaanilise aine negatiivne mõju mulla agregaatsusele A_{org} -horisondi piires on antud juhul seletatav turvasjate muldade osalusega uuritud muldade grupis. Automorfsetes muldades on sama näitaja positiivse mõjuga.

Oluliselt erineb makroagregaatide suurusjaotus fraktsiooniti. Seda ka juhul, kui võrreldavad mullad on agregeerunud mullamassi osakaalult lähedased. Analüüsi andmetest ilmneb, et selleski etendab mõjutegurina juhtivat osa mulla lõimis, füüsikalise savi osakaal mullas. Lõimiselt raskemates muldades või nende horisontides on üldiselt suurem suuremõõtmeliste agregaatide, kergemates muldades aga keskmiste ja väikesemõõtmeliste agregaatide osakaal.

Mulla geneetilised horisondid erinevad rea omaduste ja režiimide poolest, mis otseselt või kaudselt mõjutavad mulla agregaatsust. Organo-akumulatiivsetes (A_{org}) horisontides on agregeerumist soodustavaks teguriks orgaaniliste sideainete (huumusainete) rohkus võrreldes allasuvate horisontidega. Sama kehtib ka taimejuurte ja mikroorganismide toime kohta, mis on loomulikult mõjusamad just kamardunud pindmistes kihtides.

Eeltoodu alusel võinuks eeldada, et A_{org} -horisondi makroagregaatsioon selgelt eristuks allasuvate horisontide omast. Paraku kõikjal see nii ei ole. Toimivad ka teised tegurid, mis varjutavad orgaanilise aine mõju. A_{org} -horisondi suurem makroagregaatsioon (tabel 1, lahter 12) võrreldes allasuvatega tuleb selgelt esile vaid leetunud muldades (profiilid 13, 14, 15), mille mineraalosa lõimis võrreldavates horisontides on lähedane. Muldades, kus A_{org} -horisonidile järgneb vahetult B-horison (rähkmullad, leostunud mullad), ei kaasne sellega makrostruktuursuses olulisi muutusi. Orgaaniliste sideainete, juurte ja mikroorganismide mõju vähendamise B-horisondis tasandab tõenäoliselt mineraalsete sideainete, s.o. ibeosakeste ning kristalliseerunud mittesilikaatse raua sisalduse suurenemine selles horisondis (Kask, Josua, 1982, 1985).

Soostunud kamarmuldades järgneb A_{org} -horisondile B_g või G-horison. Mulla makroagregaatsioon sellega oluliselt ei muutu (lahter 12). Nähtus on seletatav mineraalsete sideainete (ibeosakeste) osakaalu olulise suurenemisega uuritud muldade B_g - ja G-horisonides. Loomulikult on makroagregaadid, eraldatuna kuivõlumise menetlusel, oma loomuselt võrreldes eespool vaadeldud horisontide omaga erinevad. Struktuuriagregaatidena esinevad siin suures osas ka ibeosakestega kuivamisel kokkukleepunud mullaosakeste kogumid, mida eristatakse kui pseudoagregaate.

Mulla agrofüüsikalise seisundi hindamisel pälviv eeskätt tähelepanu A_{org} -horisondi struktuursus. Selle horisondi orgaaniline aine ($1,72 C_{org}$) on oma loomult suurtes piirides erinev: see võib koosneda põhiliselt humifitseerunud orgaanilisest ainest (huumushorisondis, A_1), suure osas poollagunenud orgaanilisest ainest (turvasjas kamarhorisondis, AT) või põhiliselt humifitseerumata orgaanilisest ainest (turvastunud, TA, või turba horisonidina T). Seepärast ei ole ühe ühiku orgaanilise aine mõju A_{org} -horisondi struktuursusele ühesugune. Niisama ei ole struktuursuse mõju erinevate muldade õhu- ja veerežiimi mõjutajana samaväärne.

Tabel 1. Näiteid mulla makroagregaatsusest
Table 1. Examples of the macroaggregation of soils

Horisont ja sügavus, cm <i>Horizon and depth of sample, cm</i>	Savi <0,01 mm, % <i>Clay <0.01 mm, %</i>	1,72 Corg %	Struktuuriagregaatide fraktsioonide (mm) osalus, % <i>Proportion of the macroaggregate fractions (mm), %</i>									SK *	Vastupidavus veele, % <i>Water stability, %</i>	
			<7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	>0,25		>1mm	>0,25mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

I. Rähk ja soostunud kamarmuldade katenaarne kooslus Saku lähedal, looduslik rohumaa
I. Catenary association of sod-calcareous and half-bog soddy soils, near Saku, natural grassland

Profiil 1 (1211). Rähkmuld / *Typical sod-calcareous soil*

A ₁	0-10	22,6	5,2	20,0	13,5	15,3	14,1	18,1	12,5	3,8	2,7	97	3,4	70	76
	10-30	23,5	3,5	14,9	15,7	20,2	18,7	18,9	4,3	3,7	3,6	96	4,4	71	82
BC	30-50	19,7	1,5	10,7	11,8	16,7	15,2	19,8	9,6	7,7	8,6	91	4,2	46	62

Profiil 2 (1212). Gleistunud rähkmuld / *Gleyed sod-calcareous soil*

A ₁	0-10	27,0	5,2	20,3	17,2	18,7	17,7	16,5	0,8	5,6	3,2	97	3,3	66	76
	10-25	24,1	2,8	11,2	14,3	20,1	18,9	19,2	6,9	4,4	5,2	95	5,1	37	58
B _g	25-35	24,9	1,6	15,3	9,9	17,4	25,1	21,6	3,2	2,9	4,6	95	4,0	16	32

Profiil 3 (1213). Karbonaatne kamar-gleimuld / *Soddy gley soil on calcareous moraine*

A ₁	0-10	24,4	8,8	20,0	13,5	15,3	14,1	18,1	12,5	3,8	2,7	97	3,4	70	77
	10-30	18,7	4,7	14,9	15,7	20,2	18,7	18,9	4,3	3,7	3,6	96	4,4	71	82
G _{ox}	30-40	22,9	-	14,3	10,4	15,7	16,5	23,4	9,4	4,8	5,4	95	4,1	55	70

Profiil 4 (1218). Karbonaatne turvasjas gleimuld / *Peaty soddy gley soil on calcareous moraine*

AT	0-10	26,2	17,6	19,8	14,9	20,8	19,9	14,7	4,6	2,5	2,7	97	3,4	83	89
	10-25	19,9	7,2	21,8	17,8	20,5	17,5	15,9	2,4	2,6	1,7	98	3,3	86	98
G _{ox}	25-35	28,0	-	31,5	19,7	19,2	14,4	9,4	2,8	1,0	2,0	98	2,0	23	28

