Pesticidų likučių paplitimas meduje ir žiedadulkėse Lietuvos bitynuose

Petras Mačiulskis, Inga Jarmalaitė, Virginijus Vaičiūnas, Kristina Strielė, Agnė Matusevičiūtė, Miglė Valikonytė, Daiva Rogačienė, Renata Marozienė

Nacionalinis maisto ir veterinarijos rizikos vertinimo institutas

El.paštas: info@nmvrvi.lt

Santrauka

Pesticidų likučių gali būti meduje ir žiedadulkėse, nes bitės, rinkdamos nektarą ir žiedadulkes, gali būti tiesiogiai arba netiesiogiai veikiamos augalų apsaugos produktų. Šio darbo tikslas buvo nustatyti ir įvertinti iš Lietuvos bitynų surinktų medaus ir žiedadulkių mėginių užterštumą pesticidų likučiais. Pesticidai buvo tiriami naudojant multi pesticidų likučių nustatymo metodą, pagrįstą dujų ir skysčių chromatografija. Išanalizuoti 85 medaus ir 17 žiedadulkių mėginiai. Kiekviename medaus ir žiedadulkių mėginyje išanalizuotos 407 pesticidų analitės, atlikta aprašomoji medaus ir žiedadulkių užterštumo pesticidais paplitimo analizė.

Raktiniai žodžiai: medus, žiedadulkės, pesticidų likučiai, paplitimas

Įvadas

Medus yra natūralus saldus produktas, pagamintas *Apis mellifera* bičių iš augalų nektaro arba iš augalų gyvųjų dalių išskyrų, arba augalais mintančių vabzdžių išskyrų, likusių ant augalų gyvųjų dalių, kurias bitės surenka, perdirba papildydamos specifinėmis savo medžiagomis, supila į korius, išgarina drėgmę, subrandina [EC, 2001]. Medus ir jo fitocheminiai komponentai, kai kurie iš jų greičiausiai gaunami iš propolio, turi funkcinę reikšmę apsaugant bites nuo mikrobų patogenų, toksinų ir šalčio streso, taip pat reguliuojant vystymąsi ir suaugusių individų ilgaamžiškumą [Berenbaum, Calla, 2021]. Bičių žiedadulkės yra augalų žiedadulkių, bičių išskyrų ir nektaro mišinys [Khalifa et al., 2021]. Žiedadulkės, esančios bičių duonelės pavidalu, yra pagrindinis bitės baltymų šaltinis, jos taip pat aprūpina bitę lipidais, mineralais ir vitaminais. Žiedadulkių teikiami baltymai yra gyvybiškai svarbūs perų gamybai ir jaunų bičių vystymuisi [Bryś et al., 2021]. Bičių produktai naudojami kulinarijos, medicinos ir kosmetikos tikslais [Kowalczuk et al., 2023]. Bičių meduje ir žiedadulkėse gali būti žmonių sveikatai kenksmingų pesticidų likučių [Zafeiraki et al., 2022]. Pesticidai daro didelę įtaką tiek bičių sveikatai, tiek žmonėms vartoti skirtų bičių produktų saugai [Swiatly-Blaszkiewicz et al., 2025]. Todėl ES pesticidų likučių kiekis augalinės ir gyvūninės kilmės maiste ir pašaruose ar ant jų yra reglamentuojamas [EC, 2005]. Pesticidai apima platų cheminių junginių, įskaitant insekticidus, herbicidus, fungicidus ir akaricidus, klasę, kurie plačiai naudojami pasėliams apsaugoti ir žemės ūkio produktyvumui didinti [Savary et al., 2019]. Pesticidai dėl savo patvarumo gali kauptis aplinkos komponentuose toli nuo jų pradinės panaudojimo vietos. Bitės yra ypač jautrios tokiems teršalams, nes jos renka maistą dideliuose plotuose ir nuolat liečiasi su žiedadulkėmis, nektaru, vandeniu ir augalų dervomis. Dėl ribotų fermentinių detoksikacijos sistemų jos yra jautresnės šių junginių toksiškam poveikiui, net ir esant subletalinėms koncentracijoms. Pesticidų poveikis gali pakenkti bičių atminčiai, mokymosi gebėjimams, imuninei funkcijai ir orientacijai, todėl gali sumažėti jų šeimos [Khalifa et al., 2021; Zhao et al., 2022]. Pesticidų poveikis ir motinėlių netekimas laikomi pagrindinėmis bičių šeimos mirtingumo priežastimis [Fine et al., 2023]. Neonikotinoidiniai pesticidai yra pavojingiausi bitėms [Saleem et al., 2020]. Pesticidų naudojimas žemės ūkyje yra įprasta praktika, tačiau jų naudojimas ES negali kelti nepageidaujamo pavojaus ar ilgalaikio poveikio bitėms arba turėti neigiamos įtakos bičių šeimų išlikimui ir vystymuisi [EC, 2009]. Veterinariniai vaistai amitrazas [Pohorecka et al., 2018] ir kumafosas [Gregorc et al.,

2018] naudojami bičių šeimoms apsaugoti nuo *Varroa destructor* erkių. Veterinarinius vaistus rekomenduojama naudoti po medunešio, bet ne per medunešį. Negalima viršyti rekomenduojamos dozės ir rekomenduojamo naudojimo laiko. Negalima naudoti, kai yra žinomas atsparumas veterinariniams vaistams. ES nustatyta didžiausia amitrazo liekanų koncentracija meduje (DLK) – 0,2 mg/kg, o kumafoso – 0,1 mg/kg [EU, 2010]. Pesticidų likučių kiekis bičių produktuose gali skirtis priklausomai nuo medžiagos. ES didžiausias pesticidų likučių kiekis (DLK) meduje neturi viršyti 0,05 mg/kg. Be to, ES daugeliui medžiagų numatytoji kiekybinio nustatymo riba arba didžiausia leistina likučių koncentracija dažnai naudojama kaip 0,01 mg/kg pesticidų likučių koncentracija meduje ar žiedadulkėse [EU, 2018]. Šio darbo tikslas buvo nustatyti pesticidų likučių paplitimą medaus ir žiedadulkių mėginiuose, paimtuose iš Lietuvos bitynų.

