

TEADUSTÖÖD

MULLATEKKE TINGIMUSED JA MULDADE LEVIK LÄÄNEMERE TRANSGRESSIOONISETETEL

A. Paas

SUMMARY: Conditions for Pedogenesis and Topographical Distribution of soils on the Deposits of Baltic Transgressions. Waterlogging is the main phenomenon to determine the trends and character of pedogenesis and soil mantle in the area of Baltic transgressions. At that the chemical composition of perched and ground water, seasonal dynamics of both moisture relationship and ground water table as well as the parent materials gleyed often in the process of their sedimentation have a great importance. Gley-Podzols form on sandy deposits where ground water level is relatively deep, capillary fringe does not reach soil section and water mineralization is poor. Sod-gley unsaturated soils can also be formed in these conditions. The formation of sandy sod-gley saturated soils is created by the high level of hard (enriched by hydrocarbonates) ground water. Varved clay plains is characterized by the large occurrence of sod-gley soils of different base saturation whereas besides prevalent ground gleyization the surface eluvial one can be often described there. Sod-gley soils on silty sandy and loamy sandy deposits are characteristic of transitional area between clayey and sandy plains close to the morainic and/or glaciofluvial outcrops where ground water is more rich in hydrocarbonates.

On the basis of complex profiles described and peculiarities of soil topographical distribution investigated the territory of Baltic transgressions can be divided into three morphological areas of accumulative plains:

- 1) coastal (littoral) area with the presence of saline littoral gley soils;
- 2) typical accumulative area of transgressional sediments with the prevalence of gley-soils on microhollows and/or plains and gley-podzols on sandy microheights (hillocks);
- 3) transitional area between tilly (morainic) hillocks and sedimentary plains with highly variable soil mantle.

Key words: pedogenesis, topographical distribution of soils, aqueous parent material for soil formation, soil properties.

Läänemere staadiumide transgressioonialal on mullatekke tingimuste iseärasustest tähtsaim veesettelise päritoluga lähtekivim. Veesettelitest materjalidest on kõige omapärasemad mandrijää sulavetest jääaja lõpul Balti Jääpaisjärves settinud viirsavid (joon. 1). Mandrijää sulamisel veeris ja jäme liiv settisid jääserva vahetus läheduses. Peenliiv ja savi kanti jääpaisjärve, kus see sadestus. Suvel kanti paisjärve rohkesti peenliiva ja mölliosakesi, millest moodustus heledam liivakas kiht (suveviirud). Talvel oli sulavett vähem, mis suutis transportida ainult peenest, millest moodustus tumedam savikihi (Luha, 1946).

Suvekihieste granulomeetiline koosseis maksimum kõigub geoloogide andmetel 0,05...0,005 mm vahel (Pirrus jt., 1963). Vahel võib ka fraktsioonil 0,25...0,05 mm olla suur osatähtsus (tabel 1). Talvekihiestesed on Katšinski (1958) klassifikatsiooni järgi rasked savid. Oma üldkoosseisult on viirsavid ülekaalukalt keskmised ja rasked savid (joon. 2). Saviproovide ettevalmistamise viis avaldab tunduvalt mõju analüüsi tulemustele (Pirrus, 1964). Käesolevas töös on proovid analüüsiks töödeldud kas HCl-ga (joon. 1a ja 3a) või naatriumpürofosfaadiga (joon. 2), mis annavad üksteisele lähedasi tulemusi (Reppo, 1969). NH₄OH-ga proovide ettevalmistamisel saadud resultaadid peegeldavad püsivate mikroagregaatide koostist (tabel 1; Paas, 1964).

Tabel 1. Viirsavi omadusi
Table 1. Properties of varved clay

| Proovi iseloomustus <i>Sample</i> | Proovi sügavus cm <i>Depth of sample, cm</i> | Osakeste läbimõõt / <i>Particles, mm</i> | | | | | | | Laktaalahustuv <i>Lactate extracted</i> | | pH _{KCl} |
|--|---|---|------------|-------------|-------------|--------------|---------------|------------|--|------------------|-------------------|
| | | 1...0,5 | 0,5...0,25 | 0,25...0,05 | 0,05...0,01 | 0,01...0,005 | 0,005...0,001 | alla 0,001 | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| | | mg 100 g mullas <i>mg/100 g</i> | | | | | | | | | |
| Linnuküla | | Proovide ettevalmistus HCl-ga / <i>Samples treated with HCl</i> | | | | | | | | | |
| Üldproov / <i>Total</i> | 100...125 | – | 0,1 | 0,9 | 14,9 | 6,4 | 16,2 | 61,5 | 13,5 | 22,0 | 6,90 |
| Valkjad suviviirud <i>Light summer layers</i> | " | – | 0,2 | 29,1 | 58,5 | 2,9 | 3,0 | 6,3 | 3,5 | 6,5 | 7,73 |
| Pruunikad taliviirud <i>Brown winter layers</i> | " | 0,1 | 0,3 | – | 1,7 | 1,3 | 12,8 | 83,8 | 14,5 | 28,5 | 6,55 |
| Tori–Selja | | Proovide ettevalmistus NH ₄ OH-ga / <i>Samples treated with NH₄OH</i> | | | | | | | | | |
| Üldproov / <i>Total</i> | 105...125 | – | 0,1 | 8,7 | 28,4 | 36,2 | 26,6 | – | – | – | – |
| Valkjad suviviirud <i>Light summer layers</i> | " | 0,2 | 0,2 | 30,8 | 59,2 | 8,4 | 1,4 | – | – | – | – |
| Pruunikad taliviirud <i>Brown winter layers</i> | " | – | 0,1 | 10,2 | 17,4 | 40,8 | 31,5 | – | – | – | – |

Joonis 1. Lähtekivimite granulomeetriline koostis

Figure 1. Granulometric composition of parent materials

a – viirsavid / varved clays: 1 – Litoriinamere transgressiooniala / *transgression area of the Litorina Sea*, 2 – Antsülusjärve transgressiooniala / *area of the Ancylus Lake transgression*, 3 ja 4 – Balti Jääpaisjärve transgressiooniala / *area of the Ice-Lake transgression*

b – saviliivad ja liivsavid Litoriinamere transgressioonialal / *sandy loam and loamy sand materials in area of the Litorina Sea transgression*: 1 ja 3 – saviliiv / *loamy sand*, 2 – kerge liivsavi / *light sandy loam*

Kergema lõimisega kihikeste olemasolu loob eeldused mullavete liikumiseks viirsavides. Seda näitab filtratsioonikoefitsient (ööpäevas 0,003...0,187 m), mis väikesel vahemaal on tublisti muutuv. Keskmine koefitsient on 95 %-lise tõenäosuse korral 0,027...0,043 m/ööpäevas (tabel 2). Küllaltki suur on ka üldpoorsus (38...56 %), mis aga sõltub tugevasti mulla niiskusest (Paas, 1972a).

Tabel 2. Erinevate setete filtratsioonikoefitsiendid (m/ööpäevas)¹

Table 2. Coefficient of filtration of different sediments (m per day)¹

| Statistilised näitajad <i>Statistical characteristics</i> | Peenliiv <i>Fine sand</i> | Sidusliiv <i>Silty sand</i> | Saviliiv <i>Loamy sand</i> | Viirsavi <i>Varved clay</i> |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| n | 256 | 35 | 40 | 59 |
| \bar{x} | 2,01 | 0,614 | 0,533 | 0,035 |
| s | 0,98 | 0,381 | 0,303 | 0,032 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0,06 | 0,064 | 0,048 | 0,004 |
| s% | 48,5 | 61,9 | 57,0 | 89,7 |
| $P_{0,05}$ | 6,0 | 21,3 | 18,2 | 23,4 |
| $\bar{x} \pm U_{0,05}$ | 1,89...2,13 | 0,48...0,75 | 0,44...0,63 | 0,027...0,043 |
| $\bar{x} \pm U_{0,01}$ | 1,85...2,17 | 0,44...0,79 | 0,40...0,66 | 0,024...0,045 |

¹ Filtratsioonikoefitsient on määratud puuraugus veepinna taastamise meetodil / *Coefficient of filtration was determined in the pit by the method of water level restoration*

Joonis 2. Savide protsentuaalne jagunemine**Figure 2.** Distribution of clays (%)

a) füüsikalise savi sisalduse järgi / by the percentage of physical clay (silt + clay)

b) ibesisalduse järgi / by the percentage of clay

Viirsavide eri aastaegade viirud erinevad mitme omaduse poolest (tabel 1). Kirjanduse andmetel varieerub karbonaatide sisaldus suvekihi proovides 1,3...28,2 %-ni, olles keskmiselt 8,5 %, talvekihiketes 0,06...14,2 % – keskmiselt 5,3 %. Mineraloogiliselt koosneb karbonaatne materjal dolomiidist ja kaltsiidist. Viirsavide savifraktsioonis on valdavalt hüdrovilgud. Teiste mineraalide osatähtsus ei ületa 20 % (Dilaktorski, 1956; Pirrus jt., 1963).

