

LIETUVOS AGRARINĖS EKONOMIKOS INSTITUTAS
UAB "ART21"

TVARAUS ŪKININKAVIMO METODIKA

Parengta įgyvendinant projektą
„EFEKTYVUS ŪKIO VALDYMAS“
(Nr. 35BV-KV-17-1-03767-PR001) pagal Lietuvos kaimo
plėtros 2014–2020 metų programos priemonės
„Bendradarbiavimas“ veiklos sritį „Parama EIP veiklos
grupėms kurti ir jų veiklai vystyti“

Metodikos rengėjai:

dr. I. Kriščiukaitienė, dr. A. Galnaitytė, dr. V.
Namiotko, dr. V. Skulskis, A. Lakis

Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas

dr. L. Jukna, L. Didžiulevičius, D. Šleinius, L.
Usvaltienė
UAB "ART21"



A. Vivulskio g. 4A-13
LT-03220, Vilnius

tel. (8 5) 261 4525
faks. (8 5) 261 4524
el. p. laei@laei.lt
<http://www.laei.lt>

Vilnius, 2020

Kriščiukaitienė, I., Galnaitytė, A., Namiotko, V., Skulskis, V., Lakis, A., Jukna, L., Didžiulevičius, L., Šleinius, D., Usvaltienė, L. 2020. *Tvaraus ūkininkavimo metodika*: Metodika. Vilnius: Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas. 95 p.: iliustr., lent.

(online) ISBN 978-9955-481-73-7

© 2020 Visos teisės priklauso Lietuvos agrarinės ekonomikos institutui

Cituojant būtina nurodyti šaltinį ir interneto svetainės adresą

Autoriaus teisių apsaugota medžiaga

TURINYS

IVADAS.....	4
1. EKONOMINIŲ, APLINKOSAUGINIŲ IR VADYBINIŲ RODIKLIŲ VERTINIMAS.....	6
1.1. Apskaitos duomenų šaltiniai ir reikšmė	6
1.2. Ekonominių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas.....	9
1.3. Aplinkosauginių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas.....	13
1.4. Vadybinių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas	16
1.5. Investicijų į žemės ūkio techniką efektyvumo didinimo galimybės.....	18
1.6. Optimalios pasėlių struktūros nustatymas.....	21
1.7. Tvaraus ūkininkavimo modelis ūkininkų ūkiams.....	26
1.8. Tvaraus ūkininkavimo modelis žemės ūkio bendrovėms ir įmonėms	37
2. DISTANCINIAIS HIPERSPEKTRINIO SKENAVIMO METODAIS PAREMTA PASĖLIŲ AUGALŲ FIZIOLOGINIŲ CHARAKTERISTIKŲ IR DIRVOŽEMIO SAVYBIŲ ANALIZĖ.....	43
2.1. Techniniai sistemos komponentai.....	45
2.2. Įrangos kalibravimas ir paruošimas duomenų registravimui	49
2.3. Skrydžių planavimas ir realizavimas.....	52
2.4. Hiperspektrinių duomenų apdorojimas ir paruošimas analizei	53
2.4.1. Duomenų paruošimas apdorojimui.....	53
2.4.2. Vaizdų apdorojimas ir atskirų hiperspektrinių duomenų kubų sukūrimas <i>CubeCreator 2100</i> programinėje aplinkoje	54
2.4.3. Atskirų hiperspektrinių duomenų kubų sujungimas į vieną <i>CubeStitcher 1010</i> programinėje aplinkoje	59
2.5. Hiperspektrinių duomenų analizė ir atvaizdavimas.....	64
2.6. Spektrometrinių dirvožemio ir augalijos fiziologinių savybių tyrimų rezultatai.....	75
2.6.1. Dirvožemio savybių spektrometrinių tyrimų rezultatai	75
2.6.2. Augalijos fiziologinių savybių spektrometrinių tyrimų rezultatai	78
2.7. Tyrimų rezultatų tikrinimo eksperimentinėmis sąlygomis rezultatai	85
2.8. Naudotojo vadovas laukų duomenims įkelti.....	90
APIBENDRINIMAS.....	95

IVADAS

Žemės ūkyje vienas iš svarbiausių veiksnių, užtikrinančių ūkių gerus ekonominius rodiklius – dirvožemio kokybė. Nuo jo priklauso augalų derlingumas, išlaidos, susijusios su tręšimu ir augalų apsaugos priemonėmis bei produktų kokybė. Siekiant kuo tvariau naudoti dirvožemį pagal Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 metų programos priemonės „Bendradarbiavimas“ veiklos sritį „Parama EIP veiklos grupėms kurti ir jų veiklai vystyti“ į Europos inovacijų partnerystės (EIP) veiklos grupę susibūrė Lietuvos agrarinės ekonomikos instituto mokslo (LAEI) darbuotojai, UAB „ART21“ konsultantai, penki ūkininkai ir trys žemės ūkio bendrovės (ŽŪB). Pagrindiniai tikslai: skatinti ūkius gerinti vadybą, diegiant technologines naujoves, optimizuojant ūkio veiklą, racionaliai naudojant žemės ūkio techniką ir tausojant aplinką. Ši grupė savo tikslus realizuoja įgyvendindama projektą „Efektyvus ūkio valdymas“.

Ši tvaraus ūkininkavimo metodika – vienas iš svarbiausių darbų, kurio įgyvendinimas ūkiuose sudaro prielaidas ūkinės veiklos efektyvumo ir pajamų didėjimui, produkcijos kokybės gerėjimui bei mažina neigiamą ūkininkavimo įtaką aplinkai. Ją sudaro, visų pirma, ekonominių, aplinkosauginių ir vadybinių rodiklių, įvertinančių ūkių gebėjimą tvariai ūkininkauti ir leidžiančių priimti geresnius vadybinius sprendimus, apžvalga. Antra, metodikoje pristatomos investicijų į žemės ūkio techniką efektyvumo didinimo galimybės ir optimalios pasėlių struktūros nustatymas. Trečia, pateikiamas tvaraus ūkininkavimo modelio naudojimo vadovas. Svarbu paminėti, kad dėl apskaitos skirtumų ūkininkų ūkiuose ir žemės ūkio bendrovėse ir įmonėse, pateikiamos dvi skaičiuoklės: viena jų skirta ūkininkų ūkiams, kita gi – žemės ūkio bendrovėms ir įmonėms. Remdamiesi šia metodika, žemės ūkio subjektai galės analizuoti bei vertinti savo ūkio efektyvumo parametrus ir numatyti kryptis ūkio veiklos efektyvumo didinimui.

Kita metodikos dalis skirta distanciniais hiperspektrinio skenavimo metodais paremtai pasėlių augalų fiziologinių charakteristikų ir dirvožemio savybių analizei iliustruoti. Šie tyrimai apima įrangos kalibravimą ir paruošimą duomenų registravimui, skrydžių planavimą ir realizavimą, hiperspektrinių duomenų apdorojimą, paruošimą analizei ir vertinimą. Taip pat pristatomi spektrometrinių dirvožemio bei augalijos fiziologinių savybių tyrimų ir jų tikrinimo eksperimentinėmis sąlygomis rezultatai, pateikiamas naudotojo vadovas laukų duomenims įkelti.

Tvaraus ūkininkavimo metodika prisideda prie projekto tikslų įgyvendinimo, nes jos pagrindu sukurtas interaktyvus produktas viešai prieinamas www.laei.lt interneto svetainėje. Šioje svetainėje naudotojai gali peržiūrėti projekto metodiką, susipažinti su duomenų rinkimo, apdorojimo, rezultatų vertinimo metodais, rasti rekomendacijas kaip pagerinti ūkio vadybą ir pasiekti geresnių rezultatų. Be to svetainės funkcionalumas pagal pradinius naudotojo ūkio duomenis leis susipažinti su pasėlių dirvožemio vertinimu ir kitais aspektais.

Atsižvelgiant į naudotojo pateiktą informaciją, ūkininkas galės įvertinti esamą ūkio situaciją, modeliuoti galimus ūkio veiklos rezultatus diegiant tvaraus ūkininkavimo principus bei, remdamasis jais, priimti sprendimus veiklai gerinti.

Darbe naudoti Lietuvos statistiniai duomenys iš Statistikos departamento, Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centro, LAEI ir pan. Be to, buvo surinkti duomenys iš EIP veiklos grupėje dalyvaujančių ūkininkų ūkių bei ŽŪB ir kitų įmonių, kuriuos, kaip minėta, sudaro penki ūkininkų ūkiai ir trys žemės ūkio bendrovės. Svarbu pažymėti, kad šie ūkiai aktyviai dalyvavo atliekant bandymus, įdiegiant tvaraus ūkininkavimo modelius ūkiuose bei prisidėjo analizuojant ir viešinant rezultatus.

Tvaraus ūkininkavimo metodika parengta įgyvendinant projektą „Efektyvus ūkio valdymas“ (Nr. 35BV-KV-17-1-03767-PR001). Metodiką sudaro dvi dalys: ekonominė ir technologinė.

1. EKONOMINIŲ, APLINKOSAUGINIŲ IR VADYBINIŲ RODIKLIŲ VERTINIMAS

1.1. Apskaitos duomenų šaltiniai ir reikšmė

Norint sėkmingai valdyti ūkininko ūkį ir priimti tinkamus ekonominius sprendimus, reikalinga tiksli ir operatyvi informacija apie ūkio veiklos rezultatus, turimus išteklius, finansinę būklę. Tai galima pasiekti tik nuosekliai tvarkant apskaitą. Visuotina ūkininkų prievolė tvarkyti apskaitą nenustatyta. Tam tikri reikalavimai keliama ūkininkams, kurie užregistruoti mokesčių mokėtojais: turintiems samdomų darbuotojų, PVM mokėtojams ir pan. Kitais atvejais ūkininkas pats sprendžia dėl apskaitos tvarkymo ir jos formos. Tvarkyti apskaitą skatina valstybė savo paramos teikimo reikalavimuose nustačiusi privalomą buhalterinės apskaitos tvarkymo sąlygą.

Ūkininkai patys pasirenka savo ūkio veiklos buhalterinės apskaitos tvarkymo būdą – supaprastintąją ar dvejetainę apskaitos sistemą: pasirinkusieji supaprastintąją apskaitos sistemą, vadovaujasi aukščiau nurodytu, Lietuvos Vyriausybės nutarimu patvirtintos tvarkos nuostatomis, o pasirinkusieji dvejetainę apskaitos sistemą vadovaujasi Lietuvos Respublikos buhalterinės apskaitos įstatymu ir papildomais teisės aktais.

Dvejetainė apskaita pastaraisiais metais populiarėja, ypač nustačius sąlygą, kad pretenduojantys į Europos Sąjungos paramą apskaitą privalo tvarkyti pagal dvejetainės sistemos reikalavimus. Pereiti iš supaprastintosios apskaitos sistemos prie dvejetainės galima tik pasibaigus finansiniams metams.

Ūkinės operacijos grindžiamos juridinę galią turinčiais specialiaisiais, pavyzdiniais ir laisvos formos apskaitos dokumentais. Ūkinės operacijos, kurios negali būti pagrįstos atskirais dokumentais, grindžiamos su jomis susijusių kitų operacijų dokumentais. Apskaitos dokumentus ūkininkai saugo ne mažiau kaip 10 metų.

Ūkininko ūkio veiklos buhalterinę apskaitą gali tvarkyti pats ūkininkas bei jo partneriai. Dėl ūkininkų ir ūkininkų partnerių patirties stokos buhalterinė apskaita gali būti tvarkoma ir pagal sutartis – galima naudotis buhalterių, audito ir kitų konsultacinių įmonių paslaugomis.

Supaprastintosios apskaitos sistemos esmę sudaro tai, kad visi duomenys registruojami paprastuoju įrašu, t. y. nenaudojant buhalterinių sąskaitų ir nesistengiant pateikti įvykusių ūkinių operacijų sistemiškai. Supaprastintąją sistemą registruojami duomenys apie pinigų gavimą ir išleidimą, parduotos produkcijos ir pirktų atsargų kiekius ir vertę, skolas ūkininko ūkiui ir ūkininko ūkio skolas. Pinigų, pirkimo ir pardavimo operacijos registruojamos specialiaame pinigų, pirkimo ir pardavimo žurnale, kuriame turi būti nurodomi būtinieji kasos rekvizitai. Be to, ūkininkai tvarkydami apskaitą paprastąją sistema turėtų vadovautis supaprastintos apskaitos rekomendacijomis, kurios turi nemažai įtakos kalbant apie vertinimus siekiant ES struktūrinių fondų paramos, kartu ir analizuojant jų ekonominius bei gamybinius rodiklius.

Ūkininkų ūkiai, tvarkydami apskaitą, vadovaujasi šiais apskaitos principais:

- veiklos tęstinumo – pagal šį principą daroma prielaida, kad ūkio veiklos laikotarpis neribotas ir artimiausiu metu nenumatoma likviduoti ūkininko ūkio;
- piniginio įkainojimo – reiškia, kad visas ūkio turtas, kapitalas ir skolos apskaitoje ir finansinėje atskaitomybėje turi atspindėti, įvertinus pinigais;
- kaupimo – reikalauja, kad ūkinės operacijos apskaitoje būtų fiksuojamos tuo metu, kai jos įvyksta. Pajamos registruojamos tuo laikotarpiu, kai jos uždirbamos, o jas uždirbant patirtos sąnaudos tada, kai jos patiriamos neatsižvelgiant į pinigų gavimą arba išmokėjimą;
- palyginimo – reikalauja, kad per ataskaitinį laikotarpį uždirbtos pajamos būtų siejamos su sąnaudomis, patirtomis šioms pajamoms uždirbti;
- pastovumo – reiškia, kad pasirinkta apskaitos metodika turi būti taikoma nuosekliai kiekvienais finansiniais metais. Keitimas galimas atsiradus svarbioms priežastims, norint teisingai atspindėti ūkio ataskaitinio laikotarpio turtą, kapitalą, skolas ir finansinį rezultatą.

Savos gamybos produkcija, gyvuliai bei nebaigta gamyba įkainojama Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos skelbiamomis nustatytomis normatyvinėmis kainomis.

Finansinė atskaitomybė (finansinės ataskaitos) pateikia rodiklius, įgalinančius įvertinti ūkio turtinę bei finansinę būklę ataskaitinio laikotarpio pabaigoje ir ūkininkavimo rezultatus per šį laikotarpį. Atskaitomybė sudaroma pagal suvestinius apskaitos duomenis. Ji reikalinga, norint gauti paramą iš valstybės, ES fondų, gauti banko paskolas, palaikyti palankius prekybos

santykius su tiekėjais ir pirkėjais. Finansinės ataskaitos naudingos ir pačiam ūkininkui, norint priimti teisingus ekonominius sprendimus.

Ūkiai, tvarkantys apskaitą pagal dvejetainę sistemą, gali sudaryti metinę ir tarpinę finansinę atskaitomybę. Metinė atskaitomybė pateikia ūkio veiklos per finansinius (ūkinius) metus rezultatus ir rengiama metams pasibaigus. Tarpinė atskaitomybė apima ūkio veiklos per trumpesnę nei ūkiniai metai laikotarpį (pusmetį, kiekvieną ketvirtį ar mėnesį) veiklos rezultatus ir sudaroma, atitinkamam laikotarpiui pasibaigus. Metinę finansinę atskaitomybę sudaro:

- 1) ūkininko ūkio balansas;
- 2) ūkininko ūkio veiklos rezultatų ataskaita;
- 3) ūkininko ūkio pinigų srautų ataskaita.

Tarpinę finansinę atskaitomybę gali sudaryti visos trys paminėtos ataskaitos arba tik balansas ir ūkio veiklos rezultatų ataskaita.

Iki metinės finansinės atskaitomybės sudarymo apskaitoje turi būti parodytos visos ataskaitinių metų ūkinės operacijos bei įvykiai, turto ir skolų inventorizavimo rezultatai, savos gamybos atsargų vertės pasikeitimai ir kiti patikslinimai.

Balanse pateikiamas visas ūkio turtas, kapitalas ir skolos ataskaitinio laikotarpio pradžioje ir pabaigoje. Balansas susideda iš dviejų dalių: turto ir kapitalo bei skolų. Pirmojoje dalyje parodoma ūkio turto sudėtis, o antrojoje – jo kapitalo ir skolų (kreditinių skolų) sudėtis. Turto ir kapitalo bei skolų rodikliai pateikti atskirais skyriais (didelėmis grupėmis), poskyriais (mažesnėmis grupėmis) ir straipsniais (neskirstomais į sudėtinės dalis rodikliais).

1.2. Ekonominių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas

Šioje dalyje aprašomi ūkių ekonominės veiklos vertinimui reikalingi pirminiai ūkių duomenys ir rodiklių sistema.

Žemės ūkio naudmenas sudaro ūkyje naudojama žemė: ariamoji, pievos ir ganyklos, sodai. Į ją neįtraukiami grybų auginimo plotai.

Darbo sąnaudos ūkyje matuojamos sutartiniais vienetais, vadinamais sutartiniais darbuotojais (SD). 1 SD darbo laikas per metus sudarė apie 2036 valandas.

Gyvulių ir paukščių skaičius ūkyje vertinamas sutartiniais gyvuliais (SG). EK nustatė vienodus visoms šalims gyvulių ir paukščių perskaičiavimo į SG koeficientus. Karvė, bulius nuo 2 m. sudaro 1 SG; galvijų prieauglis iki 1 m. – 0,4 SG; galvijas nuo 1 iki 2 m. – 0,7 SG, arklys – 0,8 SG; telyčia nuo 2 m. – 0,8 SG; paršavedė – 0,5 SG; penima kiaulė – 0,3 SG; paršelis – 0,027 SG; avis, ožka – 0,1 SG; mėsinis viščiukas – 0,007 SG; višta dedeklė – 0,014 SG; bet kuris kitas paukštis – 0,03 SG, triušių patelė – 0,02. SG skaičius ūkyje apskaičiuojamas pagal atitinkamų gyvulių vidutinį skaičių per metus.

Bendrąją produkciją sudaro augalininkystės, gyvulininkystės produkcija ir kita pelninga veikla ūkyje.

Į augalininkystės produkcijos vertę įtraukiama:

- parduotos produkcijos vertė;
- atlyginimo natūra vertė;
- suvartotų maistui, sunaudotų ūkyje (sėklai, pašarams ir kt.) augalų vertė;
- augalininkystės produktų atsargų vertės pokyčiai nuo metų pradžios iki pabaigos (vertė metų pabaigoje minus vertė metų pradžioje).

Į gyvulininkystės produkcijos vertę įtraukiama:

- parduotos produkcijos vertė;
- atlyginimo natūra vertė;

- suvartotų maistui, sunaudotų ūkyje (pašarams, perdirbimui) produktų vertė;
- gyvulių vertės pokyčiai nuo metų pradžios iki pabaigos;
- gyvulininkystės produktų atsargų vertės pokyčiai nuo metų pradžios iki pabaigos (vertė metų pabaigoje minus vertė metų pradžioje);
- atimama nupirktų gyvulių vertė.

Į **kitos pelningos veiklos** vertę įtraukiama:

- augalininkystės ir gyvulininkystės produktų bei medienos perdirbimo vertė (likučio metų pabaigoje ir pradžioje skirtumas plius produktų pardavimas, sunaudojimas ūkio, asmeninėms reikmėms ir atlyginimas natūra);
- pajamos už paslaugas, nuomą, kaimo turizmą;
- gautos palūkanos, draudimo išmokos ir kt.

Ūkio **išlaidos** yra skirstomos į specifines, pridėtines, išorinių veiksnių ir nusidėvėjimą. **Vidinio vartojimo išlaidas** sudaro specifinių ir pridėtinių išlaidų suma.

Specifinės išlaidas sudaro augalininkystės, gyvulininkystės ir kitos pelningos veiklos ūkyje išlaidos. Tai tiesiogiai su gamyba susijusios išlaidos: pirktos ir ūkyje pagamintos sėklos bei sodinukai, trąšos, augalų apsaugos produktai, pirkti ir ūkyje pagaminti pašarai gyvuliams, medikamentai, veterinarinės paslaugos, gyvulių sėklinimas bei kitos specifinės išlaidos (dirvos analizė, pieno testai, produkcijos pakavimo, saugojimo ir kitos panašios išlaidos). Ūkyje sunaudotos savos gamybos organinės trąšos į išlaidas neįtraukiamos. Miško priežiūrai sunaudotos trąšos ir apsaugos priemonės, taip pat savos gamybos ar pirkti produktai perdirbimui yra įtraukiami į šias išlaidas.

Pridėtines išlaidas sudaro gamybos išlaidos, nesusijusios su konkrečiomis produkcijos rūšimis, t. y. gamybinių pastatų, įrangos, technikos, mašinų priežiūros, degalų, tepalų, elektros, šildymo, vandens, darbo pagal sutartį, technikos ir pastatų draudimo, ūkio valdymo išlaidos (telefonas, apskaitos tvarkymas ir kt.).

Skaičiuojamas daugiamečių sodinių, ūkinių pastatų, įrangos, technikos, mašinų **nusidėvėjimas**.

Išorinių veiksmų išlaidas sudaro nuolat samdomų darbuotojų atlyginimai, nuomos mokesčiai ir sumokėtos palūkanos.

Ūkio bendrasis pelnas yra gaunamas iš bendrosios produkcijos vertės atėmus visas išlaidas.

Iš ūkio bendrosios produkcijos atėmus vidinio suvartojimo išlaidas ir pridėjus gamybos subsidijas, gaunamos **bendrosios ūkio pajamos**, iš kurių atėmus nusidėvėjimą, apskaičiuojama **ūkio grynoji pridėtinė vertė**.

Prie ūkio grynosios pridėtinės vertės pridėjus investicijų subsidijas ir atėmus išorinių veiksmų išlaidas, gaunamas **bendrasis ūkio pelnas su subsidijomis**.

Ūkio **turtą** sudaro žemės ūkio ir finansinis turtas. **Žemės ūkio turtą** sudaro žemės ūkio gamyboje naudojamas nuosavas turtas: žemė, gamybiniai pastatai, mašinos, įrengimai, kvotos, gyvuliai, žemės ūkio atsargos. Turtas taip pat skirstomas į ilgalaikį (žemė, veisliniai gyvuliai (melžiamos ir kitos karvės, telyčios bandai atkurti, paršavedės, ožkos vedeklės, ėriavedės), daugiamečiai sodiniai, pastatai ir technika, kvotos) ir trumpalaikį (kiti gyvuliai, žemės ūkio atsargos, lėšos ir apyvartinis kapitalas).

Iš ūkio nuosavo turto atėmus kreditus ir skolas, gaunamas ūkio **nuosavas kapitalas**.

Bendrasios investicijas sudaro žemės ūkio paskirties žemės, miško, sodų, pastatų, technikos, kvotų bei veislinių gyvulių pirkimo ir pardavimo verčių skirtumas. Iš jų atėmus nusidėvėjimą, gaunamos **grynosios investicijos**.

Atlikus mokslinės literatūros, skirtos ūkių ekonominės veiklos vertinimui, buvo pasirinkti tokie rodikliai:

Bendrasis pelningumas – tai bendrojo pelno ir bendrosios produkcijos santykis.

Grynasis pelningumas – tai grynojo pelno ir bendrosios produkcijos santykis.

Rentabilumas – tai bendrojo pelno ir išlaidų, reikalingų produkcijai pagaminti, santykis.

Turto pelningumas – tai grynojo pelno prieš nusidėvėjimą ir turto metų pabaigoje santykis.

Skolos rodiklis – tai ilgalaikių ir trumpalaikių skolų (mokėtinų sumų ir įsipareigojimų) ir turto santykis.

Bendrojo likvidumo rodiklis – tai trumpalaikio turto ir trumpalaikių įsipareigojimų santykis.

Be šių pagrindinių ekonominės veiklos vertinimo rodiklių, galima skaičiuoti tokius papildomus rodiklius:

Paskolų padengimo rodiklis – tai grynujų pagrindinės veiklos pinigų srautų ir struktūrinių fondų paramos (kapitalo dotacijos), gautos iki paskolos padengimo termino ir nenaudojamos projekto investicijų finansavimui, metinės sumos santykis su grąžinta paskola ir per metus sumokėtomis palūkanomis.

Vidinė gražos norma – tai diskonto norma, kai investuoto kapitalo vertė lygi grynujų pinigų srautų vertei.

Gamybos savikainos ir prekingumo rodikliai pagal atskirus žemės ūkio produktus.

1.3. Aplinkosauginių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas

Kita svarbi rodiklių grupė, leidžianti įvertinti ūkinės veiklos poveikį aplinkai – aplinkosauginiai rodikliai. Nuo jų priklauso ūkių ekonominiai rodikliai. Kita vertus, šie rodikliai yra svarbūs visuomenei klimato kaitos, išteklių išsaugojimo (dirvožemio kokybės, vandens bei oro užterštumo) ir maisto saugumo aspektais.

Atlikus mokslinės literatūros, skirtos ūkių aplinkosauginių rodiklių vertinimui, buvo pasirinkti tokie rodikliai:

Pievų dalis žemės ūkio naudmenų struktūroje – pievas sudaro vienmetės ir daugiametės žolės, pievos ir ganyklos. Kadangi pievos ir ganyklos įeina į žemės ūkio naudmenas, vertinant jų dalį, skaičiuojama ne nuo ariamosios žemės, o nuo žemės ūkio naudmenų.

Išlaidos mineralinėms trąšoms – tai išlaidos azoto, fosforo ir kalio trąšoms, tenkančios vienam hektarui žemės ūkio naudmenų.

Išlaidos organinėms trąšoms – tai svarbus aplinkosauginis rodiklis, nes per didelis organinių trąšų naudojimas priklausomai nuo dirvožemio tipo gali daryti neigiamą poveikį gruntiniams vandenims.

Išlaidos augalų apsaugos priemonėms – atsižvelgiant į tai, kad trūksta duomenų apie cheminių augalų apsaugos priemonių naudojimą fizine išraiška, šių produktų naudojimo analizė ir vertinimas atliekami naudojantis vertiniais rodikliais.

Shannon pasėlių įvairovės indeksas – tai rodiklis, atspindintis pasėlių struktūrą. Shannon lygiavertiškumo indeksas (angl. *Shannon equitability index*) yra normalizuotas Shannon įvairovės indeksas (angl. *Shannon diversity index*). Shannon įvairovės indeksas apskaičiuojamas taip:

$$SDI = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i), \quad (1)$$

čia SDI – Shannon įvairovės indeksas, n – pasėlių skaičius, p_i – tam tikro pasėlio dalis visoje ariamojoje žemėje.

Shannon lygiavertiškumo indeksas (SEI) apskaičiuojamas taip:

$$SEI = \frac{SDI}{SDI_{max}}, \quad (2)$$

čia SDI – Shannon įvairovės indekso reikšmė iš (1) formulės, SDI_{max} apskaičiuojamas kaip $\ln n$.

Shannon lygiavertiškumo indekso reikšmės svyruoja nuo 0 iki 1. Indekso reikšmė didėja priklausomai nuo pasėlių skaičiaus. Todėl aukštesnė rodiklio reikšmė parodo aplinkai palankesnę pasėlių struktūrą.

Be šių pagrindinių aplinkosauginės situacijos vertinimo rodiklių, galima skaičiuoti tokius papildomus rodiklius:

Maisto medžiagų balansas dirvožemyje – dirvožemio erozija pasireiškia maisto medžiagų mažėjimu dirvožemio ariamajame sluoksnyje, o tai skatina ūkininkus intensyviau tręšti pasėlius. Trąšos, jeigu tinkamai naudojamos, yra svarbiausias maisto medžiagų atsargų dirvožemyje papildymo šaltinis. Tačiau žemdirbystės praktikoje dažnai stebimas ilgalaikis pernelyg gausus, nesubalansuotas ir nesavalaikis tręšimas, galintis turėti neigiamos įtakos dirvožemio biologinėms, cheminėms ir fizinėms savybėms. Pagrindiniai duomenys, rodantys maisto medžiagų balansą dirvožemyje, gauti aerodistanciniais metodais apskraidant ūkį bepiločiu orlaiviu.

Augalų ligotumo rodikliai – šie rodikliai iki šiol buvo vertinami daugiau agronominiu požiūriu. Pagrindiniai rodikliai, atspindintys augalų ligotumą, nustatyti aerodistanciniais metodais apskraidant ūkį bepiločiu orlaiviu.

Ūkininkavimo praktika (tradicinė, tausojanti, ekologinė) – visi EIP veiklos grupei priklausantys ūkiai užsiima tradiciniu ūkininkavimu. Tikėtina, kad dalis ūkių, atsižvelgiant į jų ekonominę ir aplinkosauginę būklę, galėtų pereiti į tausojančią ūkininkavimo praktiką.

Žemės įdirbimo būdas – Lietuvoje praktiškai naudojami trys žemės įdirbimo būdai: įprastinis (gilaus arimo plūgu), tausojamasis (neariminis) ir be įdirbimo (tiesioginė sėja). Gali būti, kad viename ūkyje naudojami keli žemės įdirbimo būdai. Tyrimai rodo, kad

aplinkosauginiu požiūriu palankesni yra du pastarieji žemės įdirbimo būdai. Šių žemės įdirbimo būdų nauda aplinkai pasireiškia tuo, kad jie stabdo dirvožemio išteklių degradaciją: mažina eroziją, sulaiko drėgmę, didina organinės anglies kiekį.

Melioruotų žemės plotų dalis žemės ūkio naudmenose – melioracijos statiniai Lietuvoje kelia nemažai problemų, todėl jų būklės įvertinimas svarbus tiek ekonomine, tiek ir aplinkosaugine prasme.

Sėjomainos taikymas – šis rodiklis turi daug įtakos dirvožemio būklei, kuri vėlesniuose etapuose lemia derlingumą ir kartu ūkio rezultatinį rodiklį. Sėjomainos taikymas, kaip ir ankstesnis rodiklis, svarbus ekonominiu ir aplinkosauginiu aspektu. Kuo šio rodiklio reikšmė didesnė, tuo geriau.

