

KOKIA ŠVIESA SKATINA FOTOSINTEZĖS PROCESĄ?

11-12 kl.

Marijampolė, 2026

KOKIA ŠVIESA SKATINA FOTOSINTEZĖS PROCESĄ?

1. Veiklos vizitinė kortelė

Laboratorija	Biologijos ir chemijos
Tema	Kokia šviesa skatina fotosintezės procesą?
Klasė	11-12 klasė
Veiklos pobūdis	Darbas grupėse po 2–3 mokinius.
Integruojami dalykai	Biologija, chemija, matematika, fizika, informacinės technologijos, technologijos
Raktiniai žodžiai	Fotosintezė, fotosintezės pigmentai, spektrofotometrija, mikrovaldiklis, <i>Arduino</i> , programavimo aplinka, RGB kodas, šviesa, bangos ilgis
Anotacija	Įprastai apie fotosintezę kalbama kaip apie gamtoje vykstantį procesą, kurio metu augalai ir kiti chlorofilo turintys organizmai, naudodami saulės energiją, iš anglies(IV) oksido (CO_2) ir vandens (H_2O) pasigamina gliukozę ir išskiria deguonį. Chloroplastuose esantys pigmentai sugeria tam tikrų šviesos bangų ilgių energiją ir ją paverčia cheminių ryšių energija. Mokslininkai yra pastebėję, kad iš ląstelių (chloroplastų) išskirtas chlorofilas nepraranda gebėjimo sugerti šviesą ir perduoti elektroną. Atlikdami tyrimą, iš pasirinkto augalo išskirsime pigmentus, užrašysime jų sugerties spektrus. Pagal sugerties bangos ilgį nustatysime tinkamiausi šviesos bangos ilgį fotosintezei vykti. Žinant tinkamiausios šviesos RGB kodą, sukonstruosite augalų augimą skatinančią lempą ir ją praktiškai išbandysite naudojant špinato lapo diskelius.
Tikslas	sukurti augalų augimą skatinančios lempos prototipą ir jį išbandyti
Uždaviniai	1. Mokiniai iš augalų dalių (lapų), pasigamins heksaninį pigmentų ekstraktą. 2. Mokiniai spektrofotometru užrašys išgrynintų augalų pigmentų sugerties spektrus, jų bangos ilgį 3. Mokiniai, pagal augalų pigmentų sugerties bangos ilgį nustatys augalui augti geriausios šviesos RGB kodą 4. Mokiniai savarankiškai sukonstruos augalų augimą skatinančios lempos prototipą, suprogramuos LED juostą šviesti pagal gautą RGB kodą 5. Mokiniai, naudojant špinato lapo diskelius, nustatys šviesos įtaką fotosintezės procesui
Numatomas rezultatas	Remdamiesi eksperimento rezultatais mokiniai gebės paaiškinti, kodėl fotosintezės pigmentai geriausiai sugeria violetinės spalvos šviesos spindulius. Naudodami mikrovaldiklius, mokės programuoti LED juostas.
Specialiosios priemonės	Spektrofotometras, Arduino mikrovaldiklis, LED juosta, jungiamieji laidai, konstrukcinės medžiagos ir kanceliarinės priemonės, kompiuteris su naršykle, programos <i>Arduino IDE</i> .
Tyrimo metodai	Ekperimentas, konstravimas, programavimas.
Išankstinės žinios	Fotosintezės procesas, chromatografija, fizikos žinios (banga, dažnis).

2. Veiklų vadovas mokytojui ir centro darbuotojui

2.1. Pasirengimas darbui (jei reikia) prieš atvykstant į centrą

2.1.1. Ryšys su bendrosiomis programomis

Biologija

- 1.1. Paaiškinti ir pritaikyti pagrindines biologijos mokslo koncepcijas ir sąvokas.
- 1.2. Susiplanuoti ir atlikti biologinius tyrimus, analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.
- 1.3. Pritaikyti matematinius ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir problemoms spręsti.
- 1.4. Kitiškai vertinti biologinius atradimus socialiniu, ekonominiu ir aplinkosaugos aspektais, diskutuoti apie šio mokslo perspektyvas.
- 2.5. Apibūdinti energijos ir medžiagų virsmus ląstelėje ir organizme.
- 2.5.4. Apibūdinti fotosintezę kaip augalų ląstelėse vykstantį procesą, kurio metu šviesos energija vartojama organinėms molekulėms sintetinti. Susieti šių molekulių panaudojimą su augalo augimu: naujų ląstelių susidarymu, viduląstelinio kvėpavimo ir medžiagų kaupimu.
- 2.5.5. Susieti šviesos intensyvumą su augalo augimu ir didesnio derliaus gavimu.

Chemija

- 1.3. Prasmingai taikyti įgytas chemijos žinias praktikoje ir kasdienėje veikloje.
- 9.2. Apibūdinti medžiagų sandaros tyrimo metodus

Fizika

- 1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir spręsti uždaviniams.
- 6.1. Palyginti šviesos kvantines ir bangines savybes, paaiškinti šviesos emisiją ir sugertį, šiuolaikinių šviesą spinduliuojančių įrenginių fizikinius principus.

Matematika

- 1.1. Atpažinti ir naudoti natūraliuosius, trupmeninius, neigiamuosius skaičius. Paprastais atvejais palyginti du bet kokius skaičius. Taikyti apytikslio skaičiavimo ir skaičių apvalinimo taisykles paprastiems uždaviniams spręsti.
- 3.1. Naudotis dviejų dydžių priklausomybes nusakančiomis lentelėmis, grafikais ir formulėmis, sprendžiant paprastus praktinio ir matematinio turinio uždavinius.

Technologijos

- 4.1. Planuoti technologinius kūrybinių idėjų įgyvendinimo procesus, sudaryti technologinę schemą, numatyti privalumus ir galimus sunkumus.

4.2 Pagal sudarytą technologinę schemą atrinkti darbo priemones, medžiagas, organizuoti darbo vietą, saugiai, nuosekliai, kokybiškai, racionaliai gaminti gaminius, kontroliuoti technologinius procesus, sutvarkyti darbo vietą

Informacinės technologijos

1.3 Atlikti veiksmus, būdingus daugumai kompiuterių programų.

1.1 Paaiškinti IKT naudą kasdienei žmogaus veiklai.

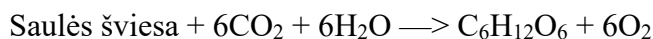
6.1 Valdyti pagrindines skaičiuoklės priemones.

6.3 Apdoroti skaitinius duomenis.

2.1.2. Teorinė medžiaga apie darbą ir nagrinėjamus reiškinius mokytojui ir centro darbuotojui

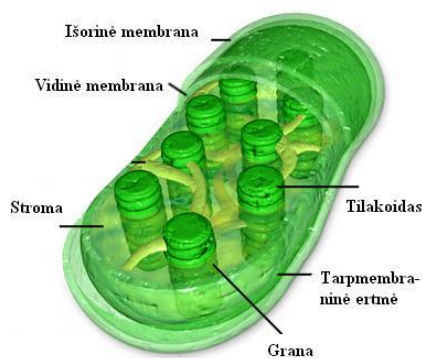
Fotosintezė

Fotosintezė – tai procesas, kuriam vykstant iš neorganinių junginių sintetina organinė medžiaga. Fotosintetinantys organizmai vadinami gamintojais (autotrofais). Vykstant fotosintezei susidaro deguonis, kurį kvėpavimui naudoja visi aerobai. Fotosintezę vykdo augalai, melsvabakterės, dumbliai, kerpės. Svarbiausias junginys, susidarantis fotosintezės metu, yra gliukozė, todėl fotosintezę galima apibūdinti kaip procesą, kurio metu Saulės šviesos energija verčiama gliukozės cheminių ryšių energija [1]. Organinės medžiagos sintetina iš anglies dioksido ir vandens, o kaip šalutinis produktas išsiskiria deguonis. Šio proceso metu iš mažai energijos turinčių medžiagų – anglies dioksido ir vandens – sintetina daug energijos turintis angliavandenis gliukozė [2].

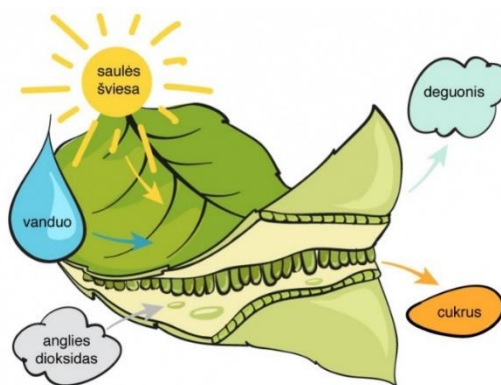


Fotosintezės metu pagaminta gliukozė augaluose gali būti naudojama kaip statybinė ar energinė medžiaga arba kaupiama ląstelėse krakmolo pavidalu [1].

Fotosintezė vyksta tik tose ląstelėse, kuriose yra žalios plastidės – chloroplastai (1 pav., a). Iš tokių ląstelių sudaryti lapai, todėl jie laikomi augalo fotosintezės organais, bet ji gali vykti ir žolinių augalų stiebų, taurėlapių, neprinokusių sėklų, vaisių ląstelėse bei kitose žaliose augalų dalyse (1 pav.,



a)

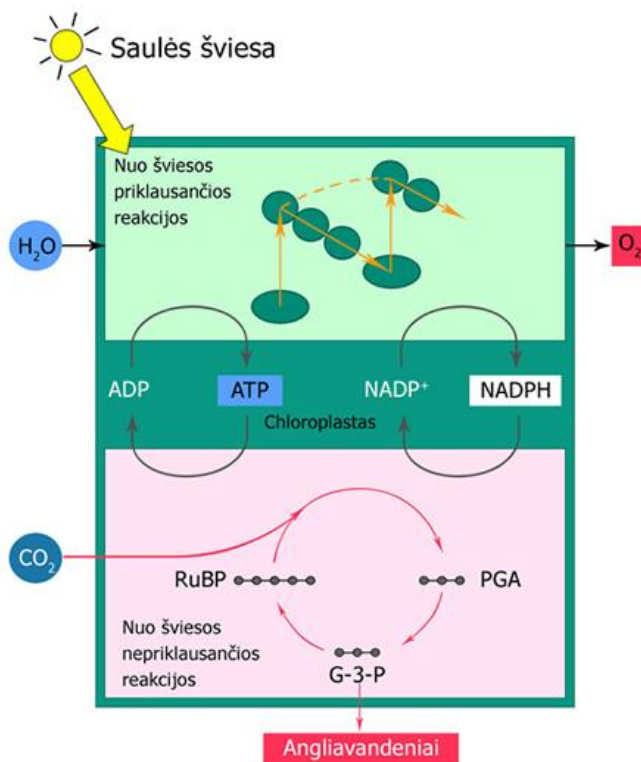


b)

1 pav. a) Chloroplasto sandara, b) Fotosintezė augale.