Tabeli 1 järg / Table 1 continue

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Profiil 5 (1217). Turvastunud gleimuld / <i>Peaty gley soil on calcareous moraine</i>																
T	0–10	–	45,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
AT	10–25	28,6	31,9	19,4	11,2	20,2	18,0	15,9	4,3	3,5	7,6	42	2,7	56	70	
G _{ox}	35–45	20,8	–	22,8	14,1	17,3	13,0	13,4	5,7	7,0	6,7	93	2,4	8	64	
II. Rähk- ja soostunud kamarmuldade katenaarne kooslus Kullamaa lähedal II. <i>Catenary sod-calcareous and half-bog soddy soils, near Kullamaa</i>																
Profiil 6 (1388). Rähkmuld / <i>Typical sod-calcareous soil on grey moraine</i>																
A ₁	0–20	33,5	4,0	18,7	15,3	20,1	13,9	22,3	0,9	3,5	5,3	95	3,2			
Profiil 7 (1389). Gleistunud rähkmuld / <i>Gleyed sod-calcareous soil on moraine</i>																
A ₁	0–20	32,2	3,2	20,8	15,9	18,7	11,4	20,2	1,4	5,4	6,3	94	2,7			
Profiil 8 (1390). Küllastunud kamar-gleimuld liustikujärve setetel / <i>Base-saturated soddy-gley soil on glaciolacustrine sediments</i>																
A ₁	0–20	52,0	4,9	55,8	16,5	12,9	5,7	5,9	0,7	11,4	1,2	99	0,8			
	20–30	53,5	3,3	26,7	15,0	20,1	13,5	16,6	0,9	4,4	3,8	96	2,3			
Profiil 9 (1391). Küllastunud kamar-gleimuld liustikujärve setetel / <i>Base-saturated soddy-gley soil on glaciolacustrine sediments</i>																
A ₁	0–20	73,1	7,9	36,8	21,1	19,5	8,2	10,4	0,6	1,8	1,9	98	1,6			
	20–34	70,0	3,3	64,8	13,1	11,5	4,6	4,4	0,5	0,6	0,6	99	0,5			
III. Kamar-karbonaatmuldade katenaarne kooslus hallil moreenil Väike-Maarja lähedal, mets III. <i>Catenary association of sod-calcareous soils on grey moraine, near Väike-Maarja, forest</i>																
Profiil 10 (1431). Rähkmuld / <i>Typical sod-calcareous soil</i>																
A ₁	3–18	2,60	4,1	13,8	8,3	15,9	19,2	18,2	8,8	7,4	8,4	92	3,5	39	53	
Profiil 11 (1430). Leostunud kamar-karbonaatmuld / <i>Leached sod-calcareous soil</i>																
A ₁	1–7	28,6	4,3	12,8	11,7	21,8	17,4	16,6	6,0	6,0	5,8	94	4,3	66	78	
	10–20	29,1	2,9	10,2	17,8	21,3	16,9	17,0	4,7	5,5	6,7	93	4,9	55	68	

Tabeli 1 järg / Table 1 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B	20–30	28,1	0,8	18,0	15,7	18,8	16,4	16,5	4,3	4,5	5,8	94	3,2	35	59
	40–50	22,5	–	9,9	7,9	9,9	17,1	17,6	18,5	10,4	8,7	91	4,4	5	18
Profiil 12 (1432). Leetjas kamar-karbonaatmuld / <i>Podzolized sod-calcareous soil</i>															
A ₁	2–10	24,0	3,6	9,2	10,5	16,1	18,8	18,3	7,3	8,5	11,1	89	3,9	51	71
	15–25	24,7	2,2	13,5	10,3	13,9	13,9	20,6	9,3	8,0	10,5	89	3,3		
A ₂ B	30–40	21,5	1,0	14,3	12,9	15,6	17,0	20,4	7,3	8,3	4,1	96	4,4	20	51
Profiil 13 (1434). Nõrgalt ülagleistunud kamar-leetmuld / <i>Slightly surfacewater gleyed sod-podzolic soil</i>															
A ¹	2–25	15,8	2,8	8,7	6,8	7,5	15,1	18,6	14,7	11,1	17,6	88	2,8	44	66
A ₂ B _g	28–46	14,6	0,7	13,3	7,5	12,8	10,5	14,4	8,7	7,1	25,7	74	1,6	16	46
A ₂ B _g	48–66	14,8	–	15,8	10	12,6	12	13,9	4	11,6	20,8	79	1,8	19	39

IV. Soostunud leetmuldade katenaarne kooslus meresetelisel liival Saku lähedal

IV. *Catenary association of half-bog soddy podzolic soils on sandy marine sediments, near Saku*

Profiil 14 (1546). Gleistunud kamar-leetmuld / <i>Gleyed sod-podzolic soil</i>															
A ₁	3–12	5,7	2,4	10,1	2,2	7,3	11,1	11,5	3,0	30,2	24,5	75	1,9	14	30
A ₂	20–30	2,5	0,3	0,6	0,5	0,6	0,5	16,8	27,5	15,5	8,1	62	1,0	0,2	25
B _g	45–55	1,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	22,8	13,9	36,4	26,8	73	2,7	0,1	19
B _g		1,1	–	0,0	0,0	0,0	0,1	2,6	9,9	42,9	44,5	55	1,3	1,7	19
Profiil 15 (1545). Kamar-leet-gleimuld / <i>Soddy gley-podzolic soil</i>															
A ₁	5–15	10,5	5,0	15,7	11,8	20,8	14,9	18,0	0,8	6,6	11,4	89	2,7	60	71
A ₂	35–45	2,9	0,2	7,5	3,0	3,4	1,6	1,9	2,4	39,6	40,4	60	1,1	8	21
B _h	60–70	2,3	0,5	18,9	7,1	7,1	4,2	11,8	3,6	23,6	24,4	76	1,3	9	20

Tabeli 1 järg / Table 1 continue

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

V. Üksiknäited
V. Single examples

Profiil 16 (1537). Küllastunud kamar-gleimuld liustikujärve ja meresetetal Saku lähedal / *Base-saturated soddy gley soil on glaciolacustrine and marine sediments, near Saku*

A ₁	0–10	38,5	16,8	9,2	8,2	20,5	17,9	25,0	6,8	6,7	5,7	94	5,7	77	88
	10–20	39,4	16,0	11,8	10,7	28,1	19,3	19,6	2,1	4,4	4,1	96	5,3	84	94
	20–26	36,3	6,9	2,8	15,4	18,0	14,4	19,3	3,4	4,2	3,6	96	2,9	74	89
I G	30–60	59,0	3,5	26,2	17,1	21,8	13,7	14,3	2,5	2,3	2,0	48	2,5	60	74
II G	67–70	62,2	0,7	38,2	24,9	20,0	7,9	6,5	0,9	0,8	0,7	99	1,6	73	86

Profiil 17 (1536). Süvagleistunud lammi-kamarmuld Keila jõe lammil, Üksnurme (Saku) lähedal / *Groundwater gleyed soddy alluvial soil on high-water bed of the river Keila*

A ₁	1–10	37,7	11,8	3,4	6,1	21,4	19,9	29,4	4,4	7,7	7,7	98	7,9	71	90
	10–20	36,4	6,9	12,1	11,5	19,4	17,1	23,1	4,1	6,0	6,8	93	4,3	73	87
	35–45	45,0	2,7	23,4	13,7	19,4	14,3	18,9	3,8	3,6	3,0	97	2,8	69	90

Profiil 18 (1219). Lammi-kamarmuld Kasari lammil Kirbla lähedal / *Soddy alluvial soil on high-water bed of the river Kasari near Kirbla*

A ₁	0–10	40,4	8,7	13,5	15,5	22,7	14,5	23,2	0,8	3,5	6,4	96	4,0		
	10–20	37,5	5,2	14,3	19,6	24,3	15,8	17,1	0,8	3,2	4,6	95	4,2		
	20–40	40,8	4,0	12,3	17,4	26,7	18,0	17,9	0,6	2,6	4,4	96	5,0		
	40–60	36,7	1,7	16,6	19,4	24,2	18,0	16,0	0,8	2,3	2,8	97	4,2		
	60–80	44,8	1,9	23,7	22,7	26,4	13,4	10,8	0,6	1,2	1,2	98	3,0		

Profiil 19 (1421). Leedemuld Saku lähedal liustikujärve liival / *Typical podzolic soil on sandy glaciofluvial sediments near Saku*

A ₀	0–3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A ₂	3–10	2,3	0,6	0,0	0,2	0,2	1,0	3,8	5,6	2,3	86,9	13	0,2		
B	30–35	2,7	1,3	0,0	0,0	0,2	0,3	5,6	2,5	6,9	84,5	15	0,2		