Kraštovaizdžio mozaikiškumas – kraštovaizdžio elementai teikia naudą žemės ūkio ekosistemoms ir visai aplinkai. Kuo šių elementų skaičius didesnis, tuo geresnė aplinka bioįvairovei, didesnė ekosisteminių paslaugų, tokių kaip švarus vanduo, dirvožemis, oras, patrauklus kraštovaizdis turizmui ir gyvenimui, pasiūla.

Kuro naudojimas – modernizuojant žemės ūkio techniką svarbu įvertinti sumažėjusių kuro sąnaudų efektą. Kuro sunaudojimas taip pat sumažėja aerodistanciniais metodais įvertinus dirvos akmenuotumą.

1.4. Vadybinių rodiklių esmė, jų nustatymas ir įvertinimas

Ūkio vadyba – svarbi ūkininkavimo proceso dalis. Ji aprėpia socialinių, ekonominių, gamybos technologijų ir aplinkosauginių rodiklių visumą. Ūkio valdymas apima struktūrinių elementų strateginę poziciją, analizuoja, vertina ir tobulina žemės ūkio verslo procesus, kritiškai vertina problemines situacijas, įtraukia kitus darbuotojus į probleminių situacijų nagrinėjimą, skatina naudotis mokslinių tyrimų žiniomis, vertinant problemines situacijas, strategiškai mąstyti, priimant inovatyvius sprendimus.

Vadybinės veiklos vertinimo rodiklių sistemą sudaro:

Apsirūpinimas darbo ištekliais (100 ha žemės ūkio naudmenų arba ariamosios žemės ir/arba atvirkštinis) – šis rodiklis parodo kaip ūkio darbo ištekliai atitinka kitus gamybos veiksnius, t. y. žemę ir kapitalą. Svarbūs vadybiniai sprendimai iškyla tuomet, kai didinant kapitalą reikia subalansuoti darbuotojų išteklius, ieškant visiško jų užimtumo.

Darbo našumo rodikliai – atsižvelgiant į ekonomikos teorines nuostatas pasirinkti trys klasikiniai darbo našumo rodikliai: produkcijos kiekis, tenkantis vienam darbuotojui, produkcijos kiekis, tenkantis darbo laiko vienetui ir atvirkščiai, darbo laikas, reikalingas produkcijos vienetui pagaminti. Pastarasis rodiklis dar kitaip vadinamas darbo imlumu.

Turto panaudojimo (apyvartumo) efektyvumo rodikliai – šie rodikliai atspindi pajamų ir atskirų turto rūšių (viso turto; ilgalaikio ir trumpalaikio) santykį. Įvertinus minėtą santykį, matyti kiek racionalūs ūkio vadybiniai sprendimai, nes ūkio turtas reikalauja didelių išlaidų pagal nusidėvėjimo, draudimo, saugojimo, palūkanų, remonto ir kt. straipsnius. Dabartinėmis sąlygomis esant didelei valstybės ir ES paramai, svarbi ir perteklinio turto problema.

Rizikos nustatymas dėl „kainų žirklių“ – tyrimai rodo, kad užsienio šalyse labai populiarius „kainų žirklių“ rodiklis, atspindintis žemės ūkio produktų supirkimo kainų ir jiems pagaminti reikalingų materialinių, energetinių bei darbo išteklių kainų disproporcijas. Kuo šis santykis didesnis, tuo ūkio padėtis dėl objektyvių priežasčių, geresnė.

Žemės produktyvumas – tai bendroji produkcija, tenkanti vienam hektarui žemės ūkio naudmenų. Šis rodiklis leidžia palyginti žemės produktyvumą pagal atskiras žemės ūkio produkcijos rūšis.

Be šių pagrindinių vadybinių rodiklių, galima skaičiuoti tokius papildomus rodiklius:

Rizikos tikimybės nustatymas pagal derlingumo netekimą dėl nepalankių meteorologinių sąlygų – kiekvienam augalui nustatyti derlingumo svyravimai padidina ūkio atsparumą rizikai, kylančiai dėl nepalankių meteorologinių reiškinių. Šiuo tikslu taikomi naujausi matematiniai metodai.

Integruotas ūkio veiklos vertinimas – tai apibendrinantis rodiklis, iš kurio matyti kaip racionaliai panaudojami ištekliai ir uždirbamos pajamos, siekiant geresnės produktų kokybės, masto ekonomijos ir tuo pačiu geresnių produktų pardavimo kainų bei didesnio prekingumo rodiklio.

1.5. Investicijų į žemės ūkio techniką efektyvumo didinimo galimybės

Ūkiuose naudojama žemės ūkio technika turi užtikrinti agrotechnikos reikalavimus atitinkantį mechanizuotų žemės ūkio darbų atlikimą laiku. Tačiau jos skaičius ir našumas negali būti pernelyg didelis, kad ūkio valdytojai ateityje galėtų naudojamą techniką atnaujinti. Tai rodo, kad žemės ūkio techniką svarbu racionaliai pasirinkti tiek kiekybiniu, tiek ir kokybiniu požiūriu.

Siekiant įvertinti investicijų į žemės ūkio techniką pagrįstumą, visų pirma turi būti susitelkiama į žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidų nustatymą. A. Sopegno *et al.* (2016)¹, N. Houssou *et al.* (2017)² ir X. Zhang *et al.* (2017)³ tyrimai parodė, kad labiausiai yra paplitęs žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidų skirstymas į dvi grupes. Pirmajai grupei priskiriamos pastoviosios išlaidos (angl. *ownership costs*). Antrąją grupę sudaro kintamosios išlaidos, susidarančios technikos naudojimo metu (angl. *operating costs*).

Žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidų struktūroje dominuoja pastoviosios išlaidos. S. Zajac (2010)⁴ ir B. Pepliński bei K. Wajszczuk (2014)⁵ tyrimų duomenimis, šių išlaidų dalis žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidų struktūroje vidutiniškai sudaro apie 60 proc., o kai kuriuose ūkiuose (dažniausiai ūkiuose, besispecializuojančiuose augalininkystėje) ši dalis gali viršyti net 70 proc. Pastoviosios žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidos apskaičiuojamos taip:

$$I_{pi} = I_{ni} + I_{si} + I_{di} + I_{palūki}, \quad (3)$$

¹ Sopegno, A.; Calvo, A.; Berruto, R.; Busato, P.; Bocthis, D. 2016. A web mobile application for agricultural machinery cost analysis, *Computers and Electronics in Agriculture* 130: 158–168.

² Houssou, N.; Diao, X.; Asante-Addo, C.; Kolavalli, S. 2017. Development of the Capital Service Market in Agriculture: The Emergence of Tractor-Hire Services in Ghana, *The Journal of Developing Areas* 51(1): 241–257.

³ Zhang, X.; Yang, J.; Thomas, R. 2017. Mechanization outsourcing clusters and division of labor in Chinese agriculture, *China Economic Review* 43: 184–195.

⁴ Zajac, S. 2010. Koszty eksploatacji ciągników rolniczych i ich wpływ na koszty produkcji rolniczej [interaktyvus]. [Žiūrėta 2019 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/2841/Koszty%20eksploatacji%20ci%C4%85gnik%C3%B3w%20rolniczych%20i%20ich%20wp%C5%82yw%20na%20koszty%20produkcji%20rolniczej.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

⁵ Pepliński, B.; Wajszczuk, K. 2014. *An Analysis of the Use of Means of Transport on Model Farms Producing Energy Crops* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2019 m. gegužės 31 d.]. Prieiga per internetą: <http://m.agrifoodlogistics.eu/upload/Book%20of%20Abstracts%20IFAL%202014.pdf#page=142>.

čia I_{pi} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo pastoviosios išlaidos, EUR/metus; I_{ni} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo nusidėvėjimo išlaidos, EUR/metus; I_{si} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo saugojimo išlaidos, EUR/metus; I_{di} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo draudimo išlaidos, EUR/metus; $I_{palūki}$ – palūkanos už kreditą i -ajam traktoriui, mašinai arba padargui įsigyti, EUR/metus.

S. Zajac (2010), kalbėdamas apie kintamąsias žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidas, pastebi, kad, nors galimybės sumažinti šias išlaidas yra gana ribotos, tai galima pasiekti tinkamai aptarnaujant techniką, periodiškai atliekant jos techninę apžiūrą ir pan. Kintamosios žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidos nustatomos taip (Kocira *et al.* 2012⁶; Kamionka 2014⁷; Kusz *et al.* 2015⁸):

$$I_{ki} = I_{ri} + I_{degi} + I_{dui} \quad (4)$$

čia I_{ki} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo kintamosios išlaidos, EUR/ha; I_{ri} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo remonto ir techninio aptarnavimo išlaidos, EUR/ha; I_{degi} – išlaidos degalams ir tepalams, atliekant i -ąją mechanizuotą žemės ūkio darbą, EUR/ha; I_{dui} – išlaidos darbo užmokesčiui, atliekant i -ąją mechanizuotą žemės ūkio darbą, EUR/ha.

Nustačius žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidas, kitas svarbus veiksnys, turintis įtakos investicijų į žemės ūkio techniką efektyvumui, yra nuostoliai, susidarantys dėl ne laiku atliktų mechanizuotų žemės ūkio darbų (angl. *timeliness losses*). Šių nuostolių dydis daug priklauso nuo auginamų augalų derlingumo ir jautrumo mechanizuotų žemės ūkio darbų atlikimui ne laiku, taip pat nuo mechanizuotų žemės ūkio darbų atlikimo terminų trukmės – A. de Toro (2005)⁹ teigimu, didžiausi nuostoliai pasireiškia tose šalyse, kuriose mechanizuotų žemės ūkio darbų atlikimo terminai yra labai trumpi. Daug įtakos šių nuostolių dydžiui turi ir ūkio dydis – nepaisant to, kad stambūs ūkiai dažniausiai turi didesnes galimybes įsigyti mechanizuotas žemės ūkio paslaugas, ne laiku atlikus mechanizuotus žemės ūkio darbus jie

⁶ Kocira, S.; Parafiniuk, S.; Sawa, J. 2012. Koszty eksploatacji środków transportowych w gospodarstwach ukierunkowanych na chów zwierząt, *Logistyka* 4: 1011–1017.

⁷ Kamionka, J. 2014. Wpływ okresu użytkowania rozsiewaczy nawozowych na koszty ich eksploatacji, *Problemy Inżynierii Rolniczej* 3(85): 49–57.

⁸ Kusz, A.; Marciniak, A. W.; Skwarcz, J. 2015. Implementation of computation process in a Bayesian network on the example of unit operating costs determination, *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 17(2): 266–272.

⁹ de Toro, A. 2005. Influences on timeliness costs and their variability on arable farms, *Biosystems Engineering* 92(1): 1–13.

patiria gerokai daugiau nuostolių nei smulkūs ūkiai. A. Muzalewski (2005)¹⁰ tyrimo duomenimis, ūkiams didžiausius nuostolius atneša ne laiku atliekamas priešsėjinis žemės dirbimas, cheminė augalų apsauga, o taip pat sėja ir derliaus nuėmimas.

Galiausiai nustatomos žemės ūkio technikos minimalios naudojimo normos, kurios parodo, koks turi būti technikos naudojimas, kad į ją žemdirbiams verta būtų investuoti. Nesant galimybių užtikrinti technikos minimalaus naudojimo, racionaliau naudotis mechanizuotomis žemės ūkio paslaugomis. Žemės ūkio technikos minimalios naudojimo normos dažniausiai nustatomos taip¹¹ (Paman *et al.* 2010¹²; Jabłonka *et al.* 2012¹³; Szuk, Berbeka 2014¹⁴; Kapela *et al.* 2016¹⁵):

$$N_{\text{mini}} = \frac{I_{\text{pi}}}{I_{\text{pasli}} - I_{\text{ki}}}, \quad (5)$$

čia N_{mini} – i -ojo traktoriaus, mašinos arba padargo minimali naudojimo norma, ha/metus; I_{pasli} – i -osios mechanizuotos žemės ūkio paslaugos kaina, EUR/ha.

Svarbu pastebėti, kad ūkio valdytojai, investuojantys į žemės ūkio techniką, dažnai turi galimybę gauti paramą kompensuoti dalį investicijų. Ši parama padeda įsigyti modernios technikos ir kartu leidžia sumažinti jos eksploatavimo išlaidas. Sumažėjus žemės ūkio technikos eksploatavimo išlaidoms, sumažėja ir jos minimalios naudojimo normos, t. y. žemės ūkio techniką tampa racionalu įsigyti ir gerokai mažesnio dydžio ūkiams, kurie neturi galimybių užtikrinti labai intensyvaus technikos naudojimo. Investicinė parama leidžia sumažinti žemės ūkio technikos nusidėvėjimo ir, priėmus prielaidą, kad abiem atvejais žemės ūkio technikos įsigijimas kofinansuojamas skolintomis lėšomis, palūkanų išlaidas.

¹⁰ Muzalewski, A. 2005. *Koszty eksploatacji maszyn*. Warszawa: IBMER. 20 p.

¹¹ Į nuosavomis mašinomis (išskyrus savaeigės mašinas) ir padargais atliekamų darbų kintamąsias išlaidas įtraukiamos ir traktorių eksploatavimo išlaidos.

¹² Paman, U.; Uchida, S.; Inaba, S. 2010. Economic potential of tractor hire business in Riau Province, Indonesia: A case study of small tractors for small rice farms, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 12(1): 1–12.

¹³ Jabłonka, R.; Lewczuk, B.; Kapela, K. 2012. Racjonalizacja zakupu maszyn na przykładzie indywidualnego gospodarstwa rolniczego, *Logistyka* 4: 974–980.

¹⁴ Szuk, T.; Berbeka, T. 2014. Wykorzystanie roczne jako kryterium wyboru formy użytkowania kombajnu zbożowego, *Inżynieria Rolnicza* 1(149): 221–227.

¹⁵ Kapela, K.; Gugala, M.; Zarzecka, K.; Niewęglowski, M.; Krasnodebska, E. 2016. Racjonalizacja zakupu technicznych środków produkcji na przykładzie gospodarstwa rolnego, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu* 18(1): 139–143.

1.6. Optimalios pasėlių struktūros nustatymas

Optimalios pasėlių struktūros nustatymui plačiausiai naudojami matematinio programavimo arba optimizavimo modeliai. Šiame projekte taikytas LAEI darbuotojų sukurtas modelis naudojant matematinio programavimo metodą, kuris, anot P. B. R. Hazel ir R. D. Norton (1986)¹⁶, ypač tinka žemės ūkio problemoms spręsti, nes matematiškai aprašant žemės ūkio produkcijos gamybą, užrašomi atskirų išteklių ir produkcijos rūšių vektoriai, kurie ir yra matematinio programavimo modelio pagrindas.

Optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelyje matematiškai aprašyta kiekvieno ūkininko ūkio ir kiekvienos žemės ūkio bendrovės produkcijos gamybos sistema, atrinkus svarbiausius tiesiogiai susijusius elementus, apimančius ir iliustruojančius esmines jos savybes. Atrinkti elementai aprašyti matematiškai, naudojant žemės ūkio produkcijos gamintojų ekonominės elgsenos lygtis, kurios paremtos apibrėžtomis prielaidomis ir sąlygomis, o imituota reakcija pateikiama kaip optimizavimo problemos sprendimas. Šiame matematinio programavimo modelyje daromos standartinės gamintojų ekonominės elgsenos prielaidos: racionali elgsena, pastoviosios gražos technologija ir tobula konkurencija. Be to, modelis paremiamas prielaidomis, kad augalų sėklos, organinės ir mineralinės trąšos įsigijamos rinkoje. Visos šios išlaidos atsispindi išlaidose produkcijos vienetui pagaminti. Taip pat daroma prielaida, kad visa pagaminta produkcija parduodama rinkoje už rinkoje vyraujančią kainą.

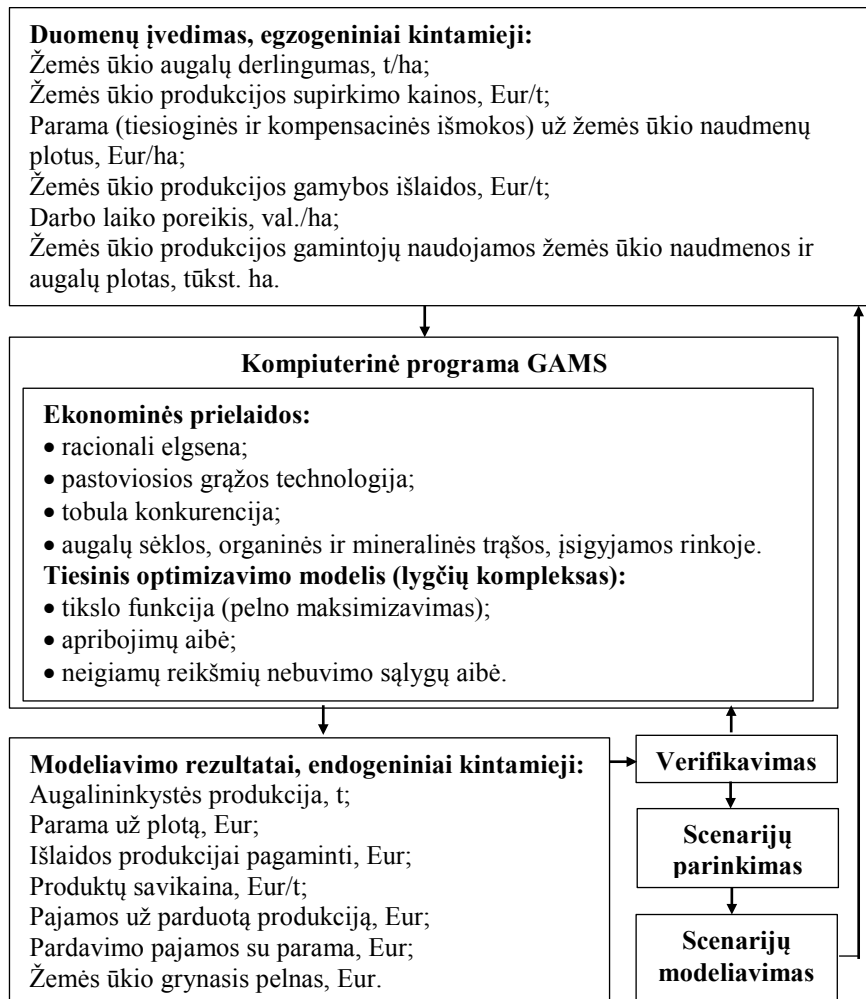
Optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelį sudaro keturios pagrindinės dalys: duomenys, ekonominės prielaidos, lygčių kompleksas ir kompiuterinė programa (1.6.1 pav.).

Duomenys modelyje traktuojami kaip išoriniai arba egzogeniniai kintamieji, nes jų reikšmės nustatomos už modelio ribų. Modeliui reikalingų duomenų sąrašas pateikiamas 1.6.1 paveiksle.

Modelyje be išorinių (egzogeninių) kintamųjų, naudojami vidiniai (endogeniniai) kintamieji. Tai sprendimų kintamieji: jų reikšmės apskaičiuojamos naudojant modelį, t. y. modelis paaiškina vidinių (endogeninių) kintamųjų elgseną. Siekiant gauti informatyvų sprendinį, modelyje naudojamos ekonominės prielaidos, pagal kurias apskaičiuojami

¹⁶ Hazel, P. B. R.; Norton, R. D. 1986. *Mathematical programming for economics analysis in agriculture*. New York: Macmillan. 402 p.

rezultatiniai rodikliai. Ekonominėmis prielaidomis aprašomi endogeniniai (vidiniai) modelio kintamieji taip pat pateikti pateikiamas 1.6.1 paveiksle.



1.6.1 pav. Agrarinės aplinkosaugos priemonių poveikio vertinimo matematinio programavimo modelio schema (šaltinis: autoriai)

Lygčių kompleksas iliustruoja ryšius tarp pasirinktų kintamųjų ir yra pagrindžiamas teorinėmis bei empirinėmis ekonomikos žiniomis.

Optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelis formuluojamas kaip tiesinis optimizavimo modelis, atsižvelgiant į apribojimus. Jo lygčių kompleksą sudaro tikslo funkcija, apribojimų, išreikštų nelygybėmis, aibė ir neigiamų reikšmių nebuvimo sąlygų aibė.

Pažymėtina, kad tikslo funkcija ir apribojimai yra tiesiniai. Taigi, algebrinė šio tiesinio modelio išraiška yra tokia:

$$\text{Maksimizuojama} \quad Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \text{tikslo funkcija} \quad (6)$$

$$\text{atsižvelgiant į} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i; \quad i = 1, \dots, m \quad \text{apribojimų aibę} \quad (7)$$

$$x_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n \quad \begin{array}{l} \text{neigiamų reikšmių} \\ \text{nebuvimą sąlygų aibę} \end{array} \quad (8)$$

čia Z – tikslo funkcijos reikšmė; x_j – veiklos arba sprendimų kintamų reikšmių vektorius; c_j – tikslo funkcijos koeficientų reikšmių vektorius; a_{ij} – techninių koeficientų matrica; b_i – išteklių prieinamumo vektorius.

Optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelio tikslo funkcija išreiškiama taip:

$$f(x) = \sum_{j \in T} (v_j - i_j) \cdot x_j \rightarrow \max, \quad (9)$$

čia T – augalininkystės produkcijos aibė; v_j – j rūšies augalininkystės produkcijos kiekio vieneto vertė kartu su tiesiogine išmoka, išmoka ūkininkaujantiems MPŪV ir kitomis kompensacinėmis agrarinės aplinkosaugos išmokomis, Eur/t; i_j – išlaidos j rūšies augalininkystės produktui užauginti, Eur/t; x_j – augalininkystės j rūšies produkto kiekis, t.

Optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelyje apribojimų aibė apima ploto ir darbo išteklių apribojimus. Su plotu susiję apribojimai yra skirti apriboti bendrą žemės ūkio naudmenų plotą ir atskirų pasėlių plotus, atsižvelgiant į augalininkystės pasėlių struktūrą. Visų pasėlių, pievų ir ganyklų suma modelyje yra lygi žemės ūkio naudmenų plotui ir matematiškai išreiškiama taip:

$$\sum_{i=1}^n y_i = Q, \quad (10)$$

čia y_i – žemės ūkio naudmenų plotas, skirtas i augalui arba pievoms ir ganykloms, įskaitant tradicinės, ekologinio, pereinamojo į ekologinį ūkininkavimą ir tausojančios ūkininkavimo praktiką, ha; Q – visas žemės ūkio naudmenų plotas, ha.

Atskirų pasėlių plotų apribojimai modelyje įvedami, atsižvelgiant į augalininkystės pasėlių struktūrą, ir matematiškai išreiškiami taip:

$$A_j^{min} \leq y_j \leq A_j^{max} \quad (11)$$

arba

$$y_j = A_j, \quad (12)$$

čia j – pasėlių rūšis; A_j^{min} – žemės ūkio naudmenų, skirtų j rūšies pasėliams, mažiausias plotas, ha; A_j^{max} – žemės ūkio naudmenų, skirtų j rūšies pasėliams, didžiausias plotas, ha; A_j – žemės ūkio naudmenų, skirtų j rūšies pasėliams, plotas, ha.

Su darbo ištekliais susiję apribojimai į modelį įtraukti, siekiant užtikrinti, kad nebūtų viršytas darbo išteklių fondas. Modelyje darbo jėgos poreikis nustatomas taip:

$$D = \sum_{j \in T} d_j \cdot x_j, \quad (13)$$

čia D – darbo jėgos poreikis, val.; d_j – darbo jėgos poreikis j rūšies augalininkystės produkcijai pagaminti, val./t; x_j – j rūšies augalininkystės produkcijos kiekis, t.

Neigiamų reikšmių nebuvimo sąlygų aibei optimalios pasėlių struktūros nustatymo modelyje priskiriami visų rūšių visomis ūkininkavimo praktikomis pagamintos ir parduotos

augalininkystės produkcijos kiekliai. Neigiamų reikšmių nebuvimo sąlygos matematiškai išreiškiamos, naudojant formulę (8).

Modelis parengtas naudojant GAMS kompiuterinę programą, skirtą modeliavimui. GAMS – tai bendroji algebrinė modeliavimo sistema, sukurta spręsti tiesinio, netiesinio ir mišrias optimizavimo problemas (Rosenthal 2015)¹⁷. R. E. Rosenthal (2015) GAMS modeliavimo sistemą apibūdina kaip ypač naudingą didelės apimties, sudėtingoms problemoms spręsti, pažymi jos naudą tais atvejais, kai norint sudaryti tikslų modelį, reikia apdoroti daugybę versijų, atkreipia dėmesį į tai, kad vartotojas gali greitai ir lengvai keisti modelio formuluotes ir konvertuoti modelius iš tiesinių į netiesinius. Svarbu pažymėti, kad GAMS programa plačiai naudojama žemės ūkio sektoriaus uždaviniams spręsti visame pasaulyje. Modelio užrašymas GAMS programoje labai panašus į algebrinę išraišką, todėl jį nesunkiai gali suprasti daugelis naudotojų.

Vidutiniai Lietuvos ūkių modeliavimo rezultatai rodo, kad dėl gamybos optimizavimo bendrosios pajamos didėja 4,30 proc., parama už plotą – 0,03 proc., išlaidos – 1,07 proc., grynasis pelnas – 9,57 proc., o darbo sąnaudos mažėja 0,49 proc., t. y. 180 darbo vietų. Šie skirtumai stebimi dėl pasikeitusios pasėlių struktūros: didėja augalų, kuriuos auginant gaunamas didžiausias pelnas, ir mažėja augalų, kuriuos auginant gaunamas nuostolis, plotai.

¹⁷ Rosenthal, R. E. 2015. *GAMS – A User's guide* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2019 m. birželio 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/GAMSUsersGuide.pdf>.

1.7. Tvaraus ūkininkavimo modelis ūkininkų ūkiams

Šiame poskyryje pristatomas tvaraus ūkininkavimo modelis, skirtas ūkininkų ūkiams. Ūkių valdytojų patogumui jis pateikiamas Microsoft Excel skaičiuoklėje. Modelis pristatomas kaip pavyzdį naudojant hipotetinius ūkininko ūkio duomenis.

Modelį sudaro trys darbo lapai: „DUOMENYS“, „RODIKLIAI“ ir „REZULTATAI“. Ūkių valdytojams tereikia užpildyti Microsoft Excel skaičiuoklės laukelius, kuriuose skaičiai įrašomi raudona spalva. Mėlynos spalvos skaičiai yra apskaičiuojami iš įvestų duomenų automatiškai.

Skaičiavimams reikalingi ūkininkų ūkių duomenys įvedami Microsoft Excel darbalapyje „DUOMENYS“. Pirmiausia, siekiant nustatyti **ūkio bendrą žemės plotą** (naudojamą), reikia įvesti **ariamąsios žemės, pievų ir ganyklų, sodų, miškų ir kitus žemės plotus**, nepriklausomai nuo to ar jie nuosavi, ar nuomojami. Šioje lentelėje taip pat įrašomas **dirbančių šeimos narių bei samdomų darbuotojų skaičius ir jų darbo laikas ūkyje**.

1.7.1 lentelė. Apsirūpinimas žemės ir darbo ištekliais

Ūkio bendras žemės plotas, įskaitant mišką, ha	327,00
Iš to skaičiaus	
<i>ariamoji žemė</i>	<i>321,00</i>
<i>pievos ir ganyklos</i>	<i>3,00</i>
<i>sodai</i>	<i>0,00</i>
<i>miškai</i>	<i>0,00</i>
<i>kita žemė</i>	<i>3,00</i>
Dirbančių ūkio narių skaičius, SD*	2,50
Dirbančių šeimos narių skaičius, SD	1,00
Samdomų darbuotojų skaičius, SD	1,50
Visas darbas, h	5030
Šeimos darbas, h	2200
Samdomas darbas, h	2830

*SD – darbo sąnaudos ūkyje matuojamos sutartiniais vienetais, vadinamais sąlyginiais darbuotojais (SD). 1 SD darbo laikas per metus kasmet kinta ir vidutiniškai sudaro apie 2020 valandas.

Toliau ūkio valdytojui reikia užpildyti jo ūkyje **auginamų augalų pasėlių plotus, augalų derlingumą ir augalininkystės produkcijos supirkimo kainas**.

