

PROJEKTI LÕPPARUANNE⁵

1. PROJEKTI NIMETUS: Huumusbilansi mudel taimekasvatuse jätkusuutlikkuse hindamise töövahendina

2. PROJEKTI NIMETUS INGLISE KEELES: Humus balance model as a tool for sustainable crop production

3. PROJEKTI KESTUS **Algus:** 01.01.2013 **Lõpp:** 31.12.2014

4. PROJEKTI LÕPPARUANDE LÜHIKOKKUVÕTE:

Uurimuse peamised eesmärgid olid:

1. Välja töötada Eesti tingimusi arvestav ja praktikas rakendatav põllumuldade huumusbilansi kalkulaator.

2. Testida teaduskirjanduses avaldatud süsiniku (huumuse) kontsentratsiooni ja varude simulatsiooni/prognoosimudelite toimimist Eesti mullaseire aladel ja tootmispõldudel.

Kuna huumusbilans sõltub tootmistasemest, mullaviiljakusest ja teistest omadustest, kasvatatavast kultuurist ja väetamisest, siis ka meie poolt koostatud huumusbilansi kalkulaatoris lähtuti kõigepealt konkreetse põllu mulla omadustest ja seireandmetest nagu lõimisest, huumuse- või orgaanilise süsiniku sisaldusest, huumuskihi tusedusest ja selle lasuvustihedusest.

Varasemate uuringute analüüsiga töötati välja ja täiustati koefitsientide ja arvutusalgoritme, mis arvestavad erinevate agrotehnoloogiate (harimisviisid, tahe- ja vedelsõnniku kasutamine, haljasväetised, kompostid, vahekultuurid, põhu eemaldamine või muldaviimine jne) mõju mulla huumusbilansile.

Kalkulaatoris on kasutajal vaja huumusvaru hetkeseisu leidmiseks lähteandmetena sisestada huumuskihi tusedus, orgaanilise süsiniku või huumusesisaldus, mulla lõimis.

Seega eeltoodu põhjal leiame konkreetse mulla huumusvaru järgmise valemi alusel:

$$Hv = d * Dm * h * k_k * 100$$

kus Hv – mulla huumusvaru ($Mg\ ha^{-1}$), d – huumuskihi tusedus (m), Dm – mulla lasuvustihedus ($Mg\ m^{-3}$), h – huumusesisaldus (%) ja k_k – mulla kivisusega seonduv koefitsient.

Lasuvustiheduse näitajat ei pea kasutaja sisestama, vaid arvutatakse huumusesisalduse ja lõimise alusel.

Mulda tagastuva orgaanilise aine koguste leidmiseks analüüsiti Eestis ja Euroopas korraldatud põldkatsete põhjal erinevate kultuuride biomassi struktuuri ja arvutati suhtarvud maapealse biomassi ja saagi koristusaegsete taimejuurte masside vahel. Arvutati välja erineva orgaanilise aine humifikatsiooni võrrandid sõltuvalt mulda viidavatest orgaanilise aine kogustest ja koostisest lähtuvalt. Esitatud võrrandite alusel saab arvutada huumuse juurdeteket.

Huumuse mineralisatsiooni ehk huumusvaru vähenemist mullas olenevalt kasvatatavast kultuurist ja selle saagitasemest on otseselt raske määrata. Kuna mulla huumuse- ja lämmastikusisalduse vahel on tugev positiivne seos, siis sellest lähtuvalt on võimalik huumuse mineralisatsiooni leida kaudselt lämmastiku aktiivbilansi kaudu.

Kui lämmastiku aktiivbilans on negatiivne, s.o. väetistega mulda viidud omastatav lämmastikväetiskogus on väiksem kulutuuri biomassi lämmastiku kogusest, siis järelikult puudujääva osa lämmastikust taimed omastasid mullavarudest. Algoritmid, mis arvestavad algset huumusvaru, saagitaset ja väetamist koostati olulisematele põllukultuuridele.