Tyrimo metodika

Pesticidų likučių tyrimas atliktas vadovaujantis standartu LST EN 15662:2018 – Augaliniai maisto produktai. Pesticidų likučiai meduje ir žiedadulkėse buvo analizuojami daugialypiu (moduliniu) metodu pesticidų likučiams nustatyti naudojant dujų ir skysčių chromatografija pagrįstą analizę, atlikus ekstrahavimą acetonitrilu ir gryninimą dispersinio ekstrahavimo kietąja faze (SPE) metodu – moduliniu QuEChERS metodu [LSD, 2018]. Vandenyje ištirpintas medaus arba žiedadulkių tirpalas ekstrahuojamas acetonitrilu. Po mėginio ekstrakto valymo procedūrų gautas medaus arba žiedadulkių tirpalas analizuojamas dujų ir skysčių chromatografais su trigubais masių spektrometrais. Tikėtina tyrimų rezultatų pateikimo riba ne didesnė, nei 0,01mg/kg. Radus pesticidų kiekį viršijantį didžiausią leistiną koncentraciją, tyrimo eksperimentas pakartojamas, atliekamas tikslios koncentracijos nustatymas priedų metodu, kai į mėginį įdedamas žinomas pesticido likučio kiekis. Medaus ir žiedadulkių mėginiuose buvo tiriamos 407 pesticidų analitės, atlikta medaus ir žiedadulkių užterštumo pesticidais paplitimo aprašomoji analizė.

Tyrimo rezultatai

2025 m. liepos mėn. pesticidų likučių tyrimams buvo pateikti 85 medaus ir 17 žiedadulkių mėginiai. Pesticidų likučių rasta 70,6 proc. medaus mėginių ir 58,8 proc. žiedadulkių mėginių. Meduje 65 proc. mėginių rasta vieno pesticido likučių, 28,3 proc. mėginių – dviejų pesticidų likučių, 5 proc. mėginių – trijų pesticidų likučių, o 1,7 proc. mėginių – keturių pesticidų likučių (1 lentelė). Medaus mėginiuose aptikta neonikotinoidinių insekticidų (acetamiprido, flupiradifurono, flonikamido, tiametoksamo), fungicidų (boskalido, azoksistrobino, piraklostrobino), ES uždraustų pesticidų (dimetoato, tiakloprido) ir amitrazo skilimo produkto N-(2,4-dimetilfenil)formamido (2,4 DMPF) likučių (2 lentelė). Žiedadulkėse 40 proc. mėginių aptikta 2 pesticidų likučių, 20 proc. mėginių – 3 pesticidų likučių, 30 proc. mėginių – 4 pesticidų likučių ir 10 proc. mėginių – 6 pesticidų likučių (3 lentelė). Žiedadulkių mėginiuose aptikta neonikotinoidinių insekticidų (acetamiprido, flupiradifurono), repelento (N,N-dietil-m-toluamido), fungicidų (boskalido, azoksistrobino, piraklostrobino, protiokonazolo, metkonazolo, tebukonazolo) ir veterinarinių vaistų (amitrazo skilimo produkto – 2,4 DMPF ir permetrino) likučių (2 lentelė). Pesticidų deriniai turi sisteminį neigiamą poveikį bičių fiziologinei būklei [Almasri et al., 2020].

Neonikotinoidiniai pesticidai (neonikotinoidai) yra nikotininio acetilcholino receptoriaus (nAChR) agonistai, sukeliantys vabzdžių paralyžių ir mirtį [Casida, 2018]. Neonikotinoidai paprastai pasižymi plačiu insekticidinio aktyvumo spektru, mažu toksiškumu žinduoliams ir universaliais naudojimo būdais [Tomizawa, Casida, 2005].

Acetamiprido likučių buvo nustatyta 61,2 proc. medaus mėginių, iš kurių 21,2 proc. mėginių acetamiprido likučiai viršijo DLK (0,05 mg/kg). Acetamiprido likučių buvo rasta 47,1 proc.

žiedadulkių mėginių. Acetamipridо likučių kiekis viršijo 0,01 mg/kg 47,1 proc. žiedadulkių mėginių ir 0,05 mg/kg 11,8 proc. žiedadulkių mėginių. Acetamipridas yra pesticidų veiklioji medžiaga, pasižyminti insekticidiniu poveikiu, kurios patvirtinimas buvo atnaujintas iki 2033 m. vasario 28 d. [EU, 2018]. Acetamipridas kelia ilgalaikę riziką bičių sveikatai net ir esant subletalinėms koncentracijoms [Shi et al., 2025].