Tabeli 1 järg / Table 1 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Profiil 20 (1398). Kamar-leetmuld hallil moreenil Kaarepere lähedal / <i>Sod-podzolic soil on grey moraine near Kaarepere</i>															
A ₁	1–17	20,5	2,5	8,1	8,9	14,6	15,2	16,8	8,8	12,5	15,1	85	3,3	43	62
A ₂ `	18–30	20,1	1,3	9,9	8,1	12,1	11,8	17,6	10,6	15,4	14,5	85	3,1	19	50
A ₂ ``	50–55	14,9	–	14,0	9,0	11,9	10,9	18,0	7,0	14,2	15,0	85	2,4	7	29
B	55–75	25,2	–	26,1	14,2	16,3	13,0	16,1	7,0	3,8	3,5	97	2,4	5	31
Profiil 21 (1509). Kamar-leetmuld punakaspruunil moreenil Õisu lähedal / <i>Sod-podzolic soil on reddish-brown moraine near Õisu</i>															
A ₁	5–15	24,8	3,5	14,0	11,5	21,5	12,4	19,1	3,2	5,2		87	2,7		
A ₂	35–45	24,4	–	22,8	16,6	19,0	9,6	14,4	3,2	9,3	5,1	95	2,7		
B	55–65	27,9	–	25,2	20,1	23,3	12,6	11,2	2,6	1,3	3,7	96	2,5		
Profiil 22 (1552). Küllastunud kamar-gleimuld liustikujärve ja mere setetel Rumba lähedal / <i>Soddy gley soil on glaciolacustrine and marine sediments near Rumba</i>															
A ₁	0–15	45,5	–	22,4	15,8	22,5	15,9	17,3	0,5	2,4	3,2	97	2,9		
	15–25	47,2	–	41,1	18,0	17,1	10,4	9,9	0,6	1,5	1,5	98	1,4		

* SK – struktuursuskoeffitsient = $(a - b) / a \times 100$, kus a – agregaadid läbimõõduga 0,25 – 7 mm, b – läbimõõduga >7 mm + < 0,25 mm

* SK – structural coefficient = $(a - b) / 100$, where a – aggregate with diameter 0.25 – 7 mm, b – with a diameter of >7mm + 0.25 mm

A_{org} -horisoni struktuursust mõjutavad teistest rohkem mullavälised tegurid. Mitteharitavatel kõlvikutel langevad ära mulla harimisega seotud mõjutegurid. Ometi ei saa eitada inimtegevuse mõju ka siin. Looduslikud rohumaad, eriti karjamaad, on rohkem tallatavad kui metsad. Nähtavasti sellega saab (vähemalt osaliselt) seletada seda, miks I katenaarsus koosluses (segakasutusega looduslik rohumaad) huumushorisonis (A_1) on esindatud ülekaalukamalt jämedamad fraktsioonid, ja seda eriti horisoni pindmises osas (profiilid 1–3). III koosluse (metsas) muldade huumushorisonis on suurema osakaaluga esindatud aga keskmise läbimõõduga (5...3 ja 3...2 mm) agregaatide fraktsioonid.

Struktuursuskoefitsient. Mulla struktuursuse hindamisel on aluseks fraktsioonide 7–5, 5–3, 3–2, 2–1, 1–0,5, 0,5–0,25 mm kogumassi protsent mulla peenese massis, väljendatuna struktuursuskoefitsiendina, SK (tabel 1, lahter 13). Mida suurem on SK seda soodsam on mulla füüsikaline seisund. Uuritud muldades kõigub SK, vahet tegemata horisontidel, 0,2–5,7 vahemikus.

SK on muldade agrofüüsikaliste omaduste uurimisel laialdaselt kasutatav ja tuntud karakteristik. Mulla õhu- ja veerežiimi seisukohalt loetakse soodsamaks makroagregaatide läbimõõduga 0,25–7 mm. Ja ometi tuleb rõhutada, et see näitaja eraldi vaadatuna võib osutada desorienteerivaks. Nii näiteks leedemulla (profiil 8) B-horisoni (liiv) SK on 0,2, küllastunud kamarmulla (profiil 9) sama sügavusega kihi SK – 0,5 (praktiliselt võrdsed). Esimeses mullas on makroagregaatideks agregeerunud vaid 13%, teisel 99% kogu mullamassist. Esimese mulla SK määramisel osutus määravaks makroagregaatideks agregeerunud mullamassi vähesus, teisel väga tugev makroagregaatideks agregeerumine, agregeerumine mõõdeteni, mida kokkuleppeliselt loetakse enam mittedoodsaks. Selle tõttu osaleb fraktsioon >7 mm SK arvutamisel (valemis) samas rollis kui fraktsioon <0,25 mm. Mulla füüsikalise seisundi hindamisel ja parandamise võtete valikul omab küsimus, kas madal SK on tingitud mullamassi nõrgast või liigest agregeerumisest, olulist tähtsust. Seepärast ei oma SK erinevate muldade füüsikalise seisundi hindamisel iseseisvat tähtsust. Küll on see oluline maakasutuse ja eeskätt mullaharimise mõju hindamisel mulla struktuursusele sama mullaerimi (põllu) piires.

Makroagregaatide vastupidavus veele. Olulisemad on kahe fraktsiooni – üle 1 mm ja üle 0,25 mm läbimõõduga makroagregaatide vastupidavus veele. Tabelis 1 toodud näidetes (lahtrid 14 ja 15) on A_{org} -horisoni osas suurima vastupidavusega turvasja gleimulla (profiil 4) kamarhorisoni makroagregaadid: uuritud kahe fraktsiooni (>1 ja >0,25 mm) agregaatidest osutusid veekindlateks vastavalt 83 ja 89%.

E. Reppo (1965) uurimustest selgus, et kamar-karbonaat- ja soostunud kamarmuldade huumushorisonis osutuvad üle 0,25 mm läbimõõduga agregaatidest veekindlateks metsas 86,6% (n=32) ja rohumaal 85,4% (n=88).

Väikese vastupidavusega vee toimele on gleistunud liivmulla (profiil 14) agregaadid, veekindlateks osutus vastavalt 14 ja 30% makroagregaatidest.

A_{org} -horisoni makroagregaatide veekindluse erinevused uuritud muldade grupis seostuvad füüsikalise savi osakaaluga (lõimisega) ja orgaanilise aine sisaldusega (võrrandid 2–7; n=27).

$$A_{v>1,0} = 33,2 + 1,08fs; r = 0,59 \quad (2)$$

$$A_{v>1,0} = 52,3 + 1,10hu; r = 0,40 \quad (3)$$

$$A_{v>1,0} = 32,3 + 0,93fs + 0,61hu; R = 0,62 \quad (4)$$

$$A_{v>0,25} = 47,8 + 1,97fs; r = 0,70 \quad (5)$$

$$A_{v>0,25} = 68,9 + 0,84hu; r = 0,35 \quad (6)$$

$$A_{v>0,25} = 47,4 + 1,003fs + 0,28hu; R = 0,71, \quad (7)$$

kus A_v on veele vastupidavate üle 0,15 mm läbimõõduga makroagregaatide osakaal %,

$A_{v>1,0}$ – veele vastupidavate üle 1,0 mm läbimõõduga makroagregaatide osakaal %.

Kamar-karbonaat- ja soostunud kamarmullad kui lõimiselt raskemad ja orgaanilise aine rikkamad võrreldes kamar-leet- ja soostunud kamar-leetmuldadega (Kask, 1975; Eesti..., 1978), on agrofüüsikalise seisukohast selletõttu soodsamad ka makroagregaatide suurema vastupidavuse poolest vee toimele.