Fotosintezės eiga

Šviesos fazė – nuo šviesos priklausančios reakcijos	Tamsos fazė – nuo šviesos nepriklausančios reakcijos
Būtina šviesa , kuri sužadina chlorofilą.	Gali vykti ir be šviesos .
Vyksta chloroplastų tilakoiduose . Tai šviesos energijos sugėrimo reakcijos.	Vyksta chloroplastų stromoje . Tai sintezės reakcijos.
Fotosintezės šviesos fazė prasideda apšvietus chloroplastą regimąja šviesa .	Tilakoide susidariusios ATP ir NADPH molekulės patenka į stromą ir naudojamos CO ₂ redukuoti.
Tuomet vyksta tokie procesai: Skaidomas vanduo (fotolizė) , todėl susidaro O₂ , kuris vėliau pašalinamas pro žioteles dujų pavidalu; Susidaro atominis vandenilis – vandenilio jonai sąveikauja su specialiu nukleotidu NADP ⁺ , kuris virsta redukuotu NADPH. Šis junginys keliauja į tamsos fazės reakcijų grandinę; ATP sintezė – sintetinama ATP, ji ir bus naudojama tamsos fazės reakcijoms. Taigi, šviesos fazėje susidaro O₂, ATP ir NADPH .	Vyksta angliavandenių sintezė , kurios metu naudojamas CO ₂ ir dalyvauja daugybė fermentų. Pagaminama C ₆ H ₁₂ O ₆ . Šioje fazėje vykstančios reakcijos vadinamos bendru pavadinimu – Kalvino ciklas . Taigi, tamsos fazėje susidaro gliukozė , kuri gali būti paversta kitais angliavandeniais.



2 pav. Fotosintezės fazės

Fotosintzei turintys įtakos veiksniai

Fotosintezės aktyvumas priklauso nuo apšvietimo intensyvumo, CO₂ kiekio, oro temperatūros, drėgmės, mikroelementų, šviesos sprekto [1].

Apšvietumas. Fotosintezės reakcijos prasideda esant silpnam apšvietumui. Jam didėjant, fotosintezės intensyvumas iš pradžių taip pat didėja, bet vėliau pasiekama riba, kai ji stabilizuojasi, o didinant apšvietumą nepaspartinama. Kai suyra chlorofilas, fotosintezės intensyvumas pradeda mažėti [1].

Temperatūra. Daugelio augalų fotosintezė prasideda aukštesnėje negu 0°C temperatūroje. Tačiau nustatyta, kad eglės, pušys fotosintetina net ir esant -15°C. Kylant temperatūrai iki 25-30°C šilumos, fotosintezės greitis didėja. Toliau ją keliant intensyvumas pradeda mažėti. Tik karštų dykumų augalai gali fotosintetinti ir esant aukštesnei negu +30°C temperatūrai [1].

Drėgmė. Vanduo reikalingas kaip pradinė medžiaga organiniams junginiams sintetinti bei žiotelėms varstyti. Kai jo stinga, žiotelės užsiveria ir nutrūksta CO₂ difuzija, todėl fotosintezė sustoja. Augalui nenaudinga ir didelė drėgmė. Tuomet jo epidermio ląstelės prisotina vandens, išbrinksta ir mechaniškai suspaudžia žiotelių varstomąsias ląsteles [1].

CO₂ kiekis atmosferoje. Iširta, kad didėjant CO₂ koncentracijai, intensyvėja fotosintezė ir būna geresnis augalų derlius. Auginant lauko kultūras, CO₂ kiekį galima padidinti tręšiant dirvą organinėmis trąšomis. Kuo daugiau patręšta, tuo daugiau CO₂ į aplinką išskiria mikroorganizmai, šias trąšas skaidydami. Šiltnamiuose CO₂ koncentraciją galima padidinti dirbtinai, tuomet suintensyvėja augalų fotosintezė ir būna geresnis derlingumas [1].

Mikroelementai. Fotosintezės procesui vykti yra svarbūs įvairūs cheminiai elementai: N (fermentams, ATP, NADP⁺ susidaryti), P (įeina į ATP sudėtį), Mg (įeina į chlorofilų sudėtį) ir kiti. Jeigu augalai iš dirvos negauna šių elementų, negali vykti arba sulėtėja daugelis fotosintezės reakcijų [1].

Fotosintezės reikšmė biosferai

Vykstant fotosintzei, naudojamas atmosferoje esantis CO₂, kuris išsiskiria kvėpuojant visiems organizmams, pūvant organinėms liekanoms, veikiant ugnikalniams, degant įvairiam kurui

Naudodami CO₂, fotosintetikai mažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentraciją.

Visas O₂, esantis atmosferoje ir ištirpęs vandenyje, susidarė vykstant fotosintzei. O₂ yra būtinas ląsteliniam kvėpavimui, degimui. Fotosintezė padeda reguliuoti deguonies ir anglies dioksido kiekį atmosferoje [1].

Augalų pigmentai

Išskirtas iš ląstelių (chloroplastų) chlorofilas nepraranda gebėjimo sugerti šviesą, o augaluose funkcionuojančią elektronų pernašos sistemą galima imituoti.

Pigmentas – (lot. *pigmentum* – dažai): 1. biol. spalvota medžiaga, lemianti organizmų audinių spalvą; 2. smulkiadisversė kieta, netirpi, spalvota, dažymui vartojama medžiaga; (<https://www.lietuviuzodynas.lt/terminai/Pigmentas>). Pigmentas sugeria vienas regimojo spektro dalis (jos apibūdinamos spinduliuotės bangos ilgiais) ir praleidžia (ar atspindi) kitas. Dėl tokio selektyvumo pigmentas įgyja spalvą.

Yra žinoma, kad augalų lapų, žiedų, stiebų, šaknų ir vaisių spalvingumas priklauso nuo jų gaminamų pigmentų, chlorofilų, karotinoidų ir daugelio flavonoidų grupės junginių, taip pat ir antocianų [3].

Evoliucijos metu kiekviena augalų šeima įgyja gebėjimą sintetinti tam tikras pigmentų sistemas, išskyrus chlorofilą ir karotinoideus, kurie paplitę visuose žaliuosiuose augaluose. Jie laikomi esminiais seniausių žemės gyventojų – dumblių – pigmentais. Aukštesnieji augalai sintetina kur kas daugiau ir įvairesnių pigmentų [3].

Augalijos spalvingumas yra ilgai trukusios augalų evoliucijos padarinys ir priklauso nuo vidinių augalo savybių bei aplinkos veiksnių. Kadangi augalų pigmentai turi didelę reikšmę augalų, taip pat ir žmonių, gyvenime, jie yra visapusiškai tiriami [3].

Fotosintezės pigmentai

Jau žinome, kad augaluose atrasta net keli šimtai įvairių spalvų pigmentų. Atsižvelgiant į cheminę sudėtį ir struktūrą, jie suskirstyti į 4 grupes: chlorofilus, karotinoideus, fikobilinus ir flavonoidus. Fotosintezėje iš jų dalyvauja chlorofilai, fikobilinai ir kai kurie karotinoidai [3].

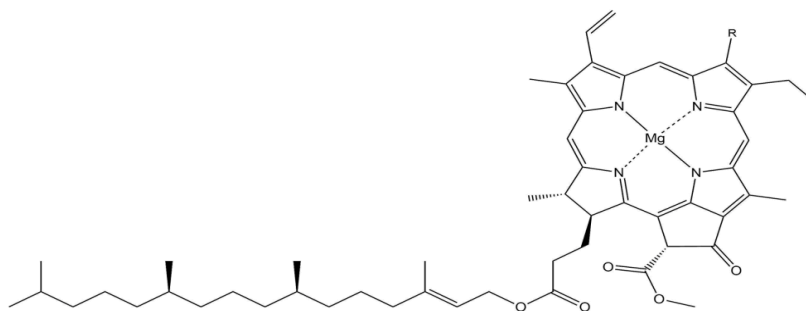
Chlorofilai

Jie daugiausiai pasitaiko augalų lapuose ir nudažo juos žalia spalva, todėl daugelis mano, kad lapuose tėra tik vienas chlorofilas, bet tai yra netiesa. Chlorofilų būna įvairių:

1. Chlorofilas *a* ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$; R pakaitas $-CH_3$) yra melsvai žalias, be jo nevyksta fotosintezė, todėl jo turi visi žalieji augalai.
2. Chlorofilas *b* ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$; R pakaitas $-CHO$) yra gelsvai žalias, taip pat labai paplitęs. Jo, išskyrus žaliadumblius ir euglendumblius, nerasta tik dumbliuose, tačiau visuose augaluose jo yra mažiau negu chlorofilo *a* (vidutinis santykis 3:1, bet gali būti net 5:1).

Chlorofilų struktūra

Chlorofilų struktūra buvo nustatyta tiriant jų skilimo dėl rūgščių ir šarmų poveikio eigą. Pirmajam tai pavyko padaryti G. Fišeriui 1940 m. po 10 metų trukusių tyrimų. Pasirodė, kad jie yra sudėtingos dikarboninės chlorofilino rūgšties esteriai. Viename rūgšties karboksile vandenilis pakeistas metanolio (CH_3OH), o kitame – fitolio ($C_{20}H_{39}OH$) liekana. Fitolis – netirpus vandenyje nesotusis alkoholis, izopreno darinys. Į kai kurių chlorofilų sudėtį jis neįeina. Visų chlorofilų centrinės molekulės dalies struktūra yra vienoda (žr. 3 pav.) [3].



3 pav. Chlorofilų *a* ir *b* molekulės sandara

Chlorofilų struktūra labai sudėtinga, vis dėlto nesunku pastebėti, kad pagrindinis struktūrinis jų vienetas yra pirolas. Metino tilteliais ($=CH-$) sujungti keturi jo žiedai ir magnio(II) jonas sudaro

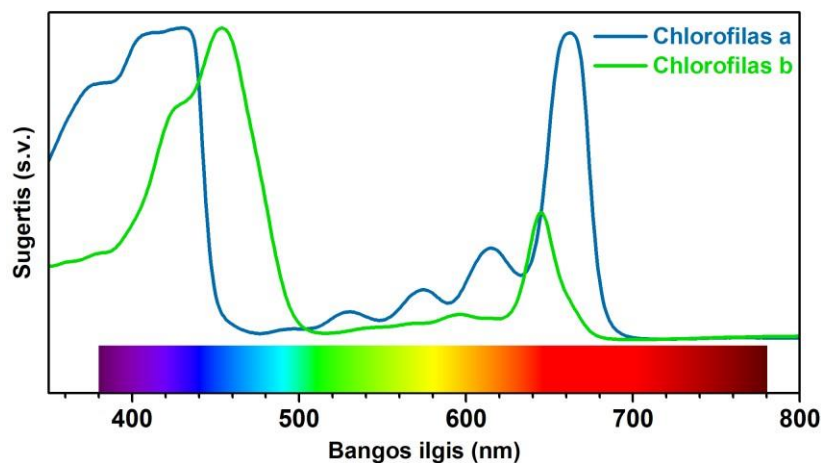
kiekvieno chlorofilo molekulės branduolį – porfirino žiedą. Prie jo dar prisijungęs nedidelis ciklopentano žiedas. Jis sudarytas iš ketopropiono rūgšties liekanos ir turi chemiškai aktyvią karbonilinę ir metilintą karboksilinę grupę. Magnio(II) jonas chlorofilų molekulėse dviem kovalentinėmis (–) ir dviem koordinacinėmis (···) jungtimis sąveikauja su pirolo žiedų azoto atomais arba jonais. Šios jungtys nėra pastoviai fiksuotos, todėl, pakitus kitų chlorofilo molekulės dvigubų jungčių padėčiai, gali pasikeisti vietomis.