1 lentelė. **Savivaldybės, kurios teritorijoje bityno medaus mėginiuose buvo aptikta pesticidų likučių**

Pesticidų likučių pavadinimas	**Savivaldybės, kurios teritorijoje bityno medaus mėginiuose buvo aptikta pesticidų likučių, pavadinimas (mėginių, kuriuose aptikta pesticidų likučių, skaičius)**
Acetamipridas	Alytaus rajonas (1); Anykščių rajonas (1); Ignalinos rajonas (1); Jonavos rajonas (1); Joniškio rajonas (1); Kauno rajonas (2); Kelmės rajonas (2); Kėdainių rajonas (2); Klaipėdos rajonas (1); Kretingos rajonas (2); Kupiškio rajonas (2); Lazdijų rajonas (1); Mažeikių rajonas (2); Panevėžio rajonas (2); Pasvalio rajonas (1); Plungės rajonas (1); Šakių rajonas (1); Šiaulių rajonas (1); Šilalės rajonas (3); Širvintų rajonas (1); Telšių rajonas (1); Ukmergės rajonas (1); Vilkaviškio rajonas (1).
Flupiradifuronas	Alytaus rajonas (1); Jonavos rajonas (1); Jurbarko rajonas (1); Kauno rajonas (1); Klaipėdos rajonas (1); Ukmergės rajonas (1).
Tiaklopridas	Marijampolės savivaldybė (1).
Acetamipridas, flupiradifuronas	Biržų rajonas (1); Elektrėnų savivaldybė (1); Jurbarko rajonas (2); Kauno rajonas (1); Kelmės rajonas (1); Kėdainių rajonas (1); Marijampolės savivaldybė (2); Mažeikių rajonas (1); Pakruojo rajonas (1); Šiaulių rajonas (2); Vilkaviškio rajonas (1).
2,4-DMPF, flupiradifuronas	Rokiškio rajonas (1).
Acetamipridas, boskalidas	Jurbarko rajonas (1).
Acetamipridas, piraklostrobinas	Molėtų rajonas (1).
Acetamipridas, flupiradifuronas, dimetoatas	Biržų rajonas (1).
Acetamipridas, flupiradifuronas, tiametoksamas	Šakių rajonas (1).
Acetamipridas, boskalidas, flupiradifuronas	Joniškio rajonas (1).
Acetamipridas, azoksistrobinas, flonikamidas, flupiradifuronas	Tauragės rajonas (1).

Flonikamido likučiai buvo nustatyti 1,2 proc. medaus mėginių. Flonikamido likučių kiekis neviršijo DLK (0,05 mg/kg). Flonikamido likučių nerasta žiedadulkių mėginiuose. Flonikamidas - piridinkarboksamido junginys, priskirtas neonikotinoidinių grupių insekticidams [Chen et al., 2014], nors veikimo būdas skiriasi nuo kitų neonikotinoidų, naudojamas kaip sisteminis insekticidas nuo

vabzdžių [Meikle, Weiss, 2022]. Flonikamidas pasižymi selektyviu aktyvumu prieš tripsus ir blakės formos kenkėjus, tokius kaip amarai ir baltasparniai [Morita et al., 2007].

2 lentelė. **Pesticidų klasės ir jų likučių, randamų meduje ir žiedadulkėse, pavadinimai**

Neonikotinoidiniai insekticidai	Repelentai	Fungicidai	ES draudžiami pesticidai	Veterinariniai vaistai, biocidai
Medus				
Acetamipridas Flonikamidas Flupiradifuronas	-	Azoksistrobinas Boskalidas Piraklostrobinas	Dimetoatas Tiakloprid as	Amitrazo skilimo produktas – 2,4 DMPF Tiametoksamas
Žiedadulkės				
Acetamipridas Flupiradifuronas~~,~~	N,N-dietil-m-toluamidas	Azoksistrobinas Boskalidas Metkonazolas Piraklostrobinas Protiokonazolas Tebukonazolas	-	Amitrazo skilimo produktas – 2,4 DMPF Permetrinas

Flupiradifurono likučių buvo nustatyta 29,4 proc. medaus mėginių. Flupiradifurono likučiai neviršijo DLK (0,05 mg/kg). Flupiradifurono likučių buvo rasta 17,6 proc. žiedadulkių mėginių. Flupiradifurono likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) 5,9 proc. žiedadulkių mėginių. Flupiradifuronas yra sisteminis insekticidas, kuris, kaip ir neonikotinoidai, veikia nervų sistemoje esančius nikotininius acetilcholino receptorius (nAChR) [Nauen et al., 2015]. Flupiradifuronas yra naujas butenolidų grupės insekticidas, pirmą kartą patvirtintas kaip veiklioji medžiaga, skirta naudoti augalų apsaugos produktuose [EU, 2015]. *Megachile rotundata* bitės gali būti neproporcingai jautrios flupiradifuronui (EFSA, 2022].

Tiametoksamo likučiai buvo nustatyti 1,2 proc. medaus mėginių. Tiametoksamo likučių kiekis neviršijo DLK (0,05 mg/kg). Tiametoksamo likučių nerasta žiedadulkių mėginiuose. Tiametoksamas daro žalingą poveikį suaugusioms bitėms [Coulon et al., 2018], bičių lėliukėms (Tesovnik et al., 2017) ir lervoms [Tavares et al., 2017]. Nuo 2019 m. gegužės mėn. ES uždraudė naudoti tiametoksamą lauko sąlygomis [EU, 2018]. Tai reiškia, kad juo negalima beicuoti sėklų ar purkšti pasėlių atvirame lauke. Tiametoksamą leidžiama naudoti tik 18-o tipo biocidiniuose produktuose (insekticidai, akaricidai ir kitų nariuotakojų kontrolės produktai), kurie yra skirti kenkėjų kontrolei patalpose, pavyzdžiui, musėms naikinti gyvulininkystės patalpose [EU, 2020].