A_{org} -horisonile järgnevates horisontides makroagregaatide veele vastupidavus väheneb (lahtrid 14 ja 15). Selleski on erinevusi. Rähkmuldades (profiilid 1, 2) ja leostunud mullas (profiil 11) väheneb see sujuvalt, leetunud muldades (profiilid 13, 14, 15, 20) aga järsult nagu ka taimejuurte levikutihedus; orgaanilise aine sisaldus ja füüsikalise savi osakaalgi.

Gleistunud ja gleihorizontide makroagregaatide vastupidavus veele on samuti suurtes piirides erinev. Samatüübilisel lähtekivimil kujunenud katenaarse koosluse (I) kolme erineva soostumisastmega mulla (profiilid 3, 4 ja 5) makroagregaatidest (>1 mm) oli veele vastupidavaid (vahetult A_{org} -horisondi all) vastavalt 55, 23 ja 8%. Väärrib tähelepanu, et samade muldade G_{ox} -horisont sisaldas (ligikaudu samas sügavuses) mittesilikaatset kristalliseerunud rauda (Fe_d), vastavalt 1,8, 1,2 ja 0,8% kuivast mullast ehk 73, 61 ja 11% F_2O_3 üldsisaldusest (Kask, Josua, 1985). Mittesilikaatne kristalliseerunud (ditiioniitlahustuv) raud on sadenenuna mullalahusest mullaosakestele peamiseks **mineraalseks sideaineks** mullaagregaatide moodustumisel.

Süvagleimuldades, nagu seda on ka siinkohal vaadeldavad (profiilid 3, 4, 5), eristub gleihorizont kaheks osaks: aeratsiooni- ja (veega) küllastusvööndi gleihorisonndiks, mida eristatakse vastavalt G_{ox} (ekstreemsetel juhtudel GO) ja G (mõnes töös ka vastavalt G ja G). Aeratsioonivööndi osas on gleihorizont (G_{ox}) kollakashalli kuni pruunikaskollase värvusega, hüdrokeenselt rikastunud mittesilikaatse raua poolest (Kask, Josua, 1985). Selliste morfoloogiliste tunnuste ja keemiliste karakteristikutega gleihorizont on kõikjal struktuursem ja agregaadid veele vastupidavamad kui laus-sinakasshallis või sinises veega küllastusvööndi gleihorisondis (välisuurimustele tuginev ekspertüldistus).

Makroagregaatide vastupidavus veele A_{org} -horisondile järgnevates (A_2 , B, G, C) horisontides järsult väheneb. Seejuures jääb püsima tendents: lõimiselt raskemates muldades on veele vastupidavate agregaatide osakaal suurem kui kergetes.

Kõikides uuritud muldades ilmneb nähe: üle 0,25 mm läbimõdduga veele vastupidavate agregaatide osakaal (lahter 15) on suurem kui üle 1 mm läbimõdduga agregaatide oma (lahter 14). See viitab tõsiasjale, et makroagregaadid läbimõdduga 1–0,5 ja 0,5–0,25 mm on veele toimele vastupidavamad kui suurema läbimõdduga agregaadid. Ekstreemseks näiteks selles osas on turvastunud gleimulla (profiil 5) G_{ox} -horisont, milles vaadeldavad näitajad erinevad kaheksa korda.

Mirkostruktuursus iseloomustab mullamassi ruumilist korraldust mikroagregaatide tasemel. Sellisel tasemel uuritakse (N. Katšinski järgi) vaid mulla peenest, s.o. mulla massi, mis **läbib** kuivsoelumisel 1 mm avadega sõela. Makrostruktuursust uuritakse mullamassi järgi, mis **ei läbi** 0,25 mm avadega sõela. Seega agregaadid läbimõdduga 1–0,25 mm on nii makro- kui ka mikrostruktuuri uurimise objektiks.

Mikroagregaadid on struktuuriagregaatideks liitunud tahked (granulomeetrilised e. mehaanilised) osakesed. Need erinevad makroagregaatidest mitte ainult mõõdetelt. Makroagregaadid eraldatakse fraktsioonideks kuivsoelumise teel, nende veele vastupidavus määratakse vees lagunemata jäänud agregaatide osakaalu järgi, mikroagregaadid aga vees intensiivsel loksutamisel püsima jäänud agregaatide järgi. Seega kujutavad mikroagregaadid endast veele vastupidavaid väikesemõõtmelisi agregate. Need erinevad makroagregaatidest ka tahkete osakeste ruumilise paigutuse poolest agregaadis. Mikroagregaadid ei ole selles suhtes homogeensed, nende pindmist osa on mõjutanud mulla lahusega migreeruvad ühendid: ibe ja tolmuosakesed, huumusained, rauaühendid jm. Selle tõttu on mikroagregaat ka keemiliselt koostiselt heterogeenne: A_{org} - ja B-horisondis on mikroagregaadid pindmine osa huumuse, raua, fosfori, kaaliumi jt. mullas migreeruvate elementide poolest rikkam, A_2 - e. E-horisondis aga vaesem.

Mulla mikroagregaatse koostise omapära on hinnatav selle (fraktsiooniti) võrdlemisel sama proovi granulomeetrilise koostisega (tabel 2). Metodoloogiliselt tähendab see mõlemal juhul mullamassi fraktsioneerimist settimismeetodil. Ühel juhul võetakse analüüsi mulla-kaalutis keemiliselt töötlemata (mikroagregaatanalüüs), teisel juhul mullaagregaadid disperseeritakse (granulomeetrilise koostise analüüs).

Tabelis 2 esitatud näitajatest pälvib kõigepealt tähelepanu mikroagregaatide massi vahetamine samamõõtmeliste (elementaarsete, mehaaniliste) osakeste omaga. Nimetatud vahetamine väljendatakse disperseerimise koefitsiendina K_{dis} (tabelis 2 näidatud sulgudes; A:B). K_{dis} iseloomustab mullamassi (peenese) fraktsioonilist ümberjaotumist mullaproovi disperseerimisel laboratoorselt (antud uurimuses naatriumhüdrofosfaadiga). Mida enam on looduslik muld agregeerunud, seda suuremad on erinevused mikroagregaatse ja granulomeetrilise koostise vahel (viimane määratakse pärast disperseerimist).

Käesolevast uurimisest võib üldise, kõikide uuritud muldade ja nende erinevate horisontide kohta maksva tõsiasjana esile tuua K_{dis} arvulise näitaja vähenemist fraktsioonide vähenemise suunas. Kerge ja keskmise lõimisega muldade A_{org} -horisondis on seos K_{dis} ja fraktsiooni

järjekorranumbri (1–0,5 kuni <0,001 mm) vahel uuritud kümne mullaproovi alusel tihe ($r=0,81$). Selle üldise muutumissuuna taustal esineb erinevusi detailides. Nii on rähkmulla (tabel 2, profiil 1) huumushorisoni fraktsioonidest K_{dis} võrreldes teistega kõige suurem (0,25–0,05 mm läbimõõduga fraktsioonis), leostunud ...mullas (profiil 2) on vastav näitaja suurem 0,05–0,01 mm läbimõõduga fraktsioonis. Raske liivsavi lõimise kyllastunud kamar-gleimullas (profiil 10 ja 11) sama näitaja aga suurim fraktsioonis 1–0,5 mm. Kõikides siinkohal märgitud, samuti teistes uuritud muldades on K_{dis} fraktsioonides 1,0–0,05 (1–0,5 + 0,5–0,25 + 0,25–0,05) keskmisena üle 1,0. Leostunud ...mullas (profiil 2) on see ka fraktsioonis 0,05–0,01 mm üle 1,0. Sama kehtib ka kamar-leetmulla (profiilid 4 ja 5) ning raske liivsavi lõimise kyllastunud kamar-gleimulla (profiilid 10 ja 11) huumushorisoni kohta.