Cheminės ir fotocheminės chlorofilų savybės

Būdinga visų chlorofilų savybė yra ta, kad jie prastai tirpsta vandenyje. Be to, chlorofilai greitai pakinta veikiami šarmų ir rūgščių, todėl, išskiriant juos į vandeninę terpę, reikėtų stebėti, kad vanduo būtų neutralus. Dėl jau minėto prasto tirpimo vandenyje chlorofilai iš lapų ar kitų augalų dalių dažniausiai yra ekstrahuojami įvairiais organiniais tirpikliais – metanoliu, etanoliu, acetonu, heksanu, eteriu ir kt. Kaip matome, chlorofilas tirpsta tiek nepoliniuose (heksanas, eteris), tiek poliniuose (metanolis, etanolis, acetonas) organiniuose tirpikliuose. Tai yra susiję su pačia chlorofilo molekulės sandara, kurioje yra tiek įvairių hidrofobinių angliavandenilių grupių (nulemiančių tirpumą nepoliniuose tirpikliuose), tiek hidrofiliinių karbonilo, aldehydinių, karboksirūgščių, esterinių grupių (nulemiančių tirpumą poliniuose tirpikliuose).

Augaluose chlorofilai būna susijungę su baltymais ir lipidais. Chlorofilus ekstrahuojant šie ryšiai nutrūksta ir dėl to pakinta kai kurios jų savybės. Augale esantys chlorofilai atsparūs įvairiems aplinkos veiksniams, o ekstrahuoti iš augalų chlorofilai pasidaro labai jautrūs šviesai bei deguoniui ir jų veikiami greitai praranda spalvą, išblunka. Šio reiškinio priežastis – fotooksidacija. Chlorofilų ekstraktas ilgai neišblunka tamsoje ir aplinkoje be deguonies.

Svarbiausia chlorofilo savybė yra geba sugerti šviesos spindulius. Chlorofilai intensyviausiai sugeria violetinius ir mėlynus ($\lambda = 380\text{--}480\text{ nm}$) bei raudonus ($\lambda = 620\text{--}680\text{ nm}$) regimosios šviesos spindulius, o kitų spindulių beveik nesugeria. Chlorofilų geba sugerti violetinius ir mėlynuosius spindulius susijusi su dvigubųjų konjuguotų jungčių sistema porfirino žiede. Raudonųjų spindulių sugertį lemia pirolo žiede esantys vandenilio atomai ir porfirino žiedo centre esantis magnis. Chlorofilų *a* ir *b* sugerties (absorbcijos) spektrai yra pavaizduoti 4 pav. Akivaizdu, kad chlorofilų *a* ir *b* sugertis šiek tiek skiriasi. Abiejuose junginiuose sugertis raudonoje srityje faktiškai nesikeičia. Didžiausias sugerties skirtumas matomas mėlynoje srityje. Chlorofilas *a* mėlynoje srityje sugeria spinduliuotę iki $\sim 430\text{ nm}$, o chlorofilas *b* – beveik iki 500 nm . Vienintelis skirtumas tarp chlorofilo *a* ir *b* cheminės sudėties yra pakaitas R. Chlorofile *a* tai yra metilo grupė $-\text{CH}_3$, o chlorofile *b* – aldehydinė grupė $-\text{CHO}$. Aldehydinėje grupėje esantys dvigubieji ryšiai padidina konjuguotų jungčių skaičių, todėl bendra konjuguotos sistemos energija mažėja, t. y. gali sugerti mažesnės energijos (ilgesnių bangų) elektromagnetinę spinduliuotę (žr. 4 pav.). Tokiu būdu atskyrus chlorofilą *a* ir *b* ir užrašius jų sugerties spektrus, galima nesunkiai identifikuoti, kuriame buteliuke kurio chlorofilo tirpalas yra.



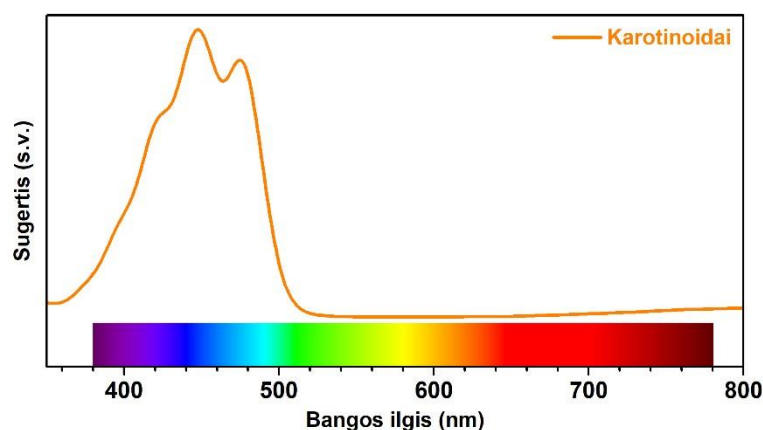
4 pav. Chlorofilų a ir b, išskirtų iš ažuolo lapų, sugerties spektrai

Karotinoidai

Karotinoidais vadinami oranžinės, geltonos, raudonos ir rudos spalvos pigmentai, kurių randama beveik visuose augaluose ir gyvūnų organizmuose, išskyrus kai kuriuos grybus. Iš viso dabar žinoma apie 400 įvairių karotinoidų. Visi jie turi hidrofobinių savybių, todėl iš augalų ekstrahuojami organiniais tirpikliais – benzinu, eteriu, heksanu ir kt. Atsižvelgiant į cheminę sudėtį, karotinoidai skirstomi į dvi grupes: bedeguonius ir deguoninius.

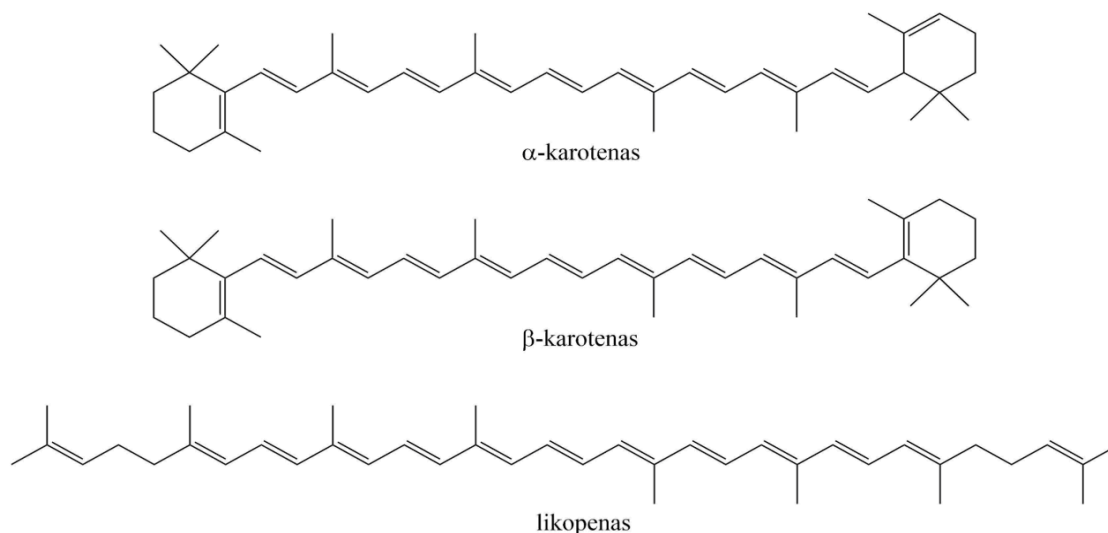
Karotinoidai yra svarbūs augalų dauginimuisi. Nustatyta, kad jie skatina žiedadulkių dygimą ir veikia spermatozoidų judrumą, tačiau svarbiausia karotinoidų funkcija – dalyvavimas fotosintezėje. Jie sugeria violetinius, mėlynus ir žalius spindulius, o jų energiją perduoda chlorofilams. Karotinoidai taip pat apsaugo chlorofilus nuo fotooksidacijos: jei nebūtų karotinoidų, tai susidaręs chlorofilas tuoj pat suirtų.

Karotinoidų spalvą lemia konjuguotos dvigubųjų ryšių sistemos ilgis. Kuo karotinoido molekulė turi daugiau konjuguotų dvigubųjų ryšių, tuo mažesnė yra visos sistemos energija, todėl sugertis slenka į ilgesnių bangų (mažesnių energijų) pusę, t. y. junginys darosi vis „raudonesnis“. 5 pav. pateikiamas karotinoidų, išskirtų iš ažuolo lapų, tirpalo heksane sugerties spektras. Karotinoidai intensyviai sugeria regimosios šviesos violetinę, mėlyną ir žydrą spinduliuotę ir praleidžia kitų spalvų (žalia, geltona, oranžinė ir raudona) spinduliuotę, todėl nesugerta spinduliuotė atrodo kaip šių spalvų mišinys, t. y. geltona.



5 pav. Karotinoidų, išskirtų iš ažuolo lapų, sugerties spektras

Pagrindinių bedeguonių karotinoidų struktūrinės formulės pateikiamos 6 pav.