1.7.2 lentelė. Ariamosios žemės naudojimas, ha

<i>vasariniai kviečiai</i>	
<i>žieminiai kviečiai</i>	150,00
<i>vasariniai rugiai</i>	
<i>žieminiai rugiai</i>	
<i>vasariniai miežiai</i>	30,00
<i>žieminiai miežiai</i>	25,00
<i>avižos</i>	
<i>vasariniai kvietrugiai</i>	
<i>žieminiai kvietrugiai</i>	
<i>grikliai</i>	
<i>grūdinių augalų mišiniai</i>	
<i>žirniai</i>	60,00
<i>pupos</i>	
<i>lubinai</i>	
<i>bulvės</i>	1,00
<i>cukriniai runkeliai</i>	
<i>vasariniai rapsai</i>	
<i>žieminiai rapsai</i>	55,00
<i>lauko daržovės</i>	
<i>kukurūzai žaliajam pašarui</i>	
<i>kiti pašariniai augalai</i>	
<i>vienmetės, daugiametės žolės</i>	
<i>kiti augalai</i>	
<i>pūdymai</i>	3,00
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	

1.7.3 lentelė. Augalų derlingumas, t/ha

<i>vasariniai kviečiai</i>	
<i>žieminiai kviečiai</i>	7,00
<i>vasariniai rugiai</i>	
<i>žieminiai rugiai</i>	
<i>vasariniai miežiai</i>	7,00
<i>žieminiai miežiai</i>	6,00
<i>avižos</i>	
<i>vasariniai kvietrugiai</i>	
<i>žieminiai kvietrugiai</i>	
<i>grikliai</i>	
<i>grūdinių augalų mišiniai</i>	
<i>žirniai</i>	5,00
<i>pupos</i>	
<i>lubinai</i>	
<i>bulvės</i>	20,00
<i>cukriniai runkeliai</i>	
<i>vasariniai rapsai</i>	
<i>žieminiai rapsai</i>	5,00
<i>lauko daržovės</i>	
<i>pašariniai augalai</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	

1.7.4 lentelė. Augalininkystės produkcijos pardavimo kainos, Eur/t

<i>vasariniai kviečiai</i>	
<i>žieminiai kviečiai</i>	140
<i>vasariniai rugiai</i>	
<i>žieminiai rugiai</i>	
<i>vasariniai miežiai</i>	105
<i>žieminiai miežiai</i>	105
<i>avižos</i>	
<i>vasariniai kvietrugiai</i>	
<i>žieminiai kvietrugiai</i>	
<i>grikliai</i>	
<i>grūdinių augalų mišiniai</i>	
<i>žirniai</i>	155
<i>pupos</i>	
<i>lubinai</i>	
<i>bulvės</i>	140
<i>cukriniai runkeliai</i>	
<i>vasariniai rapsai</i>	
<i>žieminiai rapsai</i>	290
<i>lauko daržovės</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	
<i>kiti</i>	

Įvedus ūkyje auginamų augalų pasėlių plotus, augalų derlingumą ir augalininkystės produkcijos supirkimo kainas, šalia šių duomenų Microsoft Excel darbalapyje „DUOMENYS“ automatiškai apskaičiuojama **augalininkystės produkcijos vertė**.

1.7.5 lentelė. Augalininkystės produkcija, Eur

<i>vasariniai kviečiai</i>	0
<i>žieminiai kviečiai</i>	147000
<i>vasariniai rugiai</i>	0
<i>žieminiai rugiai</i>	0
<i>vasariniai miežiai</i>	22050
<i>žieminiai miežiai</i>	15750
<i>avižos</i>	0
<i>vasariniai kvietrugiai</i>	0
<i>žieminiai kvietrugiai</i>	0
<i>grikliai</i>	0
<i>grūdinių augalų mišiniai</i>	0
<i>žirniai</i>	46500
<i>pupos</i>	0
<i>lubinai</i>	0
<i>bulvės</i>	2800
<i>cukriniai runkeliai</i>	0
<i>vasariniai rapsai</i>	0
<i>žieminiai rapsai</i>	79750
<i>lauko daržovės</i>	0
	0
	0
	0
	0
	0
<i>kiti</i>	0
<i>kiti</i>	0
<i>kiti</i>	0
<i>kiti</i>	0
<i>kiti</i>	0
<i>kiti</i>	0

Apskaičiavus augalininkystės produkcijos vertę ir įvedus **gyvulininkystės bei kitos produkcijos vertes**, gaunama **bendrosios produkcijos vertė**.

1.7.6 lentelė. Bendroji produkcija, Eur

Augalininkystės produkcija iš viso, Eur	313850
Gyvulininkystės produkcija iš viso, Eur	0
Kita produkcija, Eur	2100
Bendroji produkcija, Eur	315950

Toliau ūkio valdytojui reikia suvesti **išlaidas**, reikalingas produkcijai pagaminti. Kadangi tvaraus ūkininkavimo metodika siekiama vertinti ir aplinkosauginius rodiklius, todėl išskiriamos **išlaidos mineralinėms bei organinėms trąšoms** ir **išlaidos augalų apsaugos priemonėms**.

1.7.7 lentelė. Išlaidos produkcijai pagaminti, Eur

Augalininkystės kintamosios išlaidos iš viso, Eur	116700
<i>išlaidos mineralinėms trąšoms, Eur</i>	<i>61400</i>
<i>išlaidos organinėms trąšoms, Eur</i>	<i>0</i>
<i>išlaidos augalų apsaugos priemonėms, Eur</i>	<i>24700</i>
<i>visos kitos kintamosios išlaidos (sėkloms, pasėlių draudimui ir kt.), Eur</i>	<i>30600</i>
Gyvulininkystės kintamosios išlaidos iš viso, Eur	0
Pastoviosios** ūkio išlaidos, Eur	98720
Nusidėvėjimas, Eur	49875
Iš viso išlaidų ūkyje, Eur	215420

**** Pastatų priežiūra ir remontas, technikos priežiūra ir remontas, degalai, elektros energija, darbas pagal sutartį, draudimas, kitos pridėtinės išlaidos, žemės mokestis, kiti mokesčiai, nusidėvėjimas, žemės nuoma, pastatų nuoma, samdomo darbo užmokestis, palūkanos.**

Siekiant įvertinti ūkio apsirūpinimą materialiniais ištekliais, suvedamas ūkio **trumpalaikis** ir **ilgalaikis turtas** pagal atskirus jo elementus. Taip pat įrašomi ūkio **trumpalaikiai** ir **ilgalaikiai įsipareigojimai** metų pabaigoje.

1.7.8 lentelė. Turtas ir įsipareigojimai metų pabaigoje, Eur

Ilgalaikis turtas metų pabaigoje, Eur	487300
Nuosava žemė	373000
Daugiamečiai sodiniai	0
Miškas	0

Gamybiniai pastatai	0
Traktoriai	48000
Kombainai	26000
Žemės ūkio mašinos ir transporto priemonės	38000
Įrenginiai, inventorių	2300
Veisliniai gyvuliai	0
Kiti gyvuliai	0
Kitas ilgalaikis turtas	0
Trumpalaikis turtas metų pabaigoje, Eur	305000
Žemės ūkio produkcijos atsargos	15000
Finansinis turtas	170000
Kitas trumpalaikis turtas	120000
Ilgalaikiai įsipareigojimai metų pabaigoje, Eur	33000
Trumpalaikiai įsipareigojimai metų pabaigoje, Eur	165000

Įvertinus ūkio turtą ir įsipareigojimus, suvedamos ūkyje įgyvendintos **investicijos** pagal atskiras jų rūšis. Šių dviejų lentelių užpildymas leidžia ūkio valdytojui daryti išvadas apie ūkio apsirūpinimą materialiniais ištekliais, naujų investicijų poreikį ir galimus jų finansavimo šaltinius.

1.7.9 lentelė. Investicijos, Eur

Žemė	50000
Gamybiniai pastatai	0
Traktoriai	0
Kombainai	0
Žemės ūkio mašinos ir transporto priemonės	10000
Įrenginiai, inventorių	2500
Kitos investicijos	0
Investicijos iš viso	62500

Galiausiai suvedus paramą gamybai bei investicijoms ir šeimos narių darbo užmokestį, gaunami pagrindiniai ūkio **rezultatiniai rodikliai**.

1.7.10 lentelė. Parama ir kai kurie rezultatiniai rodikliai, Eur

Bendroji produkcija, Eur	315950
Parama gamybai ir investicijoms, Eur	49000
Bendrasis pelnas, Eur	100530
Bendrasis pelnas su parama, Eur	149530
Šeimos narių darbo užmokestis, Eur	12500
Grynasis pelnas, Eur	88030
Grynasis pelnas su parama, Eur	137030

Skaičiuoklė taip pat automatiškai paskaičiuoja ūkio **aplinkai palankius žaliuosius plotus**, kurie yra labai svarbūs švelninant klimato kaitą, tausojant gamtos išteklius, saugant biologinę įvairovę ir pan.

1.7.11 lentelė. Aplinkai palankūs žalieji plotai, ha

Žemės ūkio naudmenos (ŽŪN), ha	324,00
Pievos ir ganyklos, ha	3,00
Vienmetės ir daugiametės žolės, ha	0,00
Pūdymai, ha	3,00
Kukurūzai žaliajam pašarui, ha	0,00
Kiti pašariniai augalai, ha	0,00

Suvedus visus ūkio duomenis, darbalapyje „RODIKLIAI“ automatiškai susiskaičiuoja visi sėkmingam ūkio valdymui reikalingi rodikliai. Visi ūkio faktiniai rodikliai lyginami su rezultatais, gautais įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį. Svarbiausi rodikliai taip pat atvaizduojami grafiškai.

Pirmiausia pateikiami ūkio **ekonominiai rodikliai** ir jų pokyčiai.

1.7.12 lentelė. Ekonominiai rodikliai (1)

Rodiklis	Faktas	Įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį	Pokytis, proc.
Augalininkystės produkcija iš viso, Eur	313850	329543	5.0
Gyvulininkystės produkcija iš viso, Eur	0	0	0.0
Kita produkcija, Eur	2100	2100	0.0

Bendroji produkcija, Eur	315950	331643	5.0
Augalininkystės kintamosios išlaidos iš viso, Eur	116700	105960	-9.2
<i>išlaidos mineralinėms trąšoms, Eur</i>	61400	49120	-20.0
<i>išlaidos organinėms trąšoms, Eur</i>	0	0	0.0
<i>išlaidos augalų apsaugos priemonėms, Eur</i>	24700	19760	-20.0
<i>išlaidos aerodistanciniams tyrimams, Eur (20 Eur/ha)</i>	0	6480	
<i>visos kitos kintamosios išlaidos (sėkloms, pasėlių draudimui ir kt.), Eur</i>	30600	30600	0.0
Gyvulininkystės kintamosios išlaidos iš viso, Eur	0	0	0.0
Pastoviosios ūkio išlaidos, Eur	98720	98720	0.0
Nusidėvėjimas, Eur	49875	49875	0.0
Iš viso išlaidų ūkyje, Eur	215420	204680	-5.0
Parama gamybai ir investicijoms, Eur	49000	49000	0.0
Bendrasis pelnas, Eur	100530	126963	26.3
Bendrasis pelnas su parama, Eur	149530	175963	17.7
Šeimos narių darbo užmokestis, Eur	12500	12500	0.0
Grynasis pelnas, Eur	88030	114463	30.0
Grynasis pelnas su parama, Eur	137030	163463	19.3

1.7.13 lentelė. Ekonominiai rodikliai (2)

Rodiklis	Faktas	Įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį	Pokytis, proc. punktai
Bendrasis pelningumas be paramos, proc.	31.8	38.3	6.5
Bendrasis pelningumas su parama, proc.	47.3	53.1	5.7
Grynasis pelningumas be paramos, proc.	27.9	34.5	6.7
Grynasis pelningumas su parama, proc.	43.4	49.3	5.9
Rentabilumas be paramos, proc.	46.7	62.0	15.4
Rentabilumas su parama, proc.	69.4	86.0	16.6
Turto pelningumas be paramos, proc.	17.4	20.7	3.3
Turto pelningumas su parama, proc.	23.6	26.9	3.3
Skolos rodiklis, proc.	25.0	25.0	0.0
Bendrojo likvidumo rodiklis, proc.	54.1	54.1	0.0

Kaip jau minėta 1.3 poskyryje, kita svarbi rodiklių grupė, leidžianti įvertinti ūkinės veiklos poveikį aplinkai – **aplinkosauginiai rodikliai**. Tikėtina, kad vis didėjantis Europos Sąjungos (ES) dėmesys aplinkosaugai ateityje dar labiau skatins šiuos rodiklius analizuoti ir gerinti, nes tik tokiu būdu galima pasiekti ilgalaikių aplinkosaugos srities tikslų.

1.7.14 lentelė. Aplinkosauginiai rodikliai

Rodiklis	Faktas	Įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį	Pokytis, proc. punktai, proc.
Pievų dalis ŽŪN, proc.	1	1	0.0
Išlaidos mineralinėms trąšoms, Eur/ha ŽŪN	190	152	-20.0
Išlaidos organinėms trąšoms, Eur/ha ŽŪN	0	0	0.0
Išlaidos augalų apsaugos produktams, Eur/ha ŽŪN	76	61	-20.0
Shannon pasėlių įvairovės indeksas	0.60	0.60	0.0

Modelyje ypatingas dėmesys skiriamas **Shannon pasėlių įvairovės indeksui**, nes būtent augalų įvairovės didinimas gali ne tik padėti išspręsti daugelį aplinkosauginių problemų, bet ir turėti teigiamos įtakos ūkio ekonominiams rodikliams.

1.7.15 lentelė. Shannon indekso apskaičiavimas

<i>Pasėliai</i>	<i>Plotas, ha</i>	<i>Dalis ariamojoje žemėje</i>	<i>ln</i>
<i>Javai</i>	205.00	0.63	0.290
<i>Ankštiniai augalai</i>	60.00	0.19	0.312
<i>Šakniavaisiai</i>	1.00	0.00	0.018
<i>Rapsai</i>	55.00	0.17	0.301
<i>Daržovės</i>	0.00	0.00	0.000
<i>Augalai žaliajam pašarui</i>	0.00	0.00	0.000
<i>Kiti augalai</i>	0.00	0.00	0.000
<i>Pūdymas</i>	3.00	0.01	0.043
<i>Ariamoji žemė iš viso:</i>	324.00	1.00	0.964
<i>Augalų skaičius</i>	5		

Galiausiai ūkio valdytojas turi galimybę įvertinti ūkio **vadybinius rodiklius**, susijusius su žemės ūkio produktų gamyboje naudojamų pagrindinių išteklių produktyvumu, ir jų pokyčius. Šių rodiklių analizė ir vertinimas leidžia ūkio valdytojui priimti sprendimus, sudarančius prielaidas efektyvesnei ūkio veiklai.

1.7.16 lentelė. Vadybiniai rodikliai

Rodiklis	Faktas	Įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį	Pokytis
Apsirūpinimas darbo ištekliais, SD/100 ha ŽŪN	0.77	0.77	0.0
Produkcija darbuotojui, Eur/SD	126380	132657	5.0
Produkcija per laiko vnt., Eur/val.	62.81	65.93	5.0
Darbo imlumas, min./Eur	0.96	0.91	-4.7
Viso turto produktyvumas, Eur	0.40	0.42	5.0
Ilgalaikio turto produktyvumas, Eur	0.65	0.68	5.0
Trumpalaikio turto produktyvumas, Eur	1.04	1.09	5.0
Rizikos nustatymas dėl „kainų žirklių“	103	103	0.0
Bendroji produkcija, Eur/ŽŪN	975	1024	5.0

Išanalizavus ir įvertinus ekonominių, aplinkosauginių ir vadybinių rodiklių pokyčius, darbalapyje „REZULTATAI“ taip pat galima dar įvertinti pradiniam etape įvestų duomenų reikšmes ir jų pokyčius įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį.

Apibendrinant galima teigti, kad pasiūlytas modelis yra pagrindas gerinti ūkio vadybą, optimizuoti jo veiklą, racionaliau naudoti žemės ūkio techniką. Juo naudojantis priimti sprendimai kuria prielaidas efektyvesnei ūkio veiklai ir aplinkos tausojimui.

1.8. Tvaraus ūkininkavimo modelis žemės ūkio bendrovėms ir įmonėms

Šiame poskyryje pristatomas tvaraus ūkininkavimo modelis, skirtas žemės ūkio bendrovėms ir įmonėms. Jis, taip pat kaip ir ūkininkų ūkių modelis, pateikiamas Microsoft Excel skaičiuoklėje. Modelis pristatomas kaip pavyzdį naudojant hipotetinius bendrovės duomenis.

Modelį sudaro trys darbo lapai: „DUOMENYS“, „RODIKLIAI“ ir „REZULTATAI“. Modelio vartotojui tereikia užpildyti Microsoft Excel skaičiuoklės laukelius, kuriuose skaičiai įrašomi raudona spalva. Mėlynos spalvos skaičiai yra apskaičiuojami iš įvestų duomenų automatiškai.

Modelis sudarytas vadovaujantis tais pačiais principais kaip ir ūkininkų ūkiams skirtas modelis, skiriasi tik pirminių duomenų suvedimo lentelės, pildomos Microsoft Excel darbalapyje „DUOMENYS“. Jos užpildomos reikalingą informaciją perkeliant iš Žemės ūkio bendrovės (įmonės) gamybinių-finansinių rodiklių metinės statistinės ataskaitos.

Pirmiausia suvedami bendrovės **finansiniai duomenys**. Lentelės pildymo patogumui joje nurodytas Ataskaitos skyrius ir konkreti eilutė, iš kurios imami duomenys.

1.8.1 lentelė. Finansiniai duomenys, Eur

Rodiklis	Suma	Ataskaitos skyrius	Eilutė
Pardavimų pajamos	1304491	VI. Žemės ūkio produktų pardavimas	600
Augininkystės produkcija	607649	VI. Žemės ūkio produktų pardavimas	190
Gyvulininkystės produkcija	696842	VI. Žemės ūkio produktų pardavimas	380
Kita produkcija	0	VI. Žemės ūkio produktų pardavimas	400 + 500
Visos išlaidos	1241961	V. sanaudos	060
Subsidijos gamybai	174387	IV. Gautos dotacijos ir subsidijos	010
Subsidijos investicijoms	0	IV. Gautos dotacijos ir subsidijos	030
Pelnas	62530		
Pelnas su subsidijomis	236917		
Netiesioginės išlaidos	340871	V. sanaudos	
Ilgalaiko turto nusidėvėjimas	162279	V. sanaudos	040
Mokesčiai, nuoma draudimas ir. kt)	178592	V. sanaudos	050
Pelnas +nusidėvėjimas	224809		
Visas turtas	3099232		
Skolos	134635	II. Kapitalas, mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	070
Ilgalaikės skolos	0	II. Kapitalas, mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	050
Trumpalaikės skolos	134635	II. Kapitalas, mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	060
Trumpalaikis turtas	1156725		
Ilgalaikis turtas likutine verte	1942507		
Ilgalaikis turtas pradine verte	3403521	I. Ilgalaiko turto ir nusidėvėjimo kaita	050, 9 stulp.
Sukauptas nusidėvėjimas	1461014	I. Ilgalaiko turto ir nusidėvėjimo kaita	050, 15 stulp.
Nuosavas kapitalas	2998907	II. Kapitalas, mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	040
Mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	100325	II. Kapitalas, mokėtinos sumos ir įsipareigojimai	070
Darbuotojų skaičius, vnt.	31	III. Darbuotojų skaičius ir jų darbo apmokėjimas	010
Dirbta valandų	49750	III. Darbuotojų skaičius ir jų darbo apmokėjimas	030
ŽŪN, ha	911,90	XI. Plotai	020

Toliau pildoma informacija apie turimą ilgalaikį turtą ir augalininkystės produkcijos gamybą. Šiam tikslui perkeliama visi duomenys iš Ataskaitos I. skyriaus „**Ilgalaikio turto ir nusidėvėjimo kaita per ataskaitinį laikotarpį**“ ir VII. skyriaus „**Augalininkystės produkcijos gamyba ir savikaina**“.

1.8.2 lentelė. Ilgalaikio turto ir nusidėvėjimo kaita per ataskaitinį laikotarpį

Turto grupė ir rūšys	Eil.Nr.	Ilgalaikis turtas (pradinė vertė)									Nusidėvėjimas (amortizacija)						
		likutis metų pradžioje	gauta	iš jų naujų	vertės padidėjimas dėl padidėjusios kainos	nurašyta	iš jų		nukainota	nuosų metų pabaigoje (1, 2, 3, 4, 5, 6)	likutis metų pradžioje	priskaičiuota	pasikeitimas dėl perkainojimo	nurašyta	iš jų likviduota	nuosų metų pabaigoje (10, 11, 12)	
							likviduota	parduota									
Nematerialusis turtas (011, 012 eilučių suma)	010	15345	0	0	0	0	0	0	0	15345	11823	1462	0	0	0	13285	
Iš jo	kompiuterinė programinė įranga	011	1361	0	0	0	0	0	0	1361	1216	0	0	0	0	1216	
	kitas nematerialusis turtas	012	13984	0	0	0	0	0	0	13984	10607	1462	0	0	0	12069	
Materialusis turtas (021, 022, 023, 024, 025, 026, 027, 028 eilučių suma)	020	3148762	255672	179125	0	238403	0	218950	0	3166031	1483979	172515	0	208765	0	1447729	
Iš jo	žemė	021	940217	54347	0	0	0	0	0	994564						0	
	miškai	022	0	0	0	0	0	0	0	0						0	
	pastatai ir kiti statiniai	023	290367	69307	69307	0	0	0	0	359674	138734	18901	0	0	0	157635	
	mašinos ir įrengimai	024	175238	0	0	0	56165	0	56165	0	119073	162885	5342	0	56021	0	112206
	transporto priemonės	025	513321	0	0	0	152885	0	152885	0	360436	369508	30722	0	142844	0	257386
	kita įranga, prietaisai, įrankiai	026	1205247	125262	103062	0	9900	0	9900	0	1320609	793598	114732	0	9900	0	898430
	kitas materialusis turtas	027	24372	2198	2198	0	0	0	0	0	26570	19254	2818	0	0	0	22072
	statyba ir kiti kapitaliniai darbai	028	0	4558	4558	0	4558	0	0	0	0					0	
Ilgalaikis finansinis turtas	030	2401	1024	0	0	0	0	0	0	3425						0	
Iš jo	nuosavybės vertybiniai popieriai	031	0	0	0	0	0	0	0	0						0	
	skolos vertybiniai popieriai	032	0	0	0	0	0	0	0	0						0	
Biologinis turtas (daugiametiniai sodiniai)	040	229541	0	0	0	10821	0	0	0	218720	0	0	0	0	0	0	
IŠ VISO (010, 020, 030, 040 eilučių suma)	050	3396049	256696	179125	0	249224	0	218950	0	3403521	1495802	173977	0	208765	0	1461014	

1.8.3 lentelė. Augalininkystės produkcijos gamyba ir savikaina

Produkcijos pavadinimas		Eilutės Nr.	Plotas, ha	Produkcijos kiekis, t	Derlingumas, 100 kg/h	Išlaidos, Eur							Iš jų išlaidos pagrindinei produkcijai, Eur	Produkcijos vieneto savikaina, Eur
						darbo apmokėjimas	sėklos ir sodinamoji medžiaga	trašos ir dirvos pagerinimo medžiagos	naftos produktai ir dujos	elektros energija	kitos išlaidos	iš viso išlaidų		
Grūdai (po apdorojimo)		010	480,53	2241,3	46,46	53026,00	12575,00	125519,00	40343,00	6988,00	251000,00	489451,00	476170,00	218,48
Iš jų	žieminiai	011	163,35	1027,5	62,90	29962,00	9277,00	55472,00	24820,00	2117,00	88583,00	210231,00	199143,00	217,41
	vasariniai (be kukurūzų)	012	317,18	1213,8	38,27	23064,00	3298,00	70047,00	15523,00	4871,00	162417,00	279220,00	277027,00	219,25
	ankštiniai	013												
	kukurūzai	014												
Rapsai		020	91,13	218,0	23,92	13457,00	7487,00	29296,00	11364,00	1299,00	78166,00	141069,00	141069,00	641,22
Iš jų	žieminiai	021	91,13	218,0	23,92	13457,00	7487,00	29296,00	11364,00	1299,00	78166,00	141069,00	141069,00	641,22
	vasariniai	022												
Garstyčios		030												
Kanapės		040												
Linų sėmenys		050												
Linų šiaudeliai		060												
Cukriniai runkeliai		070	37,91	2572,6	678,62	5985,00	8439,00	8693,00	9788,00	0,00	40882,00	73787,00	73787,00	31,98
Pašariniai šakniavaisiai		080												
Bulvės		090												
Uždaro grunto daržovės (plotas m2)		100												
Atviro grunto daržovės		110												
Vaisiai (sėklavaisiai, kaulavaisiai)		120												
Sodai iki 5 metų amžiaus		130												
Uogos (braškės, serbentai ir kitos)		140												
Uogakrūmiai iki 3 metų amžiaus		150												
Daugiametės žolės šienai		160												
Daugiametės žolės žaliajai masei		170	218,13	2450,9	112,36	9202,00	2142,00	44970,00	4292,00		20160,00	80766,00	80766,00	31,74
Vienmetės žolės šienai		180												
Pievos ir ganyklos šienai		190												
Pievos ir ganyklos žaliajai masei		200												
Silosai		210												
Kukurūzų žalia masė		220	84,2	3217,0		7985,00	7279,00	33122,00	6427,00		53092,00	107905,00	107905,00	34,53
Kukurūzų silosai		230		2450,0		1833,00			2732,00		109086,00	113651,00	113651,00	45,46
Šienais		240		1402,0		4027,00			4378,00		61088,00	69493,00	69493,00	50,05
Lauko gėlininkystė (plotas, m2)		250												
Šiltnamių gėlininkystė (plotas m2)		260												
Pievagrybiai (plotas m2, produkcijos kiekis kg, de		270												
Kita produkcija		280												
Išlaidos kitų metų derliui		290				61262,00	15877,00	63089,00	25384,00	0,00	122253,00	287865,00		
IŠ VISO (010, 020 ir nuo 030 iki 290 eilučių suma)		300	911,9			156777,00	53799,00	304689,00	104708,00	8287,00	735727,00	1363987,00	1062841,00	

Toliau užpildoma informacija apie gamybos išlaidas, informacija imama iš Ataskaitos V. skyriaus „Sąnaudos“.

1.8.4 lentelė. Augalininkystės kintamos išlaidos iš viso, Eur

Augalininkystės kintamos išlaidos	475186
<i>išlaidos mineralinėms trąšoms, Eur</i>	<i>264614</i>
<i>išlaidos organinėms trąšoms, Eur</i>	<i>0</i>
<i>išlaidos augalų apsaugos priemonėms, Eur</i>	<i>107382</i>
<i>visos kitos kintamos išlaidos (sėkloms, pasėlių draudimui ir kt.), Eur</i>	<i>103190</i>
Gyvulininkystės kintamos išlaidos iš viso, Eur:	111072
Pastoviosios ūkio išlaidos, Eur	493424
Nusidėvėjimas, Eur	162279
Iš viso išlaidų ūkyje, Eur	1241961

Kita pildoma informacija apie produkcijos pardavimus, duomenys imami iš Ataskaitos VI. skyriaus „Žemės ūkio produktų pardavimas“.

1.8.5 lentelė. Žemės ūkio produktų pardavimas

Produkcijos pavadinimas	Eil. Nr.	Parduota iš viso, t	Pardavimo kaina, Eur/t	Pardavimų pajamos, Eur
Grūdai	010	2241,32	189	423609,00
Linų sėmenys	020			
Linų šiaudeliai	030			
Žieminiai rapsai	040	217,98	325	70844,00
Vasariniai rapsai	050			
Garstyčios	060			
Kanapės	070			
Bulvės	080			
Cukriniai runkeliai	090	2572,65	44	113196,00
Daugiamėčių žolių sėkla	100			
Atviro grunto daržovės	110			
Uždaro grunto daržovės	120			
Vaisiai	130			
Uogos	140			
Lauko gėlininkystė	150			
Šiltnamių gėlininkystė	160			
Pievagrybiai	170			
Kita augalininkystės produkcija	180			
Iš viso (nuo 010 iki 180 eilučių suma)	190			607649,00

Suvedus visus prašomus duomenis 1.8.1 lentelėje „Finansiniai duomenys“ automatiškai apskaičiuojami bendrovės (įmonės) rezultatiniai rodikliai.

Taip pat automatiškai apskaičiuojami ir **aplinkai palankūs žalieji plotai**.

1.8.6 lentelė. Aplinkai palankūs žalieji plotai

Žemės ūkio naudmenos (ŽŪN), ha	911,9
Pievos ir ganyklos, ha	218,13
Vienmetės ir daugiametės žolės, ha	0,00
Pūdymai, ha	0,00
Kukurūzai žaliajam pašarui, ha	84,20
Kiti pašariniai augalai, ha	0,00

Darbalapyje „DUOMENYS“ suvedus visą reikalingą informaciją, darbalapyje „RODIKLIAI“ automatiškai susiskaičiuoja bendrovės (įmonės) veiklos efektyvumą apibūdinantys rodikliai. Visi rodikliai suskirstyti į tris grupes: ekonominius, aplinkosauginius ir vadybinius bei lyginami su rezultatais, gautais įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį. Papildomai pagrindiniai rodikliai atvaizduoti grafiškai.