Viirsavid ulatuvad maapinnani põhiliselt väljaspool Antsülusjärve maksimaalse leviku piiri. Hilisemate merede leviku territooriumil on viirsavid mulla lähtekivimiks kohati vaid seal, kuhu nooremaid setteid on ladestunud minimaalselt. Enamuses on siin viirsavid kaetud mõnekümne sentimeetri kuni mitme meetri paksuse madal mere ja jõgede liivadest kuni savideni varieeruvate setetega. Kuid ka hilisemate savide granulomeetriline koosseis on lähedane viirsavidele (Paas, 1964).

Limnea-, Litoriinamere ja osalt ka Antsülusjärve transgressioonialal on mulla lähtekivimina ülekaalus liivad. Liivade teket soodustas nende merede madal veeseis ja paljude transgressiooni ja regressiooni rannikute olemasolu. Valitsevad on peenliivad (joon. 3), milles osakesed läbimõelduga 0,01...0,05 mm moodustavad isegi üle 80 %. Ainult transgressiooni akumulatiivsed setted endiste rannikute lähedastel aladel on kohati jämedamaterjalised, sisaldades vahel ka korest. Tabelis 2 toodud keskmine filtratsioonikoefitsient on maksev niisuguste peenliivade kohta, kus 0,25...0,05 mm läbimõelduga

Joonis 3. Liivade granulomeetriline koostis**Figure 3.** *Granulometric composition of sandes*

a: 1 – Litorinamere transgressiooniala / *transgression area of the Litorina Sea*, 2 ja 3 – Limneamere transgressiooniala / *transgression area of the Limnea Sea*, 4 – Antsülusjärve transgressiooniala / *transgression area of the Ancylus Lake*

b: 35 proovi keskmine / *average of 35 samples*

osakesed on rõhuvast ülekaalus. Kui peenliivades on keskmist ja jämedat liiva kokku üle 25 %, siis on filtratsioonikoefitsient harilikult suurem. Küllaltki suur on liivade üldpoorsus (37...42 %).

Veesetteliste liivade mineraloogiline koosseis kõigub suurtes piirides, kusjuures ilmneb uhutava lähtematerjali mõju. Silurialal on ka madalmere setted karbonaatide rikkamad, kui devonialal. Kvarts, päevakivid ja karbonaadid moodustavad kokku üle 95 %. Alati leidub ka vilkusi, kuid mitte üle 2...3 %. Ülejäänud mineraalid moodustavad ainult 1...3 % (Kessel jt., 1967).

Sõredate peenliivade kõrval leidub ka sidusliiva ning saviliivu. Tihti on nad tekkinud kunagistes laguunides, mida näitavad orgaanilist ainet sisaldavad kihikesed. Laguused sidusliiva setted on mõnevõrra lubjarikkamad neid ümbritsevatest madalmere peenliivadest ja ranniku liivadest. Omapärane lubjarikas tolmlas saviliiv kuni tolmlas liivsavi (joon. 1b) on Litorinamere transgressioonialal tekkinud vahel niisugustes laguunides, kuhu kandus settimaterjal ainult silurialalt (Paas, 1960; 1964). Kõige ebahõlpsama granulomeetrilise koostisega on laialipillatuna esinevad mitmesugused liivsavid, mille tõttu võib eeldada nende varieeruvamaid tekketingimusi. Väiksema tähtsusega on pinnakattes ja mullatekke lähtekivimina jõgede lammide alluviaalsed liivsavid ja saviliivad.

Settealade peenliivad on üldiselt kaaliumi ja poolteisthapendite rikkamad (tabel 3) kui Kõrg-Eesti liivad (Reintam jt., 1966). Rohkem on ka magneesiumi. Ränisisaldus on aga tunduvalt väiksem. Ligilähedane peenliivadele on ka sidusliivade keemiline koostis.

Tabel 3. Lähtekivimite keemiline koostis
Table 3. Chemical composition of parent materials

| Lähtekivim <i>Parent material</i> | Statistilised karakteristikud <i>Statistical characteristics</i> | Kuumutus- kadu % <i>Combustion loss %</i> | Karbonaate % <i>Carbonates %</i> | Kuumutatud ja karbonaativaba mullas, % <i>Per ignited noncalcareous material, %</i> | | | | | | | | | Summa <i>Total</i> | $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ |
|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-------|-------|------------------|-------|-----------------------|---|
| | | | | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | CaO | MgO | K ₂ O | MnO | | |
| Liiv <i>Sand</i> | n | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | \bar{x} | 3,97 | 5,56 | 84,73 | 1,22 | 8,17 | 0,19 | 0,20 | 1,03 | 0,76 | 2,34 | 0,043 | 98,68 | 16,8 |
| | s | 2,78 | 5,54 | 2,65 | 0,11 | 1,61 | 0,08 | 0,10 | 1,34 | 0,87 | 0,44 | 0,007 | 1,34 | 4,11 |
| | s% | 70,0 | 99,6 | 3,1 | 9,0 | 19,7 | 42,1 | 50,0 | 130,1 | 114,5 | 18,8 | 16,3 | 1,36 | 24,5 |
| Sidusliiv <i>Silty sand</i> | n | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | \bar{x} | 1,46 | 2,28 | 83,75 | 1,24 | 7,70 | 0,28 | 0,19 | 1,44 | 0,91 | 2,89 | 0,03 | 98,43 | 16,8 |
| | s | 1,50 | 3,67 | 0,56 | 0,13 | 0,67 | 0,08 | 0,04 | 0,48 | 0,39 | 0,13 | 0,01 | 0,20 | 1,13 |
| | s% | 102,7 | 160,9 | 0,7 | 10,5 | 8,8 | 28,6 | 22,2 | 33,3 | 42,9 | 4,5 | 33,3 | 0,2 | 6,7 |
| Savi <i>Clay</i> | n | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | \bar{x} | 6,57 | 5,81 | 60,47 | 8,30 | 21,83 | 0,57 | 0,38 | 1,73 | 1,27 | 3,96 | 0,09 | 98,26 | 3,86 |
| | s | 1,86 | 5,92 | 3,92 | 1,33 | 2,84 | 0,14 | 0,04 | 0,88 | 0,37 | 0,32 | 0,02 | 1,41 | 0,75 |
| | s% | 28,3 | 101,9 | 6,5 | 16,0 | 12,9 | 21,1 | 11,6 | 50,3 | 29,1 | 8,1 | 22,2 | 1,4 | 19,4 |
| Saviliiv <i>Sandy loam</i> | \bar{x} | 9,19 | 11,65 | 77,33 | 3,02 | 10,79 | 0,24 | 0,16 | 0,26 | 4,11 | 2,80 | 0,06 | 98,88 | 10,3 |

Savides on raua, alumiiniumi ja kaaliumi osatähtsus tunduvalt suurem kui liivades. Mõnevõrra on savides rohkem ka kaltsiumi ja fosforit, rüni aga vastavalt vähem. Viimasest tingituna on savides rünihapendi suhe poolteisthapenditesse ligi 4,4 korda väiksem kui liivades. Lubjarikaste tolmjate saviliivade keemiline koostis jääb eeltoodute vahepeale (tabel 3). Kaltsium esineb siin peamiselt karbonaatidena, sest silikaatse kaltsiumi sisaldus on väga tagasihoidlik. Suur on MgO (4,1 %) sisaldus, mis näitab dolomiitse materjali ülekaalu.

Mineraalsetete kõrval on pinnakattes suure tähtsusega ajaliselt nooremad, s.o. organogeensed setted. Rohkem on levinud rabalasundid. Suuri soid leidub ka settealade vahetus ümbruses. See soode rohkus on mõjutanud ka Läänemere transgressiooniala mineraalmuldade arengut ja soodustanud soostunud mineraalmuldade arengut ja levikut.

Geomorfoloogiliselt domineerivad merelised, osalt merelis-järvelised akumulatsioonitasandikud. Tüüpilise setteala territoorium ühtib küllaltki hästi A. Lillema (1958) mullastiku kaardil antud kamar-glei ja lammimuldade valdkonna piiridega. Läänemere transgressiooniala seda osa, kus vahelduvad väikesel vahemaal moreensed tasandikud ja kühmud veesettelise materjaliga täitunud nõgudega, võime vaadelda kui üleminekutsooni tüüpilisele settetasandikule. Positiivsetest pinnavormidest võib settealal nimetada Pärnu allvaldkonda kaarjalt idast läände läbivat madalat ja katkendlikku otsamoreeni-ooside vööndit. Samuti kuuluvad siia eri aegade veekogude rannamoodustised. See kõik ei riku käsitletud territooriumi väga tasast üldilmet.