6 pav. α -karoteno, β -karoteno ir likopeno struktūrinės formulės

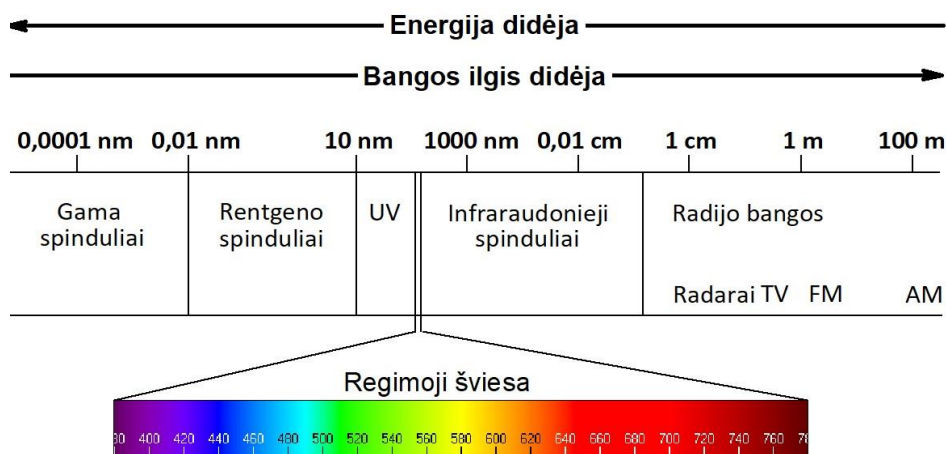
Reikia pridurti, kad visi karotinoidai lengvai redukuojasi arba oksiduojasi. Kai konjuguotų dvigubųjų jungčių sistema dėl oksidacijos ir (ar) redukcijos procesų trumpėja, karotinoidų spalva pamažu blunka, kol galiausiai junginiai tampa bespalviai. Karotinoidai taip pat lengvai prisijungia ir atmosferos deguonį, todėl ilgesnį laiką juos galima išlaikyti tik inertinėje aplinkoje.

Mišinių išskirstymo būdai – ekstrakcija, filtravimas ir chromatografija

Šiame darbe įvairiose augalų dalyse (lapuose) esantys pigmentai nuo augalo matricos bus atskirti ekstrakcijos metodu. Ekstrakcija – tai kietųjų arba skystųjų mišinių perskyrimas tirpikliu, tirpinančiu tik tam tikrus komponentus [5]. Sutrinti augalų lapai bus veikiami organiniu tirpikliu (etanoliu arba heksanu), kuris ištirpina augalų pigmentus. Ištirpę augalų pigmentai bus perfiltruojami, taip atskiriant juos nuo netirpios matricos, kurios pagrindą sudaro celiuliozė [4].

Organinių junginių struktūrai nustatyti plačiai naudojami spektrinės analizės metodai. Jie pagrįsti molekulių gebėjimu sugerti tam tikro ilgio elektromagnetinės spinduliuotės bangas.

7 pav. parodytas elektromagnetinių bangų diapazonas, energija ir regimosios šviesos spektras:

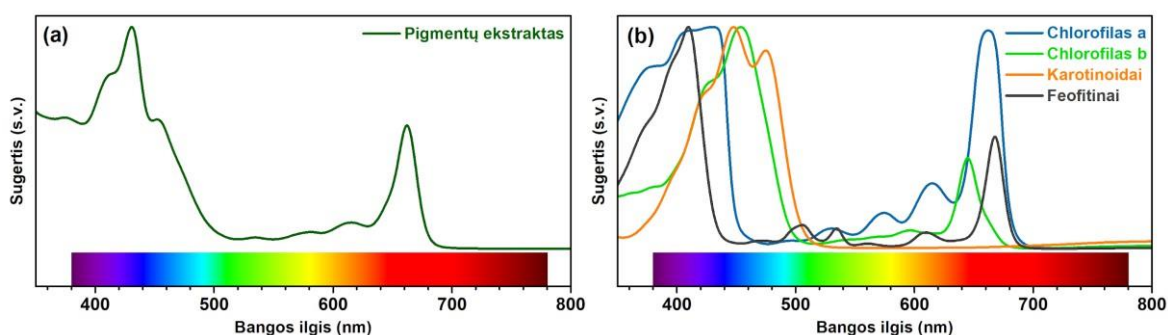


7 pav. Elektromagnetinės spinduliuotės bangos ilgis ir energija

Šiame darbe taikomas ultravioletinės (UV) ir regimosios šviesos spektroskopijos metodas. Spektrofotometre, tiriamąjį mėginį apšvitinus tam tikro dažnio ir energijos spinduliuote, bus užrašyti konkrečių pigmentų sugerties spektrai.

Skirtingų augalų pigmentų sugerties spektrų analizė leis išsiaiškinti, kokią elektromagnetinės spinduliuotės sugerties dalį jie atspindi, taip pat nustatyti tikslų medžiagos spalvos atspalvį, išmatuoti medžiagos koncentraciją tirpaluose.

Chromatografiškai atskyrus augalų lapuose esančius pigmentus, matuojami jų sugerties (absorbcijos) spektrai spektrofotometru. Gera mintis yra pasimatuoti ir pigmentų mišinio sugerties spektrą. Tada galima palyginti atskirų pigmentų spektrus su viso mišinio spektru ir priskirti ten esančias sugerties juostas (ar smailes) konkreitiems pigmentams. 8 pav. kaip pavyzdys pateikiami ąžuolo lapų pigmentų mišinio ir atskirtų pigmentų sugerties spektrai.

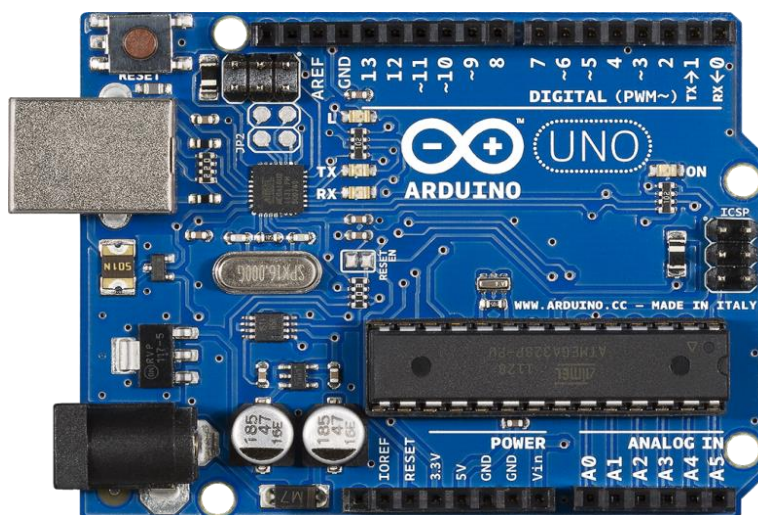


8 pav. *Ąžuolo lapų pigmentų ekstrakto (a) ir atskirtų pigmentų (b) sugerties spektrai*

Sugerties spektrai paprastai turi smailes ir (arba) juostas, pagal kurias galima nustatyti, kokį pigmentą išskyrėme. Pačios sugerties vertės tiesiogiai negalima išmatuoti, tačiau pakanka nustatyti maksimalią sugertį tam tikrame bangos ilgio intervale.

Mikrovaldiklis *Arduino*

Arduino – tai atvirojo kodo programuojamas elektroninis prietaisas (9 pav.), su kuriuo galima kurti įvairiausių elektroninius prietaisus – nuo paprasto termometro iki pažangiausio roboto. Šis instrumentas suteikia kuriamam projektui daugiau galimybių „jausti“ ir kontroliuoti fizinį pasaulį. Tai atvirojo kodo platforma, todėl ji tapo populiari ir plačiai naudojama visame pasaulyje.



9 pav. *Arduino UNO R3* mikrovaldiklis

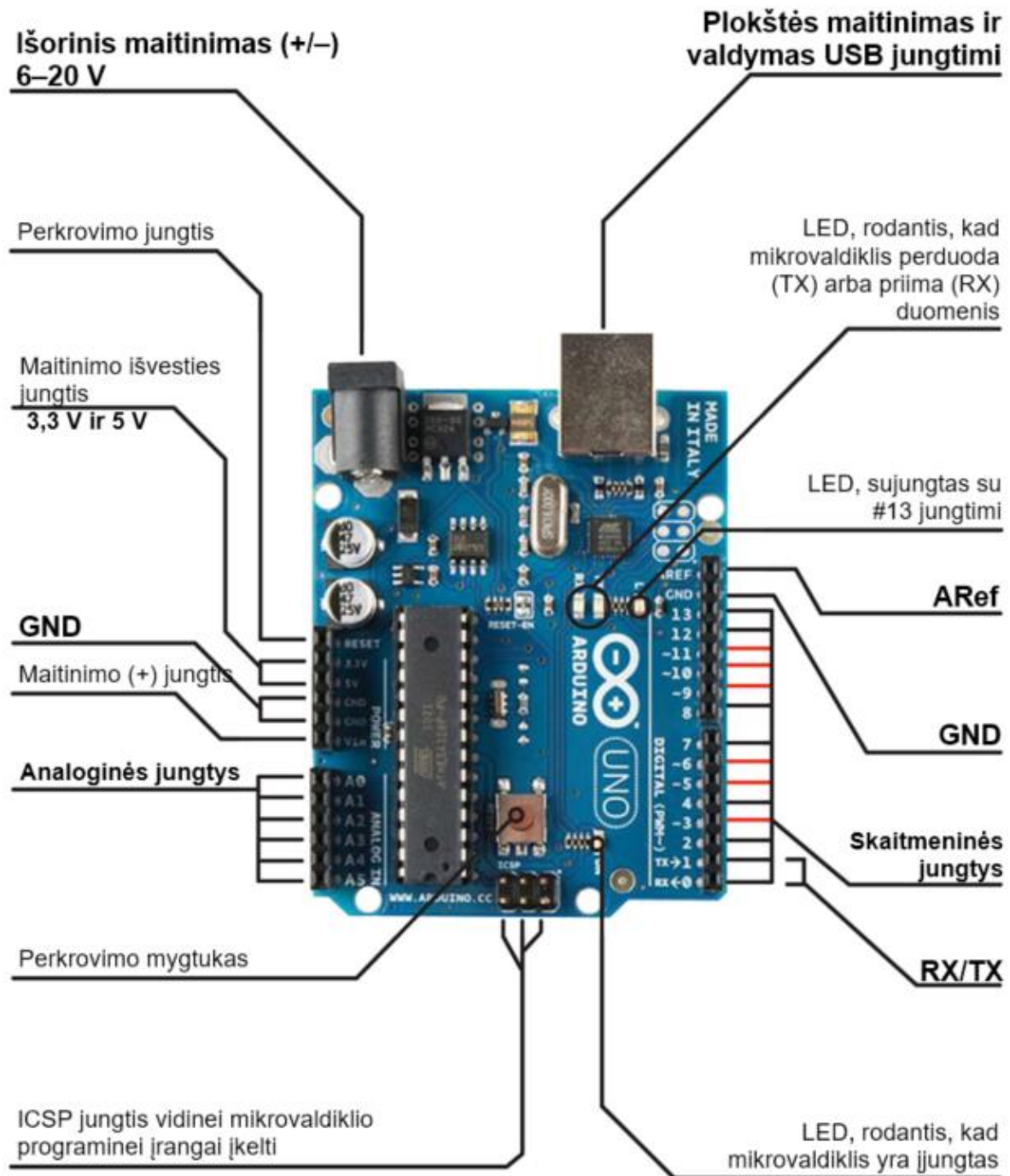
Arduino naudoja supaprastintą C++ programavimo kalbos versiją, kuri visus jos sudėtingumus, t. y. keistų operacijų ir pavadinimų kratinį, paverčia suprantamais funkcijų pavadinimais. *Arduino* specialiai buvo sukurtas menininkams. Tad perprasti tokią programavimo kalbą tikrai nėra sudėtinga.