Repelento N,N-dietil-m-toluamido likučiai aptikti 5,9 proc. žiedadulkių mėginių. N,N-dietil-m-toluamido likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. N,N-dietil-m-toluamidas yra dažnas vabzdžius atbaidančių priemonių ingredientas. Jis gali sutrikdyti bičių chemosensorinį gebėjimą, ypač trumpalaikį antenos atsako į motinėlių lakiuosius elementus slopinimą [Singh et al., 2015]. N,N-dietil-m-toluamidas veikia bičių maitinimosi būseną [Abramson et al., 2010], žymiai sutrumpina bičių maisto paieškos laiką ir gėles lankančių bičių skaičių [Larson et al., 2020]. N,N-dietil-m-toluamidas purškalas kai kuriose Europos šalyse naudojamas kaip bites atbaidanti priemonė

medaus rinkimo metu. Todėl N,N-dietil-m-toluamido likučiai gali kauptis vaške ir meduje [Schroeder et al., 2007].

3 lentelė. **Savivaldybės, kurios teritorijoje bityno žiedadulkių mėginiuose buvo aptikta pesticidų likučių**

Pesticidų likučių pavadinimas	Savivaldybės, kurios teritorijoje bityno žiedadulkių mėginiuose buvo aptikta pesticidų likučių, pavadinimas (mėginių, kuriuose aptikta pesticidų likučių, skaičius)
Acetamipridas, N,N-dietil-m-toluamidas	Panevėžio rajonas (1)
Acetamipridas, boskalidas	Lazdijų rajonas (1)
Acetamipridas, piraklostrobinas	Jurbarko rajonas (1)
N, N-dietil-m-toluamidas, permetrinas	Vilkaviškio rajonas (1)
Acetamipridas, boskalidas, metkonazolas	Lazdijų rajonas (1)
Azoksistrobinas, boskalidas, flupiradifuronas	Pakruojo rajonas (1)
Permetrinas, acetamipridas, azoksistrobinas, protiokonazolas	Anykščių rajonas (1)
Acetamipridas, boskalidas, flupiradifuronas, piraklostrobinas	Mažeikių rajonas (1)
Acetamipridas, boskalidas, piraklostrobinas, tebukonazolas	Plungės rajonas (1)
2,4-DMPF, acetamipridas, azoksistrobinas, boskalidas, flupiradifuronas, protiokonazolas	Rokiškio rajonas (1)

Fungicidas azoksistrobinas buvo nustatytas 1,2 proc. medaus mėginių. Azoksistrobino likučių kiekis neviršijo DLK (0,05 mg/kg) medaus mėginiuose. Azoksistrobino likučių aptikta 17,6 proc. žiedadulkių mėginių. Azoksistrobino likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg). Azoksistrobinas yra veiksmingas strobilurinų grupės fungicidas, naudojamas žydėjimo metu augalų patogenams kontroliuoti. Bičių surinktas užterštas nektaras ir žiedadulkės neigiamai veikia bičių lervų ir lėliukų sveikatą [Duan et al., 2024].

Boskalido likučių paplitimas medaus mėginiuose buvo 2,4 proc. Boskalido likučių kiekis neviršijo DLK (0,05 mg/kg) medaus mėginiuose. Boskalido likučių buvo rasta 35,3 proc. žiedadulkių mėginių. Boskalido likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg). Boskalidas plačiai naudojamas žemės ūkyje, įskaitant rapsų auginimą, patogenams kontroliuoti sutrikdant grybelių mitochondrijų kvėpavimą [EFSA, 2019]. Boskalidas mažina bičių motinėlių reprodukcinę kokybę [Pineaux et al., 2023], taip pat sutrikdo bičių maisto paieškos funkcijas [Fischer et al., 2021].

Metkonazolo likučiai rasti 5,9 proc. žiedadulkių mėginių. Metkonazolo likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. Metkonazolas, plačiai naudojamas sterolių biosintezę slopinantis (SBI) fungicidas, paprastai laikomas mažai tiesioginio, ūmaus toksiškumo bitėms, kai naudojamas vienas.

Bičių mirtingumas, taikant rekomenduojamas lauko normas, yra mažesnis nei 10 proc. [Ulziibayar, Jung, 2019]. Jis kelia didelį pavojų dėl sinerginės sąveikos su insekticidais, ypač neonikotinoidais, žymiai padidindamas mirtingumą ir pakenkdamas bičių šeimos sveikatai [Almasri et al., 2020; Shepherd et.al, 2024].

Piraklostrobino likučiai buvo nustatyti 1,2 proc. medaus mėginių. Piraklostrobino likučių kiekis neviršijo DLK (0,05 mg/kg). Piraklostrobino likučiai rasti 17,6 proc. žiedadulkių mėginių. Piraklostrobino likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. Piraklostrobinas yra didelio efektyvumo, mažai toksiškas ir plataus spektro sisteminis strobilurinų fungicidas, kuris buvo registruotas ir plačiai naudojamas grybelių sukeliamoms ligoms, aptinkamoms įvairiuose nektaro ir žiedadulkių augaluose, išvengti ir kontroliuoti. Piraklostrobinas gali sumažinti bičių maistinių medžiagų apykaitą, paveikti imuninę sistemą ir bičių vystymąsi. Jis kelia didelį pavojų dėl sinerginės sąveikos su neonikotinoidais, žymiai padidindamas mirtingumą ir pakenkdamas bičių šeimos sveikatai [Almasri et al., 2020; Shepherd et.al, 2024]. Žemės ūkio praktikoje jį reikia naudoti atsargiai, ypač bičių apdulkinimo procese [Xiong et al., 2023].