K_{dis} ei ole kogu huumushorisoni piires ühesugune. Rähkmullas (profiil 1) see näitaja 1,0–0,05 fraktsioonide piires sügavusega suureneb. Välja arvatud raske liivsavi lõimise kyllastunud kamar-gleimuld looduslikul rohumaal (mitte aga metsas, profiil 11), võib sama tõdeda ka teistes uuritud muldades.

Huumushorisoni 1,0–0,05 mm läbimõõduga fraktsioonide keskmine K_{dis} seostub horisoni füüsikalise savi sisaldusega. Uuritud mullaproovides ($n=18$) iseloomustab seda võrrand 8.

$$K_{dis} = -0,27 + 0,07fs; r = 0,71, \quad (8)$$

kus K_{dis} on fraktsioonide 1,0–0,5, 0,5–0,25 ja 0,25–0,05 mm keskmine.

Leitud seose (võrrand 8) puhul tuleb arvestada, et savikamad mullad on uuritud muldade kogumis ühtlasi huumuserikkamad nagu looduses üldiselt, eriti aga gleistunud ja gleimullad. Seega ei väljenda võrrand 8 ainult füüsikalise savi mõju K_{dis} arvulisele väärtusele.

Läbimõõduga alla 0,05 mm huumushorisoni fraktsioonides (0,05–0,01 + 0,01–0,005 + 0,005–0,001 + <0,001 mm) on K_{dis} arvuline väärtus valdavalt alla 1,0. Kindlasuunalist muutust horisoni piires (sügavuse suunas) nendes fraktsioonides ei ole.

Erinevalt fraktsioonidest läbimõõduga 1,0–0,05 mm ei leitud käesolevas uurimuses usaldusväärset seost mulla füüsikalise savi (<0,01 mm) ja sama fraktsiooni K_{dis} arvulise näitaja vahel ($r=-0,29$). Huumuse ja füüsikalise savi koosmõju K_{dis} -le on positiivne ($r=0,53$). A_1 -horisonile sügavamal järgnevate horisonide K_{dis} arvulistes näitajates pälvib üldise taustal tähelepanu Öisu kamar-leetmuldade (profiilid 4 ja 5) mineraalhorisonide tolmufraktsiooni (0,05–0,001 mm) teiste muldadega võrreldes suurem K_{dis} ja meresetelisel liival kujunenud gleistunud kamar-leetmulla (profiil 8) füüsikalise savi (<0,01 mm) fraktsiooni täielik looduslik dispergeeritus, $K_{dis}=0,0$.

Mikroagregaatsuse teiseks oluliseks karakteristikuks on agregeerumisaste ehk -hinne Beiveri ja Roadese (Vadjunina, Kortšagina, 1986) järgi, K_{agr} (tabel 2, lahter 11). See näitab, mil määral ületab agronoomilises mõttes kõige soodsamate mikroagregaatide mass, s.t. fraktsioonid läbimõõduga 1,0–0,05 (1,0–0,5 + 0,5–0,25 + 0,25–0,05) mm, samamõõtmeliste granulomeetriseliste osakeste massi (protsentides mikro-agregaatide massist). Mida suurem on K_{agr} arvuline väärtus, seda soodsam on mulla mikroagregaatsus.

Uuritud muldade huumushorisoni K_{agr} on vahemikus 10–48. Selle vahemiku madalamad väärtused kuuluvad kerge lõimise, kõrgemad keskmise ja raske lõimise muldadele.

K_{agr} seostub mulla huumuse, ibe ja füüsikalise savi osatähtsusega protsentides, eraldi ja nende koosmõjuna vaadatuna (võrrandid 9–12; $n=18$).

$$K_{agr} = 20,4 + 2,15hu; r = 0,66 \quad (9)$$

$$K_{agr} = 19,5 + 0,95i; r = 0,77 \quad (10)$$

$$K_{agr} = 11,4 + 0,64fs; r = 0,84 \quad (11)$$

$$K_{agr} = 11,5 + 0,22hu + 0,61fs; r = 0,8, \quad (12)$$

kus hu – agregeerumisaste %,

i – ibe (<0,001 mm) %,

fs – füüsikaline savi (<0,01 mm) %.

Huumushorison pole vertikaalsuunas K_{agr} poolest alati ühesugune. Mõnel juhul see sügavusega suureneb (profiilid 1, 2, 11), mõnel juhul väheneb (profiilid 2, 7, 10) või on kogu ulatuses ühesugune (profiil 5). Rumba lähedal looduslikul rohumaal (profiil 10) sügavamal K_{agr} väheneb, samas (15 m eemal) metsas (profiil 11) see aga suureneb.

Tabel 2. Näiteid mikroagregaatsest (A) ja granulomeetrilisest (B) koostisest
Table 2. Examples of the microagregate (A) and granulometric (B) composition

Horsont ja sügavus, cm <i>Horison and depth of sample, cm</i>		A B	Fraktsioonide (mm) osalus, % / <i>Proportion of the fractions (mm), %</i>								Ka **
			1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
a											
Profiil 1 (1603). Rähkmuld hallil moreenil, rohumaa, Kullamaa lähedal / <i>Typical sod-calcareous soil on gray moraine, natural grassland, near Kullamaa</i>											
A ₁	0–10	A	6,2	15,1	61,8	12,7	2,8	0,5	0,9	4,2	28
		B	4,4 (1,4)*	13,4 (1,1)	42,0 (1,5)	17,8 (0,7)	4,4 (0,6)	11,9 (0,1)	6,1 (0,1)	22,4 (0,2)	
	10–20	A	10,3	18,1	54,0	12,8	2,3	1,5	1,0	4,8	28
		B	10,3 (1,0)	17,8 (1,0)	30,9 (1,7)	15,8 (0,8)	4,2 (0,5)	12,5 (0,1)	5,8 (0,2)	22,5 (0,2)	
	20–30	A	7,1	15,9	59,7	12,1	2,0	2,3	0,9	5,2	31
		B	7,9 (0,9)	14,6 (1,1)	34,3 (1,7)	16,2 (0,7)	5,2 (0,4)	11,8 (0,2)	10,0 (0,1)	27,0 (0,2)	
Profiil 2 (1430). Leostunud kamar-karbonaatmuld hallil moreenil, metsas, Väike-Maarja lähedal / <i>Leached sod calcareous soil on grey moraine, forest, near Väike-Maarja</i>											
A ₁	2–10	A	11,0	22,1	52,0	25,6	5,4	1,8	2,1	9,3	37
		B	10,1 (1,1)	18,7 (1,2)	25,0 (1,2)	17,6 (1,5)	6,4 (0,8)	11,2 (0,2)	11,0 (0,2)	28,6 (0,3)	
	10–20	A	12,0	22,0	31,7	23,5	5,9	2,6	2,3	10,8	33
		B	10,7 (1,1)	10,3 (1,1)	23,0 (1,4)	17,9 (1,3)	6,9 (0,9)	10,6 (0,2)	11,6 (0,2)	29,1 (0,4)	
B	30–40	A	18,9	26,3	26,5	12,8	3,9	5,8	5,8	15,5	59
		B	15,5 (1,2)	26,5 (1,0)	17,5 (1,5)	10,2 (1,3)	2,3 (1,7)	7,5 (0,8)	20,5 (0,3)	30,3 (0,5)	
Profiil 3 (1460). Kamar-leetmuld hallil moreenil Kaarepere lähedal / <i>Sod-podzolic soil on grey moraine near Kaarepere</i>											
A ₁	8–18	A	6,3	15,8	51,8	21,5	2,7	1,3	0,6	4,6	
		B	5,4 (1,2)	14,9 (1,1)	34,4 (1,5)	24,8 (0,9)	6,5 (0,4)	8,3 (0,2)	5,7 (0,1)	20,5 (0,2)	19