1.8.7 lentelė. Ekonominiai rodikliai (1)

Rodiklis	Faktas	Atlikus tyrimus	Pokytis, proc.
Augalininkystės produkcija iš viso, Eur	607649	638031	5,0
Gyvulininkystės produkcija iš viso, Eur	696842	696842	0,0
Kita produkcija, Eur	0	0	0,0
Bendroji produkcija, Eur	1304491	1334873	2,3
			0,0
Augalininkystės kintamos išlaidos iš viso, Eur	475186	450178	-5,3
<i>išlaidos mineralinėms trąšoms, Eur</i>	264614	238153	-10,0
<i>išlaidos organinėms trąšoms, Eur</i>	0	0	0,0
<i>išlaidos augalų apsaugos priemonėms, Eur</i>	107382	96644	-10,0
<i>Išlaidos aerodistancinių tyrimams, Eur (20 Eur/ha)</i>	0	12191	
<i>visos kitos kintamos išlaidos (sėkloms, pasėlių draudimui ir kt.), Eur</i>	103190	103190	0,0
Gyvulininkystės kintamos išlaidos iš viso, Eur	111072	111072	0,0
Pastoviosios ūkio išlaidos, Eur	493424	493424	0,0
Nusidėvėjimas, Eur	162279	162279	0,0
Iš viso išlaidų ūkyje, Eur	1241961	1216953	-2,0
Parama gamybai ir investicijoms, Eur	174387	174387	0,0
Bendrasis pelnas, Eur	62530	117921	88,6
Bendrasis pelnas su parama, Eur	236917	292308	23,4

1.8.8 lentelė. Ekonominiai rodikliai (2)

Rodiklis	Faktas	Atlikus tyrimus	Pokytis, proc. punktai
Bendrasis pelningumas (be paramos ir be mokesčių), proc.	4,8	8,8	4,0
Bendrasis pelningumas su parama, proc.	18,2	21,9	3,7
Rentabilumas be paramos, proc.	5,0	9,7	4,7
Rentabilumas su parama, proc.	19,1	24,0	4,9
Turto pelningumas be paramos, proc.	2,0	3,8	1,8
Turto pelningumas su parama, proc.	7,6	9,4	1,8

1.8.9 lentelė. Aplinkosauginiai rodikliai

Rodiklis	Faktas	Atlikus tyrimus	Pokytis, proc. punktai, proc.
Pieavų dalis ŽŪN, proc.	24	24	0,0
Mineralinių trąšų išlaidos, Eur/ha ŽŪN	290	261	-10,0
Organinių trąšų išlaidos, Eur/ha ŽŪN	0	0	0,0
Išlaidos augalų apsaugos produktams, Eur/ha ŽŪN	118	106	-10,0
Šanon pasėlių įvairovės indeksas	0,77	0,77	0,0

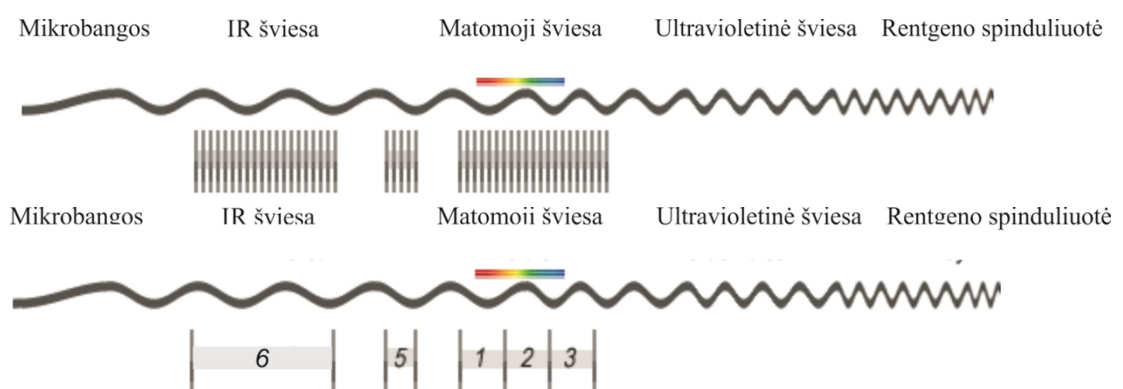
1.8.10 lentelė. Vadybiniai rodikliai

Rodiklis	Faktas	Atlikus tyrimus	Pokytis
Apsirūpinimas darbo ištekliais, SD/100 ha ŽŪN	3,40	3,40	0,0
Produkcija darbuotojui, Eur/SD	42080	43060	2,3
Produkcija per laiko vnt., Eur/val.	26,22	26,83	2,3
Darbo imlumas, min./Eur	2,29	2,24	-2,3
Viso turto produktyvumas, Eur	0,42	0,43	2,3
Ilgalaikio turto produktyvumas, Eur	0,67	0,69	2,3
Trumpalaikio turto produktyvumas, Eur	1,13	1,15	2,3
Rizikos nustatymas dėl „kainų žirklių“	103	103	0,0
Bendroji produkcija, Eur/ŽŪN	1431	1464	2,3

Darbalapis „REZULTATAI“ skirtas pradiniame etape įvestų duomenų vertinimui, lyginant juos su duomenimis, gautais įdiegus tvaraus ūkininkavimo modelį.

2. DISTANCINIAIS HIPERSPEKTRINIO SKENAVIMO METODAIS PAREMTA PASĖLIŲ AUGALŲ FIZIOLOGINIŲ CHARAKTERISTIKŲ IR DIRVOŽEMIO SAVYBIŲ ANALIZĖ

Hiperspektrinis skenavimas tai modernus ir informatyvus metodas, priklausantis infraraudonosios spektrometrijos „šeimos“, spektrinės fotografijos grupės metodams. Hiperspektrinio skenavimo technologija grindžiama atspindėtos elektromagnetinės spinduliuotės srauto itin siauruose šviesos spektro ruožuose fiksavimu pasyvaus tipo (naudojant išorinius apšvietimo šaltinius (saulę) optiniais skenuojamojo ir momentinio fiksavimo jutikliais. Nuo kitų nedestruktyvių distancinių spektrometrinių metodų, šis skiriasi tuo, jog skenavimo ar momentinio fiksavimo metu sugeneruojamas trijų dimensijų duomenų masyvas (hiperspektrinis kubas), kuris iš esmės gali būti apibūdinamas kaip trijų dimensijų hiperjuostinis spektrinis vaizdas, turintis dešimtis ar šimtus spektrinių juostų, kur kiekviename pikselyje perteikiama atspindėta bei jutiklių fiksuojama elektromagnetinė spinduliuotė visuose sensoriaus veikimo spektrinėse juostose. Artima hiperspektrinei, tačiau paprastesnė, tuo pačiu ir primityvesnė, ne tokia informatyvi, technologija yra multispektrinė fotografija. Pastarojoje spektriniai vaizdai generuojami plačiuose (keliasdešimties nanometrų ir daugiau) – žemos spektrinės skiriamosios gebos kanaluose ir kontinualiai. Priešingai negu hiperspektriniai sensoriai nepadengia viso kameros veikimo spektrinio diapazono.



2.0 pav. Multispektrinės ir hiperspektrinės fotografijos palyginimas

Priklausomai nuo konstrukcijos ir techninių parametų, hiperspektriniai skeneriai/ jutikliai registruoja informaciją pradedant ultravioletine šviesos spektro dalimi (bangų ilgis

nuo 200 nm) ir baigiant ilgabange infraraudonąja šviesa (bangų ilgis iki 15 µm) (Juodkienė 2018¹⁸; Eismann 2012¹⁹).

Technologija dėl savo informatyvumo ir gaunamų rezultatų taikymo galimybių naudojama daugelyje skirtingų sričių: medicinoje, maisto pramonėje, medžiagų savybių tyrimuose, gamtinių išteklių žvalgyboje, žemės ūkyje ir kt. Tokias plačias taikymo galimybes suteikia pats metodo pobūdis, kuris trumpai gali būti apibūdinamas per fundamentalią elektromagnetinės spinduliuotės ir materijos (omenyje turint molekulinės struktūras) sąveiką, kas sudaro prielaidas hiperspektrinio tipo jutiklius ir hiperspektrinę skenavimą, tiriant spektrines objektų atspindėtos šviesos savybes taikyti medžiagų, molekulinį junginių identifikavimui, jų bendrųjų cheminių ir fizikinių savybių analizei.

Savo ruožtu projekto rėmuose minima technologija ir jos taikymo metodologija naudojama laukų dirvožemio savybių (organinės medžiagos humusingame dirvožemio horizonte nustatymui, dirvožemio drėgmės analizei, laukų akmenuotumo vertinimui), pasėliuose auginamų augalų bendrų fiziologinių charakteristikų ir patiriamo streso erdviniam nustatymui.

Šios metodikos dalies tikslas – suformuoti ir aprašyti mokslinius ir technologinius spektroskopinių dirvožemio bei augalų būklės tyrimų aspektus, ir atlikti ūkių dirvožemio bei augalijos savybių distancinius spektrometrinius tyrimus.

Užsibrėžto tikslo įgyvendinimui būtina įgyvendinti šiuos uždavinius:

- Aprašyti dirvožemio ir žemės ūkio kultūrų aerodistancinių spektrometrinių tyrimų atlikimo eigą;
- Atlikti pasėlių dirvožemio savybių vertinimą;
- Sudaryti tiriamų teritorijų dirvožemio savybių (humusingojo dirvožemio horizonto organinės anglies kiekio) žemėlapius;
- Sudaryti pasėlių augalų spektrinių rodiklių žemėlapius identifikuojant pasėlių pažeistus plotus;
- Atlikti tiriamų laukų dirvožemio ir augmenijos savybių analizę.

¹⁸ Juodkienė, V. 2018. Hiperspektrinio skenavimo galimybės medžių charakteristikoms įvertinti. Akademija: Aleksandro Stulginskio universitetas Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras/ Daktaro disertacija.

¹⁹ Eismann, M. 2012. Hyperspectral remote sensing, International Society for Optics and Photonics.

2.1. Techniniai sistemos komponentai

Sistemos techninę dalį sudaro trys pagrindiniai įrangos blokai, kurie tarpusavyje derinami bei kalibruojami hiperspektrinio skenavimo procedūros atlikimo metu:

1. Bepilotis orlaivis;
2. Hiperspektrinės skenuojamojo tipo kameros;
3. Spektoradiometras.

Dėl techninių ypatumų (hiperspektrinių kamerų, borto kompiuterių, energijos šaltinio ir stabilizacinės sistemos svorio) sistemos funkcionalumo užtikrinimui privalu naudoti aukštos keliamosios galios bepiločio tipo orlaivį, kurio keliamoji galia būtų > 3 kg. Tuo pačiu prietaisas turi išlaikyti griežtai specifikuojamus skrydžio parametrus (skrydžio aukštis, greitis), turėti patikimus telemetrijos duomenų perdavimo mazgus, patikimą geografinio pozicionavimo sistemą, pakankamą skrydžio ore laiką.

Įvardintas sąlygas atitinka multirotorinio tipo *DJI Matrice 600 Pro* bepilotis orlaivis, kurio techninės charakteristikos leidžia atlikti iki 28 min. trukmės skrydį (vienu baterijų komplektu) su komplektuojamais hiperspektriniais sensoriais ir nuskenuoti iki 2 ha. lauko plotą (prie reikalingų hiperspektriniam skenavimui skrydžio sąlygų).

DJI Matrice 600 Pro orlaivio techninės charakteristikos pateikiamos žemiau:

- Atstumas tarp priešingų rotorių: 1133 mm;
- Dydis: 1668 mm × 1518 mm × 727 mm;
- Svoris (su baterijomis): 10 kg;
- Maksimalus krovinio svoris: 5.5 kg;
- Maksimalus leistinas vėjo greitis: 8 m/s;
- Maksimalus aukštis: 2500-4500 m (priklauso nuo naudojamų propelerių);
- Maksimalus greitis: 65 km/h;
- Skrydžio laikas be krovinio: 38 min;

- Skrydžio laikas su 5.5 kg kroviniu: 18 min;
- Skrydžio kontrolės sistema: A3 Pro;
- Varikliai: DJI 6010;
- Propeleriai: DJI 2170R;
- Veikimo temperatūra: -10° C to 40° C;
- Valdymo įrangos dažnis: 5.725-5.825 GHz; 2.400-2.483 GHz;
- Maksimalus valdymo signalo atstumas Europos Sąjungos šalyse: 3.5 km;
- Baterijos: 4500 mAh. 22.2 V. LiPo 6S, 99.9 Wh.



2.1.1 pav. DJI Matrice 600 Pro bepilotis orlaivis naudotas tyrimų metu

Dalis projekte vykdytų mokslinių veiklų susijusios su dirvožemio ir augalų savybių distanciniais tyrimais. Šiuos tyrimus, pagal jų pobūdį ir jiems įgyvendinti reikalingą techninę įrangą galima išskirti į du blokus:

1. Augalų bendrų fiziologinių charakteristikų bei patiriamo streso erdvinė analizė ir vertinimas;
2. Dirvožemio savybių (organinės medžiagos humusingame dirvožemio horizonte, dirvožemio drėgmės, laukų akmenuotumo) erdvinė analizė ir vertinimas.

Augalijos fiziologinių charakteristikų vertinimas taikant spektrometrinius tyrimų metodus daugiausiai orientuotas į jų spektrinių savybių kaitą matomajame ir NIR (artimojo infraraudonojo elektromagnetinės spinduliuotės spektro) diapazonuose, todėl dažniausiai tokio pobūdžio uždavinių sprendimui naudojami hiperspektriniai jutikliai, apimantys 400 – 1000 nm. bangų diapazoną. Projekte vegetacinės dangos streso bei fiziologinių savybių analizei naudota kamera apimanti 400 – 960 nm. Diapazoną (dėl žinomų augmenijos spektrinių savybių šiame diapazone, kurio atskiruose ruožuose stebima stipri koreliacija su chlorofilo koncentracija, pigmentais ir pan.), spektrinė skiriamoji geba – 3 nm, kameros greitaveika – 50 kadrų (skenavimo juostų) per sekundę.

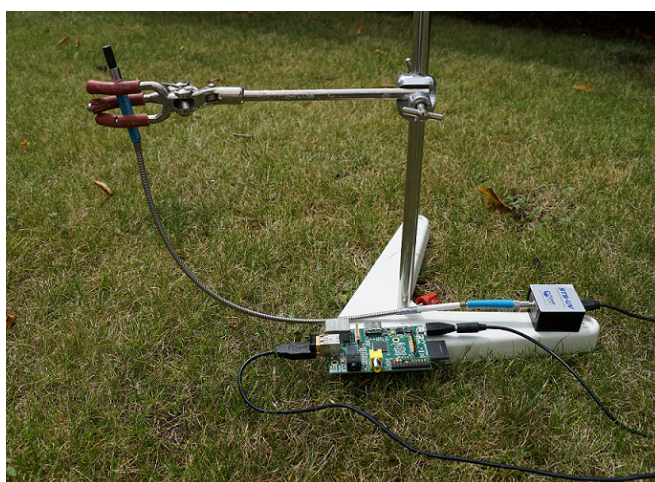


2.1.2 pav. Hiperspektrinės skenuojamojo tipo kameros ir jų komponentai

Dirvožemio viršutinės dalies humusingumo bei drėgmės (tiek augaluose, tiek dirvos paviršiuje) kiekio vertinimui naudojamas SWIR (trumpabangės infraraudonosios spinduliuotės diapazonas ir atskiri jo ruožai koreliuoja su vandens molekulių spektrinėmis savybėmis, objektų chemine sandara molekulių lygmenyje tiriant neorganines molekules) diapazonas. Būtent jame operuojančios kameros ir sensoriai naudoti šio projekto metu. Naudojamos kameros diapazonas 1000-1800 nm, spektrinės skiriamoji geba – 20 nm. Kameros greitaveika – 50 kadrų (skenavimo juostų) per sekundę.

Svarbu paminėti, jog hiperspektrinių kamerų ir hiperspektrinio skenavimo metodo taikymas yra sąlygotas tam tikrų specifinių apribojimų, kurie daugiausiai reiškiasi per išorinių sąlygų kaitos įtaką hiperspektrinių vaizdų kokybei bei reikšmėms registruojamoms jų pikseliuose. Viena pagrindinių problemų – elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo

kaita dėl atmosferinių sąlygų (debesuotumo, atmosferos skaidrumo, paros laiko ir kt.) variacijų hiperspektrinio skenavimo metu. Siekiant išvengti registruojamų duomenų iškraipymų ir spektrinės informacijos deformacijų (paklaidų, triukšmų ir pan.) būtina taikyti radiometrines duomenų korekcijos procedūras. Šiam uždaviniui realizuoti, naudojami papildomi spektrinės apšvietos duomenys ir/arba kamerų kalibravimo metodikos. Aprašomoje metodikoje spektrinės apšvietos duomenų surinkimui naudojamas spektroradiometras, fiksuojantis elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumą itin siauruose spektriniuose ruožuose.



2.1.3 pav. Spektroradiometras elektromagnetinės spinduliuotės spektrinės apšvietos matavimams atlikti

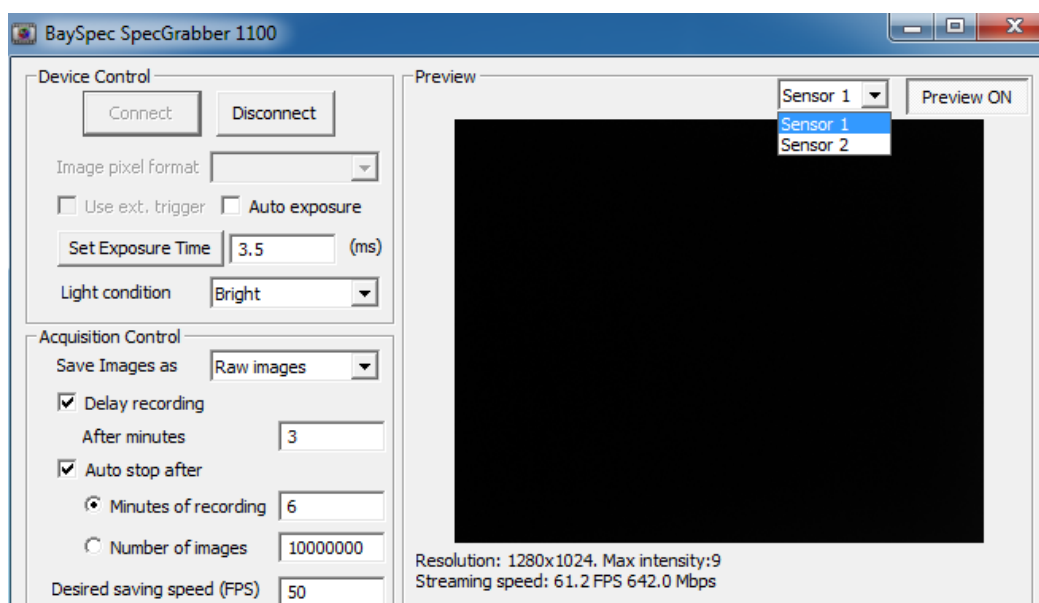
Šis prietaisas hiperspektrinio skenavimo metu sinchronizuojamas kartu su hiperspektrinėmis kameromis, o gauti duomenis programinių įrankių pagalba vėliau taikomi kiekvienai hiperspektrinių duomenų juostai (prieš formuojant spektrinį duomenų kubą).

2.2. Įrangos kalibravimas ir paruošimas duomenų registravimui

Įrangos kalibravimas apima programinės įrangos ir skrydžiams reikalingų įrenginių (hiperspektrinių sensorių) parametrų nustatymą. Kalibravimo procedūra identiška abiem tyrimams naudojamoms kameroms. Kamrų kalibravimui bei reikiamų parametrų identifikavimui ir valdymui naudojama SpecGrabber 1100 programinė įranga. Programa valdo kameros darbą bei skenavimo procesą.

Norint gauti patikimus ir kokybiškus rezultatus programos, valdančios kameros darbą, lange būtina įvesti konkrečius, atitinkamus nustatymus, kurie priklauso nuo momentinių tyrimų vykdymo sąlygų.

Pirmas žingsnis – programos ir kameros susiejimas, kuris vykdomas prijungiant kamerą prie jai skirto kompiuterio. Turimose kameros yra integruota dviejų sensorių sistema: „Sensorius 1“ – hiperspektrinio vaizdo fiksavimo sensoriaus sistema, „sensorius 2“ – matomojo spektro sensorius, reikalingas didžiąja dalimi kameros kalibravimo realizavimui – matyti vaizdą, kalibruoti kameros parametrus, rezoliuciją ir pan.



2.2.1 pav. SpecGrabber 1100 programos hiperspektrinio skenavimo aplinkos nustatymų langas

Ekspozicijos laikas, išlaikymas („Exposure time“). Programos lange išlaikymo parametrai išreiškiami milisekundėmis (sekundės tūkstantosiomis dalimis). Pasirinkus bei

pažymėjus „Auto exposure“ opciją, sistema automatiškai parenka optimalius nustatymus. Priklausomai nuo esamų aplinkos sąlygų (apšvietos), optimalu išlaikyti sensoriaus 90 proc. prisotinimo šviesa (saturacijos) intensyvumą, kuris 8 bitų (Mono8) vaizdo formato faile bus išreikštas apytiksliai 230 maksimalia pikselio ryškio reikšme (angl. *Digital number*) (reikšmė šviesiausiems paviršiams, juos vaizduojantiems pikseliams). Svarbu atliekant kalibravimo procedūrą išlaikyti ir neviršyti šių rodiklių, kitu atveju kyla grėsmė duomenų persotinimui. Išlaikymo rodiklis taip pat neturėtų viršyti 5 ms, kitu atveju drastiškai mažėja kameros skenavimo greičio, greಿತaveikos galimybės.

Toliau apšvietumo/ šviesos sąlygos. Komandiniame laukelyje parenkama lauko sąlygas atitinkanti eilutės reikšmė. „Mode selection“ funkcijos, pagalba parenkamas skenavimo režimas. SpecGrabber programa ir kameros galimybės leidžia pasirinkti tris bazinius kameros veikimo režimus:

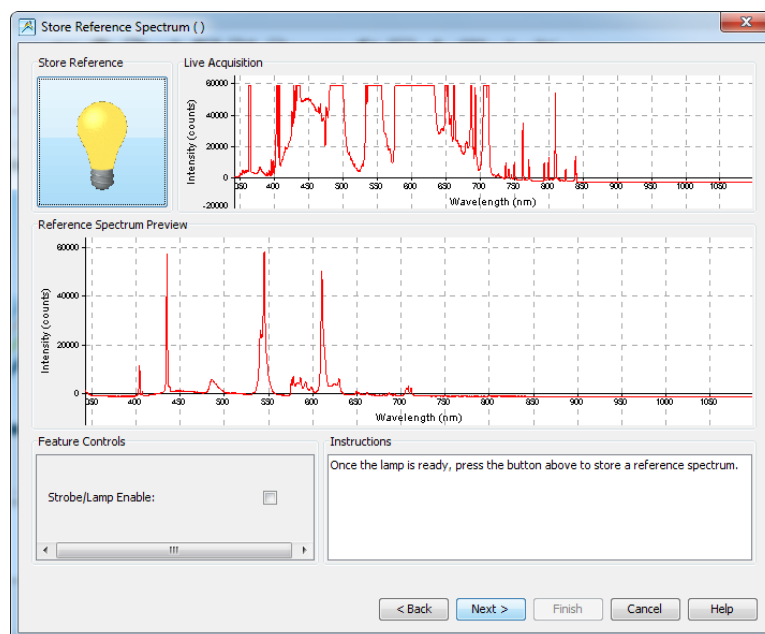
1. UAV;
2. Benchtop;
3. Scanner.

Remiantis gamintojų rekomendacijomis, darbui su nedideliu kiekiu duomenų, dirbant vidaus ar lauko sąlygomis – geriausiai tinkamas yra „benchtop“ režimas (stalinis režimas), savo ruožtu, bepiločių orlaivių skrydžiams atlikti rekomenduojama pasirinkti UAV režimą. Desired saving speed (FPS) parametras, leidžia pasirinkti sensoriaus skenavimo greಿತaveiką. Programoje nustatytas 50 kadrų skaičius, leidžia optimizuoti bei maksimaliai padidinti bepiločio orlaivio skridimo greitį.

Prieš pardedant skenavimo procesą, būtina atlikti juodo fono (black background) ir baltos spalvos etalono (white reference) duomenų registravimą ir skenavimą. Šie duomenys yra tarsi ribiniai spektrinių vaizdų atskaitos taškai ir reikalingi tolimesnei visų vaizdų kalibracijai, hiperspektrinio kubo generavimui ir atspindžio reikšmių identifikavimui pikseliuose. Baltos spalvos etalono fiksavimas vykdomas nustačius lange „save images as“ „white reference “ pasirinkties variantą. Pasirinkus variantą, nuimamas kameros objektyvo dangtelis, paruošiamas baltas pagrindas (specialios dangos kalibracinė plokštė), kuri nuskenuojama. Nustačius programos lange „sensor – 2“ parinktį, kalibracinė plokštėlė matoma programiniame lange. Baltos spalvos etalonas turi apimti visą ekraną, kameros

erdvinio padengimo plotą. Fotografavimo parametruose (acquisition control) „number of images“ langelyje įvedamas balto etalono vaizdų kiekį (galimas kiekis – 10-50 vaizdų). Nustačius parametrus atliekamas kalibracinio paviršiaus skenavimas. Juodo fono parametrų nustatymas vykdomas panašiai kaip atveju su baltos spalvos etalonu, skirtumas tas, kad įjungus kamerą, apsaugos dangtelis nuo lešio nenuimama (ir per „sensorių 1“ ir „sensorių 2“ matomas toks pat vaizdas – juodas fonas). Nustačius aukščiau aprašytus identiškus parametrus (10-50 kadrų), pasirenkama „Black background“ opcija, vykdomas duomenų registravimas. Atlikus aukščiau įvardintus įrangos kalibravimo darbus, toliau vykdomas pats skenavimo procesas. Jis realizuojamas „Raw Images“ režime.

Atliekant hiperspektrinę paviršiaus skenavimą būtina paraleliai atlikti ir spektrinės apšvietos duomenų registravimą (techniniai įrangos komponentai aprašyti aukščiau). Jų surinkimui naudojamas spektradiometras ir „Ocean View“ programinė įranga bei jos plėtiniai.



2.2.2 pav. Ocean View programos spektrinės apšvietos matavimų nustatymų kalibravimo langas

Pati prietaiso kalibracija aprašoma gamintojo (Ocean optics) pateikiamose įrenginio naudojimo instrukcijose, todėl čia nedetalizuojama.

2.3. Skrydžių planavimas ir realizavimas

Bepiločių orlaivių rinkoje egzistuoja nemažai skrydžių planavimo ir maršrutų sudarymo programinės įrangos paketų, kurie pagal žinomus kamerų ir jutiklių techninius parametrus ir numatytas skrydžių sąlygas (aukštis, plotas, koordinatės, skrydžio greitis), sudaro skrydžio planus, numato skridimo trajektorijas, realiu laiku seka bei perduoda telemetrinius duomenis, leidžia stebėti vykdomą skrydį. Tarp plačiausiai naudojamų programinės įrangos paketų paminėtinos: Mission Planner, UgCS, DH ir kt. Savo ruožtu projekto rėmuose naudota sistema atliekanti hiperspektrinę pasėlių ir dirvos skenavimą operuoja su UgCS programine įranga.



2.3.1 pav. UgCS programinės skrydžių planavimo ir realizavimo įrangos darbinės aplinkos langas

Projekto metu tyrimai atlikti prie maksimaliai teisės aktuose leidžiamo (pagal Civilinės aviacijos administracijos patvirtintas „Bepiločių orlaivių naudojimo taisyklės“) aukščio – 120 m. Skrydžio greitis parinktas pagal kameroms reikalingus ekspozicijos laiko (išlaikymo) parametrus, reikalingus vienai juostai nuskenuoti. Pastarieji priklauso nuo išorinių sąlygų ir apskaičiuojami pagal kalibravimo metu nustatytus rodiklius. Išlaikytas 70 proc. priekinio ir šoninio persidengimo laipsnis.

2.4. Hiperspektrinių duomenų apdorojimas ir paruošimas analizei

Pirminių hiperspektrinių vaizdų apdorojimas ir paruošimas analizei apima keletą pagrindinių etapų:

- 1) Pirminių (*Raw*) duomenų paruošimą apdorojimui;
- 2) Duomenų apdorojimą ir atskirų hiperspektrinių duomenų masyvų (kubų) sukūrimą *CubeCreator 2100* programinėje aplinkoje;
- 3) Atskirų hiperspektrinių duomenų masyvų (kubų) sujungimą į vieną *CubeStitcher 1010* programinėje aplinkoje.

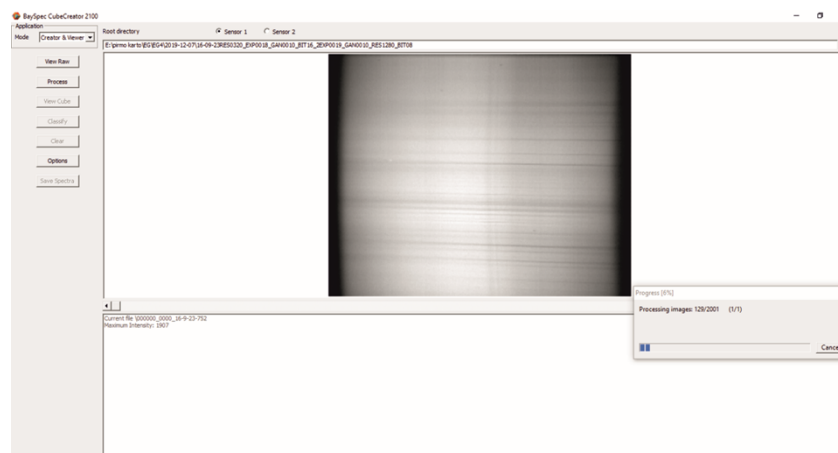
2.4.1. Duomenų paruošimas apdorojimui

Po skrydžio gautą iš kameros perkeltą duomenų rinkinį turi sudaryti 5 aplankai:

1. _BIT08-White su 1 kameros sensoriaus įrašytais balto etaloninio pagrindo vaizdais;
2. _BIT08-White_FS2 su 2 kameros sensoriaus įrašytais balto etaloninio pagrindo vaizdais;
3. _BIT08-Dark su 1 kameros sensoriaus įrašytais tamsaus etaloninio paviršiaus vaizdais;
4. _BIT08-Dark_FS2 su 2 kameros sensoriaus rašytais tamsaus etaloninio paviršiaus vaizdais;
5. _BIT08 – pagrindinis duomenų aplankas su suvidurkintais 1 ir 2 kameros sensorių baltu bei tamsiu etaloniniais paviršiais (Dark, Dark_FS2, White, White_FS2), 1 ir 2 kameros sensorių pirminiais vaizdais (RawImages, RawImages_FS2), skrydžio geografiniais duomenimis (UAV) ir kalibraciniu failu (OCI-F-V1730117.xml).

Hiperspektrinės kameros surinktas duomenų rinkinys papildomas fotografavimo metu spektrometro įrašytais apšvietos duomenimis, talpinamais tekstiniuose failuose. Po eksperimentų gautas aplankas su spektrometro įrašytais tekstiniais failais pervadinamas į *WhiteRefCor* ir patalpinamas tame pačiame kataloge kaip ir likę 5 aplankai. Prieš duomenų

apdorojimą, atidaromas kalibracijos failas *OCI-F-V1730117.xml* ir eilutėje reikšmė pakoreguojama iš 8 į 6.