Madaliku hüdroteoloogilised tingimused on küllaltki keerulised. Peale kvaternaarsevete avaldavate mõju settealade valdkonna ärealadel ja tektooniliste rikete piirkonnas veel aluspõhja pealiskorra settekivimite veed. Geoloogide poolt on märgitud savide all arteesia-veete olemasolu (Verte, 1958). Aluspõhja veed on enamasti pinnakatte ülemistest kihtidest eraldatud paksu vetiläbilaskmatu saviekraaniga, kuid kohati ulatub nende piesomeetriline tase siiski mullaprofiili all. Niisugused savid on väga veerikkad (Paas, 1972). Veesisalduse maksimum jääb kahe meetri sügavusele alla piesomeetrilist taset, kusjuures savi on siin väga pehmeplastiline ja voolav, veesisaldus üle 80 % absoluutkuiva materjali kohta (Laidsaar, 1975). Väga tähtsad on setteala veerežiimi kujunemisel savile ladestunud kergema lõimisega kattekihti tekkivad põhjaveed või õhema liivase kattekihi puhul ajutised ülaveed. Kevadel paikneb vesi enamasti mullaprofiilis, kuid ulatub tihti ka mullapinnani, samuti hilissügisel turvastunud või toorhuumusliku horisondini. Kuigi juuni esimesest poolest alates põhjavesi soostunud muldadel tublisti alaneb, võib ta vahel ka suvel suuremate sademete perioodil tõusta maapinnale lähemale kui 40...50 cm.

Setteala asub Lääne-Baltikumi geobotaanilise allprovintsi Lääne-Eesti mandri ja saarte niitude ja puisniitude rajooni ja hõlmab ka Vahe-Eesti rabade ja lodumetsade rajooni lõunapoolse allrajooni (rahvaliku nimetusega "Soomaa") keskosa. Nendest viimane on suhteliselt vähem inimtegevusest mõjutatud. Põllu alla on võetud allrajooni keskosa endised kuuse-segametsa alad Pärnu jõgikonnas. Osalt on põlde rajatud ka nõrgalt soostunud lodumetsade asemele (Laasimer, 1965). Karu (1955) järgi moodustab mänd 48 %, kuusk 12 %, kask 35 % ja teised liigid 5 % settealade valdkonna metsade koosseisust. Puisniidud Sauga jõest läänes kuuluvad enamasti lubjarikaste (Lippmaa, 1930), Laasimeri (1965) järgi liigirikaste hulka.

Lõunapool Pärnu-Tori-Eidapere joont valitsevad lubjavaesed (liigivaesed) puisniidud. Suurem osa neist on moodustunud lodumetsadest ja on märjad puisniidud. Viimasel ajal on vähese kasutamise tõttu osa puisniite võsastunud ja metsastunud. Osalt on neid ka üles haritud. Seetõttu on nende pind käesoleval ajal tublisti vähenenud. Sellest hoolimata on nad oma küllalt pikaajase eksisteerimisega settealade muldade kamardumist soodustanud.

Et jõgede lammid on kitsad, on luhaniitude osatähtsus suhteliselt väike. Suuremad lammi rohumaad on rabadevahelisele viirsavialadele tekkinud Halliste ja Lemmjõe-Raudna ääres (nn. Riisaluht) ja Kasari jõe alamjooksul. Mereäär on piiratud kitsa halofiilsete niitude ribaga.

Suure tähtsusega on ka transgressiooniala muldade noorus ja mullatekke algperioodil valitsenud tingimused – eriti kliimastik ja taimestik. Nagu teada, läheb rohttaimede ja lehtpuude varisega mulda mitu korda rohkem tuhaelemente ja lämmastikku kui okaspuu varisega (Pljusnin, 1964).

Seoses Madal-Eesti järkjärgulise vabanemisega vee alt algas mullatekkeprotsess siin hiljem ja teistsugustes tingimustes kui Kõrg-Eestis. Erinevused on ka Madal-Eestis eneses.

Joldiamere ja Antsülusjärve transgressioonialast kõrgemale jääval Balti Jääpaisjärve alt vabanenud territooriumil algas muldade areng üle 10 000 aasta tagasi subarktilise kliima-perioodi lõpul sellele perioodile omaste taimekoosluste osalusel. Antsülusjärve transgressiooniala vabanes vee alt ajavahemikus 8400 kuni 7600 aastat tagasi (Kessel jt., 1969). Antsülusjärve regressiooni järel nn. vara-atlantilisel perioodil katsid Eesti maa-ala madalmaid osi lopsakad sanglepa lodumetsad neile omaste taimedega. Kõrgemad alad olid kaetud lopsakate lehtmetsadega (Lippmaa, 1935). Viimane Litoriinamere transgressioon toimus 6200...5900 aastat tagasi (Punning, 1977), mille järel meri hakkas pidevalt taanduma. Limneamere ala vabanes vee alt 4500...5000 aastat tagasi, missugusesse ajajärku jääb ka kliima jahenemine ja tänapäevaseks muutumine. Iseloomulik tänasele kliimale on, et sademed ületavad tunduvalt aurumise. Vastupidiselt sisemaale, langeb settealal vegetatsioonperioodi sademetest üle poole selle perioodi teisel poolel, s.o. ajal, mil aurumine on väike.

Koos kliima muutustega ja mere taganemisega kaasnesid muutused ka maa-ala veerežiimis. Kliimatingimustest põhjustatud muutuste kõrval kutsus veerežiimi muutusi esile jääajajärgule järgnenud maatõus, millega pidi kaasnema põhjaveepinna alanemine – seda eriti Eesti loodeosas (Orviku, 1955).

Kuigi Madal-Eestis on primaarseid taimkatte elemente rohkem kui Kõrg-Eestis, siis kultuuris olevatel aladel on inimese mõju võrdlemisi suur. Eriti avaldub see veerežiimi reguleerimises, muldade harimises ja kultuuristamises. Selle tõttu on kultuuristatud aladel suurenenud soostunud muldade huumuskihi tusedus, selle liikuvate toitainete sisaldus ja mahumass ning vähenenud happelisus ja orgaanilise aine sisaldus (Paas, 1991a). Samuti muutub ka mulla ülemiste horisontide morfoloogia. Veasettelise päritoluga lähtekivim on niivõrd mõõduandev, et moreenil ja fluvioglatsiaalsetel setetel tekkinud muldi võib settealal vaadelda kui intratsonaalseid. Veasettelisele ja sageli raskesti filtreerivale lähtekivimile liitub tasane reljeef, kõrgel asuvad põhjaveed ning rohked üla- ja pinnaveed. Seetõttu toimub muldade areng peamiselt liigniiskes keskkonnas, mistõttu soostunud muldadel on rõhuv ülekaal.

Olenedes lähtekivimist, mullavete karbonaatsusest ja veerežiimist, on muldkate Läänemere transgressioonialal küllaltki vahelduv. Mullavete keemiline koosseis on dünaamiline ja sõltub peale geneetilise kuuluvuse ka proovivõtmise ajast ja kohast (tabel 4). Mulla põhjaveed on enamasti neutraalse reaktsiooniga ja keskmise kuni suure mineraalainete sisaldusega. Samal ajal võetud soostunud leetmuldade põhjavete proovid on mõnevõrra kaltsiumi- ja magneesiumivaesemad kui soostunud kamarmuldade põhjaveed, rauasisaldus on vastupidine.

Uuritud muldade ülaveed on üldiselt väikese aluste sisaldusega (7,6...25,5 mg/L CaO) ja vete mineraalainete sisaldus jääb alla 100 mg/L. Nendest happelisemad ja madalaima mineralisatsiooniga on huumus-illuviaalhorisondiga turvastunud leet-gleimulla ülaveed (Paas, 1972). Samuti on nende ülavetes suhteliselt suur lahustunud orgaanilise aine ja rauasisaldus, mis vihjab lahustuvate raua-orgaaniliste kompleksühendite suurele osatähtsusele nendes muldades. Vaesed on kaltsiumist ka küllastumata savimuldade ülaveed (Paas, 1991). Anioonidest on nii põhja- kui ka mullavetes ülekaalus HCO_3^- -ioonid (Karise, 1969; Viigand jt., 1966), millele järgneb SO_4^{2-} - ja siis Cl^- -ioon.

Suhteliselt alusterikka põhjavee tõttu on Pärnu ja Lääne-Eesti madalikul leetumisprotsessi mõju väike. Valitsev on ta eoolsetel setetel nõmmemännikute leedemuldadel (joon. 4 ja tabel 5) ja koos kamardumisega ka mujal karbonaadivaesemal lähtekivimil laskuva veevoolu tingimustes, või siis mineraalainete vaeste põhjavetega aladel. Enamuses liitub nendele veel soostumine ja moodustuvad soostunud leetmullad (Paas, 1994). Laialdase levikuga on lubjarikaste põhjavete mõjul tekkinud soostunud kamarmullad (Paas, 1991b).