Protiokonazolo likučiai nustatyti 11,8 proc. žiedadulkių mėginių. Protiokonazolo likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. Protiokonazolas rekomenduojamas grybelinėms ligoms kontroliuoti įvairiuose pagrindiniuose augaluose, tokiuose kaip medvilnė, kukurūzai, saulėgrąžos ir sojos pupelės, netaikant jokių apribojimų dėl naudojimo šių augalų žydėjimo laikotarpiu. Protiokonazolas yra triazolo fungicidas, kuris paprastai nesukelia didelio ūmaus bičių mirtingumo, tačiau sukelia subletalinį poveikį, sukeldamas molekulinius smegenų, virškinamojo trakto ir riebalinio kūno pokyčius [Kato et al., 2024].

Tebukonazolo likučiai aptikti 5,9 proc. žiedadulkių mėginių. Tebukonazolo likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. Tebukonazolas, plačiai naudojamas triazolo fungicidas, kelia didelę beveik mirtiną riziką bitėms, veikdamas kaip stresorius, sukeliantis kognityvinius sutrikimus, sutrikdantis smegenų redokso homeostazę ir keičiantis riebalų rūgščių sudėtį [Mackei et al., 2024]. Nors paprastai nesukelia greitos mirties (mažas ūmus toksiškumas), jis sutrikdo antioksidacines sistemas ir gali neigiamai paveikti lervų vystymąsi bei bičių motinėlių sveikatą (Saeed et al., 2025]. Fungicidas tebukonazolas laikomas mažai toksišku bitėms [Harriet et al., 2017].

Dimetoato likučių buvo nustatytas 1,2 proc. medaus mėginių. Dimetoato likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg). Dimetoatas yra mirtinas bitėms, kai jo koncentracija yra 0,2 µg vienai bitei [Kathirvelu et al., 2016]. Dimetoatas yra sisteminio poveikio neurotoksinis insekticidas, plačiai naudojamas kenkėjų kontrolei įvairiuose pasėliuose [Ribas et al., 2024]. Europoje, jis yra uždraustas [EU, 2019].

Tiakloprido likučiai buvo nustatyti 1,2 proc. medaus mėginių. Europos Sąjunga uždraudė tiaklopridą – neonikotinoidų šeimos insekticidą, kurio poveikis bitėms pastaraisiais metais buvo plačiai diskutuojamas. Nepaisant to, pagrindinės jo uždraudimo priežastys peržengė bičių ar aplinkos apsaugos ribas. Įtariama, kad tiaklopridas kenkia žmonių vaisingumui ir negimusiam vaikui, taip pat įtariamas kancerogenas [EU, 2020].

N-(2,4-dimetilfenil)formamido (2,4 DMPF) likučiai buvo nustatyti 1,2 proc. medaus mėginių. 2,4 DMPF likučių kiekis neviršijo DLK (0,2 mg/kg). 2,4 DMPF likučių rasta 5,9 proc. žiedadulkių mėginių. 2,4 DMPF likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. N-(2,4-dimetilfenil)formamidas (2,4 DMPF) yra amitrazo skilimo produktas. Amitrazas priklauso formamidino pesticidų klasei. Amitrazas kaip veterinariniai vaistaas naudojami bičių šeimoms apsaugoti nuo *Varroa destructor* erkių [Pohorecka et al., 2018]. Veterinarinius vaistus

rekomenduojama naudoti po medunešio, bet ne per medunešį. Negalima viršyti rekomenduojamos dozės ir rekomenduojamo naudojimo laiko. Amitrazo likučių DLK meduje yra 0,2 mg/kg [EU, 2010].

Permetrino likučiai rasti 11,8 proc. žiedadulkių mėginių. Permetrino likučiai viršijo DLK (0,01 mg/kg) žiedadulkių mėginyje. Permetrinas yra antiparazitinė veiklioji medžiaga, naudojama veterinarijoje ir žmonių medicinoje. Jis naudojamas gyvuliams ir naminiams gyvūnams nuo išorinių parazitų (utėlių, erkių, blusų, musių, erkių). Jis taip pat naudojamas nuo žemės ūkio ir namų kenkėjų. Jis priklauso sintetinių piretroidų cheminei klasei [Bäumer, Baynes, 2025]. Permetrinas yra labai nuodingas bitėms [Hagler et al., 1989]. Bitininkai privalo apsaugoti bičių šeimas nuo neigiamo permetrino poveikio, kai jis naudojamas.

Apibendrinimas. Pesticidų poveikis yra pagrindinė bičių nykimo priežastis, veikianti tiek tiesiogiai, tiek per subletalinį poveikį, kuris kenkia imuninei sistemai ir kognityvinėms funkcijoms, galiausiai sumažindamas šeimos gyvybingumą [Casida, 2018; Duan et al., 2024; Shepherd et.al, 2024]. Pesticidų deriniai turi sisteminį neigiamą poveikį bičių fiziologinei būklei [Almasri et al., 2020]. Neonikotinoidų, repelentų, fungicidų, veterinarinių vaistų, biocidų ir pesticidų, uždraustų pesticidų ES, likučių aptikimas (70,6 % medaus mėginių ir 58,8 % žiedadulkių mėginių) rodo, kad bičių šeimos yra veikiamos plačiai paplitusios aplinkos taršos pesticidais, o tai gali turėti didelės įtakos tiek bičių sveikatai, tiek maisto saugai. Didesnis pesticidų likučių kiekis meduje, dažnai rodo, kad tam tikri pesticidai, ypač sisteminiai arba naudojami avilyje kenkėjų kontrolei, gali kauptis arba išlikti medaus matricoje ilgiau nei trumpalaikėse žiedadulkių talpyklose. Kelių pesticidų derinys gali būti žymiai toksiškesnis bitėms nei bet kuris vienas pesticidas, todėl gali prisidėti prie bičių šeimos nykimo. Skirtingų pesticidų klasių aptikimas rodo, kad bičių šeimos yra veikiamos skirtingų pesticidų klasių neigiamo poveikio dėl galimai pesticidais apdorotų pasėlių, pesticidais užterštų laukų, dirvožemio ir vandens.