Tabeli 2 järg / Table 2 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A ₂	25–30	<i>A</i>	6,1	15,9	43,7	23,7	5,4	3,9	1,3	10,6	
		<i>B</i>	4,6 (1,3)	13,1 (1,2)	38,3 (1,3)	23,9 (1,0)	6,3 (0,9)	9,5 (0,4)	4,3 (0,3)	20,2 (0,5)	15
A _{2(g)}	50–55	<i>A</i>	6,2	20,9	47,1	15,3	5,1	4,0	,4	10,5	
		<i>B</i>	6,1 (1,0)	20,9 (1,0)	45,3 (1,0)	12,8 (1,2)	4,6 (1,1)	4,8 (0,8)	5,5 (0,3)	14,9 (0,7)	6,4
B	50–55	<i>A</i>	6,8	19,3	44,2	17,0	3,8	4,2	4,2	12,2	
		<i>B</i>	6,2 (1,1)	18,4 (1,0)	37,6 (1,2)	12,6 (1,3)	4,1 (0,9)	4,8 (0,9)	16,3 (0,3)	25,2 (0,5)	12
Profiil 4 (1509). Kamar-leetmuld punakaspruunil moreenil, mets, Õisu lähedal / <i>Sod-podzolic soil on reddish brown moraine, near Õisu, forest</i>											
A ₁	11–16	<i>A</i>	3,6	11,6	56,3	20,0	4,6	2,8	0,9	8,3	25
		<i>B</i>	2,4 (1,5)	12,1 (1,0)	39,1 (1,4)	21,0 (1,0)	6,9 (0,7)	10,4 (0,3)	8,1 (0,1)	25,4 (0,3)	
A ₂ B	42–47	<i>A</i>	5,5	12,1	45,6	21,6	6,1	7,4	1,7	15,2	
		<i>B</i>	4,6 (1,2)	12,8 (0,9)	40,2 (1,1)	20,1 (1,1)	5,1 (1,2)	7,0 (1,1)	10,2 (0,2)	22,3 (0,7)	9
B	55–65	<i>A</i>	1,6	8,9	49,2	21,9	6,1	8,0	4,3	18,4	
		<i>B</i>	1,4 (1,1)	8,4 (1,1)	44,9 (1,1)	15,2 (1,4)	4,5 (1,4)	7,7 (1,0)	17,9 (0,2)	30,1 (0,6)	8
Profiil 5 (1510). Kamar-leetmuld punakaspruunil moreenil, põld, Õisu lähedal / <i>Sod-podzolic soil on reddish brown moraine, near Õisu, arable land</i>											
A _k	12–22	<i>A</i>	4,4	13,3	50,2	19,6	6,7	5,0	0,8	12,5	
		<i>B</i>	4,3 (1,0)	13,5 (1,0)	42,1 (1,2)	17,4 (1,1)	6,0 (1,1)	8,8 (0,6)	7,9 (0,1)	22,7 (0,6)	12
	22–30	<i>A</i>	4,8	14,3	49,5	19,7	5,9	5,1	0,7	11,7	
		<i>B</i>	5,0 (1,0)	12,3 (1,1)	43,3 (1,1)	18,1 (1,1)	5,0 (1,2)	8,3 (0,6)	8,0 (0,1)	21,3 (0,5)	12
A ₂	32–37	<i>A</i>	3,8	15,1	51,3	17,0	4,4	8,0	0,4	12,8	
		<i>B</i>	3,6 (1,1)	13,7 (1,1)	52,7 (1,0)	13,9 (1,3)	4,5 (1,0)	6,0 (1,3)	5,6 (0,1)	16,1 (0,8)	0,3
B	55–65	<i>A</i>	7,2	16,5	36,0	18,6	6,8	10,5	4,4	21,7	8,2
		<i>B</i>	7,6 (0,9)	16,3 (1,0)	30,9 (1,2)	13,3 (1,4)	5,6 (1,2)	10,5 (1,0)	15,8 (0,3)	31,9 (0,7)	

Tabeli 2 järg / Table 2 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
c											
Profiil 6 (1603). Gleistunud kamarmuld liustikujärve setetel, Kullamaal / <i>Gleyed soddy soil on glaciolacustrine sediment near Kullamaa</i>											
A ₁	0–10	<i>A</i>	7,5	12,8	60,6	11,5	3,3	3,2	1,1	7,6	
		<i>B</i>	8,0 (0,9)	2,7 (1,0)	30,2 (1,0)	15,2 (0,8)	6,1 (0,5)	16,1 (0,2)	11,7 (0,1)	33,9 (0,2)	28
	10–20	<i>A</i>	8,7	14,1	58,0	10,0	2,6	5,6	1,0	9,2	
		<i>B</i>	8,5 (1,0)	11,3 (1,2)	27,4 (2,1)	15,4 (0,6)	5,6 (0,5)	18,4 (0,3)	13,4 (0,1)	37,4 (0,2)	34
	20–30	<i>A</i>	9,1	14,6	54,2	12,0	3,1	4,3	2,7	10,1	
		<i>B</i>	10,0 (0,9)	12,5 (1,2)	27,3 (2,0)	15,7 (0,8)	5,5 (0,6)	14,1 (0,3)	14,9 (0,2)	34,5 (0,3)	31
Profiil 7 (1461). Gleistunud kamar-leetmuld hallil moreenil, Kaarepere lähedal / <i>Gleyed sod-podzolic soil on grey moraine, near Kaarepere</i>											
A ₁	5–10	<i>A</i>	4,5	14,8	58,0	19,8	2,0	0,5	0,4	2,9	27
		<i>B</i>	4,2 (1,0)	14,6 (1,0)	37,4 (1,6)	25,5 (0,8)	5,7 (0,4)	6,8 (0,1)	5,8 (0,1)	18,3 (0,2)	
	15–20	<i>A</i>	5,5	13,2	55,0	21,9	3,3	0,9	0,2	4,4	
		<i>B</i>	4,2 (1,3)	14,6 (0,9)	37,4 (1,5)	25,5 (0,9)	5,7 (0,6)	6,8 (0,1)	5,8 (0,03)	18,3 (0,2)	24
A ₂	45–50	<i>A</i>	4,1	14,4	42,8	30,0	5,8	2,1	0,8	8,7	
		<i>B</i>	3,8 (1,1)	13,8 (1,0)	37,7 (1,1)	28,1 (1,1)	5,7 (1,0)	5,3 (0,4)	5,6 (0,1)	16,6 (0,5)	9,8
A ₂ B _g	70–75	<i>A</i>	2,4	7,2	28,6	48,8	7,9	4,6	0,5	13,0	
		<i>B</i>	2,6 (1,0)	6,5 (1,1)	24,4 (1,2)	47,8 (1,0)	9,2 (0,9)	5,1 (0,9)	4,4 (0,1)	18,7 (0,7)	4,7
Profiil 8 (1605). Gleistunud kamar-leetmuld meresetelisel liival, metsastuv rohumaa, Saku lähedal / <i>Gleyed sod-podzolic soil on sandy marine sediment, aforest natural grassland, near Saku</i>											
A ₁	5–10	<i>A</i>	10,8	34,9	48,8	4,8	0,4	0,3	0,0	0,7	
		<i>B</i>	10,3 (1,1)	35,0 (1,0)	39,3 (1,2)	6,8 (0,7)	1,9 (0,2)	4,6 (0,7)	2,1(0,0)	8,6 (0,1)	10
A ₂	20–25	<i>A</i>	18,1	33,8	47,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
		<i>B</i>	16,1 (1,2)	32,2 (1,1)	48,9 (1,0)	1,3 (0,3)	0,7 (0,0)	0,2 (0,0)	0,6 (0,0)	1,5 (0,0)	2,4