Kasutaja sisestab mulla lähteandmed, kultuuri saagi ja väetamise info ning neile parameetritele kalkulaator arvutab huumusbilansi väärtused. Kalkulaatorit saab kasutada mineraalmuldadel huumusbilansi arvutamiseks. Kalkulaatori tulem väljendatakse huumusbilansina: huumust kg/ha aastas ja huumusvaru muutusena, % algsest huumusvarust aastas. Kalkulaator võimaldab anda tulemit konkreetse kõlviku kui ka kogu külvikorra kohta. Kalkulaatori tulem võimaldab anda hinnagu senitehtud agrotehnilistele võtete mõjust huumusemajandusele kui ka kalkulaatori abil võimalik planeerida abinõusid huumusemajanduse korrastamiseks.

Programm on loodud tabelarvutusprogrammi MS Excel tarkvara baasil, seda on võimalik kasutada ka vabavaralise Libre Office tabelarvutusprogrammiga. Kalkulaator on tasuta kasutamiseks ja levitamiseks. Iga

kaasaegne teabesüsteem, sh huumusbilansi kalkulaator, vajab järjepidevat arendamist nii sisu kui ka kasutajaliidese osas. Edasisteks arendustöödeks on väga vajalik kasutajate poolne tagasiside. Eesti tingimustes on vaja mullaseire ja edasiste uuringute käigus selgitada, kuidas mõjutab minimeeritud mullaharimine või otsekülv muldade huumusesisundit ja kui võrd tuleks seda edaspidi orgaanilise aine humifikatsiooni ja mineralisatsiooni juures lähuvalt konkreetse mulla eripäradest arvestada.

Mitmete kultuuride (kaunviljad, raps, liblikõielised heintaimed) osas tuginevad projekti raames koostatud algoritmid veel väikesel valimil, seega on nende kohta vajalik täiendavate katseandmete kogumine ja seoste edasine täpsustamine.

Mulla orgaanilise süsiniku dünaamika stimulatsioonimudelid

Süsinikuvaru (C-varu) suur ruumiline varieeruvus ning suhteliselt aeglane muutumine muudavad varu hindamised otsuste mõõtmisega võrdlemisi keerukaks (Conen et al., 2004). Nende raskuste ületamiseks on loodud erinevaid simulatsioonimudeleid hindamaks C-varu sisaldust ja muutusi muutuvates kliimatingimustes. Kõik C-varu simulatsioonimudelid tuginevad esimese astme kineetika võrrandile ja on kirjeldatavad Henin-Dupuis valemiga $C^t = C_0 \cdot \exp(-kt) + [hA(1 - \exp(-kt))]/k$, kus C_t on C-varu ajahetkel t ; C_0 on algne C-varu; \exp – naturaallõgaritm; k on orgaanilise aine lagunemiskonstant, mis kirjeldab orgaanilise aine kadu mineralisatsiooni või erosiooni tõttu aasta jooksul; h on aasta jooksul muldamineva orgaanilise aine humifikatsioonikoefitsient; A on aastane C sisend mulda tonnides. Antud valemile tuginedes on arendatud erinevaid mudeleid, mis erinevad üksteisest simulatsiooniks vajaminevate sisendite poolest. Väga laialdaselt kasutatakse mudeleid RothC, CENTURY ja ICBM. Käesolevas uurimustöös katsetati Henin-Dupuis valemil C-varu hindamiseks Eesti põllumajanduslikus kasutuses olevate põllu- ja püsirohumaadmuldadel. ICBM mudeli testimiseks kasutati Eesti Maaülikooli kolme pikaajalisele katse andmeid. Tulemused näitasid, et viimastel aastatel (2002–2014) on Eesti põllumuldade reaalses tingimustes mõõdetud C-varu vähenenud ning püsirohumaadmuldades on püsinud stabiilsena. Henin-Dupuis valem prognoosis väga hästi C-varu nii põllu- kui rohumaadmuldadel. Edasine töö peab jätkuma rohumaad muldade aastase C-sisendi täpsemal määramisel, sest ilmnes, et C-sisend mõjutab oluliselt C-varu prognoosimist tulevikus. ICBM mudeliga saadud tulemused oli võrreldavad mõõdetud C-varu sisaldustega, kuid siiski peab ICBM mudeli rakendamiseks Eesti tingimustes mudelit kohandama leides Eesti tingimustesse sobivad näitajad, peamiselt just erinevate orgaanilise aine fraktsioonide lagunemiskontsandid.