Dar vienas *Arduino* pranašumas – tai, kad jam yra sukurti įvairūs papildomi priedėliai – išplėtimo plokštės (angl. *shield*), kurios labai palengvina inžinieriaus darbą. Jos suteikia galimybę *Arduino* prijungti prie interneto, *Wi-Fi* tinklo, *Bluetooth* ryšio, valdyti keletą servovariklių ar nuolatinės srovės, žingsninių variklių, naudoti SD atminties korteles, išvesti informaciją į ekraną ir kt. Projekto schemų sujungimas tada tampa labai paprastas, dauguma atvejų net nereikalaujantis specifinių elektroninių schemų sujungimo, išvesčių litavimo žinių.

Su *Arduino* eksperimentuoti galima panašiai kaip su *LEGO* – dėlioji detales ir iš karto matai rezultatą. Tačiau būtina laikytis tam tikrų taisyklių, kad nesudegtų mikrovaldiklis – svarbu žinoti plokštės išvestis, jų paskirtį ir funkcijas.

Jungiant mikrovaldiklį į elektros grandinę būtina nepadaryti „trumpo jungimo“ – sujungti maitinimo išvestis su *GND* („žemė“). Todėl visada privalu atidžiai patikrinti surinktą elektros grandinę.

Daugiau informacijos apie *Arduino* galite rasti oficialiojoje svetainėje: <http://arduino.cc/>.



10 pav. Arduino UNO išvestys

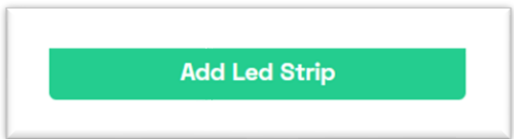
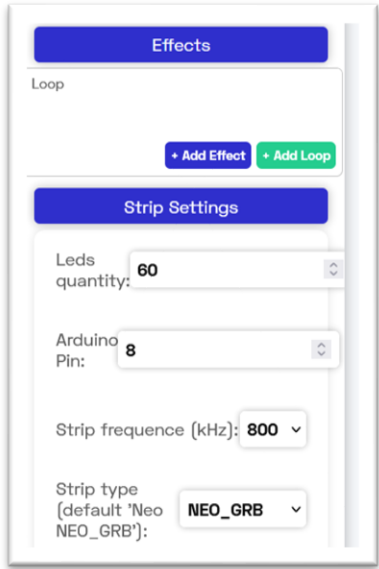
LED juostos programavimas naudojant *Neopixel LED Strip Effects generator*

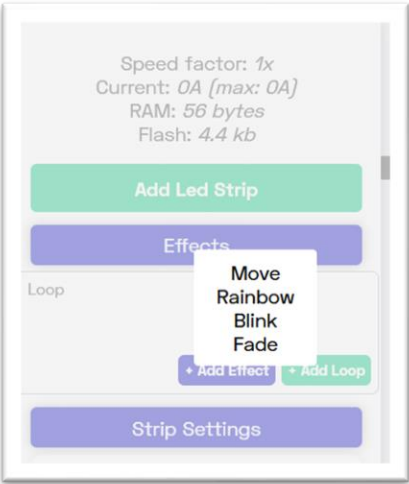
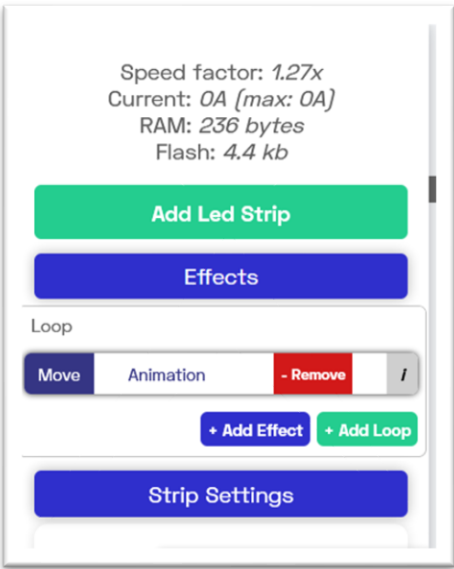
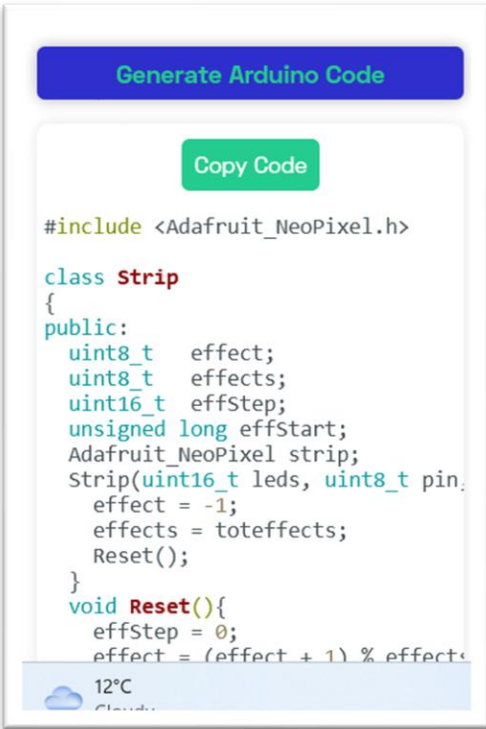
Neopixel LED Strip Effects generator –įrankis, leidžiantis vartotojams sukurti įvairius „Neopixel“ LED juostų apšvietimo efektus. Neopikseliai yra individualiai adresuojami šviesos diodai, kuriuos galima valdyti mikrovaldikliais arba specializuotais neopikselių valdikliais. Generatorius paprastai yra programinė įranga, valdanti Neopixel LED juostos išvestį, leidžianti vartotojams pritaikyti efektus pagal savo skonį.

Neopixel LED Strip Effects generator gali būti naudojamas įvairioms reikmėms, įskaitant namų dekoravimą, scenos apšvietimą ir komercinius ekranus. Jie yra populiarūs tarp „pasidaryk pats“ entuziastų ir kūrėjų, nes juose galima pritaikyti aukštą apšvietimo projektų pritaikymo ir kūrybiškumo lygį.

Neopixel LED Strip Effects generator yra pasiekiamas adresu: <https://adrianotiger.github.io/Neopixel-Effect-Generator/>

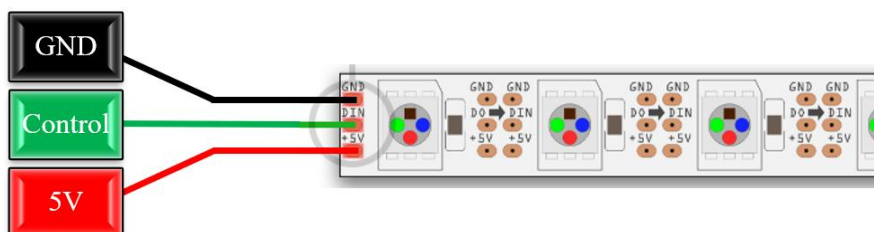
Kaip naudotis *Neopixel LED Strip Effects generator*?

1	Paspauskite ant „ <i>Add LED Strip</i> “. Taip bus pridėta viena LED juostelė.	
2	Paspauskite ant pridėto LED juostelės ir paspauskite „ <i>Strip Settings</i> “. Pasirinkite Arduino PIN ir šviesos diodų kiekį.	

3	Paspauskite "Add Effect". Galite matyti keturis pasirinkimo variantus – „Move“, „Fade“, „Blink“, „Rainbow“.	
4	Pasirinkę jums tinkamą efektą, galima keisti animacijos parametrus paspaudus ant „Animation“. Galima keisti tokius parametrus kaip spalvas, efekto greitį, uždelsimą, žingsnių skaičių ir kitus.	
5	Norint nusikopijuoti sugeneruotą kodą spauskite „Generate Arduino Code“ ir „Copy Code“.	 <pre> #include <Adafruit_NeoPixel.h> class Strip { public: uint8_t effect; uint8_t effects; uint16_t effStep; unsigned long effStart; Adafruit_NeoPixel strip; Strip(uint16_t leds, uint8_t pin, effect = -1; effects = toteffects; Reset(); } void Reset(){ effStep = 0; effect = (effect + 1) % effects; } }; </pre>

LED juostos prijungimas prie *Arduino*

LED juosta paprastai turi tris prijungimo išvestis:



17 pav. LED juostos išvestys

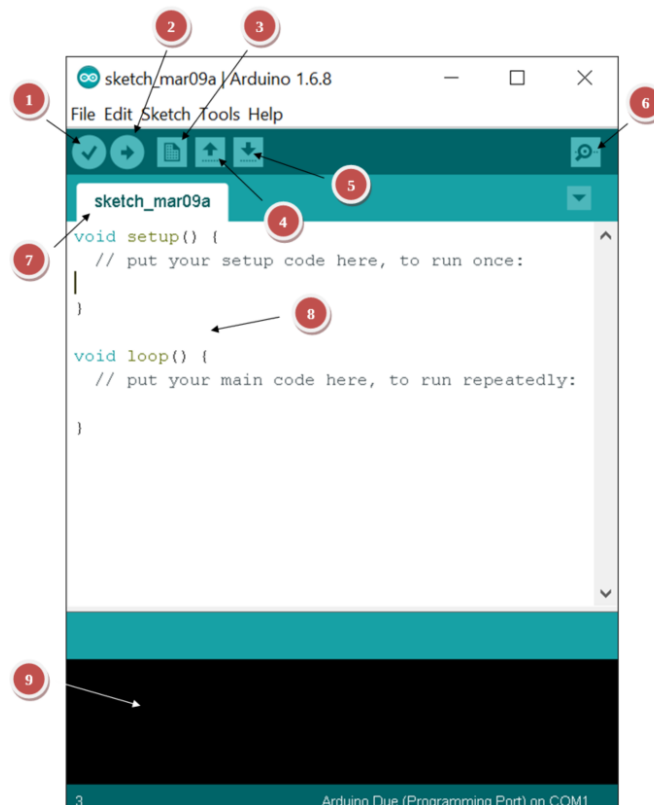
GND – „žemės“ jungtis, kuri naudojama tiek maitinimo, tiek valdymo lygmeniui nustatyti.

5V – nuolatinės maitinimo įtampos jungtis.

Control – valdymo jungtis.