Tabeli 2 järg / Table 2 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B _g	40–50	<i>A</i>	4,9	21,1	73,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	
		<i>B</i>	2,5 (1,9)	18,1 (1,2)	77,6 (0,9)	0,6 (0,2)	0,4 (0,3)	0,4 (0,3)	0,4 (0,0)	1,2 (0,2)	1,5
C _g	70–80	<i>A</i>	6,3	16,5	77,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
		<i>B</i>	4,0 (1,5)	12,5 (1,3)	82,5 (0,9)	0,2 (0,5)	0,3 (0,0)	0,2 (0,0)	0,3 (0,0)	0,8 (0,0)	0,01
Profiil 9 (1462). Leostunud kamar-gleimuld hallil moreenil, Kaarepere lähedal / <i>Leached gley soil on grey moraine near Kaarepere</i>											
A ₁	5–20	<i>A</i>	7,2	16,2	53,7	18,0	3,4	0,5	1,0	4,9	
		<i>B</i>	6,7 (1,1)	14,9 (1,1)	30,8 (1,7)	23,7 (0,8)	6,8 (0,5)	7,7 (0,1)	9,4 (0,1)	23,9 (0,2)	32
BG	30–35	<i>A</i>	6,8	13,5	35,8	30,1	6,5	5,5	1,8	13,8	
		<i>B</i>	5,6 (1,2)	12,7 (1,1)	28,7 (1,2)	25,1 (1,2)	7,0 (0,9)	8,2 (0,7)	12,7 (0,1)	27,9 (0,5)	16
a											
Profiil 10 (1552). Küllastunud kamar-geimuld liustikujärve ja meresetel, Rumbal, looduslik rohumaa / <i>Base-saturated soddy gley soil on glaciolacustrine and marine sediments near Rumba, nature grassland</i>											
A ₁	0–15	<i>A</i>	0,7	1,7	68,6	19,2	4,6	3,9	1,3	9,8	48
		<i>B</i>	0,1 (7,0)	0,3 (5,7)	37,0 (1,8)	17,1 (1,2)	7,0 (1,7)	19,2 (0,2)	19,3 (0,1)	45,5 (0,2)	
	15–25	<i>A</i>	0,2	0,6	66,7	19,8	5,0	5,7	2,0	12,7	35
		<i>B</i>	0,1 (2,0)	0,2 (3,0)	34,4 (1,9)	18,1 (1,1)	5,4 (1,0)	15,3 (0,4)	26,5 (0,1)	47,2 (0,3)	
b											
Profiil 11 (1552). Küllastunud kamar-gleimuld liustikujärve ja meresetel, Rumbal, lepa ja saare segamets / <i>Base-saturated soddy gley soil on glaciolacustrine and marine sediments, near Rumba, forest (alder + ash)</i>											
A ₁	0–15	<i>A</i>	0,3	1,6	66,1	22,6	4,0	4,0	1,4	9,4	37
		<i>B</i>	0,0 (3,0)	0,2 (8,0)	42,6 (1,6)	14,5 (1,6)	6,5 (0,6)	17,8 (0,2)	18,4 (0,1)	42,7 (0,2)	
	15–25	<i>A</i>	0,2	0,7	67,7	18,2	4,4	6,2	2,6	13,2	41
		<i>B</i>	0,1 (2,0)	0,2 (3,5)	39,6 (1,7)	13,6 (1,3)	5,4 (0,8)	15,5 (0,4)	25,6 (0,1)	46,5 (0,3)	

* Ffaktsiooni dispergeeritus, A : B / *Dispersion of the fraction, A : B*

** Ka – agregeerumise aste = $a - b / a \times 100$, kus $a > 0,05$ mm läbimõõduga mikroagregaatide mass, b – sama suurusega granulomeetriste osakeste mass / *Ka – degree of aggregation = $a - b / a * 100$, a = mass of mikroagregates with a diameter > 0.05 mm, b – mass of granulometric particles with a diameter > 0.05 mm*

Huumushorisonidile sügavamal järgnevate horisontide K_{agr} sõltub horisoni loomusest. Leostunud ...mulla (profiil 3) B-horisoni K_{agr} on oluliselt suurem kui A_1 -horisoni vastav näitaja. Kamar-leetmuldades A_1 -horisonidile järgnevas A_2 - või A_2B - (E) horisonis väheneb K_{agr} järsult (profiilid 3, 4, 5), mis edasi, B-horisonis, taas suureneb. Uuritud muldades ei küündinud see A_1 -horisoni K_{agr} tasemeni.

Gleistunud (A_2g , Bg, Cg) horisontidele samuti glei- (G, BG) horisontidele on iseloomulik, võrreldes A_1 -horisonidiga, oluliselt madalam K_{agr} . Liivmulla erimil (profiil 8) langeb see mineraalse väärtuseni, mis võrdub praktiliselt mikroagregaatsuse puudumisega.

Arutelu

Mulla struktuursus kujutab endast mulla kui terviku üht tahku, mis seostub teistega.

Kamar-karbonaatmuldade soodsam struktuur, võrreldes kamar-leetmuldade omaga on tänu võlgu suuremale huumusesisaldusele, (Kask, 1975; Eesti..., 1978). Sellega on omakorda seoses nende muldade suurem bioloogiline aktiivsus, elavate organismide eritiste ja surnud organismide laguproduktide rohkus. Kõik need on mulla agregaatsuse moodustumisel orgaanilisteks sideaineteks. Olulist osa etendavad veel mineraalsed sideained – saviosakesed, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} ja nende huumusainetega seotud ühendid.

Kamar-karbonaatmuldadest on kõige struktuursemad rähk- ja paepealsed mullad kui kõige huumusrikkamad ja savikamad. Mõlemad need on värvuselt kas mustjad, pruunikad või pruunid. Värvuse erinevused on tingitud mittesilikaatse raua erinevast sisaldusest (Kask, Josua 1982, 1985). Et mittesilikaatne raud on üheks mullaosakesi liitvaks sideaineks, siis on mõistetav, miks pruunikad ja pruunid (huumushorisoni osa) rähk- ja paepealsed mullad on struktuursemad kui mustjad variandid.

Seoses karbonaatide leostumise, lessiveerumise ja leetumisega (leostunud ja leetjate kamar-karbonaatmuldade kujunemisega) nõrgeneb A_1 -horisoni ja A_1A_2 -, või A_2B -struktuursus. Samal ajal suureneb tänu ibeosakeste ja mittesilikaatse raua sisseuhtumisele B-horisoni agregaatsus ja selle veele vastupidavus.

Kamar-leetmuldade agregaatsus ja agregaatide veele vastupidavus mulla looduslikus arenguprotsessis leetumisastme suurenedes nõrgeneb. Leetumisega käib kaasas ibeosakeste lagunemine ja väljauhtumine. Sama kehtib mittesilikaatse raua kohta. Need on peamised, mis põhjustavad mulla struktuuri degradeerumist.

Soostunud mineraalmuldade (soostunud kamarmuldade ja soostunud kamar-leetmuldade) struktuuri eripära kujunemises, võrreldes automorfsete analoogidega, etendavad juhtivat rolli liigniiskusest põhjustatud nähtused. Seni kuni orgaaniline aine kuhjub A_{org} -horisonis peamiselt huumusena, võib tähendada mulla agregaatsuse ja agregaatide veele vastupidavuse suurenemist.