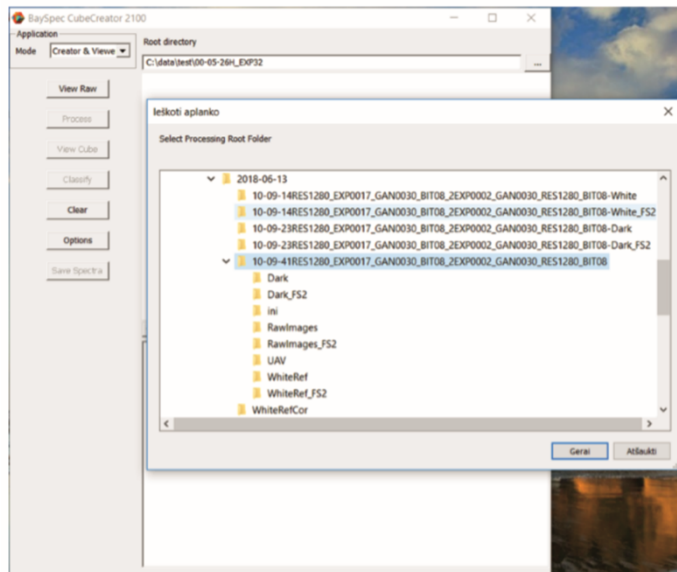


2.4.1 pav. Neapdorotas hiperspektrinis vaizdas

2.4.2. Vaizdų apdorojimas ir atskirų hiperspektrinių duomenų kubų sukūrimas *CubeCreator 2100* programinėje aplinkoje

Hiperspektrinių duomenų rinkinys įkeliamas į *CubeCreator* programinę aplinką. Įkeliant duomenis pasirenkamas pagrindinis duomenų aplankas *_BIT08*. Patikrinama duomenų kokybė. Įjungus „1 sensoriaus“ vaizdų peržiūrą paspaudus dešinį pelės klavišą galimi pasirinkimai: *View Raw*, *View WhiteRef*, *View Dark*. Pasirenkama *WhiteRef* ir patikrinama, ar baltas etaloninis paviršius nėra persotintas. Prie jo nurodyta didžiausio intensyvumo (*Maximum Intensity*) reikšmė turėtų būti mažesnė negu 255. Grįžtama į *View Raw* ir patikrinama, ar neapdorotų hiperspektrinių vaizdų didžiausio intensyvumo reikšmės yra mažesnės negu 255. Parenkami optimalūs nustatymai hiperspektrinių vaizdų apdorojimui. Gretimų spektrinių ruožų apkirpimas (*Band binning*): parenkamas nustatymas nekarpyti (*No binning*) ir paliekami visi spektriniai ruožai – taip išsaugoma maksimali spektrinė rezoliucija. Triukšmo pašalinimas (*Denoise band images*): kameros gamintojai rekomenduoja OCI-F triukšmo pašalinimo algoritmo netaikyti.

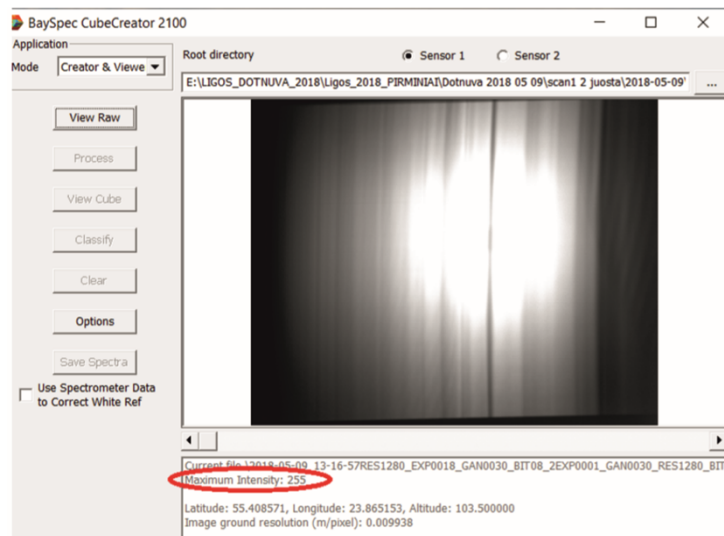
Triukšmų korekcijoms vėlesniuose duomenų apdorojimo etapuose taikomi specialiai sukurti ir išbandyti spektrų glodinimo algoritmai.



2.4.2 pav. Pirminių duomenų rinkinio įkėlimas į *Cube Creator* programinę aplinką



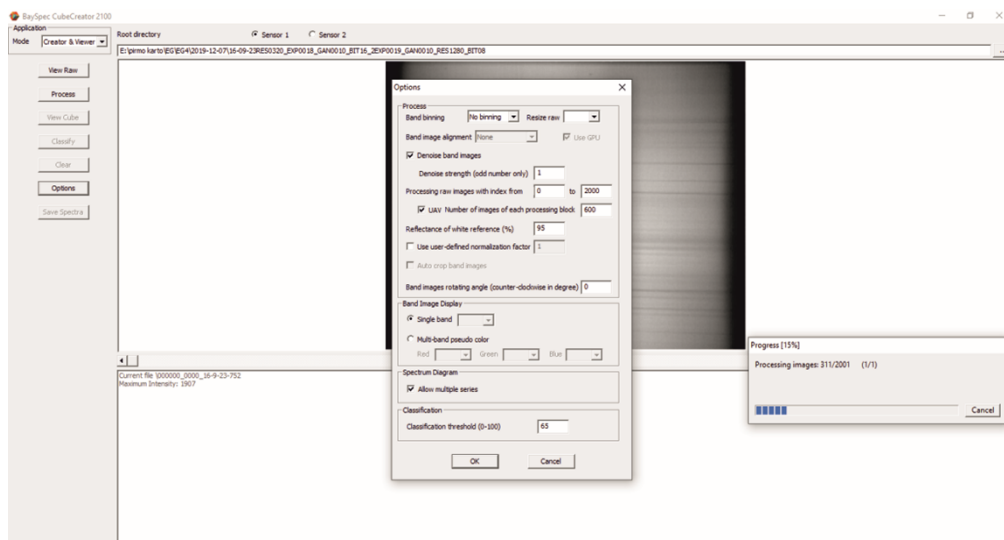
2.4.3 pav. Gerai užregistruotos/ nuskenuotos kalibracinės plokštės (*White reference*) pavyzdys (maksimalus pikselių intensyvumas nesiekia 255) kuomet kalibraciniai parametrai parinkti korektiškai



2.4.4 pav. Persotintas nuskenuotos kalibracinės plokštės (*White reference*) pavyzdys (maksimalus pikselių intensyvumas 255) kuomet kalibraciniai parametrai parinkti klaidingai

Toliau apdorojimui reikalingų vaizdų iš hiperspektrinių duomenų rinkinio parinkimas – peržiūrėjus regimojo spektro sensoriaus vaizdus (2 sensorius), atrenkamas ir nurodomas apdorojimui reikalingų vaizdų intervalas (*Processing raw images with index from x to y*). Pirminių (*raw*) vaizdų pavadinimo pirmi skaitmenys nurodo jų indeksą (eilės numerį). Šis numeris nurodomas išskiriant apdorojimui reikalingų vaizdų intervalą. Paprastai intervalo pradžiai parenkamas vaizdas užfiksuotas dronui pakilus ir užėmus stabilų padėtį, o intervalo pabaigai – paskutinis vaizdas prieš dronui grįžtant į misijos pradžios tašką ir leidžiantis.

Duomenų apdorojimui nustatomas UAV režimas (pažymima varnelė), visus apdoroti nurodytus vaizdus suskaidantis į atskirus hiperspektrinių duomenų kubus, kuriuos sudarančių vaizdų skaičius taip pat parenkamas (*Number of images for each processing block*). Paprastai optimalus vieno kubo dydis siekia 1000–2000 vaizdų. Siekiant hiperspektrinių duomenų kubus sujungti į vieną galutinį masyvą, nustatomas hiperspektrinių duomenų kubus sudarančių vaizdų persidengimas (*Size of processing step*). Paprastai parenkama automatinė reikšmė (0), kurią nustačius atskiri kubai perdengiami > 50 proc.. Jeigu vėliau mažesnių kubų sujungti į vieną neplanuojama, UAV režimo galima nenaudoti.



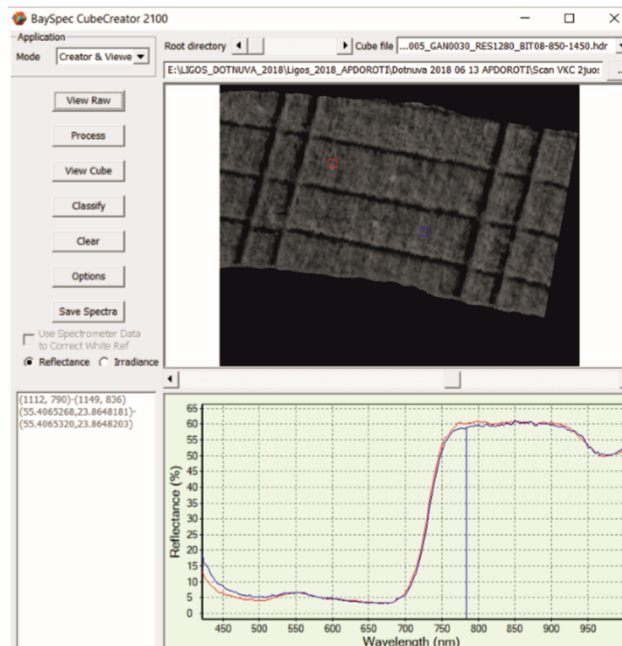
2.4.5 pav. Hiperspektrinių vaizdų apdorojimo *Cube Creator* nustatymų komandinis langas

Prieš pradėdant hiperspektrinių vaizdų apdorojimą pažymima, jog skenavimo proceso metu įrašyti spektrometro apšvietos duomenys būtų naudojami etaloninio balto paviršiaus (*White reference*) apšvietos korekcijoms (*Use Spectrometer Data to Correct White Ref*).

Programoje *CubeCreator* hiperspektrinių vaizdų apdorojimas ir duomenų kubų sukūrimas vykdomas 5 etapais:

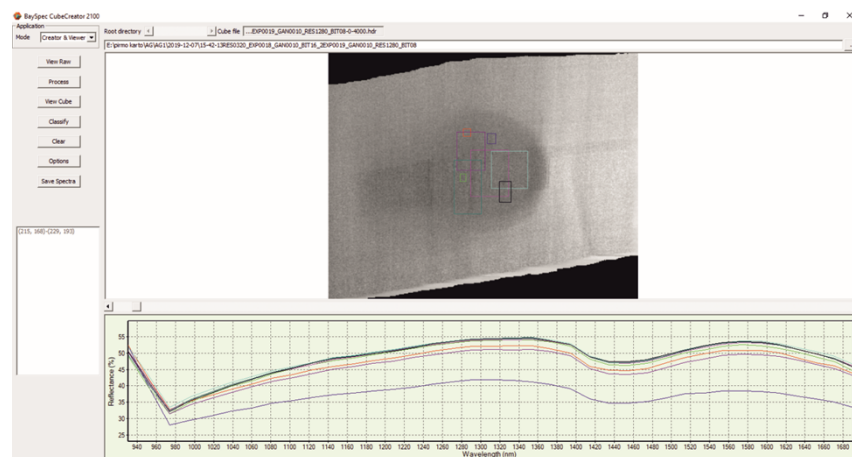
- Apdorojami hiperspektriniai vaizdai (*Processing images*);
- Atskiri tą patį spektrinį ruožą sudarantys vaizdai sujungiami į vieną (*Stitching mage*);
- Paskaičiuojamas santykinis atspindys kiekvienam vaizdą sudarančiam pikseliui visuose spektriniuose ruožuose (*Calculating reflectance*);
- Generuojamo duomenų kubo atskirų spektrinių ruožų vaizdai sujungiami į vieną masyvą (*Stitching images*);
- Apdoroti vaizdai išsaugojami (*Saving images*).

Pabaigus pirminių duomenų apdorojimą, *CubeCreator* hiperspektrinių kubų peržiūros (*View Cube*) aplinkoje patikrinama vizualinė sugeneruotų kubų kokybė, peržiūros kubams būdingos spektrinės kreivės. Patikrinama, ar spektrinėje kreivėje/ žymenyje atspindžio reikšmės neviršija 100 proc. – nėra persotinimo požymių.



2.4.6 pav. Apdoroto hiperspektrinio vaizdo pavyzdys, kuriame atspindėtos NIR spinduliūtės kiekis neviršija arba yra artimas 60 proc.

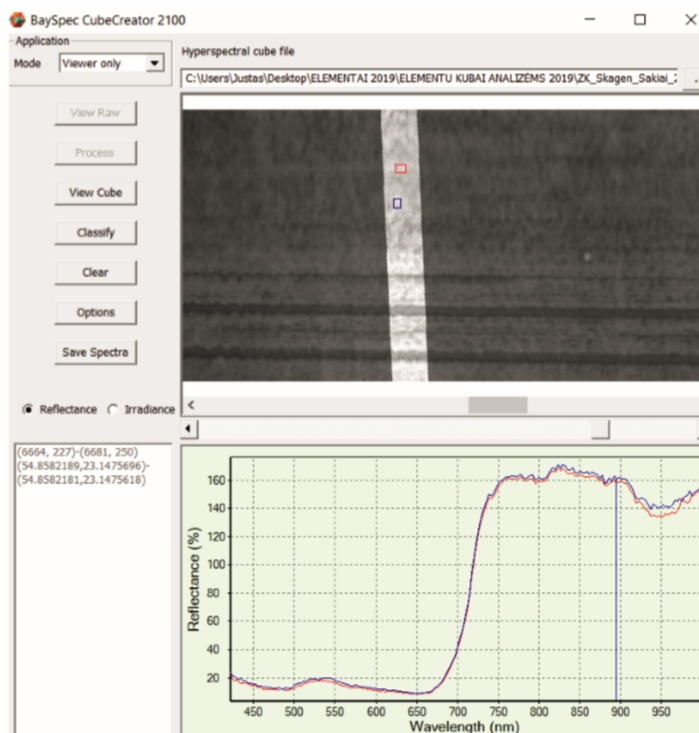
Diagramoje pateikiama atspindėta pažymėtuose vaizdo pikseliuose šviesa visame kameros veikimo diapazone. Vaizde pateikiamas augalinės dangos spektras.



2.4.7 pav. Apdoroto hiperspektrinio vaizdo pavyzdys, kuriame atspindėtos SWIR spinduliūtės kiekis neviršija arba yra artimas 55 proc.

Diagramoje pateikiama atspindėta pažymėtuose vaizdo pikseliuose šviesa visame kameros veikimo diapazone. Vaizde pateikiamas dirvožemio humusingojo horizonto spektras, registruotas laboratorinių tyrimų metu vykdant projekte numatytas užduotis ir kuriant

spektrinių dirvožemio savybių duomenų bibliotekas toliau naudotas matematinei statistinei analizei.



2.4.8 pav. Apdoroto hiperspektrinio vaizdo pavyzdys, kuriame atspindėtos NIR spinduliuotės kiekis viršija arba yra artimas 100 proc.

Diagramoje pateikiama atspindėta pažymėtuose vaizdo pikseliuose šviesa visame kameros veikimo diapazone. Vaizde pateikiamas augalinės dangos spektras su persotinimo (netinkamai atlikus jutiklių kalibravimo procedūrą) požymiais.

Galutinis šio hiperspektrinio duomenų apdorojimo etapo rezultatas – erdvėje persidengiantys hiperspektrinių duomenų kubai. Kiekvieną sugeneruotą kubą turi sudaryti 3 failai (.hdr, .bsq ir .points), patalpinti kataloge \<...>_BIT08\Cube.

2.4.3. Atskirų hiperspektrinių duomenų kubų sujungimas į vieną *CubeStitcher 1010* programinėje aplinkoje

Paleidžiama *CubeStitcher* programa ir *CubeCreator* programinėje aplinkoje sugeneruoti hiperspektrinių duomenų kubai (.hdr failai) įkeliami į *CubeStitcher* programinę aplinką (*Load*

Cube Files). Visiems hiperspektrinių duomenų kubams sukuriama spektrinių ruožų atvaizdai .png arba .tiff formatu (*Generate Band Files*). Sugeneruoti vaizdai automatiškai patalpinami aplanke \Bands. Visų kubų to paties spektrinio ruožo atvaizdai patalpinami tame pačiame poaplangyje \band000, \band001, <...>, \band194. Viso sugeneruojami 195 poaplangiai 192 spektriniams ruožams, 2 platumos bei ilgumos koordinatų failams, 1 regimojo spektro atvaizdams. Sugeneravus spektrinių ruožų vaizdus, CubeStitcher langas paliekamas atidarytas. Ta pati operacija kartojama ir SWIR kameros vaizdams (tuo atveju kai naudojama kamera), tačiau dėl spektrinės rezoliucijos ir kameros diapazono generuojami 40 poaplangių. Toliau paleidžiama *Image Composite Editor* (ICE) programa ir sukuriamas hiperspektrinių duomenų kubų atvaizdų sujungimo šablonas vieno pasirinkto spektrinio ruožo pavyzdžiu (.spj failas):

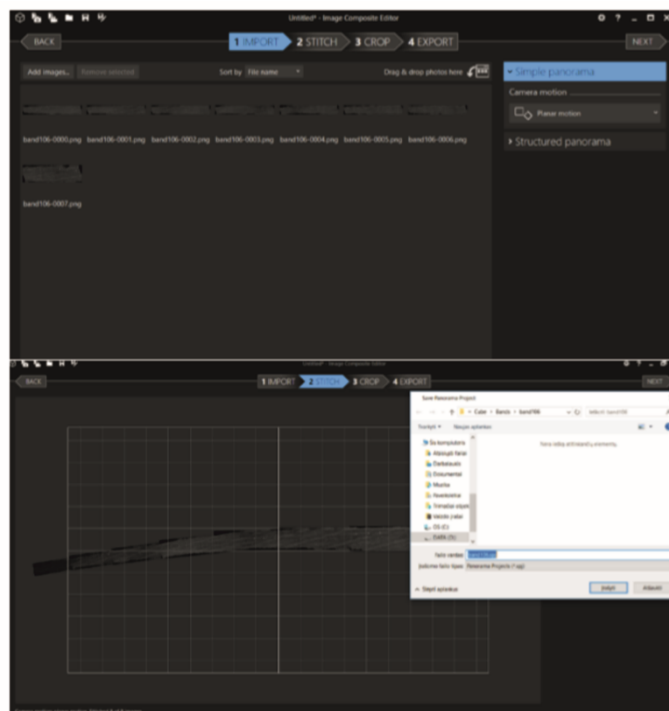
Pasirenkamas vienas spektrinis ruožas ir šio ruožo atvaizdai iš visų jungiamų duomenų kubų įkeliami į *Image Composite Editor* programinę aplinką (visi esantys poaplangyje \bandXXX). Paprastai pasirenkamas kuris nors ruožas iš kameros spektrinio diapazono vidurio (tarp 90 ir 110 spektrinių ruožų).

- Įkėlus pasirinkto spektrinio ruožo vaizdus, pasirenkami sujungimo nustatymai: *Simple Panorama, Cameramotion -> Planarmotion*, vaizdai sujungiami į panoraminį vaizdą (*Stitch*). Jeigu vaizdų sujungimas tenkina vartotoją, gautas vaizdas išsaugomas (*Export*) .tiff arba .png formatu kataloge \BandsStitched.

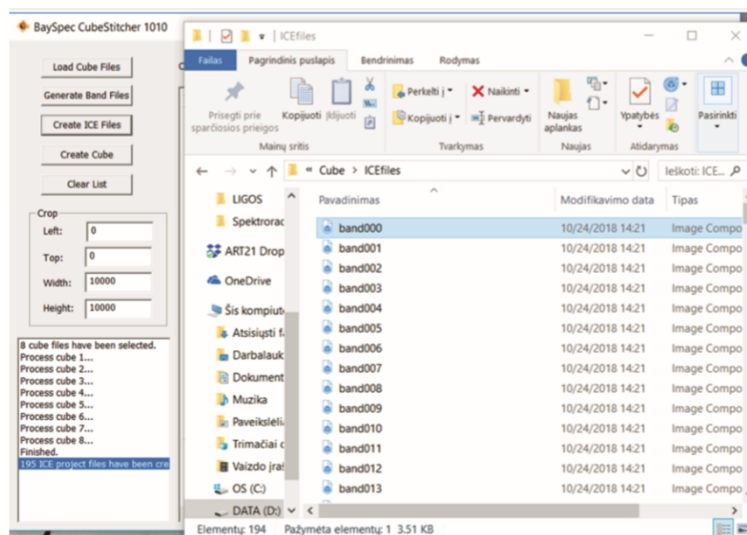
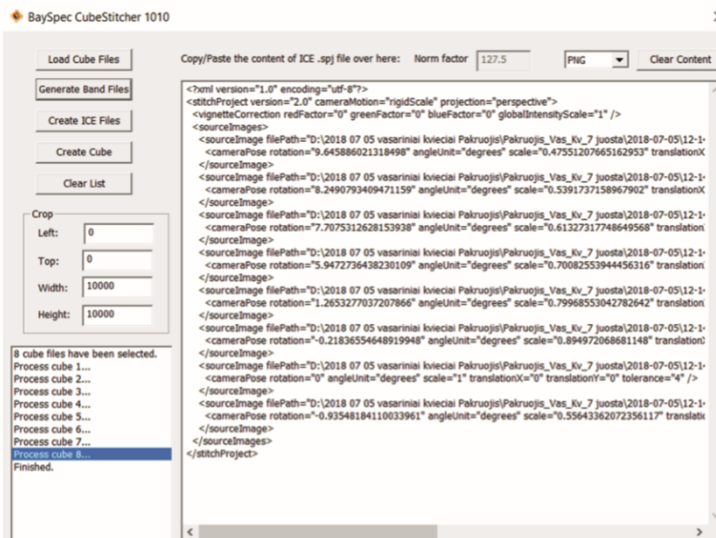
- Sukurto projekto failas išsaugomas (*Save panorama as*) .spj formatu kaip šablonas.
- Sukurto šablono pagrindu sugeneruojami ICE failai (.spj) likusiems spektriniams ruožams.
- Ankstesniame žingsnyje sukurtas .spj failas atidaromas Užrašinėje ar kitoje teksto redagavimo programoje ir jame esanti informacija nukopijuojama.
- Nukopijuota informacija įklijuojama *CubeStitcher* programinėje aplinkoje tam skirtoje vietoje.
- Sugeneruojami ICE failai (.spj) visiems spektriniams ruožams (*Create Ice Files*). Sukurti failai automatiškai patalpinami kataloge \ICE files.

Išsaugomi sujungti visų spektrinių ruožų atvaizdai: paeiliui atidaromi visi ICE failai ir sujungti atvaizdai išsaugomi .png arba .tiff formatu kataloge \BandsStitched. Pirminis failų

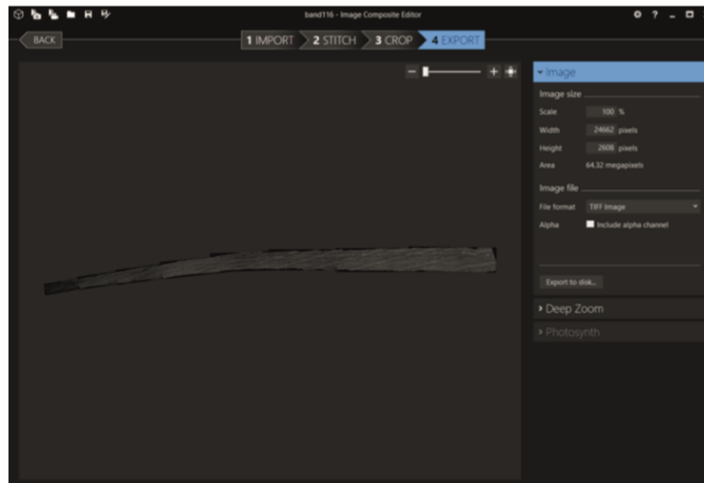
pavadinimas nekeičiamas. Pakartojus procesą su visų spektrinių ruožų .spj failais, patikrinama, ar kataloge \BandsStitched yra visi atvaizdai. Grįžtama į *CubeStitcher* programinę aplinką ir parenkami galutinio hiperspektrinių duomenų kubo dydžio parametrai (aukštis, plotis, apkirpimo nustatymai). Juos galima parinkti atsidarius vieno iš spektrinių ruožų ICE failą ir pasirinkus funkciją apkirpti (*Crop*). Paprastai *CubeStitcher* lange perrašomi aukščio (*Height*) ir pločio (*Width*) rodikliai, nurodyti ICE faile, o kiti apkirpimo parametrai (*Top*, *Left*) nekeičiami. Atlikus visus aukščiau aprašytus žingsnius, *CubeStitcher* aplinkoje sugeneruojamas visus spektrinius ruožus jungiantis hiperspektrinių duomenų kubas (*Create Cube*). Sukurtas kubas patalpinamas kataloge \CubeStitched. Prieš tolesnį darbą gautas kubas atidaromas CubeCreator programinėje aplinkoje peržiūros režime (*Viewer mode*). Atsidarius kubą, režimas perjungiamas į redagavimo bei peržiūros (*Creator & Viewer mode*) ir apkarpomi kubo pakraščiai: nubrėžiamas stačiakampis, ribojantis maksimalų kubo plotą, nepaliekant juodų pakraščių bei triukšmingų juostų vaizdo viršuje ir apačioje; paspaudžiamas dešinys pelės klavišas ir pasirenkama komanda apkirpti kubą (*Crop cube*). Apkirptas kubas išsaugomas vartotojo pageidaujame kataloge norimu pavadinimu.



2.4.9 pav. Spektrinių ruožų atvaizdų sujungimo šablono kūrimas *Image Composite Editor* programa



2.4.10 pav. ICE (.spj) failų visiems spektriniams ruožams sukūrimas: .spj failų sukūrimo komanda (viršuje) ir sugeneruoti ICE failai (apačioje)



2.4.11 pav. Spektrinių ruožų panoraminių vaizdų sukūrimas: sujungtų vaizdų išsaugojimas (viršuje) ir gauti panoraminiai spektrinių ruožų vaizdai (apačioje)

2.5. Hiperspektrinių duomenų analizė ir atvaizdavimas

Projekto metu numatyta iš apdorotų hiperspektrinių vaizdų įvertinti laukų akmenuotumą, pritaikius spektrinius rodiklius – dirvožemio dangos drėgnumą, nustatyti dirvožemio humusingumo rodiklius (organinės anglies kiekį viršutiniame dirvožemio horizonte). Distanciniai tyrimų metodai taip pat naudoti erdviniam tirtų ūkių laukų paviršiaus reljefo modelių sukūrimui ir jų atvaizdavimui. Kartu įgyvendinant projektą atliktas bendrų augalų fiziologinių charakteristikų ir streso vertinimas. Šiam uždaviniui realizuoti taikyti įvairių spektrinių rodiklių skaičiavimo pasėliuose metodai. Spektrinių vaizdų pagalba paskaičiuoti chlorofilo koncentracijos augaluose, augalų lapų ploto/ žaliosios masės, vandens kiekio ir deficito augaluose, spektriniai rodikliai. Bendrai tirtuose ūkių bandomuosiuose laukuose identifikuoti šie spektriniai rodikliai:

- GNDVI (Green normalized difference vegetation index) – augalijos žalumos norminto skirtumo rodiklis;
- MCARI (Modified chlorofil absorption ratio index) – modifikuotas chlorofilo absorbcijos (optinio sugėrimo) santykinis rodiklis;
- RVI (Ratio based vegetation index) – dar vienas chlorofilo koncentracijos augaluose rodiklis;
- LAI (Leaf area index) – augalų lapų ploto rodiklis (dažniausiai taikomas pasėlių augimo prognozėms);
- MSI (moisture stress index) – drėgmės streso (trūkumo) rodiklis;
- NDWI (Normalized difference water index) – norminto skirtumo vandens kiekio ir deficito augaluose bei dirvoje spektrinis rodiklis (rodiklis sėkmingai pritaikomas tiek augalinei, tiek dirvožemio dangai analizuoti);
- RE-CI (Red edge carbon index) – raudonojo poslinkio kampo anglies indeksas taikant matematinius metodus susiejamas su organinės anglies kiekiu dirvoje – humusingumo, derlingumo rodiklis.

Šių rodiklių skaičiavimo procedūra iš esmės gali būti realizuojama naudojant įvairius komercinius ir atviros prieigos programinius paketus (ENVI, QGIS, ArcGIS ir kt.), tačiau jų naudojimas reikalauja rankinio darbo ir patirties bei darbo su minėtais įrankiais patirties, kompetencijų. Projekto metu pagal numatytus mokslinius tyrimus ir veiklas turėjo būti sukurtas automatizuotas įrankis, įkėlus paruoštus duomenis, matematinių veiksmų pagalba realizuojantis sluoksnių perdangos ir skaičiavimo veiksmus pagal minimų spektrinių rodiklių skaičiavimo formules ir rezultatus pateikiantis skaitmeninių rastrinių GIS sluoksnių pavidalu. Įrankis realizuotas (sukurtas) *Python* programavimo kalbos pagalba per programinių vaizdų kombinavimo algoritmus. Gauti rezultatai atvaizduoti *MapServer* aplinkoje ir sukurtoje internetinėje platformoje.

Toliau pateikiami atskirų spektrinių rodiklių ir numatytų rezultatų skaičiavimo principai ir bendras jų aprašymas.