Nii soostunud leet- kui ka kamarmuldadega kaasnev gleistumine osutub keeruliseks protsessiks (Vössotski, 1905; Verigina jt., 1940, 1953; Zaidelman, 1974; Kauritšev jt. 1982). Ta on seotud optimaalse vee- ja õhurežiimi rikkumisega, mulla mikroorganismide grupilise koosseisu ja elutegevuse ning rea keemiliste elementide: raua, mangaani, fosfori, väävli, lämmastiku ja orgaanilise aine muutumisega. Gleistumise morfoloogilised tunnused

Tabel 4. Mullavete keemiline koostis
Table 4. Chemical composition of soil water

| Vee liik <i>Kind of water</i> | | pH | Kuiv jääk g/l <i>Dry residue g/L</i> | | mg l l vees <i>mg/L</i> | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----|---|-------|----------------------------|--------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | | 105°C | 600°C | CaO | MgO | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | P ₂ O ₅ | Cl | SO ₃ | HCO ₃ | Na ₂ O |
| Soostunud kamarmuldade põhjavesi (n=16) <i>Groundwater of sod-gley soils</i> | \bar{x} | 7,3 | 0,372 | 0,239 | 79,85 | 47,34 | 2,57 | 1,32 | 0,40 | 8,29 | 44,65 | 436,2 | × |
| | $\bar{x} - U_{0,05}$ | 7,1 | 0,289 | 0,158 | 61,59 | 32,94 | 1,01 | 0,60 | 0,14 | 4,74 | 25,56 | 107,3** | × |
| | $\bar{x} + U_{0,05}$ | 7,6 | 0,455 | 0,319 | 98,11 | 61,74 | 4,13 | 2,05 | 0,65 | 11,83 | 63,75 | 765,1* | × |
| Soostunud leetmuldade ülavesi (n=8...5) <i>Perched water of podzolic-gley soils</i> | \bar{x} | 6,5 | 0,143 | 0,070 | 17,71 | 4,57 | 1,60 | 2,48 | 0,35 | 8,02 | 25,40 | × | × |
| | $\bar{x} - U_{0,05}$ | 5,7 | 0,090 | 0,030 | 13,51 | 2,05 | 0,54 | 0,60* | 0,10 | 2,26 | 17,33 | × | × |
| | $\bar{x} + U_{0,05}$ | 7,1 | 0,196 | 0,110 | 21,91 | 7,08 | 2,66 | 3,20* | 0,60 | 13,78 | 33,47 | × | × |
| Ranniku kamar-gleiliivmulla põhjavesi (n=9) <i>Groundwater of saline sandy gley soils in coastal zone</i> | \bar{x} | 7,8 | 0,947 | 0,626 | 117,79 | 77,26 | 7,22 | 2,98 | 0,55 | 74,26 | 9,50 | × | 96,29 |
| | $\bar{x} - U_{0,05}$ | 7,5 | 0,368 | 0,100 | 90,88 | 43,51 | 0,94 | 1,32 | 0,11 | 10,02 | 3,77 | × | 51,97 |
| | $\bar{x} + U_{0,05}$ | 8,1 | 1,525 | 1,151 | 144,71 | 111,02 | 13,50 | 4,64 | 0,98 | 138,50 | 15,24 | × | 140,01 |
| Primitiivse ranniku gleiliivmulla põhjavesi (n=6) <i>Grounwater of primitive sandy gley soils in coastal zone</i> | \bar{x} | 7,7 | 2,582 | 2,110 | 266,68 | 241,16 | 30,13 | 3,40 | 0,37 | 1564,46 | 39,09 | × | 678,76 |
| | $\bar{x} - U_{0,05}$ | 7,4 | 1,371 | 1,118 | 115,91 | 132,92 | 22,78 | 1,37 | 0,10* | 241,04 | 11,54 | × | 365,52 |
| | $\bar{x} + U_{0,05}$ | 8,1 | 3,792 | 3,102 | 417,45 | 349,31 | 37,48 | 5,42 | 0,65* | 2887,88 | 66,51 | × | 994,01 |

** $\bar{x} \pm U_{0,10}$

* $\bar{x} \pm U_{0,20}$

× – Ei määratud / No determined

Tabel 5. Leetmuldade füüsikalise-keemilise näitajaid kompleksprofiilis (joon. 4)

Table 5. Physico-chemical characteristics of podzols (figure 4)

| Mullastik, kaeve nr. <i>Soils, profile</i> | Horisont ¹ ja proovi sügavus cm <i>Horizon¹ and depth of sample cm</i> | | pH | | H _{5,6} | Al | H _{8,2} | S | T | V | Huumus % <i>Humus %</i> | Kuumutus- kadu % <i>Combustion loss %</i> | C:N |
|---|--|-----------|-------|--------------------|-------------------------------------|------|------------------|------|-------|------|----------------------------|---|------|
| | | | KCl-s | H ₂ O-s | | | | | | | | | |
| Sekundaarne leedemuld <i>Secondary podzol</i> 119 | A ₀ | 0...6 | 3,0 | 3,8 | 6,40 | 3,40 | 116,8 | 28,0 | 144,8 | 19,3 | × | 66,3 | 27,3 |
| | A ₂ | 6...11 | 3,2 | 4,1 | 0,16 | 0,11 | 3,0 | 0,4 | 3,4 | 11,8 | 0,92 | × | × |
| | A ₁ A ₂ | 11...18 | 3,1 | 3,8 | 1,18 | 1,13 | 9,1 | 0,6 | 9,7 | 6,2 | 2,13 | × | 15,4 |
| | A ₂ (A ₂ B) | 18...25 | 3,8 | 4,6 | 0,34 | 0,32 | 1,4 | 0,8 | 2,2 | 36,4 | 0,33 | × | × |
| | B | 25...55 | 4,4 | 5,3 | 0,08 | 0,06 | 2,1 | 0,6 | 2,7 | 22,2 | 0,34 | × | × |
| | B | 65...85 | 5,0 | 5,8 | 0,04 | 0,04 | 0,7 | 0,2 | 0,9 | 22,2 | × | × | × |
| | C | 180...210 | 4,8 | 5,7 | × | × | 3,3 | 0,6 | 3,9 | 15,4 | × | × | × |
| Huumus illuviaalne leedemuld <i>Humus-illuvial podzol</i> 120 | A ₀ | 0...6 | 2,8 | | | | 87,6 | 24,0 | 111,6 | 21,5 | × | 59,7 | × |
| | A ₁ A ₂ | 6...17 | 2,8 | | | | 8,9 | 0,6 | 9,5 | 6,3 | 1,54 | × | × |
| | A ₂ | 17...25 | 3,3 | | ei määratud <i>no determined</i> | | 2,8 | 0,2 | 3,0 | 6,7 | 0,33 | × | × |
| | B | 25...50 | 4,2 | | | | 6,3 | 0,4 | 6,7 | 6,0 | 0,83 | × | × |
| | B | 80...100 | 4,4 | | | | 2,5 | 0,2 | 2,7 | 7,4 | 0,16 | × | × |
| | C | 120...200 | 5,1 | | | | × | × | × | × | × | × | × |
| Turvastunud leede-gleimuld <i>Peaty gley-podzol</i> 122 | A ₀ | 0...15 | 2,5 | 3,4 | 14,27 | 4,07 | 139,4 | 17,6 | 157,0 | 11,2 | × | 92,8 | 38,0 |
| | A ₂ (A ₁ A ₂) | 15...20 | 2,9 | 3,8 | 2,1 | 1,94 | 5,6 | 0,1 | 5,7 | 1,8 | 1,1 | × | × |
| |) | | | | | | | | | | | | |
| | A ₂ (g) | 20...30 | 3,6 | 3,9 | 1,6 | 1,25 | 2,7 | 0,1 | 2,8 | 3,5 | 0,2 | × | × |
| | A ₂ Bg | 30...50 | 4,0 | 4,2 | × | × | 1,7 | 0 | 1,7 | 0 | 0,1 | × | × |

× – Ei määratud / *No determined*

¹ – Profili horisontide tähised pärinevad varasemast ajast, praegu on kasutusel uus tähistusviis / *The signs of the horizons descend from earlier time, at present a new classification of the horizons has been taken into use*

Joonis 4. Fragment luidestiku muldade kompleksprofiilist**Figure 4.** Complex profile of soils in dune