LED juostų naudojamas spalvinis žymėjimas gali skirtis, bet raudonas laidas yra skirtas 5V, „žemės“ (GND) laidas yra juodas arba rudas. Valdymo laidas būna oranžinis, geltonas arba baltas.

Arduino programavimo aplinka (IDE)

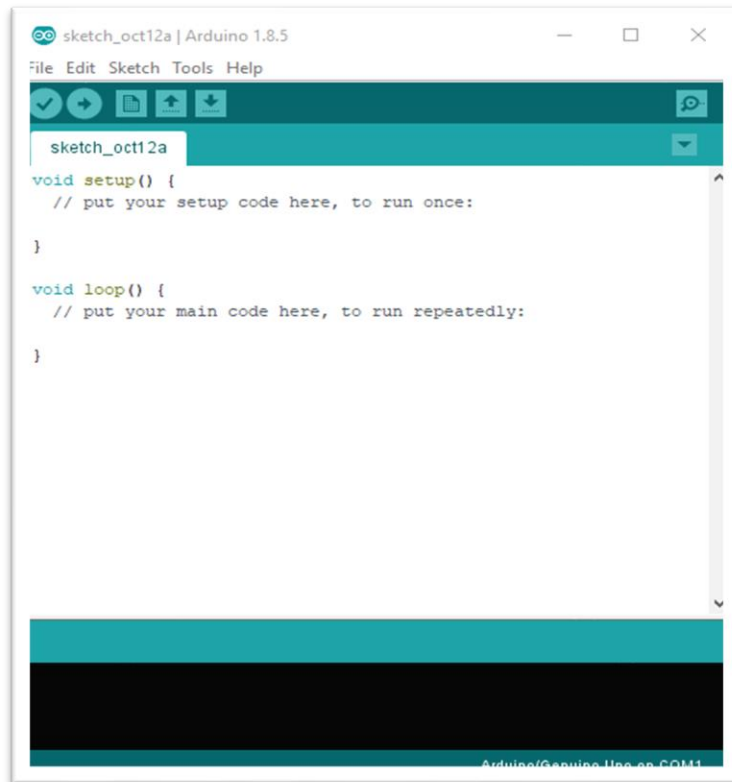


11 pav. *Arduino* programavimo aplinka (IDE – Integrated Development Environment)

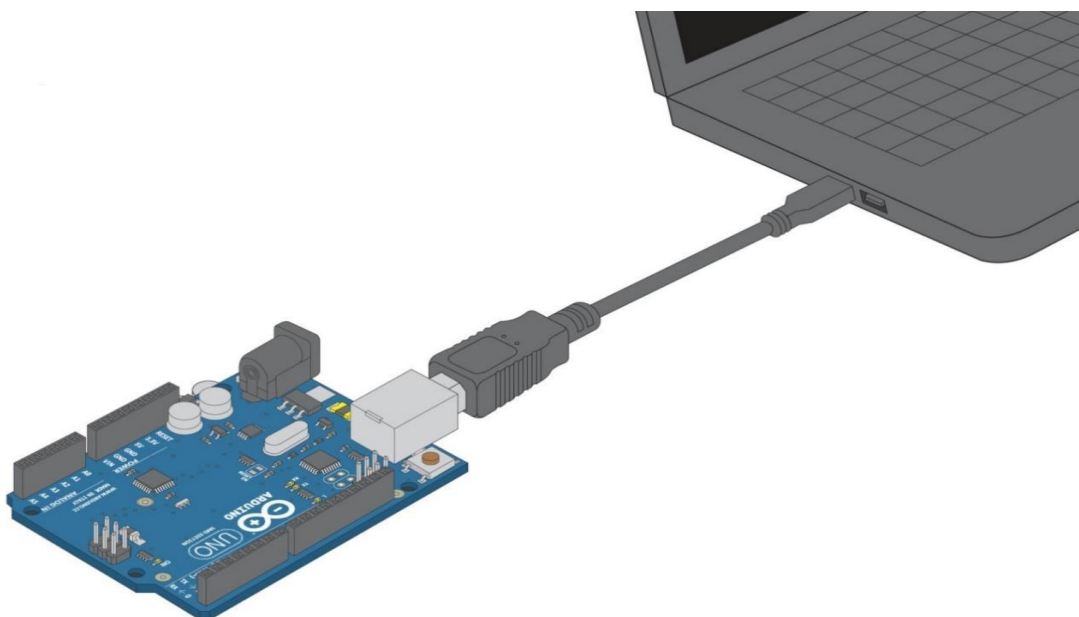
Arduino prijungimas prie kompiuterio

Įsijunkite kompiuterį.

Kompiuterio darbalaukyje susiraskite *Arduino IDE* programos piktogramą ir įjunkite programą.

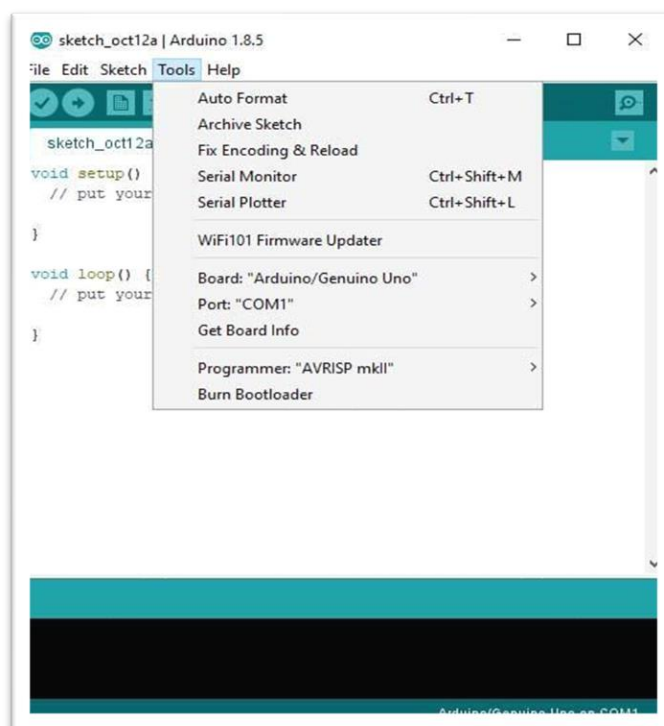


12 pav. Arduino programavimo aplinkos pradinis langas USB laidu sujunkite mikrovaldiklio plokštę su kompiuteriu (13 pav.):



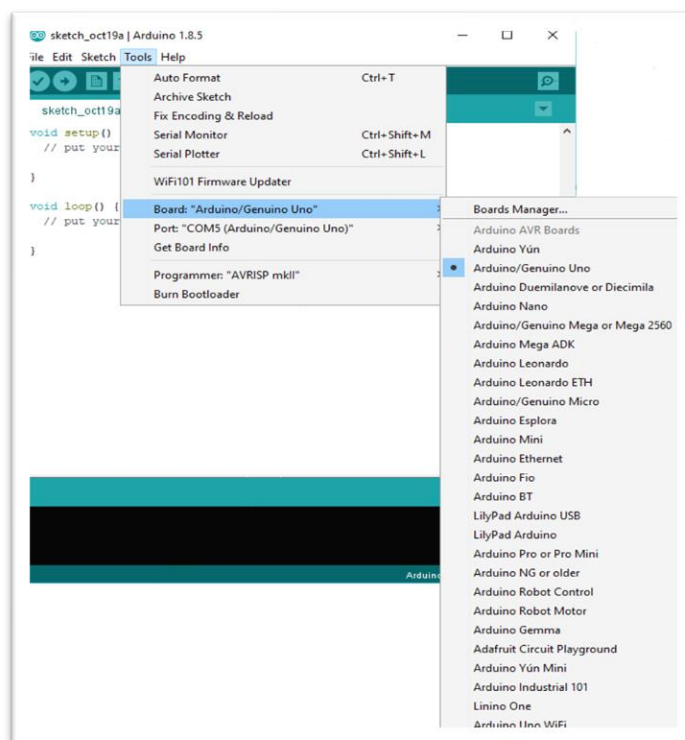
13 pav. Arduino sujungimas su kompiuteriu

Atverkite *Arduino IDE* programos priemonių juostos *Tools* skiltį (14 pav.):



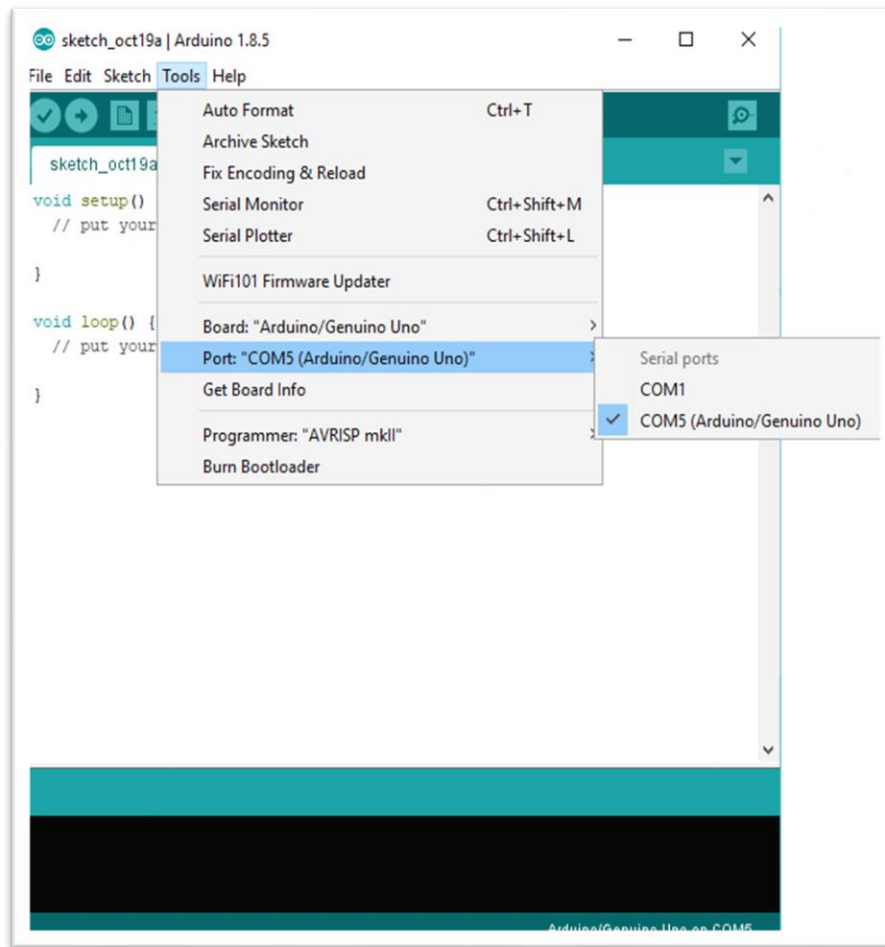
14 pav. *Tools* skiltis

Arduino IDE programos priemonių juostos *Tools* skiltyje nustatykite: *Board*: naudojamą plokštės tipą *Arduino / Genuino UNO* (15 pav.):