Literatūros sąrašas

1. Abramson C.I., Giray T., Mixson T.A., Nolf S.L., Wells H., Kence A., Kence M. (2010). Proboscis conditioning experiments with honeybees, Apis mellifera caucasica, with butyric acid and DEET mixture as conditioned and unconditioned stimuli. J Insect Sci. 2010;10:122. doi: 10.1673/031.010.12201. PMID: 20879917; PMCID: PMC3388969.

2. Almasri H., Tavares D.A., Pioz M., Sené D., Tchamitchian S., Cousin M., Brunet J-L., Belzunces L.P. (2020). Mixtures of an insecticide, a fungicide and a herbicide induce high toxicities and systemic physiological disturbances in winter *Apis mellifera* honey bees. Ecotoxicol. Environ. Saf., 203 (2020), https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111013

3. Bäumer W., Baynes R. (2021). Surface distribution of pyrethroids following topical application to veterinary species: Implications for lateral transport. *J vet Pharmacol Therap*. 2021; 44: 1–10. https://doi.org/10.1111/jvp.12907

4. Berenbaum M.R., Calla B. (2021). Honey as a Functional Food for Apis mellifera. Annu Rev Entomol. 2021 Jan 7;66:185-208. doi: 10.1146/annurev-ento-040320-074933. Epub 2020 Aug 17. PMID: 32806934.

5. Bryś M.S., Skowronek P., Strachecka A. (2021). Pollen Diet-Properties and Impact on a Bee Colony. Insects. 2021 Sep 6;12(9):798. doi: 10.3390/insects12090798. PMID: 34564238; PMCID: PMC8465107.

6. Casida J.E. (2018). Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators: Progress and prospects. Annu. Rev. Entomol. 2018;63:125–144. doi: 10.1146/annurev-ento-020117-043042.

7. Chen M., Tao L., McLean J., Lu C. (2014). Quantitative analysis of neonicotinoid insecticide residues in foods: Implication for dietary exposures. J. Agric. Food Chem. 2014;62:6082–6090. doi: 10.1021/jf501397m.

8. Coulon M., Schurr F., Martel A.C., Cougoule N., Begaud A., Mangoni P., Dalmon A., Alaux C., Le Conte Y., Thiery R., Ribiere-Chabert M., Dubois E. (2018). Metabolisation of thiamethoxam (a neonicotinoid

pesticide) and interaction with the Chronic bee paralysis virus in honeybees Pestic. Biochem. Physiol., 144 (2018), pp. 10-18, 10.1016/j.pestbp.2017.10.009

9. Duan X., Yao H., Tong W., Xiong M., Huang S., Li J. (2024). Azoxystrobin Exposure Impacts on Development Status and Physiological Responses of Worker Bees (*Apis mellifera* L.) from Larval to Pupal Stages. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024; 25(21):11806. https://doi.org/10.3390/ijms252111806

10. EC (European Community). (2001). Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. OJ L 10, 12.1.2002, pp. 47–52.

11. EC (European Community). (2005). Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC Text with EEA relevance. OJ L 70, 16.3.2005, pp. 1–16.

12. EC (European Community). (2009). Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC. OJ L 309, 24.11.2009, pp. 1–50.

13. EFSA (European Food Safety Authority), Anastassiadou M, Brancato A, CarrascoCabrera L, Greco L, Jarrah S, Kazocina A, Leuschner R, Magrans JO, Miron I, Nave S, Pedersen R,Reich H, Rojas A, Sacchi A, Santos M, Stanek A, Theobald A, Vagenende B and Verani A, 2019.Reasoned opinion on the modification of the existing maximum residue level for boscalid in honey. EFSA Journal 2019;17(11):5897, 25 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5897

14. EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues). (2022). Hernandez Jerez A., Adriaanse P., Berny P., Coja T., Duquesne S., Focks A., Marinovich M., Millet M., Pelkonen O., Pieper S., Tiktak A., Topping C., Widenfalk A., Wilks M., Wolterink G., Rundlöf M., Ippolito A., Linguadoca A., Martino L., Panzarea M., Terron A., Aldrich A. (2022). Statement on the active substance flupyradifurone. EFSA Journal 2022;20(1):7030, 55 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7030

15. Eteraf-Oskouei T., Najafi M. (2013). Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. Iran J Basic Med Sci. 2013 Jun;16(6):731-42. PMID: 23997898; PMCID: PMC3758027.

16. EU (European Union). (2010). Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin (Text with EEA relevance). *OJ L 15, 20.1.2010, pp. 1–72.*

17. EU (European Union). (2015). Commission Implementing Regulation (EU) 2015/2084 of 18 November 2015 approving the active substance flupyradifurone, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 (Text with EEA relevance). *OJ L 302, 19.11.2015, pp. 89–92.*

18. EU (European Union). (2018a). Commission Implementing Regulation (EU) 2018/113 of 24 January 2018 renewing the approval of the active substance acetamiprid in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 (Text with EEA relevance). C/2018/0248. OJ L 20, 25.1.2018, pp. 7–10.