Mullad / Soils: L – tüüpilised leedemullad / typical podzols, Lg – gleistunud leedemullad / gleyed podzols, LG – leede gleimullad / gley podzols, LG₁ – turvastunud leedemullad / peaty podzols
1 – *Pinus sylvestris*, 2 – *Betula pubescens*, 3 – *Vaccinium myrtillus*, 4 – *Calluna vulgaris*,
5 – *Rhodococcum vitis idaea*, 6 – *Empetrum nigrum*, 7 – *Arctostaphylos uva-ursi*, 8 – *Vaccinium uliginosum*, 9 – lehtsamblad / green mosses, 10 – Lichenes;
joonisel 4...8 / in figure 4...8: 11 – liiv / sand, 12 – saviliiv / loamy sand, 13 – liivsavi / sandy loam,
14 – savi / clay, 15 – saviliivmoreen / loamy sand till, 16 – liivsavimoreen / sandy loam till,
17 – huumushorisont / humus horizon, 18 – turvas / peat, 19 – paas / limestone;
I – minimaalne põhjavee sügavus / minimal level of ground water,
II – maksimaalne põhjavee sügavus / maximum level of ground water

väljenduvad mulla värvuse muutumises, sinaka- ja rohekashallide toonide ning roostetäppide ja laikude ilmumises, algul üksikute lappidena, minnes pikapeale protsessi kasvades üle ühtlaselt sinakashalliks horisondiks. Settealadel võib kohata muldi, kus gleihorison asub vahetult huumuskihi all ja sügavamal gleistumise tunnused vähenevad, s.o. ülagleistumine, või muldi kus gleihorison asub Bg-horisondi all ja sügavamal gleistumine intensiivistub, s.o. süvagleistumine (Paas, 1964). Gleistumise keemilised tunnused väljenduvad kahevalentse raua ja teiste alahapendiliste ühendite ilmumises ja mulla hapendus-taanduspotentsiaali languses. Glei moodustumine on seotud anaeroobsetes tingimustes orgaanilise aine biokeemiliste lagundamisprotsessidega. Seejuures raua üleminek kahevalentsesse olekusse toimub anaeroobsete mikroorganismide elutegevuse produktide mõjul (Verigina, 1953), on ka kindlaks tehtud mitmed sellest protsessist osavõtvad bakterite grupid (Nenumilujev jt. 1970). Raua ja mangaani hapendite taandamine toimub põhiliselt katalüütilisel teel ensüümide osavõtul, kusjuures vesiniku ülekandjaks on dehüdrogenaasid ja reduktaasid (Galstjan jt., 1974). Suhteliselt liikuvad ferroühendid alluvad väljaleostumisele osalt gravitatsioonivee mõjul, osalt aga võivad kapillaarveega tõusta mulla pindmisse kihti. Siin võib toimuda kapillaarveega ülestoodud ferroühendite akumulatsioon ja edasine hapendumine ferriühenditeks. Gleistumisprotsessi tuleb lugeda iseloomulikuks soostunud muldade esimestele staadiumidele, kuna orgaanilise aine morfoloogiliselt märgatav kuhjumine on omane turvastunud ja soomuldadele.

Et lähtekivimil ja pinnakatte geoloogilisel ehitusel on suur mõju muldade kujunemisele, võib mulla lähtekivimite järgi jagada settetasandiku mikrotsoonideks: a) liivatasandikud, b) saviliiva ja sidusliiva tasandikud, c) savitasandikud, d) kahekihilise või mitmekihilise lähtekivimiga tasandikud, e) vahelduva lähtekivimiga tasandikud (väikesel vahemaal esinevad nii geneetiliselt päritolult kui ka lõimiselt väga erinevad mulla lähtekivimid).

Mereranniku geoloogilist ehitust ja arengut ning seega muldade kujunemist mõjutavad oluliselt vana pinnamood ja varasemad setted. Geoloogide poolt on eristatud mitmeid rannikutüüpe, millest meil on valdavamad moreenrannik ja kinnikasvanud rannik. Aladel, kus akumulatiivne settetasandik ulatub tänapäeva rannikule, on tüüpiline lauskrannik. Kvaternaarsestes võib harva esineda ka astangrannikut. Viimane tekib seal, kus vanal pinnamoel on suur kalle ja rannik on avatud tormilainetele (Orviku, 1961).

Tormide puhul ajuveega üleujutataval alal tekivad rannikutsoonis sooldunud rannikumullad. Ülekaalus on ranniku-gleimullad, harvem on turvastunud- ja õhukese turbakihiiga ranniku madalloomuldi. Maapinna väikese absoluutkõrguse tõttu on põhjavesi pidevalt mullaprofiilis. Nii põhjavees (tabel 4) kui ka mulla vesileotises leidub rohkesti kloori ja naatriumi, eriti vahetult merega piirnevatel ranniku-glei-liivmuldadel (Lohu, 1969). Raskema lähtekivimiga muldade puhul esineb mullavetes klooriga võrdselt SO_3 (joon. 5). Vete suur soolsus on säilinud ka polderkuivenduse järel. Nii oli 10. aastal pärast kuivendust ja ülesharimist oktoobrikuus drenivete iooniline koostis järgmine: Cl^- 470...495, SO_4^{2-} 488...565, HCO_3^- 512...634, Na^+ 380...400, Ca^{2+} 186...305, Mg^{2+} 100...130, K^+ 16,5...18,0 ja Fe^{2+} ja Fe^{3+} 0,15...0,36 mg/L. pH oli 6,6...7,2.

Raskemal lähtekivimil on organogeenne horisont paremini arenenud ja rohkem on ka turvastunud rannikumuldi kui liivarannikul (tabel 6). Liivaranniku puhul on mulla organogeenne horisont õhuke, väikese huumusesisaldusega ja väheviljakas (Paas, 1985). Õhukeste liivakihikestega huumushorisondile järgneb kohe gleihorison. Harilikult on rannikumuldade võõnd kitsas, rannikumullad lähevad sisemaa poole aeglaselt üle soostunud kamarmuldadeks. Nõnda pakub soolaste põhjavetega rannikuriba huvi põhiliselt seetõttu, et nii Litoria- kui ka Limneamere transgressiooniala mullatekkeprotsessi algfaasid toimusid analoogilistes põhjavee tingimustes. Harva on tänapäeva rannikul jõgede suudmealade läheduses eolseid setteid leedemuldadega.

Kui tänapäevase liivase lauskranniku naabruse jäävad vanad endiste merede transgressioonirandade kõrged luitevõõndid ja maapind on veerjam (kaldtasandik), siis muutub maastiku ja mullastiku kompleksprofiil komplitseeritumaks (Paas, 1985). Mereäärsete rannikumuldade ja nendest sisemaa poole jäävatele küllastumata ja küllastunud gleimuldadele järgnevad kaugemal asuval luitevõõndil leedemullad. Luidestiku jalamile, põhjavee juurdevooluga alale, on kitsa ribana tekkinud madalloomullad. Nagu näitavad veerežiimi uurimised, on sellised sood väga veerikkad. Dreenitud maade puhul on äravoolumoodul siin

Tabel 6. Rannikumuldade iseloomulikke näitajaid kompleksprofiilis (joon. 5)

Table 6. Chemical and physico-chemical characteristics of saline littoral soils (figure 4)

| Kaeve nr. <i>Profile</i> | Horisont ¹ ja proovi sügavus cm <i>Horizon¹ and depth of sample cm</i> | pH _{KCl} | pH _{H₂O} | mg-ekv. 100 g mullas <i>me. per 100 g</i> | | | V % | Huumus % <i>Humus %</i> | Kuumutus- kadu % <i>Combustion loss %</i> | Vabu karbonaate % <i>Carbonates %</i> | |
|-----------------------------|---|-------------------|------------------------------|--|------|-------|--------|----------------------------|---|---|------|
| | | | | H _{8,2} | S | T | | | | | |
| 346 | A ₀ A ₁ | 1...21 | 6,1 | 6,9 | 1,19 | 42,96 | 44,15 | 97,3 | 37,7 | 72,0 | 6,0 |
| | G ₁ ' | 23...40 | 7,0 | 8,0 | 0,69 | 44,94 | 45,63 | 98,5 | 0,6 | × | 8,0 |
| | G ₁ '' | 90...100 | 7,0 | 8,0 | 0,69 | 44,94 | 45,63 | 98,5 | 1,0 | × | 15,5 |
| 351 | A ₀ | 1...23 | 5,5 | 5,9 | 2,39 | 43,36 | 45,75 | 94,8 | × | 86,8 | 5,8 |
| | G ₁ | 25...40 | 6,3 | 6,8 | 1,91 | 31,48 | 33,39 | 94,3 | 4,6 | × | × |
| | G ₁ '' | 65...80 | 7,1 | 7,8 | 0,52 | 44,94 | 45,46 | 98,9 | 0,9 | × | 21,2 |
| 355 | A ₀ (A ₀ A ₁) | 1...17 | 5,9 | 6,4 | 5,74 | 42,57 | 48,31 | 88,1 | 30,2 | 48,9 | 4,5 |
| | G ₁ | 20...40 | 6,9 | 7,2 | 0,69 | 23,95 | 24,64 | 97,2 | 1,3 | × | × |
| | G ₂ | 115...130 | 7,4 | 7,2 | 0,52 | 44,94 | 45,46 | 98,9 | 0,5 | × | 16,0 |
| 357 | A ₀ | 1...7 | 5,4 | 6,0 | 1,19 | 41,58 | 42,77 | 97,2 | 40,1 | 60,4 | × |
| | A ₀ A ₁ | 8...26 | 5,8 | 6,3 | 4,69 | 36,43 | 41,12 | 88,6 | 18,5 | 30,4 | × |
| | G ₁ | 35...55 | 6,9 | 8,0 | 0,52 | 44,15 | 44,67 | 98,8 | 1,0 | × | 8,1 |
| | G ₂ | 85...100 | 6,8 | 7,3 | 0,87 | 33,46 | 34,33 | 97,5 | 0,8 | × | × |
| 359 | A ₁ ' | 1...12 | 6,9 | 7,1 | 0,52 | 39,40 | 39,92 | 98,7 | 1,6 | × | × |
| | A ₁ '' | 12...25 | 6,8 | 7,2 | 1,04 | 44,94 | 45,98 | 97,7 | 6,2 | × | 7,2 |
| | A ₁ ''' | 25...45 | 7,0 | 7,9 | 0,69 | 42,96 | 43,65 | 98,4 | 4,8 | × | 3,9 |