15 pav. *Arduino / Genuino UNO* nustatymas

Taip pat *Tools* skiltyje nustatykite *Port: COM* jungties numerį (*COM Port*) – mikrovaldiklio prijungimo USB įvadą (16 pav.):

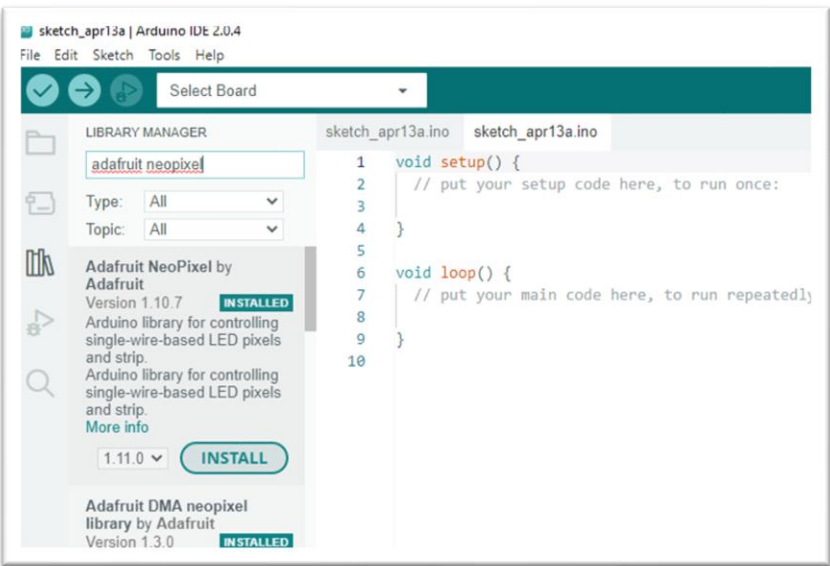


16 pav. USB prijungimo įvado nustatymas

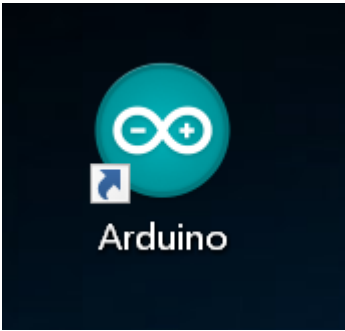
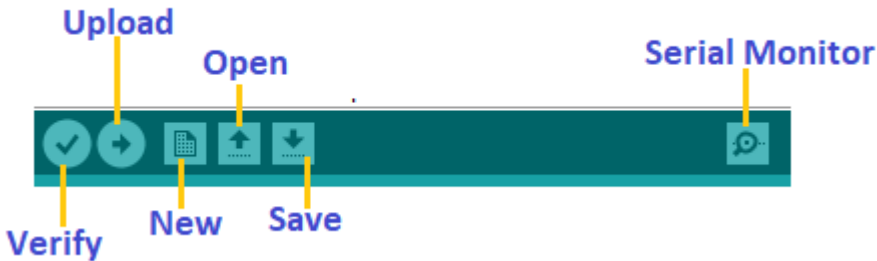
Arduino IDE programos paruošimas ir sugeneruoto kodo įterpimas

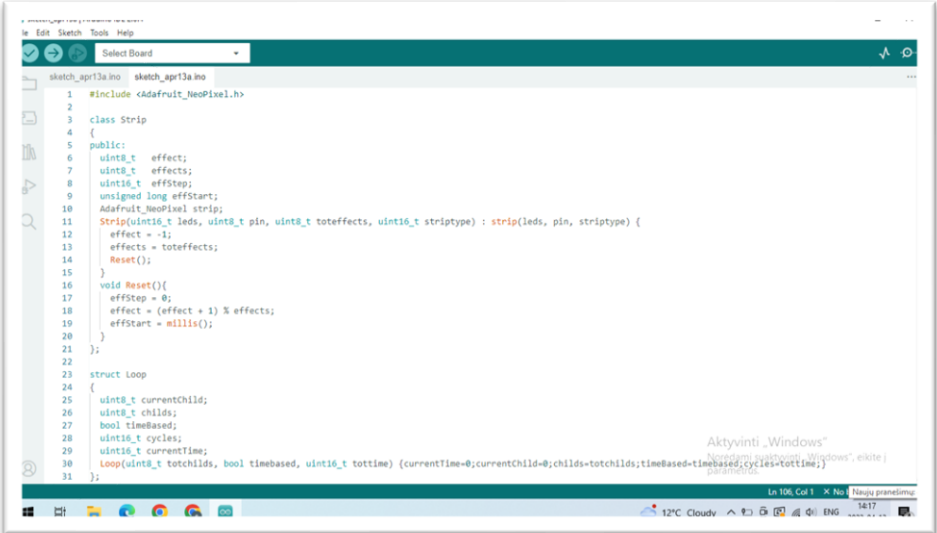
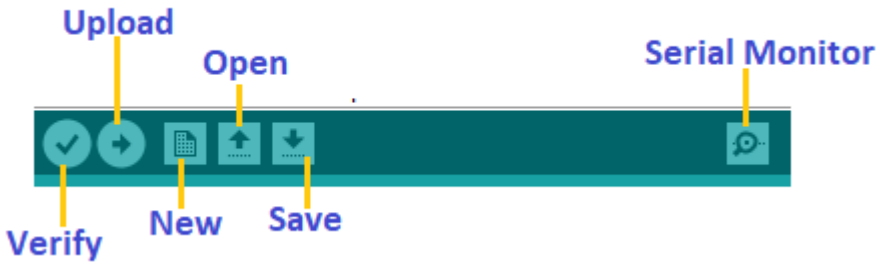
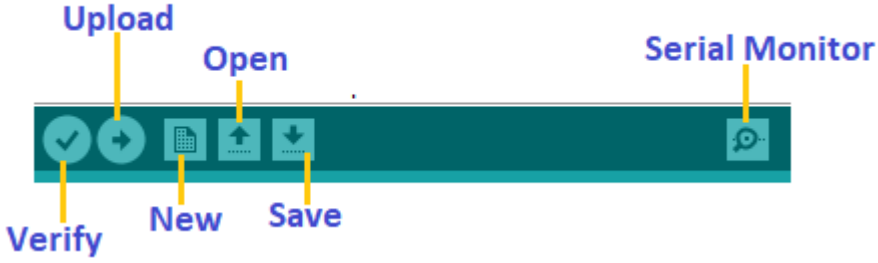
Kad Jūsų sugeneruotas kodas veiktų Arduino IDE porgramoje, visų pirma, reikia parsisiųsti ir įdiegti Neopixel biblioteką:

1 Arduino IDE menu eikite į „Sketch“ -> „Include Library“ -> „Manage Library“	
--	--

2	Ieškokite „<i>Adafruit NeoPixel library</i>“, pasirinkite ją ir spustelėkite „<i>Install</i>“ mygtuką.  The screenshot shows the Arduino IDE interface. The 'LIBRARY MANAGER' tab is active, displaying a search for 'adafruit neopixel'. The results show 'Adafruit NeoPixel by Adafruit' (Version 1.10.7) as 'INSTALLED'. Below it, 'Adafruit DMA neopixel library by Adafruit' (Version 1.3.0) is also 'INSTALLED'. The code editor on the right shows a basic sketch with 'void setup()' and 'void loop()' functions.
---	---

Tada kaip LED juosta sujungta su Arduino mikrovaldikliu, o mikrovaldiklis su kompiuteriu, galime į Arduino IDE aplinką įklijuoti Jūsų sugeneruotą kodą.

1	Atsidarykite Arduino IDE programą nešiojamajame kompiuteryje.  The image shows the Arduino IDE logo, which consists of a teal circle with a white infinity symbol and a small square icon with an arrow pointing up and to the right, followed by the word 'Arduino' in white.
2	Įrankių juostoje paspauskite „<i>New</i>“. Taip bus sukurtas naujas kodo langas.  The screenshot shows the Arduino IDE toolbar. Labels with yellow arrows point to specific icons: 'Upload' points to the upload icon, 'Open' points to the open icon, 'Serial Monitor' points to the serial monitor icon, 'Verify' points to the verify icon, 'New' points to the new icon, and 'Save' points to the save icon.

3	Įklijuokite nukopijuotą sugeneruotą kodą į kodo langą.	
4	Paspauskite mygtuką „Verify“. Ši funkcija patikrina, ar jūsų kode nėra klaidų.	
5	Paspauskite mygtuką „Upload“ ir stebėkite žibančius LED.	

Šaltiniai

- [1] Martinionienė J., Lapinskaitė L., Stankevičienė P. (2012). Biologija. Kaunas.
- [2] Fotosintezė – Kas tai?. Prieiga per internetą: <https://nanoplant.lt/main-category/fotosinteze-kas-tai/> [žiūrėta 2023 m. sausio 2 d.].
- [3] Katelnikovas A., Taujenis L., Gražėnaitė E. (2014). Gamtinių pigmentų išskyrimas ir jų sugerties spektrų matavimas. Vilniaus universitetas, Chemijos fakultetas.
- [4] Quach H. T., Steeper R. L., Griffin G. W. (2004). An Improved Method for the Extraction and Thin-Layer Chromatography of Chlorophyll a and b from Spinach. Journal of Chemical Education, 81, 385–387. Prieiga per internetą: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed081p385#> [žiūrėta 2019 m. liepos 26 d.].
- [5] Chemijos terminų aiškinamasis žodynas. (2003)., Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas.

[6] Arduino mikrovaldiklis. Prieiga per internetą: <http://arduino.cc/>. [žiūrėta 2023 m. balandžio 13 d.]

2.1.3. Probleminių klausimų kėlimas, hipotezių formulavimas kartu su mokiniais

2.1.3.1. Prieš darbą su mokiniais aptarti:

- fotosintezės procesą, fotosintezės pigmentų (chlorofilai, karotinoidai) vaidmenį;
- medžiagų išskyrimo iš mišinių būdus (ekstrakcija, filtravimas, chromatografija);
- organinių ir neorganinių medžiagų šviesos sugertį ir jos panaudojimą medžiagų nustatymui;
- spektrofotometro veikimo principą;
- kaip veikia mikrovaldiklis Arduino, jo programavimo aplinką Arduino IDE;
- *Neopixel LED Strip Effects generator* įrankio veikimą;
- darbo tikslą ir iškelti probleminius klausimus bei suformuluoti hipotezę.