Žalio normalizuoto skirtumo augalijos indeksas (GNDVI). GNDVI indekso skaičiavimui naudojami matomosios žalios, o ne matomosios raudonos (kaip NDVI indekse) ir artimojo infraraudonųjų spindulių spektro duomenys. Naudinga matuojant fotosintezės intensyvumą ir stebint augalų stresą, o dėl rodiklyje naudojamų spektrinių ruožų ypatumų (analizuojant juos chlorofilo spektrometrinių savybių atžvilgiu), jis yra jautresnis lyginant su NDVI. Šis rodiklis apskaičiuojamas kiekvienoje rastro celėje/ gardelėje taip:

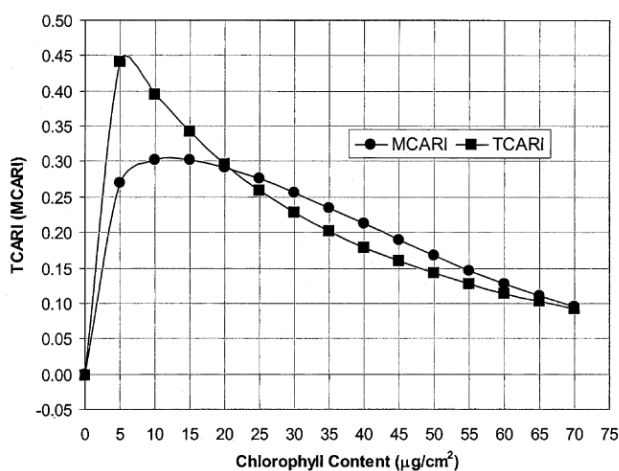
$$GNDVI = \frac{[NIR830] - [G550]}{[NIR830] + [G550]} \quad (14)$$

GNDVI indekso rezultatas – žemėlapis, netiesiogiai atskleidžiantis fotosintezės intensyvumą tiriamoje teritorijoje, augalijoje. Legendoje parodyta GNDVI reikšmių įvairovė nuo mažiausios (raudona spalva) iki didžiausios (tamsiai žalia). Neigiamos reikšmės atitinka vandens telkinius, drėgnas vietas; reikšmės, artimos 0 – neapaugusi augalija žemės paviršių (pvz., neapaugusį arimą), maždaug iki 0,4 – krūmynus ir pievas, o didesnės reikšmės rodo vešlios augalijos (miškų, žemės ūkio kultūrų) plotus.

Modifikuotas chlorofilo absorbcijos santykio indeksas (MCARI). Apskaičiuojamas naudojant formulėje nurodytus hiperspektrinių ruožų vaizdus ir juos kombinuojant pagal tokius matematinius veiksmus:

$$MCARI = (([VRE700] - [R670]) - 0,2([VRE700] - [G550])) \left(\frac{[VRE700]}{[R670]} \right) \quad (15)$$

MCARI parodo chlorofilo absorbcijos gilumą ir yra labai jautrus chlorofilo koncentracijos bei lapų ploto indekso variacijoms. MCARI reikšmių neveikia apšvietimo sąlygos, foninis dirvos atspindys ir kitos stebimos nefotosintetinančios medžiagos. Šis indeksas labiau tinka daug lapų auginančioms kultūroms, ypač stebėti chlorofilo kiekio skirtumus lauko viduje. MCARI turi ribotą taikymą, nes jo reikšmės gali būti interpretuojamos dvejopai, jeigu stebimame paviršiuje gali ir nebūti plotų su augalija. 2.5.1 pav. ir 2.5.1 lentelėje pavaizduotas ryšys tarp MCARI ir chlorofilo koncentracijos kukurūzų laukuose.



2.5.1 pav. Empiriškai susietos modifikuoto chlorofilo absorbcijos santykio indekso (MCARI) ir transformuoto chlorofilo absorbcijos santykio indekso (TCARI) reikšmės su chlorofilo kiekiu mikrogramais kvadratiniam centimetre panaudojant kukurūzų laukų nuotolinius tyrimų duomenis Kanados teritorijoje (Haboudane *et al.* 2002²⁰)

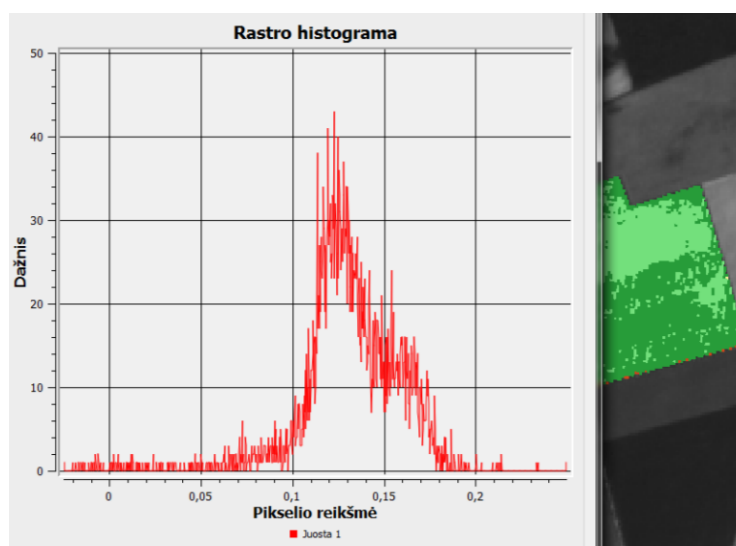
²⁰ Haboudane D., John R. Miller, Nicolas Tremblay, Pablo J. Zarco-Tejadad, Louise Dextraze. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* 81, 416–426.

2.5.1 lentelė. Rekonstruota lentelė preliminariam MCARI ir chlorofilo kiekio lapuose ryšiui nustatyti

Eil. Nr.	MCARI	Lapų chlorofilo konc. mkg/cm ²
1	0	0
2	0,27	5
3	0,3	10
4	0,3	15
5	0,29	20
6	0,275	25
7	0,26	30
8	0,235	35
9	0,215	40
10	0,19	45
11	0,17	50
12	0,15	55
13	0,13	60
14	0,11	65
15	0,095	70
Nuo 15 mkg/cm ² ir MCARI=0,3 kiekio tinka lygtis: <i>Chlorofilo kiekis</i> = $-0,004 \cdot \text{MCARI} + 0,3699$		

MCARI indekso apskaičiavimui naudojami trys spektriniai ruožai (550, 670 ir 700 nm). Indekso reikšmės yra atvirkščiai proporcingos chlorofilo kiekiui (kuo žemesnės indekso reikšmės, tuo daugiau chlorofilo). Indekso kartografavimas mišrios dangos teritorijoje, apimančioje plotus tiek su augalijos danga, tiek be jos, gali būti problemiškas, nes kaip didžiausios, taip ir mažiausios chlorofilo koncentracijų atvejais MCARI indeksas artėja prie 0. Todėl tik įvertinus tikrąją dangą galima su tam tikru pasiklovimu spręsti apie MCARI reikšmių teisingumą. Galima numanyti, kad indekso reikšmės, artimos nuliui ar net neigiamos neatitinka augalijos, o reikšmės tarp 0,04 ir 0,1 gali atitikti didžiausios chlorofilo koncentracijos vietas. Vis dėlto naudingiausia nagrinėti atskiro augalija apaugusio lauko MCARI indeksą. Išskirta reikšmių riba šiame konkrečiame pavyzdyje – MCARI=0,135 – gana gerai atskleidžia chlorofilo kiekio skirtumus viename lauke. Diagramoje pavaizduoto lauko

duomenų pikselių MCARI reikšmių histograma atskleidžia, jog čia vyrauja MCARI reikšmės tarp 0,10 ir 0,18. Jei panaudotume lentelėje pateiktą lygtį (žinoma, ši priklausomybė tarp MCARI ir chlorofilo kiekio nustatyta kukurūzų laukams modeliuojamam teoriniam atvejui, todėl reikėtų priimti su išlygomis), ją paleidę per programinį algoritmą, gautume chlorofilo kiekio reikšmes pasėlių lauke. Šiame pavyzdyje galėtume teigti, kad tiriamame lauke vyrauja nuo 48 mkg/cm² (MCARI =0,18) iki 68 mkg/cm² (MCARI=0,1) chlorofilo kiekis augaluose su erdvinius skirtumus išryškinančia riba – 59 mkg/cm² (MCARI=0,135).



2.5.2 pav. Nagrinėjamo lauko MCARI reikšmių pikseliuose histograma (pasitaikymo dažnis), apskaičiuojama QGIS programoje

Santykinis augalijos indeksas (RVI). Apskaičiuojamas kiekvienoje rastro celėje taip:

$$RVI = \frac{[NIR830]}{[R670]} \quad (16)$$

Spektrinio rodiklio skaičiavimui naudojami du spektriniai ruožai: 830 ir 670 nm. bangų ilgių vaizdai. Kadangi augalija pasižymi labai silpnu atspindžiu raudonajame spektro ruože ir gana ryškiu infraraudonojo ruožo atspindžiu, antrojo ir pirmojo ruožų atspindžių santykis kiekybiškai stipriai išskiria augaliją iš kitų aplinkos komponentų, pvz., dirvožemio, todėl šis RVI naudojamas išskirti augaliją, nustatyti jos vešlumą. Jo reikšmės gali kelis kartus viršyti 1, indikuodamos augaliją, o artimos 1 atspindi dirvą.

Lapų ploto indeksas (LAI). Lapų ploto indeksas (LAI) matuojamas tiesiogiai ir išreiškiamas augalų lapų ploto vienetais į paviršiaus ploto vienetą (pvz., m²/m²), todėl kartais jis išreiškiamas ir bedimensiniu skaičiumi. LAI gali būti matuojamas tiesiogiai ir netiesiogiai (pastarasis kelias gali būti ir kontaktinis, ir bekontaktis). Kita vertus nuotoliniai tyrimai atveria galimybes nustatyti LAI panaudojant aero ir kosminius vaizdus. LAI apskaičiuoti yra naudojami įvairūs jau sukurti spektriniai indeksai, pvz., NDVI (normalizuoto skirtumo augalijos indeksas, *normalized difference vegetation index*). Kita vertus, tokie indeksai gali būti jautrūs chlorofilo kiekiui (nors lapų plotas ploto vienetu bus ir tas pats, bet blyškesnių lapų indekso reikšmės bus mažesnės, vadinasi bus gaunamas neteisingas rezultatas), todėl ir skaičiavimuose turi atsirasti korekcijos, paprastai įvedamos konkrečios vietovės atveju.

Mokslinėje literatūroje pateikiamos lygtys, aprašančios priklausomybę tarp spektro ruožų atspindžių ir LAI. Pvz., Y. Sun *et al.* (2020)²¹ siūlo daug panašių lygčių panaudojant skirtingas spektro ruožų kombinacijas (2.5.1 lentelė). Norint apskaičiuoti kviečių ir kukurūzų LAI galima naudoti tokią regresijos lygtį (determinacijos koeficientas R²=0,85; paklaida RMSE=0,749):

$$LAI = 0,0328 + 46,0712 * ((704 - 739) / (704 + 739))^{1,4608} \quad (17)$$

Tiesa, derėtų paminėti, jog aukščiau įvardinto regresinio modelio autoriai, jį taiko palydovų vaizdams. Vis dėlto, žinant konkrečių spektrinių ruožų bangų ilgį, jis gali būti sėkmingai replikuojamas ir aerospektriniais vaizdams.

²¹ Sun Y., Qiming Qin, Huazhong Ren, Tianyuan Zhang, and Shanshan Chen. (2020). Red-Edge Band Vegetation Indices for Leaf Area Index Estimation From Sentinel-2/MSI Imagery. IEEE transactions on geoscience and remote sensing.

2.5.1 lentelė. LAI apskaičiavimo naudojant S2 ruožus geriausio atitikimo lygtys kviečių ir kukurūzų laukams (Sun *et al.* 2020)

	Vegetation index	LAI = $f(VI)$	R^2	RMSE
Original VIs	NDVI	$0.0875e^{4.372x}$	0.79	0.887
	MSR	$0.091 + 0.9898x^{1.035}$	0.82	0.833
	CI	$0.3808 + 0.5613x^{1.0426}$	0.83	0.802
	WDRVI	$3.8459x^{1.1808}$	0.81	0.863
2-band red-edge VIs	NDVI _{re}	$0.0328 + 46.0712x^{1.4608}$	0.85	0.749
	MSR _{re}	$-0.0771 + 19.4947x^{1.2759}$	0.85	0.748
	CI _{re}	$-0.1855 + 10.0192x^{1.1272}$	0.85	0.749
	WDRVI _{re}	$-0.135 + 92.7165x^{1.1887}$	0.85	0.749
3-band red-edge VIs	3MSR _{re}	$0.3715 + 12.0831x^{1.5927}$	0.86	0.720
	3CI _{re}	$0.3116 + 3.7334x^{1.1915}$	0.86	0.725
	3WDRVI _{re}	$0.4229 + 85.952x^{1.5444}$	0.86	0.723

Autoriai panaudoja ir modifikuotus, panašius į originalius ir visuotinai priimtus indeksus, pvz., NDVI_{re}, kurio formulė pateikiama toliau.

Drėgmės streso indeksas (MSI) apskaičiuojamas taip:

$$MSI = \frac{[SWIR1610]}{[NIR830]} \quad (18)$$

Indeksui apskaičiuoti formulėje nurodytu būdu kombinuojami artimojo infraraudonojo spektro 830 nm bangų ilgio ruože ir trumpabangės infraraudonosios spinduliuotės 1610 bangų ruože gauti vaizdai. MSI – tai rodiklis, kuris susiedamas atspindžių artimajame ir trumpabanginiame infraraudonajame spektro ruožuose stiprumus, savo reikšmėmis jautriai reaguoja į lapų vandens kiekio skirtumus.

Didėjant lapų vandens kiekiui lapijoje, padidėja ir absorbcijos stiprumas apie 1599 nm ruože. Absorbcija esant 819 nm yra naudojama kaip atskaitos taškas, nes keičiantis vandens kiekiui ji beveik neturi įtakos. MSI taikymo sritis apima augalų streso analizę, produktyvumo prognozavimą ir modeliavimą, gaisro pavojaus analizę ir ekosistemų fiziologijos tyrimus. Šis indeksas yra atvirkštinis lyginant su kitais vandens augmenijos indeksais – didesnės vertės rodo didesnę vandens stresą ir mažesnę vandens kiekį. Šio indekso reikšmės svyruoja nuo 0 iki daugiau nei 3. Įprastai žaliosios augalijos diapazonas yra nuo 0,4 (vandens netrūksta) iki 2 (yra vandens trūkumas).

Norminto skirtumo vandens indeksas (NDWI) apskaičiuojamas taip:

$$NDWI = \frac{[NIR830] - [SWIR1610]}{[NIR830] + [SWIR1610]} \quad (19)$$

NDWI indeksas yra tinkamiausias vandens telkiniams identifikuoti ir kartografuoti, tačiau jis atspindi ir dirvožemio bei augalijos drėgmės atsargas. Vandens telkiniai pasižymi dideliu sugeriamumu ir maža spinduliuote diapazone nuo matomų iki infraraudonųjų bangų ilgių. Kartu augmenija SWIR diapazone atspindi elektromagnetinę spinduliuotę dėl ląstelėse esančių vandens molekulių ir puriojo mezofilio audinių savybių. NIR spinduliuotės atspindis augalijoje yra sąlygotas vidinės lapų struktūrinės ir cheminės sudėties, tačiau jam neturi įtakos vandens molekulės. NIR ir SWIR kombinacija indekso formulėje eliminuoja augmenijos cheminės sudėties ir vidinės lapų struktūros, nesusijusios su vandens/ drėgmės koncentracija, taip pagerinant drėgmės augmenijoje kiekio ar deficito lygio nustatymo galimybes. NDWI reikšmių sritis: vandens telkinių vertės yra didesnės nei 0,5; augalija turi daug mažesnes reikšmes, todėl augaliją nuo vandens telkinių galima atskirti lengviau. Užstatytų elementų vertės teigiamos ir svyruoja nuo 0 iki 0,2. Neigiamos ir artimos nuliui reikšmės indikuoja vegetacinės dangos drėgmės streso požymius.

Organinės medžiagos (organinės anglies) kiekis ūkių laukų viršutiniame dirvožemio horizonte. Dirvožemio organinės anglies (soil organic carbon, SOC) nustatymas ir stebėseną nuotoliniais metodais – aktuali ir svarbi problema dėl nuolat prastėjančios dirvožemio būklės tiek Lietuvoje, tiek pasaulyje, dirvožemio derlingų savybių mažėjimo, alinimo ir kt. priežasčių. Vienas naujausių tyrimų, skirtų spektrinių vaizdų panaudojimo galimybėms išanalizuoti, atliktas visai neseniai (Castaldi *et al.* 2019²²). Straipsnyje, pristatančiame tyrimą, daug dėmesio skirta tikslumo ir patikimo klausimams, tačiau taip pat pasiūlyta ir pora lygčių, leidžiančių spektrinių vaizdų ir spektrinių indeksų/ rodiklių vertes perskaičiuoti į SOC kiekį dirvožemyje. Norint sukurti SOC žemėlapių reikia atlikti keletą žemiau aprašomų veiksmų:

²² Castaldi F., Sabine Chabrilat, Axel Don, Bas van Wesemael. (2019). Soil Organic Carbon Mapping Using LUCAS Topsoil Database and Sentinel-2 Data: An Approach to Reduce Soil Moisture and Crop Residue Effects. *Remote sensing*. 11(18), 2121.

a) Skaičiuojamas NDVI indeksas. Šio spektrinio indekso/ rodiklio formulė yra $NDVI = (NIR - Raudona) / (NIR + Raudona)$. Rodiklis toliau naudojamas, kaip trafaretas augalinės dangos, dengiančios žemės paviršių atmetimui/ pašalinimui. Visos gauto NDVI sluoksnio reikšmės (pikseliai turintys specifines reikšmes) $> 0,35$ pašalinami programinio algoritmo pagalba. Šios reikšmės žemės paviršiuje rodo augalinę dangą, kuri vertinant dirvožemio savybes nėra reikalinga.

b) Skaičiuojami GVI1 ir GVI2 spektriniai rodikliai:

$$GVI1 (GreenVegetationIndex 1) = R_{559} - R_{492}$$

$$GVI2 (GreenVegetationIndex 2) = R_{664} - R_{559}$$

Atfiltruojami ir pašalinami pikseliai, turintys neigiamas šių indeksų reikšmes. Išeksportuojamas sluoksnis, kuriame pateikiamos tik likusios teigiamos reikšmės.

c) Skaičiuojamas NBR spektrinis rodiklis. Indekso NBR (normalizuotas išdegimo santykio rodiklis) reikšmė turi būti $< 0,05$, t. y., pašalinami visi pikseliai, kurių $NBR > 0,05$. Šis indeksas pašalins iš analizės pernelyg drėgno dirvožemio plotus, be to, maža slenkstinė jo reikšmė ($< 0,05$) garantuos gana didelį tikslumą. Jei analizė nereikalauja itin didelio tikslumo, NBR slenkstinė reikšmė gali būti padidinta iki 0,075 arba net 0,1. Indekso NBR apskaičiavimo formulė: tokia: $NBR (Normalized Burn Ratio) = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$.

d) Siekiant sukurti pilną trafaretą ir atrinkti teritorijas/ pikselių masyvus, tinkančius tolesnei analizei, būtina sukurti naują rastrą/ sluoksnį, kuriame bus atrinkti pagal visus kriterijus tinkami pikseliai iš visų indeksų formulėse išvardytų ruožų. Susumavus visus 3 rastrus (turinčius pikselius su vertėmis 0 – netinkami plotai ir 1 – tinkami plotai), užduoties sąlygą tenkintų plotai, kurių pikselių reikšmės bus lygios 3, o jų žemėlapis apimtų palyginti nedidelį tiriamos teritorijos plotą (sausus ir augmenija neužaugusius dirvožemio paviršius), tačiau tik jame galima tikėtis patikimų dirvožemio organinės anglies (SOC) reikšmių.

Išskirtuose plotuose apskaičiuojamas anglies organinės indeksas RE-CI (raudonojo poslinkio kampo anglies indeksas, angl. *Red Edge Carbon Index*) ir jis kaip kintamasis panaudojamas lygtyje, pasiūlytoje F. Castaldi *et al.* (2019), apskaičiuoti realų dirvožemio organinės anglies (SOC) kiekį. RE-CI indeksas apskaičiuojamas taip:

$$RE-CI=(R_{739}+R_{704})/2 \quad (20)$$

Realus SOC kiekis (g/kg) apskaičiuojamas pagal F. Castaldi *et al.* (2019) pasiūlytą formulę:

$$SOC=78734 \cdot e^{(-53,7 \cdot RE-CI)} \quad (21)$$

Sudaromas išraiškingas atrinktų plotų SOC kiekio žemėlapis.

Žemėlapyje gautų reikšmių tikslumo analizei (atliekant koreliacinę statistinę analizę) naudoti dirvožemio mėginių laboratorinių tyrimų duomenys, kuriuos renkant fiksuotos paėmimo taškų geografinės koordinatės. Šie taškai vėliau identifikuoti sukurtuose GIS skaitmeniniuose sluoksniuose, tikrintas naudojamo metodo tikslumas ir paklaidos. Savo ruožtu gauti rezultatai (žemėlapių pavidalu) pateikiami sukurtoje platformoje.

Organinės anglies kiekis į humusingumo rodiklį perskaiciuojamas taip:

$$Dirvo\acute{z}emio_h = SOC * 1,74 \quad (22)$$

Skaičiavimai realizuoti skaitmeninėje platformoje kur kiekvienas gauto SOC indekso rastrinio sluoksnio pikselis perskaiciuotas pagal nurodytą formulę.

Paviršiaus reljefo modelių sudarymas remiantis aerodistanciniais metodais.

Paviršiaus reljefo skaitmeninis modeliavimas ir DEM (angl. *Digital terrain model*) modelio tirtiems projekto metu plotams sukūrimas realizuotas naudojant komercinę AgiSoft programinę įrangą ir matomojo spektro ortofotografiją. Ortofotografiniai duomenys surinkti atskirų skrydžių metu, prieš tai atlikus teritorijos markiravimą, markerių geografinių koordinatų nustatymą (įtraukiant X, Y, ir Z koordinatas) ir fiksavimą. DEM modelio generavimo etapai AgiSoft programa apėmė vaizdų sujungimą, taškų debesies, tinklelio

generavimą, geometrinių korekcijų atlikimą ir paties modelio sudarymą. Gautas rezultatas išeksportuotas DEM rastrinio sluoksnio formatu.

Dirvožemio dangos akmenuotumo vertinimas. Dirvožemio dangos akmenuotumo įvertinimui naudotos spektrinių rodiklių ir erdvinio filtravimo GIS metodikos. Akmenuotumo įvertinimui pradžia esamuose laukeliuose identifikuoti Augalija apaugę ir biomasės požymių turintys plotai, jie erdvinio filtrų pagalba pašalinti iš laukelių sluoksnių. Vėliau nustatyti ir atrinkti dirvožemio dangos elementai (šie erdviniai objektai, sistemos filtrų pagalba taip pat eliminuoti iš tolesnės analizės). Jų spektrinė atspindžių informacija iš esmės skiriasi nuo stambių, mineralinės frakcijos objektų (riedulių ir akmenų), todėl esant aukštai skiriamajai ir spektrinei gebai nėra sudėtinga identifikuoti akmeningus darinius.

Derėtų pastebėti, kad dėl dirvožemio suslėgimo techninių vėžių zonose, dalis čia esančių pikselių dalinai sistemos buvo priskirta prie akmenuotų arealų, tačiau tokio pobūdžio plotai yra labai lokalūs ir bendrame tiriamo reiškinių kontekste pastebimos įtakos rezultatams neturėjo. Empirinių tyrimų metu tikrinant rezultatų patikimumą, nustatyta, kad sistema identifikavo didesnius negu 25 cm. diametro riedulius. Paskaičiuotas determinacijos koeficientas R^2 akmenuotumo rodikliui tirtuose laukuose siekė – 0,71.formul

2.6. Spektrometrinių dirvožemio ir augalijos fiziologinių savybių tyrimų rezultatai

Projekto įgyvendinimo metu projekto partnerių ūkiuose atlikti dirvožemio ir augalų spektrometriniai distanciniai bei laboratoriniai tyrimai. Šių tyrimų metu surinkti duomenys leido suformuoti dirvožemio humusingumo ir organinės anglies kiekio, drėgmės dirvožemio paviršiuje, taip pat augalų fiziologinių parametrų vertinimo metodiką, paremtą distanciniais metodais ir hiperspektriniu skenavimu, atlikti erdvinę tirtų eksperimentinių laukelių analizę, sudaryti tirtų reiškinių kartoschemas. Tyrimai buvo atlikti sodininkystės ir augalininkystės ūkiuose ir apėmė bulvių, žieminių ir vasarinių kviečių pasėlius, o taip pat obelų sodus. Tyrimų metu tirti eksperimentiniai laukeliai, išsidėstę Panevėžio, Kėdainių, Joniškio, Šiaulių, Biržų ir Marijampolės rajonuose.

Augalų fiziologinių parametrų analizei reikalingi duomenys, atliekant bandomųjų laukelių hiperspektrinį skenavimą, surinkti 2019 m. vegetacijos sezono metu, balandžio – liepos laikotarpyje. Dirvožemio tyrimai atlikti rugsėjo – lapkričio mėnesiais. Atliekant dirvožemio tyrimus, surinkta mėginių aibė organinės medžiagos ir drėgmės humusingame horizonte laboratorinei analizei, taip pat atliktas elektrinio laidumo vertinimas. Šie duomenys naudoti matematinės hiperspektrinių vaizdų analizės metu ir kuriant dirvožemio savybių identifikavimo iš spektrinių duomenų modelių ir algoritmus.

2.6.1. Dirvožemio savybių spektrometrinių tyrimų rezultatai

Dirvožemio savybių spektrometrinė analizė apėmė humusingumo ir organinės anglies kiekio (humusingumo rodiklis/1,74 koeficiento) ir dirvožemio drėgnumo vertinimą. Tyrimų metu sudarytos tirtų reiškinių kartoschemas, atlikta mėginių laboratorinė analizė.

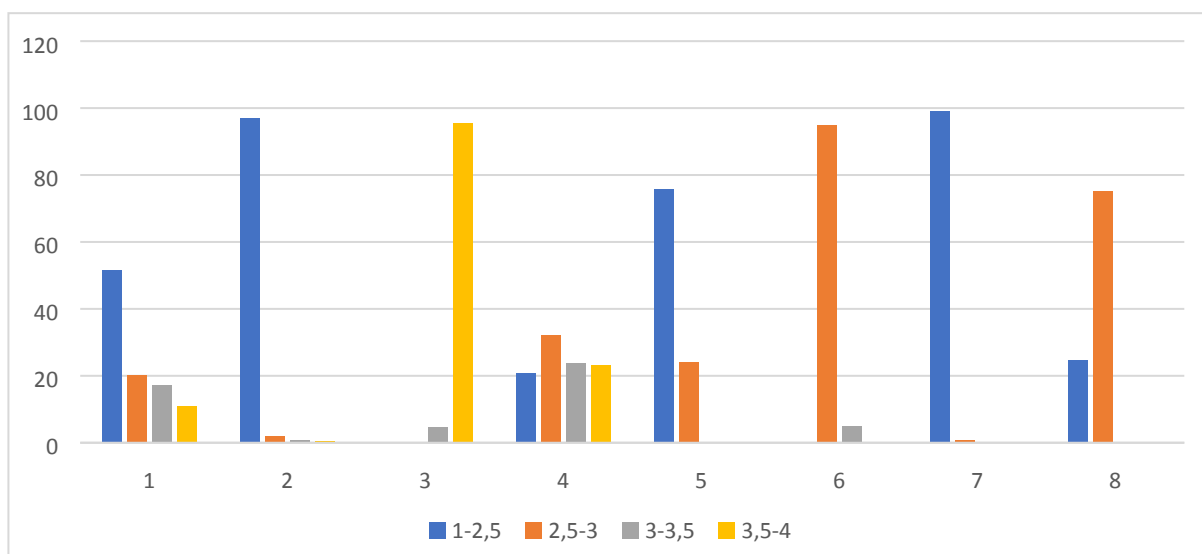
Dirvožemio humusingumas. Bendrąja prasme humusingasis (organinių medžiagų prisotintas) dirvožemio horizontas (sluoksnis) yra vienas svarbiausių maisto medžiagų šaltinių augalams. Be to, šis dirvos sluoksnis taip pat lemia gerą dirvožemio struktūrą, didina šilumos imlumą, mažina šilumos laidumą, nenaudingą drėgmės išsigarinimą ir maisto medžiagų išplovimą iš šaknų zonos, akumuliuoja drėgmę, skatina naudingos mikrofloros vystymąsi, mažina dirvožemio eroziją, adsorbuoja įvairias aplinką teršiančias antropogeninės

kilmės medžiagas (sunkiuosius metalus, pesticidus, radionuklidus), mažina jų patekimą į gruntinius vandenis, turi teigiamos įtakos dirvožemio agrocheminėms savybėms. Humusas svarbus įvairių mikroorganizmų bei augalų maisto šaltinis, ypač azoto, fosforo, sieros, mikroelementų. Humusingumo rodiklis pripažįstamas svarbiu dirvožemio kokybės indikatoriumi ir biosferos ekologinės pusiausvyros bei stabilumo rodikliu, turinčiu įtakos klimato kaitai dėl organinės medžiagos irimo metu atsipalaiduojančio anglies dvideginio. Humusas dalyvauja ir pagrindiniuose organinių medžiagų transformacijos procesuose: humifikacijos, mineralizacijos, fiksavimo ir migracijos.

Nacionaliniu lygmeniu humuso kiekis Lietuvos mineraliniame dirvožemyje (0-30 cm) yra skirtingas ir paprastai varijuoja nuo 0,5 iki 6,5 proc., priklausomai nuo bendrųjų genetinių dirvožemio, reljefo, dirvodarinių uolienų, taip pat regioninių bei mikroklimatinių ir ūkininkavimo intensyvumo savybių bei faktorių. Pageidautinas humuso kiekis augalų augimui prasideda nuo 2,5 proc., neblogas humusingumo lygis yra 3,0 proc. ir daugiau, geras > 3,5 proc. (vertinant pagal augalo poreikius).