× – Ei määratud / *No determined*

1 – vt. tabel 5 / *see Table 5*

Joonis 5. Mereranniku muldade kompleksprofiil
Figure 5. Complex profile of soils in coastal zone

ArG – ranniku gleimuld / saline littoral gley soil, ArG₃ – turvastunud ranniku gleimuld / saline littoral peaty gley soil;

1 – *Betula pubescens*, 2 – *Alnus glutinosa*, 3 – *Salix* species, 4 – *Carex* sp., 5 – *Calamagrostis* (*neglecta*, *canescens* jt.), 6 – *Sesleria coerulea*, 7 – *Phragmites australis*, 8 – *Deschampsia caespitosa* + *Molinia coerulea*, 9 –jt. kõrrelised / and other gramineoles grasses, 10 – *Trifolium fragiferum* jt., 11 – *Potentilla anserina*, 12 – *Comarum palustre*, 13 – *Filipendula ulmaria*, 14 – *Parnassia palustris*, 15 –jt. rohunid / and other motley grasses, 16 – põhjavee sügavus sept. I dekaadil / level of ground water (September, I decade),

Kj – kuiv jääk / dry residue

pidevalt suur (Kink, 1970). Mõnikord on leedemuldadelt soomuldadele üleminek nii järsk, et soostunud leetmullad nende vahel praktiliselt puuduvad. Üldiselt on soostunud leetmuldade (leet-gleimuldade) osatähtsus antud maastikulõigis väike. On aga luidete jalamil karbonaadiavaene liivakiht tüse ning väljakiilduvate vete mõju väike või puudub, siis on soostunud leetmuldade levik laialdasem, kusjuures soomuldade võõnd luidete jalamil puudub.

Sisemaa suunas asuvad liivatasandikud on kas lausktasandikud, mis on kohati läbitud jõgede ja ojade orgudest, või tugevasti liigestatud mikroreljeefiga tasandikud (enamuses regresseeruvate mererannikute moodustised Limnea- ja Litoriinamere alal). Lausktasandikel on jõe ja ojaorgudest kaugemal toitainetevaesemates tingimustes levinud huumus-illuviaal-horisonidiga leet-gleimullad puhmikuliste aluskatttega männikute all. Lähemal jõeorule, lammiga külgneval platool, on levinud kamar-leetmullad, mille profiili allosas on nõrku gleistumise tunnuseid, või lammioru nõrgema mõju puhul gleistunud leetunud mullad. Üldiselt stabiilselt kõrge põhjavees seis takistab leetumist. Seetõttu on tihti jõgede äärsetel aladel ja mikrokühmuldel, kus põhjavesi jääb sügavamale, levinud gleistunud leetunud mullad; mikronõgudes ja tasastel aladel aga, kus põhjavesi on maapinnale lähemal – küllastumata gleimullad (Paas, 1985b).

Kahekihilise lähtekivimiga tasandikel on tihti ülekaalus ülaveelise tekkega soostunud leetmullad. Liivakihi all lasuvale savikihi tekivad ajutised ülaveed on enamuses alustevaeased. Suve teisel poolel ülaveed puuduvad ja sademete puhul tekib laskuv vool, millega kaasneb leetumine. Et leetumine ja sisseuhtekihi moodustumine toimub õhukeses liivases katekihis, on muldade profiil kääbusjas. Jõeorgudest kaugemal tasastel aladel on vahel ka rabamuldi. Üleminek rabamuldadele on võrdlemisi järsk (Paas, 1972b), kusjuures raba paikneb tasasest ümbruskonnast kõrgemal. Eriti selgelt on see näha tüsedama turbakihi rabade puhul. Rabast soostunud mineraalmuldadega tasandikule tekib järgmine muldade järjestus: rabamullad, mis on ümbritsetud väga kitsa siirdesoomuldadega võõndiga – turvastunud leet-gleimullad või küllastumata turvastunud gleimullad – edasi leet-gleimullad koos küllastumata gleimuldadega.

On aga liivakihi all lubjarikkad materjalid (vahel ka limuste Litorina litorea jt. kodadega kihid) ja põhjaveed on kaltsiumirikkad, levivad lausktasandikel küllastunud gleimullad koos küllastunud turvastunud gleimuldadega. Jõeoru või astangute lähedastel aladel, kus põhjavesi jääb sügavamale, on samuti levinud gleistunud küllastumata mullad. Teravamalt avaldub reljeefi mõju tugeva mikroreljeefiga liivatasandikel (joon. 6). Kuigi lähtekivim on ühtlane ja põhjaveed suhteliselt aluselised, vahelduvad lühikesel vahemaal soostunud leetmullad (A_0A_1 horisoni pH_{KCl} 3,3...3,8, $V\%$ 13,3...39,2) mikrokühmuldel ja künnistel, küllastunud gleimuldade ja küllastunud turvastunud gleimuldadega mikronõgudes ja lohkudes. Niisuguste komplekside tekkes on suur tähtsus suvisel põhjavee sügavusel ja kapillaarvõetme paiknemisel mullaprofiilis ning mullavete aluste sisalduse dünaamikal.

Kahe- või mitmekihilise lähtekivimiga aladest kujutavad väga õhukese liiva katekihi savitasandikud endast liivaalade üleminekut savialadele. Kohati on liivakiht nii õhuke, et temast on formeerunud ainult huumushorison. Sügavama künniga segatakse all-lasuvat savi liiva- või saviliivaka katekihi, mille tõttu on osa liivsaavi huumushorisonidiga savimuldadid tekkinud inimtegevuse tulemusel.

Sidusliiva ja saviliiva tasandikkudest on omapärasemad laguunsetete tasandikud, mida reljeefilt iseloomustab ümbruskonna suhtes äärmiselt lame nõgusus. Pikemaageste ja suuremate laguunide rannikule on vahel kujunenud luidete võõnd. Nii võib laguuntasandikust väljaspoolt alates eraldada eoolsete setete võõndit, sellele järgnevat madalaveelise tekkega peenkruusakat rannikliivasetete võõndit ja laguuni keskosal paiknevat sidusliivakat ala. Settinud sidusliiv sisaldab vähesel määral orgaanilist ainet ka sügavamates horisontides. Selles kompleksprofiilis (Paas, 1985a) avaldub selgelt lähtekivimi ja ekspositsiooni mõju. Vastavalt lähtekivimi ja veerežiimi iseärasustele võib luidestikul eristada leedemuldadid (joon. 4), mis ka sügavamates horisontides on tugevalt happelised (tabel 5). Luidestiku jalamil rannasetetel, mille kruusakas materjal on alumosilikaatne, on soostunud leetmuldi. Nende muldade küllastusaste on madal ja kihisemine soolhappe mõjul jääb tublisti ühest meetrist sügavamale. Laguunsetel sidusliivadel on kujunenud aga küllastunud

Joonis 6. Liivatasandiku kompleksprofiil Limneamere transgressioonialal

Figure 6. Soil-geomorphological profile in the transgression area of the Limnea Sea

LKg_{II} – tugevalt gleistunud leetunud mullad / *gleyed soddy podzolic soils*, LkG – leet-gleimullad / *soddy gley-podzolic soils*, G_(I) – küllastumata gleimullad / *sod-gley unsaturated soils*, G₍₀₎ – küllastunud gleimullad / *sod-gley saturated soils*, G₍₀₎₃ – küllastunud turvastunud gleimullad / *peaty gley saturated soils*;

1 – *Pinus sylvestris*, 2 – *Betula pubescens*, 3 – *Alnus glutinosa*, 4 – *Salix sp.*, 5 – *Sesleria coerulea*, 6 – *Filipendula ulmaria*, 7 – *Carex sp.*, 8 – *Calluna vulgaris*, 9 – *Rhodococcum vitis idaea*, 10 – *Nardus stricta*, 11 – *Comarum palustre*, 12 – *Calamagrostis (canescens, neglecta jt.)*, 13 – lehtsamblad / *green mosses*, 14 – *Polytrichum sp.*; Hu – huumus / *humus %*

või küllastumata glei- ja turvastunud mullad. Kuigi mõningane osa nende muldade kujunemisel on alluviaalsusel, on mullaprofiil siiski erinev tüüpilistest alluviaalmuldadest.

Siluri alal on tolmjad saviliivad ja kohati tolmjad liivsavid veelgi lubjarikkamad. Seda on põhjustanud nii setete lähtematerjali kui ka kunagisse lahesoppi või laguuni kandunud vete suurem lubjarikkus. Suur tähtsus on ka karbonaadirikaste põhjavete poolt sekundaarsel küllastamisel (Paas, 1991b). Vabu karbonaate leidub juba mullaprofiili ülemises osas. Kihisemine soolhappe mõjul mullaprofiilis algab enamuses 30...50 cm sügavusel, vahel ka kõrgemal. Valitsevad on lubjarikkad (sekundaarselt sügavkarbonaatsed) gleimullad, kuid laiguti leidub ka turvastunud gleimuldi. Vähe soodsama veerežiimiga ojaorgude mõjupiirkonnas on ka tugevalt gleistunud muldi (joon. 7).