19. EU (European Union). (2018b). Technical Guidelines for Determining the Magnitude of Pesticide Residues in Honey and Setting Maximum Residue Levels in Honey. SANTE/11956/2016 rev. 9. 14 September 2018. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://food.ec.europa.eu/system/files/2018 10/pesticides_mrl_guidelines_honey.pdf&ved=2ahUKEwj3qdah_6uKAxU_oa8BHc-bMfgQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw1SCY3bqTYvfnMV7WnNHG-m (accessed on 5 August 2025)

20. EU (European Union). (2020a). Commission Implementing Regulation (EU) 2020/23 of 13 January 2020 concerning the non-renewal of the approval of the active substance thiacloprid, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection

products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 (OJ L 8, 14.1.2020, p. 8).

21. EU (European Union). (2020b).Commission Delegated Regulation (EU) 2020/1068 of 15 May 2020 amending Annexes I and V to Regulation (EU) No 649/2012 of the European Parliament and of the Council concerning the export and import of hazardous chemicals (Text with EEA relevance). C/2020/3114. *OJ L 234, 21.7.2020, pp. 1–7*

22. Fine J.D., Foster L.J., McAfee A. (2023). Indirect exposure to insect growth disruptors affects honey bee (Apis mellifera) reproductive behaviors and ovarian protein expression. *PLoS ONE* . 2023, *18*, e0292176. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292176.

23. Fisher A., DeGrandi-Hoffman G., Smith B.H., Johnson M., Kaftanoglu O., Cogley T., Fewell J.H., Harrison J.F. (2021). Colony field test reveals dramatically higher toxicity of a widely-used mito-toxic fungicide on honey bees (Apis mellifera). Environ Pollut 269:115964. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115964

24. Gregorc A., Alburaki M., Rinderer N., Sampson B., Knight P.R., Karim S., Adamczyk J. (2018). Effects of coumaphos and imidacloprid on honey bee (Hymenoptera: Apidae) lifespan and antioxidant gene regulations in laboratory experiments. Sci Rep. 2018 Oct 9;8(1):15003. doi: 10.1038/s41598-018-33348-4. PMID: 30301926; PMCID: PMC6177410.

25. Hagler J.R., Waller G.D., Lewis B.E. (1989). Mortality of Honeybees (Hymenoptera: Apidae) exposed to permethrin and combinations of Permethrin with Pyperonyl Butoxide. Journal of Apiculture Research, 28 (4), 208-211. https://doi.org/10.1080/00218839.1989.11101186.

26. Harriet J., Campá J.P., Grajales M., Lhéritier C., Gómez Pajuelo A., Mendoza-Spina Y., Carrasco-Letelier L. (2017). Agricultural Pesticides and Veterinary Substances in Uruguayan Beeswax. Chemosphere. 2017;177:77–83. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.02.131.

27. Kathirvelu B., Sudha V., Chidambaram T. (2016). "Acute oral toxicity of dimethoate 30% ec on honey bee (Apis mellifera)" 1 (1): 5, https://www.academia.edu/32493047/Acute_Oral_Toxicity_of_Dimethoate_30_Ec_on_Honey_Bee_

28. Kato A.Y., Freitas T.A.L., Gomes C.R.A., Alves T.R.R., Ferraz Y.M.M., Trivellato M.F., De Jong D., Biller J.D., Nicodemo D. (20240. Bixafen, Prothioconazole, and Trifloxystrobin Alone or in Combination Have a Greater Effect on Health Related Gene Expression in Honey Bees from Nutritionally Deprived than from Protein Supplemented Colonies. Insects. 2024 Jul 11;15(7):523. doi: 10.3390/insects15070523. PMID: 39057256; PMCID: PMC11277445.

29. Khalifa S.A.M., Elashal M.H., Yosri N., Du M., Musharraf S.G., Nahar L., Sarker S.D., Guo Z., Cao W., Zou X., Abd El-Wahed A.A., Xiao J., Omar H.A., Hegazy M.F., El-Seedi H.R. (2021). Bee Pollen: Current Status and Therapeutic Potential. Nutrients. 2021 May 31;13(6):1876. doi: 10.3390/nu13061876. PMID: 34072636; PMCID: PMC8230257.

30. Kowalczuk I., Gębski J., Stangierska D., Szymańska A. (2023). Determinants of Honey and Other Bee Products Use for Culinary, Cosmetic, and Medical Purposes. Nutrients. 2023 Feb 1;15(3):737. doi: 10.3390/nu15030737. PMID: 36771447; PMCID: PMC9919050.

31. Larson, N.R.; O'Neal, S.T.; Bernier, U.R.; Bloomquist, J.R.; Anderson, T.D. Terpenoid-Induced Feeding Deterrence and Antennal Response of Honey Bees. *Insects* **2020**, *11*, 83. https://doi.org/10.3390/insects11020083

32. LSD (Lietuvos standartizacijos departamentas). (2018). LST EN 15662:2018 – Augaliniai maisto produktai. Daugialypis metodas pesticidų likučiams nustatyti naudojant dujų ir skysčių chromatografija pagrįstą analizę, atlikus ekstrahavimą acetonitrilu ir gryninimą dispersinio ekstrahavimo kietąja faze (SPE) metodu. Modulinis QuEChERS metodas. https://hdl.handle.net/20.500.12259/207534

33. Mackei M., Huber F., Sebők C., Vörösházi J., Tráj P., Márton R.A., Neogrády Z., Mátis G. (2024). Effective adaptation of flight muscles to tebuconazole-induced oxidative stress in honey bees. Heliyon. 2024 Dec 16;11(1):e41291. doi: 10.1016/j.heliyon. 2024.e41291. PMID: 39811324; PMCID: PMC11730214.

34. Meikle W.G., Weiss M. (2022). Field and Cage Studies Show No Effects of Exposure to Flonicamid on Honey Bees at Field-Relevant Concentrations. Insects. 2022 Sep 16;13(9):845. doi: 10.3390/insects13090845. PMID: 36135546; PMCID: PMC9502183.