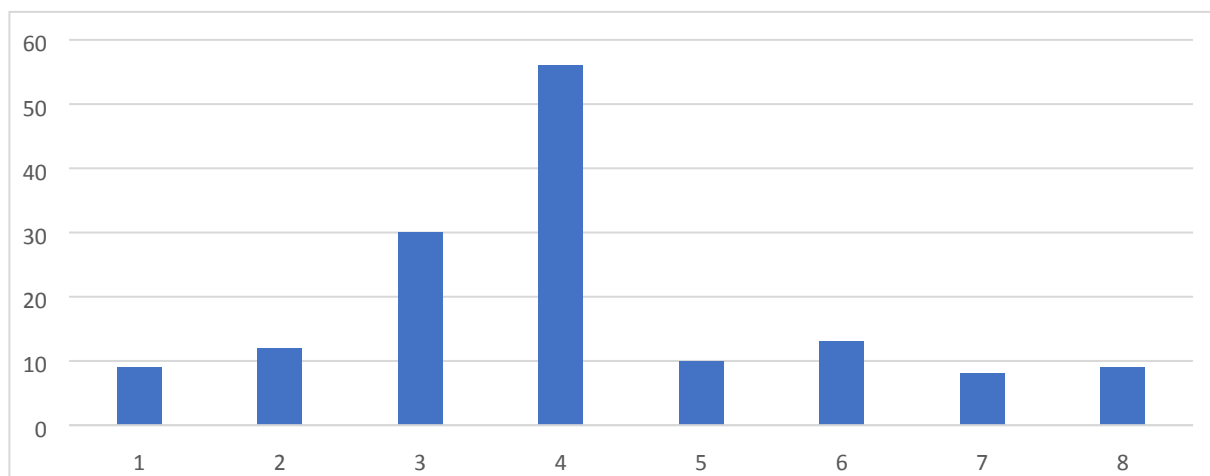
Atliktų tyrimų metu hiperspektrinių jutiklių pagalba nuskenuotuose eksperimentiniuose laukeliuose humusingumo rodikliai pasiskirstę ganėtinai netolygiai. Atlikta erdvinė teritorinė duomenų analizė, leido išskirti bei paskaičiuoti skirtingo humusingumo laipsnio plotų tirtuose laukeliuose dalį (procentais nuo bendro tirto ploto). Remiantis šiais duomenimis, galima daryti išvadą, kad Kėdainių rajono (1 ir 3) dirvožemio humusingumas lokaliame lygmenyje skiriasi. Tirti du ūkiai ryškiai išsiskiria šiuo parametru, ryškūs skirtumai stebimi ir laukelių vidinėje struktūroje (ypač 1 ūkyje). Pirmajame (1) vyrauja ganėtinai žemo organinės medžiagos dirvožemyje kiekio plotai (vyraujantis humusingumas - < 2.5 proc.). 20 ir 17 procentų tirtų eksperimentinių laukelių ploto apima arealai, kuriuose humuso kiekis yra 2,5–3 ir atitinkamai 3–3,5 proc., palyginti nedidelę dalį sudaro 3,5–4 proc. (11 proc.) humusingumo ploteliai. Antrajame Kėdainių raj. ūkyje ir jo teritorijoje išsidėsčiusiame eksperimentiniame laukelyje (3), situacija visiškai kitokia. Čia vyrauja 3,5–4 proc. dirvožemio humusingumo grupė (97 proc.), nedidelę ploto dalį (3 proc.) apima 3–3,5 proc. humusingumo arealai. Priešinga mineralinio dirvožemio humusingumo situacija fiksuota Šiaulių (2 ir 5) ir Marijampolės (7) rajonų tirtuose plotuose. Čia vyrauja žemas humuso kiekis (1–2,5 proc.), tiesa 5-ajame tyrimų poligone/ laukelyje (Šiaulių raj.), 24 proc. apima plotai, kurių humusingumas siekia 2,5–3 proc. Ši dirvožemio humuso kiekio grupė vyrauja tirtuose Joniškio (6) ir Panevėžio raj. (8) laukuose, kur ji užima atitinkamai

95 ir 75 proc. Bendrame kontekste išsiskiria Biržų raj. tyrimų arealas, kuriame beveik lygiomis dalimis išsisklaidžiusios visos dirvos humusingumo grupės (2.6.1 pav.).



2.6.1 pav. Dirvožemio humusingumo grupės nustatytos projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

Dirvožemio drėgnumas. Dirvožemio tyrimų laikotarpiu Lietuvos teritorijoje fiksuoti tik lokalūs trumpalaikiai krituliai, todėl didžioji dalis tirtų eksperimentinių laukelių pasižymėjo santykinai vienodais ar panašiais dirvos drėgmės rodikliais, kurie iš esmės neviršijo 15 proc. (1, 2, 5, 6, 7, 8). Išimtimis derėtų laikyti dviejų ūkių laukelius Kėdainių (3) ir Biržų rajonuose, kuriuose didesnis drėgnumas galėjo būti sąlygotas lokalaus trumpalaikio lietaus. Šiuose plotuose dirvos drėgnumo rodiklis tyrimų laikotarpiu atitinkamai fiksuotas 30 ir 50–60 proc. diapazone (2.6.2 pav.).



2.6.2 pav. Dirvožemio drėgnumas projekto tyrimų laukuose (proc.) (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

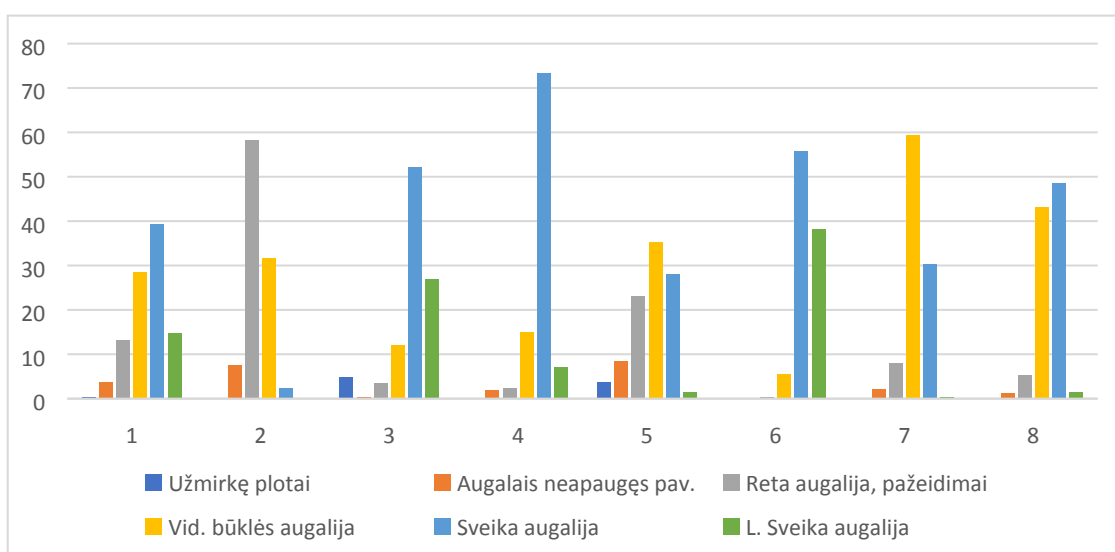
Akmenuotumas. Spektrometrinių tyrimų pagalba tirtuose eksperimentiniuose laukeliuose įvertintas ir jų akmenuotumas. Taikoma technologija leido identifikuoti akmenis, kurių diametras didesnis negu 25 cm. Remiantis sudarytomis kartoschemomis visuose tirtose teritorijose akmenuotumo rodiklis neviršija 1 proc. (akmenimis padengto ploto dalis nuo bendro laukelio ploto) ir užfiksuoti tik pavieniai minimo dydžio akmenys. Tiesa, derėtų paminėti, jog atskirose skenuotų paviršių dalyse, sunkios technikos suformuotose vėžiose dėl didesnio dirvožemio tankumo dalis pikselių išskirti kaip akmenys, tačiau tai tik pavieniai, nedideli plotai, neturintys pastebimos įtakos bendriems rezultatams.

2.6.2. Augalijos fiziologinių savybių spektrometrinių tyrimų rezultatai

Augalijos fiziologinių tyrimų etapas projekto metu apėmė spektrinių rodiklių, skirtų identifikuoti augalų streso zonas pasėliuose, žemėlapių sudarymą ir analizę. Iš viso projekto metu erdviniais duomenimis (hiperspektriniams vaizdams) skaičiuoti du drėgmės streso (MSI ir NDWI) ir keturi chlorofilo koncentracijos bei žaliosios biomasės rodikliai (GNDVI, LAI, MCARI, RVI). Tyrimu metu sudarytos orientacinės šių rodiklių reikšmių klasifikacijos, jų pagrindu parengtos kartoschemų legendos ir sudarytos kartografuojamų duomenų klasių grupės.

Kaip jau minėta anksčiau, hiperspektrinis skenavimas apėmė 2019 metų vegetacinį periodą, o tyrimai atlikti su žieminiais ir vasariniais kviečiais, bulvėmis, obelų medynais. Derėtų pastebėti, kad tyrimų laikotarpiu nebuvo fiksuota ekstremalių klimatinių reiškinių, tokių kaip šalnų ir intensyvių liūtys, tačiau 2019 m. vegetacijos sezonui buvo būdingos sausringos sąlygos, o tai iš esmės galėjo paveikti pasėlių ir auginamų augalų būklę.

GNDVI – žaliojo šviesos spektro (diapazono) normalizuoto skirtumo augalijos rodiklis. Šis spektrinis rodiklis daugiausiai naudojamas ir skirtas augalijos fotosintezės aktyvumo vertinimui.



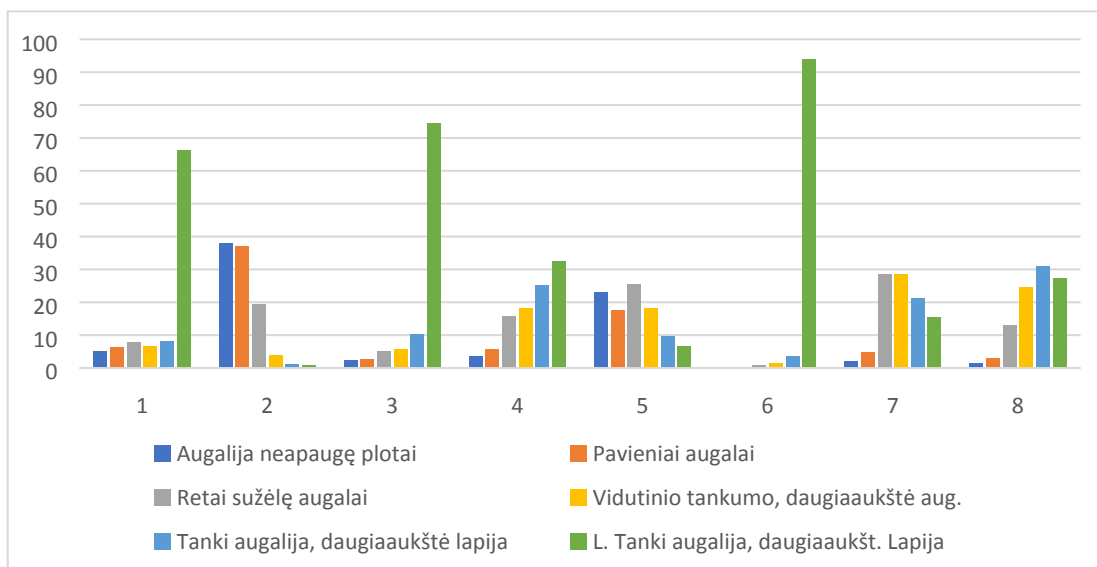
2.6.3 pav. GNDVI spektrinio rodiklio reikšmių klasių plotai projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

Iš tyrimų metu gautų duomenų matyti, kad dalyje tirtų pasėlių vyraavo sveika augmenija (3 – 52 proc., 4 – 73 proc., 6 – 56 proc., 8 – 48 proc.). Šie ūkiai išsidėstę Kėdainių, Biržų, Joniškio ir Panevėžio rajonuose. Dalyje šių teritorijų identifikuoti ir sąlyginai nemaži labai geros būklės (pagal fotosintezės aktyvumą) augmenijos plotai (3 – 27 proc., 6 – 38 proc.). Tiesa, viename iš tirtų laukelių (8), esančių Panevėžio rajone, nustatyta 43 proc. vidutinės būklės pasėlių. Ši kategorija kaip vyraujanti pagal užimamą plotą išskirta Marijampolės raj. eksperimentiniame laukelyje (7), čia ji apėmė 59 proc. Likusi dalis šioje teritorijoje augusių augalų pagrinde priskiriama prie geros būklės (30 proc.). Bendrai žvelgiant, labai geros būklės augalijos stambesni arealai identifikuoti tik viename ūkyje (6),

dviejuose šios kategorijos augalų nustatyta tarp 15 ir 30 proc. nuo eksperimentinių laukelių bendro ploto (1 ir 3) (2.6.3 pav.).

Itin prastų sąlygų (augalais neapaugę paviršiai ir reta augalija) plotai visuose tirtuose laukeliuose daugiausiai užima iki 10 proc., čia jie apima technines vėžias ir laukų pakraščius zonas. Išimtimis derėtų laikyti tik Šiaulių (2) ir Joniškio (5) raj. tirtus laukus, kuriuose atitinkamai ši kategorija apėmė 58 ir 23 proc. Daugiau negu 10 proc. retai sužėlusių pasėlių nustatyta Kėdainių raj. (1) tirtame laukelyje. Analizuojant galimas tokios situacijos priežastis, derėtų analizuoti auginamų kultūrų rūšis, veisles, sodinimo laikotarpį. Pavyzdžiui 2 lauke augintos bulvės, todėl tyrimų vykdymo laikotarpiu augalai dar nebuvo itin stipriai suvešėję, kas savo ruožtu ir lėmė analizuojamo rodiklio reikšmių pasiskirstymą. Bendrame visų tirtų projekto laukelių kontekste išsiskiria Šiaulių raj. laukas (5). Čia visų skiriamų klasių augalijos plotai pasiskirstę palyginti tolygiai: vidutinės būklės augalija apima 35 proc., sveika – 28 proc., o retai sužėlę plotai – 23 proc. (2.6.3 pav.).

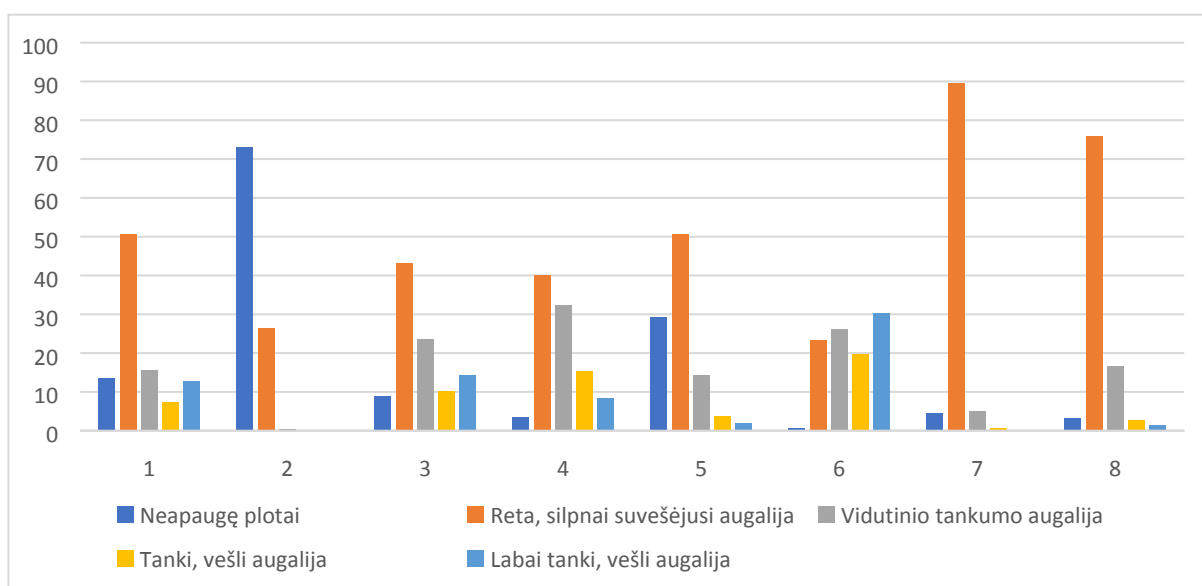
LAI – lapų ploto rodiklis. Šis spektrinis rodiklis taikomas žaliosios biomasės vertinimui ir perteikia augalijos tankumą (tenkantį ploto vienetui).



2.6.4 pav. LAI spektrinio rodiklio reikšmių klasių plotai projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

Pateikti duomenys rodo, jog didžiausia biomase, o kartu ir tankiausiai suvešėjusia augmenija pasižymėjo Kėdainių (1 ir 3) bei Joniškio raj. laukeliai, kuriuose skenuoti ir analizuoti kviečių pasėliai. Itin tankios, daugiaaukštės lapijos klasės augalijos plotai čia siekė 66, 74 ir 93 proc. Ganėtinai prasta situacija fiksuota Šiaulių raj. tyrimų poligone (2), kur vyraavo pavienės augalijos ir augalija neapaugusios žemės plotai. Pagrindinės tokios situacijos priežastys – auginama kultūra (bulvės) ir skrydžių/ duomenų rinkimo laikas (liepos mėn.). Tyrimų metu fiksuota bulvių stiebų nykimo fazė prieš nuimant derlių. Teritoriniais augmenijos pasiskirstymo ir augalų savybių ypatumais panašūs Biržų (auginamos obelys) (4), Marijampolės (7) ir Panevėžio (8) raj. laukeliai. Šiuose laukeliuose vidutinio tankumo, tankios ir labai tankios augalijos plotai varijuoja tarp 16 ir 32 proc. Savo ruožtu Šiaulių raj. eksperimentiniame laukelyje (5), kuriame auginta bulvių kultūra vykdytų skrydžių metu (birželio mėn.), vyraavo augalija neapaugusios, pavienių, retai sužėlusių ir vidutinio tankumo augalų plotai (2.6.4 pav.).

RVI – santykinis augalijos rodiklis. Šis rodiklis dažniausiai taikomas siekiant perteikti paviršiuje augančios augalijos tankumą, identifikuoti augalija apaugusius plotus.



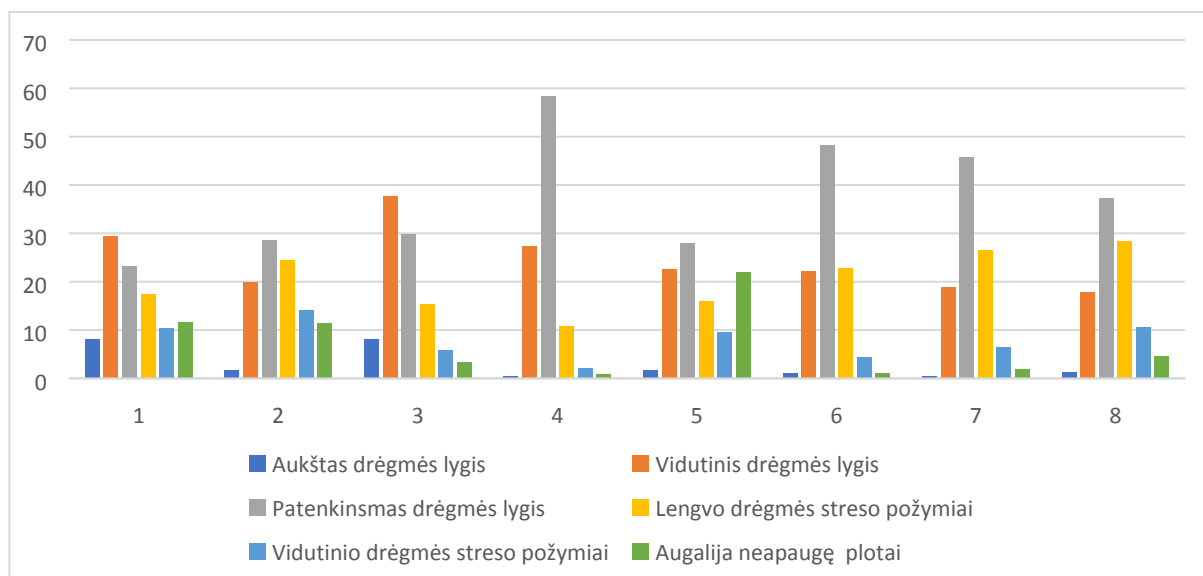
2.6.5 pav. RVI spektrinio rodiklio reikšmių klasių plotai projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

RVI rodiklio, panašiai kaip ir aukščiau analizuoto LAI rodiklio, reikšmės rodo stambią skurdžios augalijos ir neapaugusio žemės ploto dalį Šiaulių rajone (2), kur augintos bulvės.

Kiek mažesni „plikos“ žemės plotai nustatyti kitame Šiaulių raj. (5) tyrimų poligone (taip pat bulvių laukas), čia jie siekia 29 ir 50 proc. nuo bendro tirtų plotų. Retos augmenijos stambūs arealai remiantis RVI rodikliu priklauso Marijampolės (7) ir Panevėžio (8) raj. laukeliams. Šiose vietose tai vyraujanti augalijos pobūdžio kategorija (pagal analizuojamo rodiklio reikšmes). Kiek kitokia situacija stebima Kėdainių (3), Biržų (4), Joniškio (5) rajonuose, kur skirtingo augimo pobūdžio augalijos reikšmės apima įvairesnį svyravimų diapazoną. Čia stebimi didesni vidutinio tankumo augalijos arealai, pasitaiko palyginti nedidelių tankios ir labai tankios augalijos plotelių (3–10 ir 14 proc., 4–16 ir 8 proc.), palyginti tolygiai laukelyje pasiskirsčiusios retos, vidutinės, tankios ir labai tankios klasės augalija Joniškio raj. (6) žieminių kviečių tirtame pasėlyje (2.6.5 pav.).

Lyginant RVI rodiklio reikšmių variacijas skirtinguose laukeliuose su LAI ar GNDVI rodikliu, galima pastebėti, kad ypatingai dideli skirtumai fiksuoti daugelyje laukelių. Tokią situaciją galima paaiškinti rodiklių jautrumu įvairaus pobūdžio išoriniams veiksniams (dirvožemio foninis efektas, jautrumas chlorofilo koncentracijai ir pan.), dideliu triukšmo lygiu itin didelės skiriamosios gebos duomenyse (2.6.5 pav.).

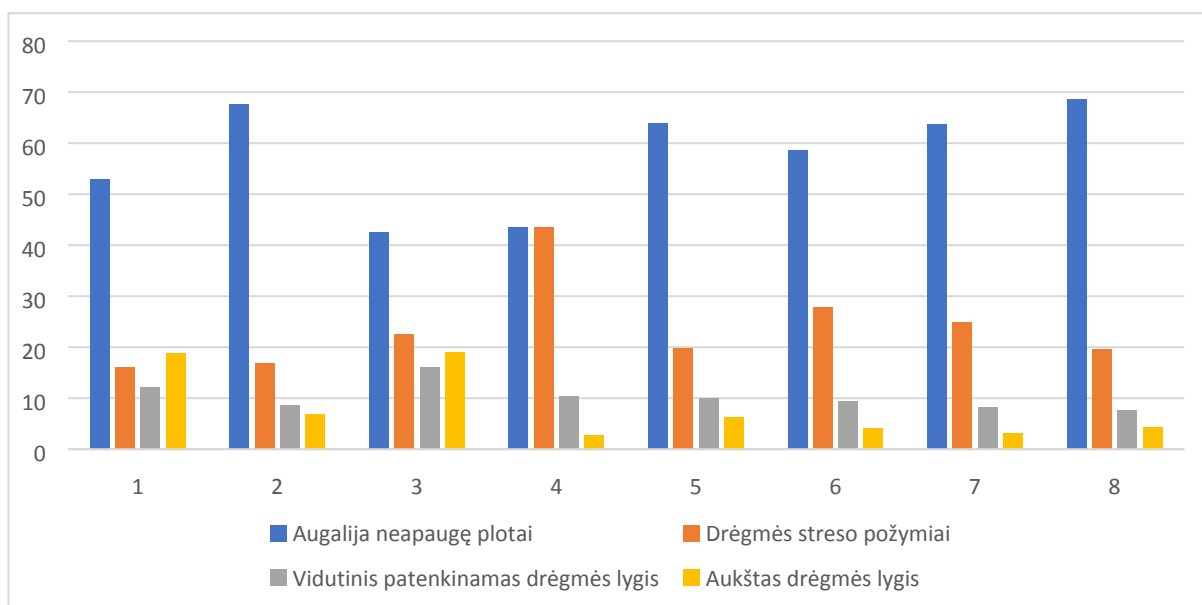
MSI – drėgmės streso rodiklis. Šis rodiklis skirtas erdviniam drėgmės streso plotų identifikavimui ir drėgmės augaluose pasiskirstymui laukelių ir pasėlių plotuose.



2.6.6 pav. MSI spektrinio rodiklio reikšmių klasių plotai projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

Tyrimu metu itin aukštas drėgmės deficitas nebuvo nustatytas. Kaip matyti iš pateiktos diagramos, lengvo drėgmės streso požymiai visuose laukeliuose svyravo tarp 10–28 proc. nuo bendro jų plotų. Vidutinio drėgmės augaluose streso požymiai pasireiškė mažesniuose plotuose (2–14 proc.). Didžiausiais pastarosios kategorijos arealais pasižymėjo Šiaulių raj. (augintos bulvės) esantis tyrimų poligonas (3). Vyraujanti augalų grupė daugelyje tirtų eksperimentinių laukelių (4 – Biržų, 6 – Joniškio, 7 – Marijampolės, 8 – Panevėžio raj.) priskiriama patenkinamo drėgmės lygio augalijai. Didesnės didelio drėgmės lygio augalijos reikšmės fiksuotos Kėdainių (1 ir 3) raj. ūkių laukuose (2.6.6 pav.).

NDWI – normalizuoto skirtumo vandens rodiklis. Šis spektrinis rodiklis skirtas drėgmės laipsnio ir vandens kiekio pasėliuose vertinimui.



2.6.7 pav. NDWI spektrinio rodiklio reikšmių klasių plotai projekto tyrimų laukuose (1 – Kėdainių raj., žieminiai kviečiai, 2 – Šiaulių raj., bulvės, 3 – Kėdainių raj., vasariniai kviečiai, 4 – Biržų raj., obelų sodai, 5 – Šiaulių raj., bulvės, 6 – Joniškio raj., žieminiai kviečiai, 7 – Marijampolės raj., žieminiai kviečiai, 8 – Panevėžio raj., žieminiai kviečiai)

Remiantis gautus rezultatus atspindinčia diagrama, galima daryti išvadą, kad didelė dalis NDWI rodiklio reikšmių sudarytose kartoschemose buvo identifikuotos kaip augalija neapaugę plotai (šios reikšmės eksperimentiniuose laukeliuose svyravo tarp 43 ir 69 proc.). Toks didelis šių reikšmių šuolis, lyginant su kitais projekto metu nagrinėtais spektriniais rodikliais, gali būti paaiškintas NDWI jautrumu dirvožemio dangai, šešėliams ir pan. pobūdžio faktoriams, taip pat intervalų parinkimu išskiriant būdingas reikšmių klasių ribas. Visgi

atmetus šias dirvožemio dangos plotus atitinkančias reikšmes, drėgmės streso augaluose požymių klasės reikšmių pasiskirstymas ganėtinai panašus į aukščiau nagrinėto MSI rodiklio. Beveik visuose tirtuose eksperimentiniuose laukeliuose (išskyrus obelų sodų (4)) drėgmės stygiaus požymius turintys augalai apėmė 16–27 proc. augalijos. Sąlyginai nemenki plotai atitinkantys gerų drėgmės augalijoje sąlygų arealus nustatyti Kėdainių raj. laukeliuose (1 ir 3), čia jie siekė beveik 20 proc. Savo ruožtu patenkinamų augalijos vandens kiekio sąlygų grupės plotai visuose laukeliuose pasiskirstė panašiai (nesiekė 10 proc. reikšmės ribų), kiek daugiau šios klasės ploto vėlgi apėmė Kėdainių raj. ūkiai (3 ir 1), auginantys kviečių pasėlius. Bendrai imant būtent šių ūkių eksperimentiniuose laukeliuose visų kategorijų plotų (išskyrus „plikos žemės“) pasiskirstymas, lyginant su kitais, yra ganėtinai tolygus. Likusiuose ūkiuose vyrauja stambesni drėgmės streso (atmetus augalija neapaugusį plotą) požymius turinčios augalijos arealai, mažiau yra vidutinės – patenkinamas sąlygas atitinkančios augmenijos, po jų seka (mažiausi plotai) aukšto drėgmės kiekio augmenijos plotai (2.6.7 pav.).

2.7. Tyrimų rezultatų tikrinimo eksperimentinėmis sąlygomis rezultatai

Tyrimų rezultatų bei taikomų metodų tikrinimas eksperimentinėmis sąlygomis vykdytas lyginant gautus rezultatus su laboratorinių tyrimų duomenimis, atliekant statistinę duomenų rezultatų analizę. Statistiniai metodai taikyti dirvžemio humusingumo, drėgmės ir akmenuotumo modelių patikrinimui. Vegetacinių spektrinių rodiklių tikslumo parametrai yra priklausomi nuo daugybės faktorių (ligų, kenkėjų pažeidimų, dirvožemio savybių ir foninio efekto, erdvinės ir spektrinės skiriamosios gebos, augalų vegetacinio periodo, išorinių atmosferinių ir klimatinų sąlygų bei kt. veiksnių). Jų (faktorių) tikslumo analizė projekto įgyvendinimo metu nebuvo vertinta (tam reikėtų atlikti sudėtingus, didelės apimties ir laiko sąnaudų reikalaujančius laboratorinius tyrimus), be to, mokslinėje literatūroje egzistuoja dešimtys publikacijų, kurios skirtos šiai tematikai, todėl atskirai šis aspektas nenagrinėtas, pasikliaujant jau esamais moksliniais tyrimais ir orientuojantis į potencialiai jautrius projekto uždavinius atitinkančius rodiklius. Savo ruožtu dirvožemio humusingumo rodiklių tikrinimas apėmė laboratorinių ir spektrometrinių duomenų palyginimą. Šiai užduočiai įgyvendinti realizuoti projekto įgyvendinimo metu rinkti dirvožemio mėginiai, tirtas jų santykinis drėgnis ir organinės anglies bei humuso kiekiai (2.7.1 ir 2.7.2 lentelės). Lauko sąlygomis fiksuotas akmenuotumas (identifikuojant tiksliai riedulių bei smulkesnių akmenų laukuose koordinatas, vėliau šiuos duomenis taikant sistemos modelio tikslumo analizei).