Olenedes tekketingimustest, võib savisel lähtekivimil kohata nii küllastumata kui ka küllastunud soostunud kamarmuldi. Esimesed on levinud ülekaalukalt savitasandikel väljaspool Antsülusjärve transgressiooniala Balti Jääpaisjärve viirsavidel. Vähemal määral leidub neid ka Antsülusjärve ja Litoriinamere transgressioonialadel seal, kus on tegemist lubjavaeste savidega. Suur tähtsus nende muldade tekkel on eluviaalsel gleistumisel (Paas, 1991b). Sealjuures jõe- ja ojaorgude vahelisel tasandikul jõeorust kaugemal ja veelahkmel on levinud küllastumata gleimullad, kuna jõeoru äärsetel aladel võib leida ka küllastumata gleistunud muldi (Paas, 1985b).

On savitasandikel jõeorgude naabruses rabad, siis näeme jõe ja raba vahel palju täielikumat soostunud mineraalmuldade kateenat. Nii on jõelammil levinud lammi-glei- või -gleistunud mullad. Jõeoru ääres on gleistunud küllastumata mullad. Edasi järgnevad tasandikul raba suunas küllastumata gleimullad – küllastumata turvastunud gleimullad ja väga kitsa ribana siirdesoomullad. Vahel siirdesoomullad praktiliselt puuduvad ja järgnevad kohe rabamullad. Mõõdukalt lubjarikka lähtekivimi puhul võivad küll raba läheduses levida küllastumata turvastunud gleimullad ja küllastumata gleimullad, edasi jõe poole järgnevad aga küllastunud gleistunud mullad.

Joonis 7. Saviliiva tasandiku kompleksprofiil Litoriinamere transgressioonialal

Figure 7. Soil-geomorphological profile in the transgression area of the Litorina Sea

Kg₍₀₎ – sekundaarselt sügavkarbonaatne gleistunud muld / secondary calcareous gleyed soil,

Gk₍₀₎ – sekundaarselt sügavkarbonaatne gleimuld / secondary calcareous gley soil;

1 – põhjavee sügavus juuni alguses / level of ground water (June / decade)

Savitasandikel, kus õhema savikihi all on karbonaatne rähkmoreen või paas, on ka mullaveed lubjarikkamad ja levivad küllastunud soostunud kamarmullad. Samuti oli karbonaatse materjali läheduse tõttu juba savide settimisel alustega küllastumine soodsam. Küllastunud glei-savimullad on rohkem levinud transgressiooniala loode- ja põhjaosas rähkplatooga piirnevatel üleminekuvaladel (joon. 8) ning setteala kahe allvaldkonna vahel, kus väiksemad savitasandikud paiknevad vaheldumisi kõrgemale reljeefielementidele jäävate rähk- ja paealadega. Viimastel võib leida vahel ka pruunmuldi (leostunud muldi) ja põuakartlike rähkmuldi ehk rendsiinasid (Reintam, 1971). Vähemal määral leidub küllastunud glei-savimuldi ka tüüpilises settetsoonis vahelduva lähtekivimiga tasandikel, kus paiguti lubjarikkad moreensed kühmud ulatuvad maapinna lähedale, samuti setteala läbiva otsamoreeni-ooside vööndi siirdealadel. Nii on siin marginaalse oosi jalamil väljakiilduvad lubjarikkad põhjveed küllastanud kõrvaloleval tasandikul liivakal ja savikal lähtekivimil paiknevad mullad karbonaatidega (Paas, 1985a). Põhjavete väljakiildumise kohale on tekkinud kitsa ribana soomullad (lodusood), edasi järgnevad küllastunud turvastunud gleimullad ja küllastunud gleimullad. Üleminek parasniisketelt muldadelt soomuldadele on väga järsk.

Väga kirju lähtekivimiga aladel muutub kompleksprofiil palju keerukamaks. Kui moreenil ja väga õhukeselt setetega kaetud moreenil on tekkinud poolhüdromorfsed pruunmullad (leostunud muldade poolhüdromorfsed liigid), siis samas maastikus veesettelisel lähtekivimil on tekkinud (olenedes asukohast) kas küllastunud või küllastumata soostunud kamarmullad või isegi soostunud leetmullad. Et mullavete liikumise üldsuund on jõe- või ojaoru suunas, on samas suunas ka karbonaatse lähtekivimi mõjutsoon oma ümbrusele kõige ulatuslikum (Paas, 1985b). Kui maapinna lähedale ulatuv moreen sisaldab rohkem fenno-skandia päritoluga materjali, siis on moreen lubjavaesem ja moreenil kujunevad poolhüdromorfsed leetjad (lessiveerunud pruunmullad) või ka gleistunud leetmullad. Samuti ei avaldu moreensete kühmade või künniste ümbruse tasandikul küllastumist. Moreensel kühmul paikneva lessiveerunud gleistunud mulla huumushorisont on toodud näites (Paas, 1985a)

Joonis 8. Maastiku kompleksprofiili siirdetsoonis Balti Jääpaisjärve transgressioonialal
Figure 8. Soil-geomorphological profile in transgression area of the Baltic Ice Lake

Gk – karbonaatsed gleimullad / gley-rendzinas on pebble till, $G_{(0)}$ – küllastunud gleimullad / sod-gley saturated soils, G_0 – leostunud gleimullad / typical gley-brown soils, K_{0gII} – tugevalt gleistunud leostunud mullad / gleyed typical brown soils, K_{gII} – tugevalt gleistunud karbonaatsed (rähksed) mullad / gleyed rendzinas on pebble till.

nõrgalt happeline ja ta küllastusaste on 50...60 % piires. Ümbruses oleva küllastumata glei-savimulla huumushorisont on tugevalt happeline ($\text{pH}_{\text{KCl}} 4,3$) ja küllastusaste alla 50 %.

Mõningatel Antsülusjärve savitasandikel, kus esineb ka liivakünniseid, vahelduvad väikesel vahemaal savialad liivaaladega. Madalatel liiva- ja kahekihilise lähtekivimiga künnistel on formeerunud gleistunud leetunud mullad, nendevahelistel savialadel aga küllastumata gleimullad (Paas, 1985b).

Lammimullad on transgressioonialal esindatud lammi-kamarmuldadena, gleistunud lammimuldadena, lammi glei- ja madalsoomuldadena. Kuigi jõgede alluviaalsus on nõrk ja setete akumulatsioon lammidel on suhteliselt väike (Pork, 1962), on enamikul juhtudel mullaprofiilid tüüpiliste lammimuldade tunnustega ja ei erine omadustelt väljaspool transgressiooniala tekkinud samatüübilistest analoogidest. Märkida võib teraliste lammimuldade suuremat osatähtsust. Et parasniisked ja vähem liigniisked lammimullad paiknevad kitsastes ja halva konfiguratsiooniga jõeorgudes (Paas, 1972b, 1985b), massiivsemad lammialad on aga enamuses kestvamalt liigniisked, on nende põllumajanduslik kasutamine raskendatud. Parema kooslusega taimikud kasvavad teralistel lammikamarmuldadel ja teraliste lammi-gleimuldadel, need mullad on ka viljakamad. Väärivad tähelepanu põhiliselt looduslike rohumaadena.

Kokkuvõte

Läänemere transgressiooniala mullastiku iseloomu määrab siin domineeriv liigniiskus. Sealjuures on eriline roll põhja- ja ülavete keemilisel koosseisul, vete dünaamilal mulla-profiilis ning tihti juba oma tekkel redutseerunud (gleistunud) lähtekivimil. Kergel lähtekivimil on vähem mineraliseerunud põhja- ja ülavetega aladel tekkinud soostunud leetmullad ja vahel ka küllastumata soostunud kamarmullad, karedate (karbonaatide rikaste) vete puhul aga küllastunud mullad. Soostunud leetmuldadel ei ulatu kapillaarvööde suvel harilikult mullaprofiili ülaossa. Küllastumata glei-savimuldade tekkel on suur mõju eluviaalsel gleistumisel. Küllastunud glei-savimullad on rohkem levinud siluriala vahelduva lähtekivimiga tasandikel.

Litoloogilis-geomorfoloogiliste tingimuste ja mullastiku ressursside analüüs lubab välja tuua selle territooriumi ehituse mõningaid seaduspärasusi. Tema piirides võib eristada kolme akumulatiivse tasandiku morfoloogilist tüüpi.

1. Mereäärne ala – tihedalt seotud praeguse rannajoonega. Mere soolase ajuvee piir ulatub 2...2,5 m absoluutkõrguseni. Maapind on tasane, kohati nõrga mikroreljeefiga. Muld ja mulla põhjavesi on kõrgenenud soolusega. Põllumajanduslikust aspektist on ala kasutatav loodusliku rohumaana. Kultuurkõlvikuna kasutamisel vajab kallist polderkuivendust, mida on meil seni tehtud ainult Audrus.