Simulatsioonimudelite testimise tulemeid saab kasutada projekti raames koostatud asukohapõhise huumusbilansi kalkulaatori edaspidisel täiustamisel. Töögrupi poolt jätkatakse täiendava testimisega nii põldkatsete kui ka mullaseire ja tootmistingimuste andmetega.

Peale esmast testperioodi on asjakohane ettepanekute alusel kohandada kalkulaatori kasutajaliidest ning vajadusel tellida arendustööna veebipõhise kasutajakeskkonna programmeerimine.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES : Humus balance model as a tool for sustainable crop production

The main objectives of the project were to:

1. Develop soil-specific humus balance model for Estonian arable soils.
2. To test how well is performance of soil organic matter simulation models in Estonian soil monitoring sites and farming conditions.

We developed field-specific humus balance calculator which can be used for practical purposes within MS Excel or Libre Office software. In our humus balance model following input data is required: 1) soil data – depth of humus layer, humus or organic carbon concentration, share of coarse fragments, soil texture; 2) productivity level – yield of main crop; 3) applied agro-technology – fertilizer use (including organic fertilizers). Several pedotransfer functions were developed (e.g. between bulk density and humus concentration and soil texture) and applied to calculator. Soil-crop and management specific humification and mineralization coefficients were considered. Soil humus and nitrogen concentration have strong positive correlation, thus based on that our approach was to model humus balance through active balance of nitrogen. We assume if the nitrogen balance is negative then it corresponds to relative mineralization of from humus. For most common crops our model enables dynamic estimation of humus balance depending on yield level, fertilization and initial stock of humus.

We compared several soil organic matter simulation models (RothC, CENTURY, DAISY and ICBM) and furthermore ICBM model tested in local field experiments. ICBM model performed well when no fertilizers were added. In case of mineral fertilization model overestimated and in case of organic fertilizers model underestimated organic carbon stock. Database of soil C_{org} values of arable land and grassland from national soil monitoring network sites analysed and validated with Henin & Dupuis equation. Conclusion is that soil organic carbon stock in

Estonian arable land is decreasing. Decrease has been highest in peaty soils (-5.1 t C/ha/y) and lower in automorphic soils (-1.6 t C/ha/y). Soil organic carbon stock in permanent grassland has not changed significantly.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

A. Astover, E. Lauringson, H. Rossner. Huumus näitab mulla kvaliteeti. Maaleht, juuli 2014.

Talgre, L., Tein, B., Eremeev, V., Matt, D., Reintam, E., Sanches de Cima, D., Luik, A. 2014. Green manures as winter cover crops enhance soil improvement and weed regulation in crop rotation. In: Reduced Tillage and Green Manures for Sustainable Organic Cropping Systems: June 25–27, 2014, ISARA Lyon, France, 2014, 23–24.

A. Luik, L. Talgre, V. Eremeev, D. Sanches de Cima, E. Reintam. 2014. Talvised vahekultuurid parandavad külvikorra mulda. Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi “Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus” toimetised, 56-59.

L. Talgre, E. Lauringson. 2014. Külvikorda sobivad vahekultuurid. Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi “Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus” toimetised, 89–92.

Esitatud käsikiri:

Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2014. Soil carbon dynamics estimation and dependence on farming system in a temperate climate. Soil and Tillage Research.

Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A., 2015. Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule. Agronoomia 2015.

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi): Enn Lauringson	Allkiri:	Kuupäev: 4.03.2015
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi): Aret Vooremäe	Allkiri:	Kuupäev: 4.03.2015