Morita M., Ueda T., Yoneda T., Koyanagi T., Haga T. (2007). Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. Pest Manag. Sci. 2007;63:969–973. doi: 10.1002/ps.1423.

35. Nauen R., Jeschke P., Velten R., Beck M.E., Ebbinghaus-Kintscher U., Thielert W., Wölfel K., Haas M., Kunz K., Raupach G. (2015). Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. Pest Manag Sci. 2015 Jun;71(6):850-62. doi: 10.1002/ps.3932. Epub 2014 Nov 27. PMID: 25351824; PMCID: PMC4657471.

36. Pohorecka K., Kiljanek T., Antczak M., Skubida P., Semkiw P., Posyniak A. (2018). Amitraz Marker Residues in Honey from Honeybee Colonies Treated with Apiwarol. J Vet Res. 2018 Dec 10;62(3):297-301. doi: 10.2478/jvetres-2018-0043. PMID: 30584608; PMCID: PMC6295988.

37. Ribas A., Botina L.L., Araújo R.S., Vidigal M.L., Alves B.C.S., Martins G.F. (2024). Exploring honey bee toxicological data as a proxy for assessing dimethoate sensitivity in stingless bees. Chemosphere. Volume 354, April 2024, 141652. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141652.

38. Saleem M.S., Huang Z.Y., Milbrath M.O. (2020). Neonicotinoid Pesticides Are More Toxic to Honey Bees at Lower Temperatures: Implications for Overwintering Bees. Front. Ecol. Evol. 8:556856. doi: 10.3389/fevo.2020.556856

39. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nat Ecol Evol* 3, 430–439 (2019). https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y

40. Saeed N.S., Ahmed S.A., Ahmed Z.H., Amro A.M., Mohamed I.A. (2025). Mixture toxicity of tebuconazole and fluopyram to honeybee (Apis mellifera L.): Effects on survival, feeding and antioxidant defenses. Journal of Plant Protection Research. 2025;65(2):211–222. doi:10.24425/jppr.2025.155052.

41. Schroeder A., Fritz B., Weber D., Wallner K. (2007) A bee repellent endangers the quality of bee products. Apidologie 38 , 495–496

42. Shepherd S., Park Y.G., Krupke C.H. (2024). Effects of common co-occurring pesticides (a neonicotinoid and fungicide) on honey bee colony health in a semi-field study. Heliyon. 2024 Apr 23;10(9):e29886. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29886. PMID: 38707404; PMCID: PMC11066323.

43. Shi J., Wang X., Luo Y. (2025). Honey bees prefer moderate sublethal concentrations of acetamiprid and experience increased mortality. Pesticide Biochemistry and Physiology. Volume 208, March 2025, 106320. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2025.106320

44. Singh N.K., Eliash N., Kamer Y., Zaidman I., Plettner E., Soroker V. (2015).The effect of DEET on chemosensing of the honey bee and its parasite Varroa destructor. Apidologie, 2015, 46 (3), pp.380-391. 10.1007/s13592-014-0330-1.

45. Swiatly-Blaszkiewicz A., Klupczynska-Gabryszak A., Matuszewska-Mach E., Matysiak J., Attard E., Kowalczyk D., Adamkiewicz A., Kupcewicz B., Matysiak J. (2025). Pesticides in Honeybee Products—Determination of Pesticides in Bee Pollen, Propolis, and Royal Jelly from Polish Apiary. *Molecules*. 2025; 30(2):275. https://doi.org/10.3390/molecules30020275

46. Tavares D.A., Dussaubat C., Kretzschmar A., Carvalho S.M., Silva-Zacarin E.C.M., Malaspina O., Berail G., Brunet J.L., Belzunces L.P. (2017). Exposure of larvae to thiamethoxam affects the survival and physiology of the honey bee at post-embryonic stages. Environ. Pollut., 229 (2017), pp. 386-393, 10.1016/j.envpol.2017.05.092

47. Tesovnik T., Cizelj I., Zorc M., Citar M., Bozic J., Glavan G., Narat M. (2017). Immune related gene expression in worker honey bee (*Apis mellifera carnica*) pupae exposed to neonicotinoid thiamethoxam and Varroa mites (*Varroa destructor*). PLoS One, 12 (10) (2017), Article e0187079, 10.1371/journal.pone.0187079

48. Tomizawa M., Casida J.E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of selective action. Annu. Rev. Pharmicol. Toxicol. 2005;45:247–268. doi: 10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930.

49. Ulziibayar D., Jung C. (2019). Comparison of Acute Toxicity of Different Groups of Pesticides to Honey Bee Workers (Apis Mellifera L.). Journal of Apiculture, 34(4), 305-313. https://doi.org/10.17519/apiculture.2019.11.34.4.305.

50. Xiong M., Qin G., Wang L., Wang R., Zhou R., Luo X., Lou Q., Huang S., Li J., Duan X. (2023). Field recommended concentrations of pyraclostrobin exposure disturb the development and immune response of worker bees (Apis mellifera L.) larvae and pupae. Front. Physiol. 14:1137264. doi: 10.3389/fphys.2023.1137264

51. Zafeiraki E., Kasiotis K.M., Nisianakis P., Manea-Karga E., Machera K. (2022). Occurrence and human health risk assessment of mineral elements and pesticides residues in bee pollen. *Food Chem. Toxicol.* **2022**, *161*, 112826. https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.112826

52. Zhao H., Li G., Cui X., Wang H., Liu Z., Yang Y., Xu B. (2022). Review on effects of some insecticides on honey bee health. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2022, *188*, 105219. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105219