2. Tüüpiline setteala – põhiline akumulatiivne setteala. Hästisorteeritud veesettelise materjali paksus on siin kõige suurem. Lausktasandik on väheste reliktsete rannamoodustiste ja endiste laguunide väga lamedate nõgudega. Kohati on mikroreljeef liigestatud. Magedad, hüdrokarbonaatsed põhjaveed on varieeruva karedusega. Levivad ülekaalukalt soostunud kamar- ja soostunud leetmullad. Maade põllumajanduslikul kasutamisel on esikohal hüdro-melioratsioon.

3. Siirdeala, mis piirab tüüpilisi settealasi. Veesettelise materjali paksus on väike ja kohati praktiliselt puudub. Väikesel vahemaal vahelduvad veesettelise materjaliga täitunud lamedad nõod moreensete aladega. Maapinna kõrguste vahed on suuremad ja mesoreljeefi erinevused on tingitud aluskivimi (moreen, paas) vanast pinnamoest. Muldade kujunemisele on põhjavete (kohati ka surveliste) kõrval tähtis osa üla- ja pinnavete omadustel ja jaotusel maastikul. Liigniiskete muldade kõrval leidub ka põuakartlikke. Siirdetsoonis on esiplaanil kõlvikute ja kultuuride õigesti paigutuse küsimused ja teisena melioratsioon.

Kirjandus

- Dilatorski: Дилаторский Н. Л. Физико-химические свойства тонких фракций некоторых глин Эстонской ССР. — Изд. АН ЭССР, т. V, серия техн. и физ.-мат. наук. №1, с. 2, 2...41, Таллин, 1956.
- Galstjan jt.: Галстян А. Ш., Анунджян З. С. Роль ферментов в процессах восстановления окиси железа и марганца в почве. — Труды международного конгресса почвоведов. т. X, с. 130...135, М., 1974.
- Karise: Каризе В. Ю. Воды четвертичных отложений Южной Эстонии и формирование их состава. — Автореферат диссертации, Таллин, 1969, 27 с.
- Karu, A. Metsade rekonstrueerimise tähtsusest Eesti NSV-s. — Loodusuurijate Seltsi aastaraamat, 48 kd, — Tln., lk. 260...292, 1955.
- Katšinski: Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы. Методы его изучения. — М., 1958, 192 с.
- Kauritšev jt.: Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. — М., 1982, 248 с.
- Kessel jt.: Кессель Х. Я., Раукас А. В. Прибрежные отложения Анцилового и Литоринового моря в Эстонии. — Таллин, 1967, 134 с.
- Kessel jt.: Кессель Х. Я., Пуннинг Я. М. Об абсолютном возрасте голоценовых трансгрессий Балтики на территории Эстонии. — Изд. АН ЭССР, XVIII. Химия. Геология. Таллин, с. 140...153, 1969.
- Kink: Кинк Х. А. Геологическая и гидрогеологическая характеристика осушаемых низинных болот Эстонской ССР и методика их исследований с применением электроразведки. — Автореферат диссертации. Таллин, 1970, 25 с.
- Laasimer, L. Eesti NSV taimkate. — Tln., 1965. — 397 lk.
- Laiasaar, B. Põhjaveelised savimullad Eesti NSV-s. — RPUI "Eesti Maaparandusprojekt". Teaduslik-tehnilised tööd. — Maaparandus. — Tln., lk. 42...47, 1975.
- Lillema, A. Eesti NSV mullastik. Tln., 1958. — 199 lk.
- Lippmaa, T., Lippmaa, H. Taimkate. — Pärnumaa. — Tartu, 1930, lk. 31...50.
- Lippmaa, T. Eesti geobotaanika põhijooni. Tartu, 1935. — 187 lk.
- Lohu, M. Mõnede Eesti NSV mereranniku muldade ja nende põhjavete soolade sisaldusest, koostisest ja dünaamikast. — Diplomitöö, Tartu, EPA agronoomiateaduskond, 1969. — 76 lk.
- Luha, A. Eesti NSV maavarad. — Tartu, 1946. — 178 lk.
- Nenomilujev jt.: Неномилуев В. Ф., Козерев М. А. Глеевой процесс почвообразования и участие в нём микроорганизмов. — Почвоведение №10, с. 56...61, 1970.
- Orviku: Орвику К. Основные черты геологического развития территории Эстонской ССР в антропогеновом периоде. — Изд. АН Эст. ССР, том IV, №2, с. 233...243, 1955.
- Orviku, K. Tänapäeva ranniku geoloogiast Muhu saarel ja Pärnu-Virtsu vahelisel alal. — Loodusuurijate Seltsi aastaraamat, 53 kd. — Tartu, lk. 77...84, 1961.
- Paas, A. Mullastikulisi märkmeid Audru jõgikonna saviliivade alalt. — Eesti Loodus, nr. 1, lk. 42...46, 1960.
- Paas, A. Pärnu settealade soostunud kamarmuldadest. — Loodusuurijate Seltsi aastaraamat 56 kd., — Tln., lk. 25...56, 1964.
- Paas, A. Glei ja gleistunud muldade veerežiim Pärnu settealadel. — Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 23, lk. 1072...1075, 1968.
- Paas: Паас А. Ю. О режимах и свойствах мелиорируемых заболоченных почв и возможности их применения в диагностике избыточного увлажнения. — Автореферат диссертации. Таллин, 1972a, 40 с.
- Paas, A. Kompleksprofili veerežiimi uurimise mõningaid tulemusi. — EMMTUI teaduslike tööde kogumik XXVI, lk. 117...128, 1972b.
- Paas: Паас А. Ю. Закономерности распространения почв на отложениях Балтийских трансгрессий. — Почвоведение, №12, с. 5...13, 1985a.
- Paas: Паас А. Ю. Дерново-глеевые и подзолисто-глеевые почвы на отложениях Балтийских трансгрессий и их изменение под влиянием мелиорации. — Рукопись на кафедре почвоведения и агрохимии ЭСХА. Таллин, 1985b, 391 с.
- Paas, A. Muldade omaduste ja režiimide muutumine kuivendamisel ja ülesharimisel. — Agraarteadus, nr. 3, lk. 231...247, 1991a.

- Paas, A. Kamar-gleimullad Balti mere transgressioonisetel. – Agraarteadus, nr. 4, lk. 351...371, 1991b.
- Paas, A. Soostunud leetmullad Balti mere transgressioonisetel. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 281...307, 1994.
- Pirrus jt.: Пиррус Э. А., Раукас А. В. Сравнительная литолого-минералогическая характеристика мелких фракций морен и ленточных глин Эстонской ССР. — Труды Института геологии АН ЭССР, №12, с. 39...67, 1963.
- Pirrus: Пиррус Э. А. Карбонаты ленточных глин Эстонии. — В кн.: Литология палеозойских отложений Эстонии. Таллин, 1964, с. 101...121.
- Pljusnin: Плюсин И. И. Мелиоративное почвоведение. — М., 1964, 472 с.
- Pork: Порк К. М. Условия образования почвы в поймах некоторых рек Эстонской ССР. — Сб. научных трудов ЭСХА, 24. Тарту, 1962, с. 215...227.
- Punning, J. M. Isotoobid jutustavad minevikust. — Tln., 1977. — 136 lk.
- Reintam jt.: Рейнтам Л., Роома И. О., Таранди К., Тейтельбаум В. Путеводитель экскурсии III съезда почвоведов СССР по почвам Эстонии. — Тарту, 1965, 147 с.
- Reintam: Рейнтам Л. Почвообразование на моренах и двучленных породах Эстонии. — Сб. научных трудов ЭСХА, 75. Тарту, 1971, с. 3...77.
- Reppo, E. Karbonaatsete mullaproovide pinnase mehaanilise koostise määramise meetodikast. — Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1967/1968. — Tln., lk. 65...81, 1969.
- Rode: Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге, т. I. Л., 1965, 663 с.
- Zaidelman: Зайдельман Ф. Р. Подзоло- и глееобразование. — М., 1974, 208 с.
- Truu, A. Eesti NSV sood ja turbavarud mullastiku valdkonniti. — EMMTUI teaduslike tööde kogumik IV. — Tln., lk. 137...154, 1964.
- Verigina jt.: Веригина К. В., Завалишин А. А., Максимюк Г. П. Первые итоги работ по изучению процессов заболачивания почв. — Проблемы советского почвоведения. Сб. XI. М., 1940, с. 189...229.
- Verigina: Веригина К. В. К характеристике процессов оглеения почв. — В кн.: Экспериментальные работы в области физики, химии и биологии почв. М., 1953, с. 198...252.
- Verte, A. Arteesiaveed Eesti NSV-s. — Eesti Loodus, nr. 4, lk. 206...208, 1958.
- Viigand jt.: Вииганд А. И., Сергеева В. С., Чебан Э. Р. Водоносный комплекс четвертичных отложений. — Гидрогеология СССР, т. XXX. Эстонская ССР. М., 1966, с. 70...96.
- Võsotski: Высоккий Г. X. Глей. — Почвоведение, №4, с. 291...347, 1905.