Gleistumisega rauaühendid taanduvad, raudhumaatsed agregaadid lagunevad. Selle tuntud tõsiasjaga on seletatav soostunud mineraalmuldade mineraalhorisontide agregaatide **veele vastupidavuse** järsk vähenemine.

Soostunud kamarmullad kui huumuserikkamad, lõimiselt raskema ja soodsama mineraalse ja keemilise koostisega mullad, võrreldes soostunud kamar-leetmuldadega, on ühtlasi struktuursemad ja nende agregaadid veele vastupidavamad.

Soostumuse süvenemisega muldade struktuursus muutub agronoomilises mõttes halvemise suunas. A_{org} -horisoni tompjas, teraline või pähkeltjas struktuur kaotab aja jooksul oma tüüpilise kuju, mulla granulomeetrilisi osakesi, samuti mikroagregaatide liitvateks sidemeteks kujunevad turvastunud surnud taimeosad (AT-horisonis). Turba puhul ei ole üldse kohane rääkida mullas struktuurist samas tähenduses kui mineraalmuldade puhul.

Mulla struktuuri näidisenäidised eriti tähelepanu teralised lammi-kamarmullad. Need on liivsavi- ja savilõimisega lammimullad, mis on oma nimetusse täienduse “teralised” saanud tänu hästi väljaarenenud teralisele struktuurile ja vastava kihi (A_1 -horisoni) suurele paksusele. Raskete liivsavi- ja savimuldade puhul on teravanurgeliste agregaatide mõõdet teralistest agregaatidest suuremad – pähkeltjad ja tulpjad. Mullamassi murendamisel moodustuvad agregaadid, mis suures osas kuuluvad mõõdetelt jaotusesse “pangad”. Nende osakaal sügavamal suureneb.

Kaevamisel laguneb kompaktnen mullamass suhteliselt kergelt agregaatide kogumiks. Selles etendab oma osa agregaatide pindu kattev tolmuosakeste sadestis, mis on välja settunud mulda küllastanud tulvaveest.

Lõpetuseks

Artiklis esitatu kujutab endast jätku E. Reppo Põhja-Eesti muldade struktuuri uurimisele (Reppo, 1962; 1965).

Uurimistulemused esitatakse siin mitmesuguste muldade (taksonite) ja katenaarsete koosluste tüüpiliste esindajate kaupa, mis enamiku Eesti muldade jaoks on esmakordne trükis avaldatud materjal. Samas tuleb tõdeda, et uurimus ei haara kõiki vabariigi muldi, mis oma struktuuri eripära poolest seda väärisksid. Analüütilise materjali piiratust tasandab teatud määral mulla struktuuri eksperthindamine muldade väliuurimisel, muldade kaevamisel, harimisel ja mullatöödel. Selle tõttu ei ole analüütilise materjali piiratus oluliseks takistuseks erinevate muldade (taksonite) agrofüüsikalise seisundi iseloomustamisel.

Artiklis esitatud andmestik on täielikult kooskõlas seniste teadmistega mullamassi agregeerumisest ja disperseerumisest, millele on pühendatud arvukalt uurimusi erinevates uurimiskeskustes. Eestis ei toimu see teistmoodi. Eesti erinevate muldade struktuuri (sealhulgas agregatsuse) omapära ja erinevate taksonide eripära on seotud agregeerivate ja disperseerivate "jõudude" kohalikust vahekorrast.

Mitteharitavate kõlvikute (looduslike rohumaade ja metsade) muldade viljakuse ja omapära kujunemises etendab mulla struktuur igas kohas oma spetsiifilist rolli. Maakasutuse praktikas muldade struktuuri seisund mitteharitavatel kõlvikutel arvestamisväärseks teguriks ei ole.

Mitteharitavate kõlvikute struktuuri uurimine on lahutamatu osa mulla struktuuri üldisest tundmaõppimisest. Et hinnata haritavate muldade struktuurset seisundit ja inimtegevuse rolli selles, on vajalik omada ülevaadet mullastruktuurist mitteharitavatel maaladel.

Kirjandus

Eesti mullastik arvudes II. Tln. 1978. – 80 lk.

Jõgi, Ü. Kaarepere, Väike-Maarja, Kullamaa ja Kasemetsa mullakateena struktuursus. – Aruanne EMVI-s. Saku, 1992^a. — 17 lk. (käsikiri).

Jõgi, Ü. Struktuurianalüüsi tulemused mõnede 1990. a. võetud mullaproovide kohta. – Aruanne EMVI-s. Saku, 1992^b. — 8 lk. (käsikiri).

Jõgi, Ü. Teravilja tootmispõldude mulla struktuurset seisundist. – Aruanne EMVI-s, Saku, 1992^c. – 19 lk. (käsikiri).

Jõgi, Ü. Saagikusest ja mulla struktuurist mitmesuguste lasuvustiheduste korral. – Aruanne EMVI-s, Saku, 1992^d. – 33 lk. (käsikiri).

Kask, R. Eesti NSV maafond ja selle põllumajanduslik kvaliteet. Tallinn 1975. – 358 lk.

Kask, R. Eesti NSV muldade süstemaatiline nimestik ja lühidiagnostika. Tallinn, 1988. – 96 lk.

Kask, Heinsalu: Каск Р., Хейнсалю А. Характеристика катены дерново-карбонатных и дерново-глеевых почв в зоне Балтийских трансгрессии – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. LXV, с. 93...108, 1989^a.

Kask, Heinsalu: Каск Р., Хейнсалю А. Аллювиальные почвы на поиме нижнево течения реки Казари в Эстонии – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. LXVIII, с. 3...17, 1989^b.

Kask, Heinsalu: Каск Р., Хейнсалю А. О почвенной катены на серой карбонатной морене в средней Эстонии – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. LXV, с. 59...84, 1989^c.

Kask, Heinsalu: Каск Р., Хейнсалю А. Почвенная катена на силурийском плото в северной Эстонии – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. LXVIII, с. 3...12, 1991.

Kask, R., Heinsalu, A. Enno-Hillar Reppo ja tema teaduslik pärand. – EMMTUI tead. tööd LXX, lk. 64...76, 1992.

Kask, Heinsalu: Каск Р., Хейнсалю А., Ниине Х. Дерново-глеевые почвы на карбонатно-ищebníстой морене в северной Эстонии – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. LVII, с. 24...53, 1985.

Kask, Josua: Каск Р., Йосуа Л. Формы железа в дерново-карбонатных почвах Эстонии. – Почвоведение №2, с. 22...30, 1982.

- Kask, Josua: Каск Р., Йосуа Л. Содержание железа и его форм в остаточно-карбонатных почвах Эстонской ССР. – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. VIV, с. 40...56, 1985.
- Kõlli, R., Lemetti, I. Eesti muldade lühiiseloostus I. Normaaalsed mineraalmullad. Tartu, 1999. – 122 lk.
- Mullateadus (koost. L. Reintam). – Tallinn, 1962. – 407 lk.
- Reppo, E. Mulla niiskusesisalduse mõju mulla struktuuri vastupidavusele. – EPA üliõpilaste tead. tööd. 1., lk. 36...39, 1979.
- Reppo: Реппо Е. А. Влияние способов использования угодий на структуры перегоино-карбонатной маломощной почвы. – Научн. тр. ЭстНИИЗМ т. I, с. 71...77, 1962.
- Reppo: Реппо Е. А. Агрохимические свойства структуры дерново-карбонатных почв Эстоний. – Диссертация на соискание ученой степени канд. с/х наук. Саку, 1965. – 226 с.
- Vadjunina, Kortšagina: Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Метода исследования физических свойств почв. – Москва, с. 61...62, 66...67, 1986.