2.7.1 lentelė. Ištirtas dirvožemio mėginių drėgmės kiekis

Eil.Nr	Ėminio kodas	Indo svoris	Mėginio svoris prieš džiovinimą	Indo + mėginio prieš džiovinimą	Indo + mėginio po džiovinimą	Mėginio svoris po džiovinimo	Drėgmės kiekis, proc.
1	SZ1	29,8986	30,8194	60,718	57,3591	27,4605	10,9
2	SZ2	28,9103	30,5191	59,4294	53,6858	24,7755	18,8
3	SZ3	29,8326	31,1968	61,0294	57,69	27,8574	10,7
4	SZ4	47,4117	30,2351	77,6468	73,4941	26,0824	13,7
5	SZ5	29,6333	31,3968	61,0301	56,8092	27,1759	13,4
6	SZ6	28,1178	30,5582	58,676	52,6685	24,5507	19,7
7	SZ7	14,8076	31,2456	46,0532	42,0518	27,2442	12,8
8	SZ8	15,4163	31,4162	46,8325	40,0975	24,6812	21,4
9	SZ9	58,6681	31,5487	90,2168	85,9231	27,255	13,6
10	SZ10	63,5452	30,5333	94,0785	90,3064	26,7612	12,4
11	SZ11	29,897	30,2656	60,1626	55,7569	25,8599	14,6
12	SZ12	28,9094	30,361	59,2704	54,3938	25,4844	16,1
13	EG1	58,6754	31,3733	90,0487	86,3574	27,682	11,8
14	EG2	29,8296	30,4026	60,2322	56,4529	26,6233	12,4

15	EG3	29,628	29,9284	59,5564	55,3945	25,7665	13,9
16	EG4	47,3831	30,0331	77,4162	73,3672	25,9841	13,5
17	EG5	29,8965	31,9568	61,8533	57,1059	27,2094	14,9
18	EG6	58,6676	30,1944	88,862	85,3224	26,6548	11,7
19	EG7	63,55	31,1101	94,6601	90,4687	26,9187	13,5
20	EG8	14,8101	30,1871	44,9972	41,1958	26,3857	12,6
21	EG9	63,5423	30,1942	93,7365	89,8308	26,2885	12,9
22	EG10	29,8319	29,9026	59,7345	55,1402	25,3083	15,4
23	EG11	15,4131	30,7227	46,1358	42,4718	27,0587	11,9
24	EG12	28,1097	30,7978	58,9075	54,1568	26,0471	15,4
25	SM1	28,9132	30,3687	59,2819	54,3655	25,4523	16,2
26	SM2	29,8957	29,6788	59,5745	55,9643	26,0686	12,2
27	SM3	14,18114	30,4958	44,67694	41,0211	26,83996	12,0
28	SM4	28,9109	29,637	58,5479	53,8435	24,9326	15,9
29	SM5	47,3808	30,3907	77,7715	72,9103	25,5295	16,0
30	SM6	28,1119	30,1	58,2119	51,617	23,5051	21,9
31	SM7	29,6261	30,6515	60,2776	55,4584	25,8323	15,7
32	SM8	29,831	30,7791	60,6101	56,6166	26,7856	13,0
33	SM9	47,3815	29,315	76,6965	72,9612	25,5797	12,7
34	SM10	15,4147	30,874	46,2887	42,0253	26,6106	13,8
35	RE1	29,6242	29,3124	58,9366	53,2816	23,6574	19,3
36	RE2	15,4154	30,9152	46,3306	40,2092	24,7938	19,8
37	RE3	29,824	30,2557	60,0797	52,2652	22,4412	25,8
38	RE4	29,8957	30,0774	59,9731	53,6935	23,7978	20,9
39	RE5	28,9081	31,1399	60,048	54,0678	25,1597	19,2
40	RE6	47,385	30,1393	77,5243	71,8405	24,4555	18,9
41	RE7	29,622	30,8541	60,4761	54,624	25,002	19,0
42	RE8	28,1114	30,8486	58,96	53,0447	24,9333	19,2
43	RE9	14,8234	30,8961	45,7195	39,6917	24,8683	19,5
44	RE10	58,7003	29,9048	88,6051	82,8998	24,1995	19,1
45	RE11	28,1095	30,3528	58,4623	52,6657	24,5562	19,1
46	RE12	63,5459	31,9817	95,5276	89,176	25,6301	19,9
47	AZ1	29,8958	30,555	60,4508	55,8301	25,9343	15,1
48	AZ2	28,9104	29,3504	58,2608	52,7663	23,8559	18,7
49	AZ3	29,8261	29,7129	59,539	54,2102	24,3841	17,9
50	AZ4	47,3794	29,8462	77,2256	72,3315	24,9521	16,4
51	AZ5	14,8076	30,6048	45,4124	40,5764	25,7688	15,8
52	AZ6	29,6215	30,5251	60,1466	54,8709	25,2494	17,3
53	AZ7	15,4122	29,8979	45,3101	39,3646	23,9524	19,9
54	AZ8	28,1089	30,8772	58,9861	54,3203	26,2114	15,1
55	AZ9	14,8077	30,0097	44,8174	39,7295	24,9218	17,0
56	AZ10	58,6998	30,9274	89,6272	84,7992	26,0994	15,6
57	AZ11	63,5332	32,4093	95,9425	90,7573	27,2241	16,0

58	AZ12	15,4124	30,5949	46,0073	41,565	26,1526	14,5
59	AG1	58,6631	31,2312	89,8943	85,3905	26,7274	14,4
60	AG2	63,5363	31,7531	95,2894	90,5351	26,9988	15,0
61	AG3	29,8957	29,7073	59,603	54,908	25,0123	15,8
62	AG4	28,9078	30,4792	59,387	55,7063	26,7985	12,1
63	AG5	29,8241	32,5354	62,3595	57,4994	27,6753	14,9
64	AG6	47,3741	28,8698	76,2439	71,9469	24,5728	14,9
65	AG7	29,623	31,3997	61,0227	56,1343	26,5113	15,6
66	AG8	28,1101	30,5604	58,6705	54,3619	26,2518	14,1
67	AG9	14,808	29,4002	44,2082	39,7189	24,9109	15,3
68	AG10	15,4122	30,1291	45,5413	40,8975	25,4853	15,4
69	AG11	58,665	31,1949	89,8599	85,3915	26,7265	14,3
70	AG12	63,5443	31,5607	95,105	90,5291	26,9848	14,5

2.7.2 lentelė. Ištirtas dirvožemio mėginių organinės anglies ir humuso kiekis

Ėminio nr.	Paėmimo vieta	Tyrimo parametrai ir rezultatai ($\bar{x} \pm U$)***	
		Organinės anglies koncentracija proc.****	Humuso koncentracija proc.****
1	AZ1	1,12 ± 0,22	1,93 ± 0,38
2	AZ2	1,89 ± 0,28	3,26 ± 0,48
3	AZ3	1,94 ± 0,28	3,34 ± 0,49
4	AZ4	0,96 ± 0,21	1,66 ± 0,36
5	AZ6	1,94 ± 0,28	3,34 ± 0,49
6	AZ7	1,63 ± 0,26	2,81 ± 0,45
7	AZ8	1,59 ± 0,25	2,74 ± 0,44
8	AZ9	1,31 ± 0,23	2,26 ± 0,40
9	AZ10	1,69 ± 0,26	2,91 ± 0,45
10	AZ11	1,56 ± 0,25	2,69 ± 0,44
11	AZ12	1,37 ± 0,24	2,36 ± 0,41
12	B0	1,42 ± 0,24	2,45 ± 0,42
13	B1	2,23 ± 0,30	3,84 ± 0,52
14	B2	1,82 ± 0,27	3,19 ± 0,47
15	B3	2,64 ± 0,33	4,55 ± 0,58
16	B4	1,85 ± 0,27	3,14 ± 0,47
17	B5	3,10 ± 0,37	5,34 ± 0,64
18	B6	1,30 ± 0,23	2,24 ± 0,40
19	B7	1,26 ± 0,23	2,18 ± 0,40
20	B8	1,26 ± 0,23	2,18 ± 0,40
21	SM1	1,80 ± 0,27	3,10 ± 0,47
22	SM2	1,28 ± 0,23	2,21 ± 0,40
23	SM3	1,54 ± 0,25	2,65 ± 0,43
24	SM4	2,01 ± 0,29	3,47 ± 0,49
25	SM5	3,02 ± 0,36	5,21 ± 0,63

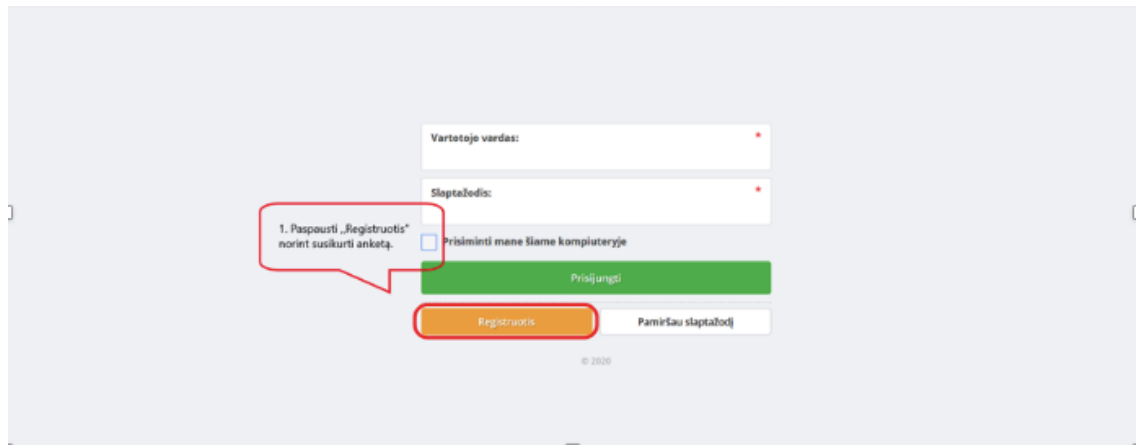
26	SM6	$5,86 \pm 0,58$	$10,10 \pm 0,99$
27	SM7	$2,45 \pm 0,32$	$4,22 \pm 0,55$
28	SM8	$1,64 \pm 0,26$	$2,83 \pm 0,45$
29	SM9	$1,49 \pm 0,25$	$2,57 \pm 0,43$
30	SM10	$1,75 \pm 0,27$	$3,02 \pm 0,46$
31	EG1	$1,23 \pm 0,23$	$2,12 \pm 0,39$
32	EG2	$1,21 \pm 0,23$	$2,09 \pm 0,39$
33	EG3	$1,24 \pm 0,23$	$2,14 \pm 0,40$
34	EG4	$1,39 \pm 0,24$	$2,40 \pm 0,41$
35	EG5	$1,35 \pm 0,24$	$2,33 \pm 0,41$
36	EG6	$1,11 \pm 0,22$	$1,91 \pm 0,38$
37	EG7	$1,20 \pm 0,22$	$2,07 \pm 0,39$
38	EG8	$1,03 \pm 0,21$	$1,78 \pm 0,37$
39	EG9	$1,27 \pm 0,23$	$2,19 \pm 0,40$
40	EG10	$1,50 \pm 0,25$	$2,59 \pm 0,43$
41	EG11	$1,25 \pm 0,23$	$2,16 \pm 0,40$
42	EG12	$1,51 \pm 0,25$	$2,60 \pm 0,43$
43	AG1	$1,17 \pm 0,22$	$2,02 \pm 0,39$
44	AG2	$1,15 \pm 0,22$	$1,98 \pm 0,38$
45	AG3	$1,56 \pm 0,25$	$2,69 \pm 0,44$
46	AG4	$0,99 \pm 0,21$	$1,71 \pm 0,36$
47	AG5	$11,23 \pm 0,98$	Neskaičiuotinas*****
48	AG6	$0,99 \pm 0,21$	$1,71 \pm 0,36$
49	AG7	$1,25 \pm 0,23$	$2,16 \pm 0,40$
50	AG8	$1,15 \pm 0,22$	$1,98 \pm 0,38$
51	AG9	$1,43 \pm 0,24$	$2,47 \pm 0,42$
52	AG10	$1,36 \pm 0,24$	$2,34 \pm 0,41$
53	AG11	$1,26 \pm 0,23$	$2,17 \pm 0,40$
54	AG12	$1,30 \pm 0,23$	$2,24 \pm 0,40$
55	RE1	$1,74 \pm 0,27$	$3,00 \pm 0,46$
56	RE2	$1,67 \pm 0,26$	$2,88 \pm 0,45$
57	RE3	$1,78 \pm 0,27$	$3,07 \pm 0,46$
58	RE4	$1,79 \pm 0,27$	$3,09 \pm 0,47$
59	RE5	$1,56 \pm 0,25$	$2,69 \pm 0,44$
60	RE6	$1,35 \pm 0,24$	$2,33 \pm 0,41$
61	RE7	$1,66 \pm 0,26$	$2,86 \pm 0,45$
62	RE8	$1,97 \pm 0,28$	$3,40 \pm 0,49$
63	RE9	$2,03 \pm 0,29$	$3,60 \pm 0,51$
64	RE10	$1,70 \pm 0,26$	$2,93 \pm 0,45$
65	RE11	$2,09 \pm 0,29$	$3,60 \pm 0,51$
66	RE12	$1,37 \pm 0,24$	$2,36 \pm 0,41$
67	R9	$2,12 \pm 0,29$	$3,65 \pm 0,51$
68	R10	$2,54 \pm 0,33$	$4,38 \pm 0,56$
69	R11	$2,84 \pm 0,35$	$4,90 \pm 0,60$
70	R12	$1,67 \pm 0,26$	$2,88 \pm 0,45$
71	R13	$2,19 \pm 0,30$	$3,78 \pm 0,52$
72	R14	$2,06 \pm 0,29$	$3,55 \pm 0,50$

73	R15	$2,19 \pm 0,30$	$3,78 \pm 0,52$
74	R16	$1,70 \pm 0,26$	$3,93 \pm 0,45$
75	R17	$2,17 \pm 0,30$	$3,74 \pm 0,52$
76	SZ1	$1,30 \pm 0,23$	$2,24 \pm 0,40$
77	SZ2	$2,27 \pm 0,31$	$3,91 \pm 0,53$
78	SZ3	$1,36 \pm 0,24$	$2,34 \pm 0,41$
79	SZ4	$1,56 \pm 0,25$	$2,69 \pm 0,44$
80	SZ5	$1,54 \pm 0,25$	$2,65 \pm 0,43$
81	SZ6	$1,50 \pm 0,25$	$2,59 \pm 0,43$
82	SZ7	$1,64 \pm 0,26$	$2,83 \pm 0,45$
83	SZ8	$1,69 \pm 0,26$	$2,91 \pm 0,45$
84	SZ9	$1,59 \pm 0,25$	$2,74 \pm 0,44$
85	SZ10	$0,96 \pm 0,21$	$1,66 \pm 0,36$
86	SZ11	$1,43 \pm 0,24$	$2,47 \pm 0,42$
87	SZ12	$1,29 \pm 0,23$	$2,22 \pm 0,40$

Remiantis statistinės analizės duomenimis dirvožemio humusingumo rodiklis taikant aprašytus metodus gali būti prognozuojamas 0,73 tikslumu (R^2), o drėgnumas dirvožemyje prognozuojamas – 0,78 tikslumu (R^2). Akmenuotumo analizės modelio determinacijos koeficiento reikšmė siekia – 0,79. Tikėtina, kad plečiant duomenų aibę bei atliekant pakartotinę statistinę duomenų analizę ir modelių kalibraciją įvardinti rodikliai dar labiau didėtų.

2.8. Naudotojo vadovas laukų duomenims įkelti

Norint pradėti naudotis sistema, pirmiausia reikia susikurti anketą. Anketos kūrimas pradedamas paspaudus mygtuką „Registruotis“.



The screenshot shows a registration form with the following elements:

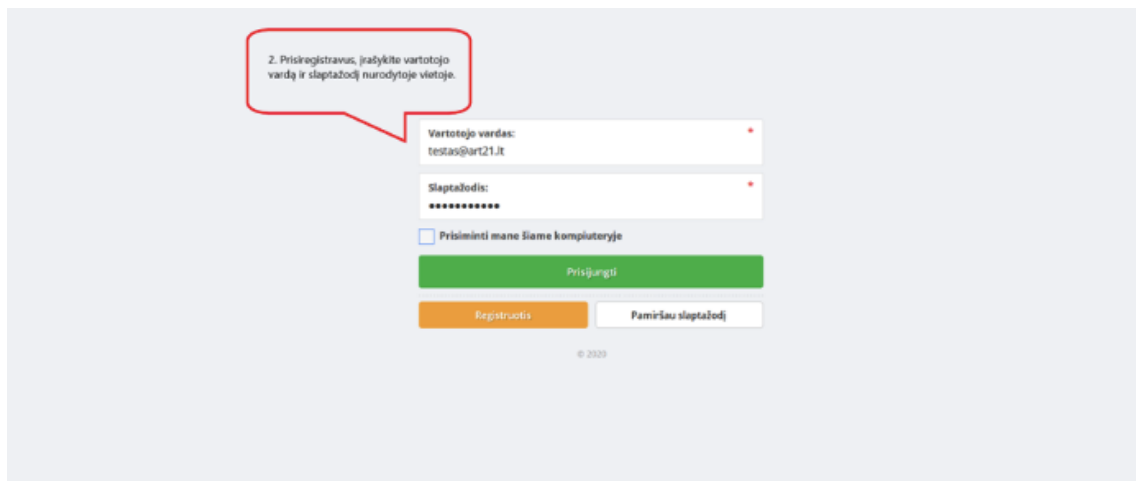
- Input field for "Vartotojo vardas:" (User name).
- Input field for "Slaptažodis:" (Password).
- A checkbox labeled "Prisiminti mane šiame kompiuteryje" (Remember me on this computer).
- A green "Prijungti" (Log in) button.
- An orange "Registruotis" (Register) button, which is highlighted with a red rounded rectangle.
- A grey "Pamiršau slaptažodį" (Forgot password) button.

A red callout box with a pointer to the "Registruotis" button contains the text: "1. Paspausti „Registruotis“ norint susikurti anketą." (1. Click "Register" to create a survey).

© 2020

2.8.1 pav. Anketos kūrimas (1)

Toliau reikia įvesti vartotojo vardą ir slaptažodį.



The screenshot shows the same registration form, but with the following details filled in:

- "Vartotojo vardas:" is filled with "testas@art21.lt".
- "Slaptažodis:" is filled with "*****".

A red callout box with a pointer to the input fields contains the text: "2. Priskirstavus, įrašykite vartotojo vardą ir slaptažodį nurodytoje vietoje." (2. After registration, enter the user name and password in the indicated place).

© 2020

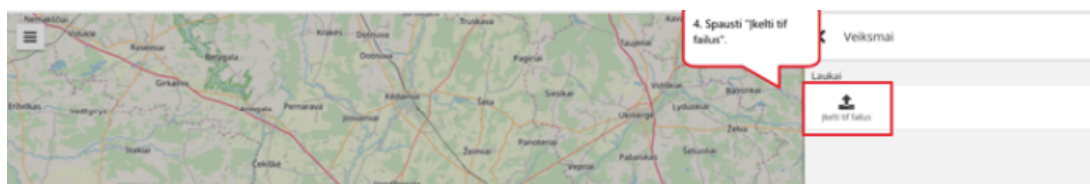
2.8.2 pav. Anketos kūrimas (2)

Susikūrus anketą, galima pradėti įkėlinėti laukų duomenis. Šis procesas pradedamas paspaudus mygtuką „Veiksmas“, esantį dešinėje pusėje.



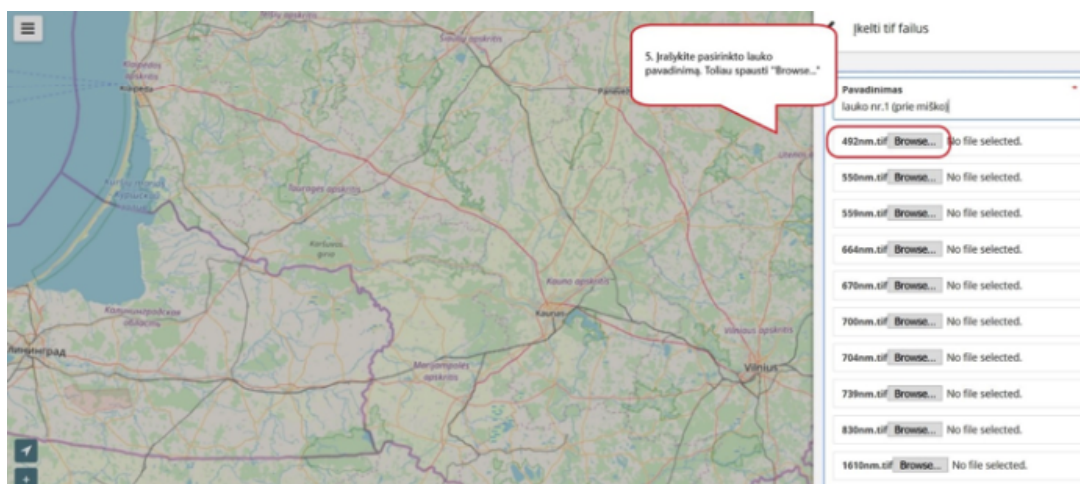
2.8.3 pav. Duomenų įkėlimas (1)

Toliau reikia spausti mygtuką „Įkelti tif failus“.



2.8.4 pav. Duomenų įkėlimas (2)

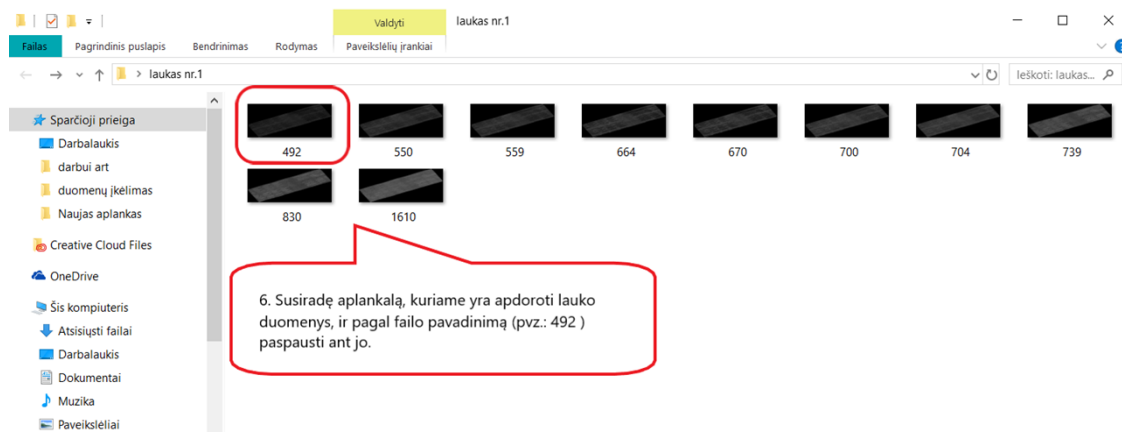
Įrašius pasirinkto lauko pavadinimą, reikia spausti mygtuką „Browse“.



2.8.5 pav. Duomenų įkėlimas (3)

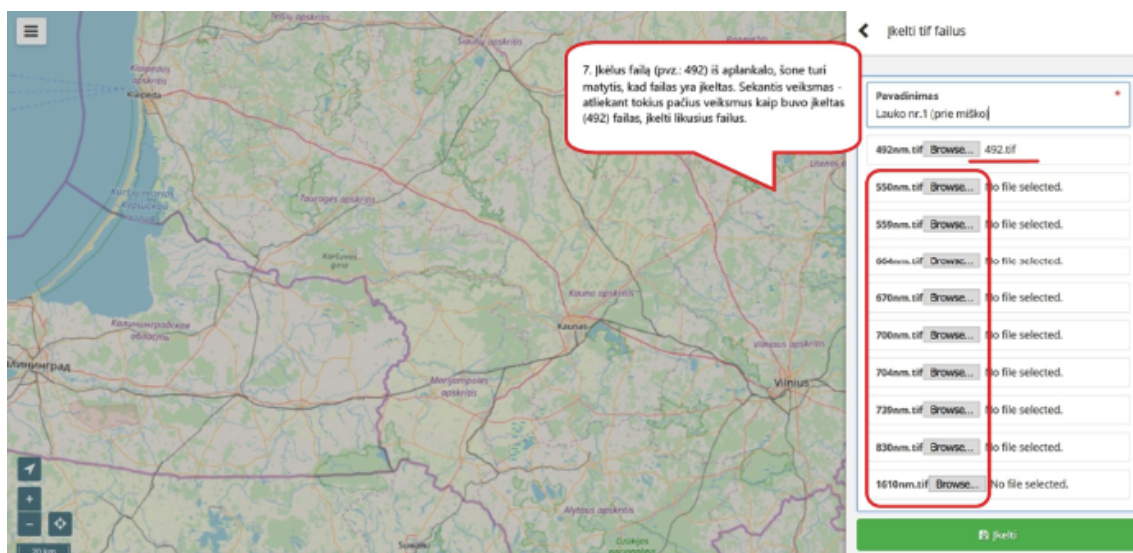
Svarbu atkreipti dėmesį į įkeliamų failų pavadinimus. Pvz., 492nm.tif > turi būti įkeltas pavadinimu – 492, 550nm.tif > – 550, 559nm.tif > – 559, 664nm.tif > – 664, 670nm.tif > – 670, 700nm.tif > – 700, 704nm.tif > – 704, 739nm.tif > – 739, 830nm.tif > – 830, o 1610nm.tif > – 1610.

Failas įkeliamas susiradus jį aplankale ir ant jo paspaudus.



2.8.6 pav. Duomenų įkėlimas (4)

Analogiškai įkeliami visi failai. Įkėlus failus, dešinėje pusėje turi matytis, kad jie įkelti.



2.8.7 pav. Duomenų įkėlimas (5)

Įkėlus visus failus, reikia paspausti mygtuką „Įkelti“ ir palaukti kelias minutes, kol laukas užsikraus žemėlapyje.



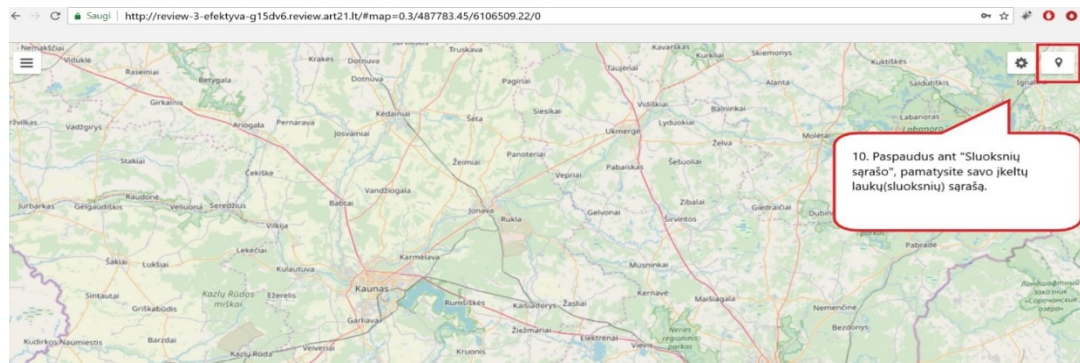
2.8.8 pav. Duomenų įkėlimas (6)

Jeigu žemėlapyje nerodo lauko, reiškia, kad sistema dar nespėjo sukonfigūruoti failų. Tokiu atveju po kelių minučių reikia perkrauti puslapį.



2.8.9 pav. Duomenų įkėlimo rezultatai (1)

Savo įkeltų laukų/sluoksnių sąrašą galima pamatyti paspaudus mygtuką „Sluoksnių sąrašas“, esantį dešinėje pusėje.



2.8.10 pav. Duomenų įkėlimo rezultatai (2)

APIBENDRINIMAS

Parengta tvaraus ūkininkavimo metodika padės žemės ūkio produkcijos gamintojams įvertinti savo ūkius tvarumo aspektu. Nustatytos rodiklių reikšmės rodo, kurioje srityje – ekonominėje, socialinėje ar/ir technologinėje – ūkiai turėtų priimti radikalesnius sprendimus siekiant geresnių rezultatų.

Manytume, kad dabartiniu metu žemės ūkio produkcijos gamintojams geriau apsimoka ne įsigyti bepiločius orlaivius, kurių galimybės buvo teigiamai įvertintos žemės ūkio subjektų bandymų metu, bet pirkti profesionalų paslaugas. Ši naujovė reikalauja gana didelių finansinių ir žmogiškųjų išteklių žinių aspektu. Bepiločių orlaivių kainos netolimoje ateityje turėtų mažėti. Stebima teigiama tendencija ir žinių įsigijimo aspektu: ūkininkai, ypač jaunieji, noriai dalyvauja lauko dienosose ir bandymuose.

Rekomenduojama žemės ūkio subjektams daugiau dėmesio skirti apskaitai, duomenų patikimumui, ekonominei analizei ir vertinimui.