2.1.3.2. Pagal iškeltus probleminius klausimus ir hipotezę sudaryti darbo planą.

Hipotezės pavyzdžiai:

Augalai geriausiai sugeria mėlynos ir raudonos spalvos bangos ilgus

2.2. Darbas centre

2.2.1. Priemonių ir prietaisų, reikalingų darbui atlikti, sąrašas

Priemonės:

(vienai mokinių grupei)

- | | |
|--|---|
| • svarstyklės 0,1g, 1 vnt. | • mikrovaldiklis (<i>Arduino UNO</i> tipo) |
| • svėrimo indelis, 1 vnt. | • jungiamieji laidai (kištukas-kištukas) |
| • žirkklės, 1 vnt. | • LED juosta (5 diodų) |
| • grūstuvė ir piestelė, 2 vnt. | • varžteliai, 2 vnt. |
| • plastikinis mėgintuvėlis (50 ml), 1 vnt. | • veržlės, 2 vnt. |
| • stiklinis buteliukas su kamščiu | • lipni plėvelė, 1 vnt. |
| • Petri lėkštelė, 1 vnt. | • žirkklės, 1 vnt. |
| • kvarcinis smėlis SiO ₂ , 6 g | • iš faneros išpjautas lempos maketas |
| • magnio sulfatas MgSO ₄ , 6 g | • špinato lapas, 2-3 vnt. |
| • heksanas C ₆ H ₁₄ , 5 ml | • cheminė stiklinė 250 ml, 1 vnt. |
| • acetonas CH ₃ COCH ₃ , 30 ml | • svarstyklės, 1 vnt. |
| • pasirinkto augalo dalys, 4 g | • svėrimo indelis, 1 vnt. |
| • heksaninis pigmentų ekstraktas, 0,5 ml | • stiklinė lazdelė, 1 vnt. |
| • UV/VIS spektrofotometras | • medicininis švirkštas, 1 vnt. |
| • Heksanui atspari kiuvetė, 1 vnt. | • skylamušis, 1 vnt. |
| • <i>Arduino IDE</i> programavimo aplinka | • valgomosios sodos tirpalas, 5% |
| • nešiojamasis kompiuteris | • šviesos šaltinis, 1 vnt. |
| | • laikmatis, 1 vnt. |

1 lentelė. Naudojamų reagentų saugos duomenų lapai

Reagentų pavadinimas	Saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą [žiūrėta 2023 m. sausio 19 d.]
Acetonas	https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/K/SDB_KK40_LT_LT.pdf
Heksanas	https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/7/SDB_7573_LT_LT.pdf
Magnio sulfatas	https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/0/SDB_0682_LT_LT.pdf

2.2.2. Rekomenduojama darbo vedimo tvarka

Darbą „Kokia šviesa skatina fotosintezės procesą?“ sudaro skirtingo sudėtingumo ir trukmės etapai, kuriuos nuosekliai turi atlikti kiekviena mokinių grupė.

2 lentelė. Darbo „Kodėl augalų lapai žali?“ veiklos etapų numatoma trukmė

Etapas	Veikla	Numatomas laikas, min.
1.	Centro darbuotojas primena saugaus elgesio taisykles ir supažindina su darbine aplinka ir darbui atlikti reikalingais prietaisais.	3–5
2.	Mokytojas su mokiniais pasikartoja veiklos tikslą, uždavinius ir hipotezę.	3–5
3.	Mokiniai iš augalo dalių (lapų) išskiria pigmentus.	15–20
4.	Centro specialistas ir mokiniai spektrofotometru užrašo augalų pigmentų ekstrakto sugerties spektrus, jų bangos ilgius. Mokiniai pagal augalų pigmentų sugerties bangos ilgius nustato augalui augti geriausios šviesos RGB kodą	25
5.	Mokiniai savarankiškai sukonstruoja augalų augimą skatinančios lempos prototipą, suprogramuoja LED juostą šviesti pagal gautą RGB kodą	40
6.	Mokiniai, naudodant špinato lapo diskelius, nustato šviesos įtaką fotosintezės procesui	30
7.	Darbo vietos sutvarkymas ir darbo aptarimas.	10

VEIKLOS EIGA**1 ETAPAS ⌚ 5 min.**

Centro darbuotojas kartu su mokiniais prisimena saugaus elgesio taisykles, mokinius supažindina su darbine aplinka ir darbui atlikti reikalingais prietaisais.

! Centro darbuotojas turėtų įsitikinti, kad praktinės veiklos dalyviai orientuojasi darbinėje aplinkoje ir geba atkartoti bendrus susitarimus.

2 ETAPAS ⌚ 5 min.

Mokytojas su mokiniais pasikartoja ir užsirašo veiklos tikslą bei hipotezę, aptaria uždavinius.

! Uždaviniai nusakyti veiklos etapuose.

Tikslas**Hipotezė****3 ETAPAS ⌚ 15-20 min.**

Mokiniai iš augalo dalių (lapų) išskiria pigmentus – pagamina heksaninį augalų pigmentų ekstraktą.

Priemonės:

(vienai mokinių grupei)

- svarstyklės 0,1g, 1 vnt.
- svėrimo indelis, 1 vnt.
- žirklys, 1 vnt.
- grūstuvė ir piestelė, 2 vnt.
- plastikinis mėgintuvėlis (50 ml), 1 vnt.
- stiklinis buteliukas su kamščiu, 1 vnt.
- Petri lėkštelė, 1vnt.
- kvarcinis smėlis SiO₂, 6 g
- magnio sulfatas MgSO₄, 6 g
- heksanas C₆H₁₄, 1 ml
- acetonas CH₃COCH₃, 20 ml
- pasirinkto augalo dalys, 4 g

Darbo eiga**Heksaninio augalų pigmentų ekstrakto paruošimas**

1. Pasveriami 2 g pasirinktų augalų lapų (vengti stambių gyslų ir kotelių), jie smulkiai sukarpomi ir sudedami į porcelianinę grūstuvę.
2. Į porcelianinę grūstuvę įberiama ~3 g kvarcinio smėlio, 3 g bevandenio magnio sulfato ir įpilama 10 ml acetono.
3. Lapai sutrinami iki vientisos masės ir ji supilama į 50 ml plastikinį centrifuginį mėgintuvėlį.
4. Į mėgintuvėlį papildomai supilama dar 5 ml acetono.
5. Mėgintuvėlis užsukamas, stipriai plakamas 2 min. ir paliekamas 5 min. nusistovėti.
6. Skystis atsargiai supilamas į stiklinę Petri lėkštelę. Ji paliekama traukos spintoje ir laukiama, kol gautas pigmentų ekstraktas išdžius, t. y. išgaruos tirpiklis.
7. Gautas sausas pigmentų ekstraktas ištirpinamas 0,5 ml heksano ir supilamas į užsukamą buteliuką.

Klausimai

1. Aprašykite paruoštą augalų pigmentų ekstraktą (pavyzdžiui, kokia spalva, klampumas, kvapas).

2. Nurodykite, kokių spalvų yra sausi ir ištirpinti pigmentai.

3. Paaiškinkite, koku tikslu ruošiant augalų pigmentų ekstraktą yra naudojami bevandenis magnio sulfatas $MgSO_4$ ir kvarcinis smėlis SiO_2 .

4. Paaiškinkite, kodėl negaminami vandeniniai augalų pigmentų ekstraktai.

5. Nurodykite priežastį, kodėl heksanas ir acetonas lengviau garuoja nei vanduo.

4 ETAPAS ⌚ 20 min.

Pasigamintų augalų pigmentų ekstrakto sugerties spektro užrašymas spektrofotometru, bangos ilgių nustatymas ir augalui augti geriausios šviesos RGB kodo nustatymas

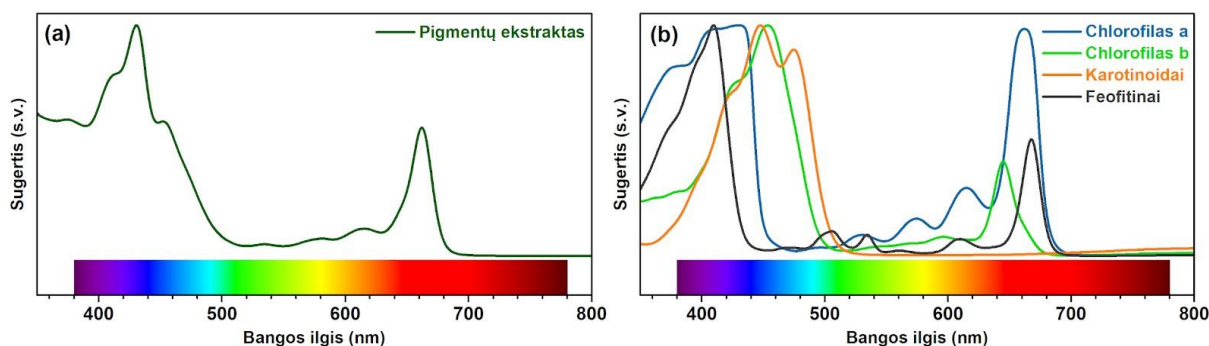
!	Prietaisu būtina naudotis pagal centre esančias instrukcijas ir tik gavus centro darbuotojo leidimą. Aptarę mokinių gautus rezultatus, mokytojas arba centro darbuotojas organizuoja etapo refleksyvų pokalbį.
----------	--

Priemonės:

- įvairūs augalų pigmentų ekstraktai
- UV/VIS spektrofotometras
- plastikinė heksanui atspari kiuvetė, 6 vnt.

Darbo eiga

1. UV/VIS spektrofotometras paruošiamas darbui (pagal prietaiso instrukciją).
2. UV/VIS spektrofotometru užrašomi mokinio pagaminto augalų pigmentų mišinio ekstrakto sugerties spektrą.



13 pav. *Ažuolo lapų pigmentų ekstrakto (a) ir atskirtų pigmentų (b) sugerties spektrai. Sugertis parodyta santykiniais vienetais (s.v.)*

3. Naudojantis gautu sugerties spektru, užrašykite pigmentų ekstrakto sugerties maksimumų bangos ilgius ir nurodykite kokia tai spalva. Užpildykite x lentelę.
4. Gautus tikslus bangos ilgius paverskite į tikslų spalvos RGB kodą naudodamiesi internetine svetaine - <https://academo.org/demos/wavelength-to-colour-relationship/> . Užpildykite x lentelę.
5. Naudodamiesi internetine svetaine <https://meyerweb.com/eric/tools/color-blend/#FF0000:5400FF:1:rgbd> sumaišykite gautas spalvas ir gaukite tos spalvos RGB kodą.

X lentelė. Gauti rezultatai po spektrofotometrinės analizės.

Eil. Nr.	Spalva	Tikslus bangos ilgis	RGB kodas	Sumaišytos spalvos RGB kodas
1		$\lambda =$	RGB (, ,)	RGB (, ,)
2		$\lambda =$	RGB (, ,)	

Klausimai

1. Kokias spalvas geriausiai sugeria žali augalų lapai? Sumaišius šias spalvas, kokią vieną spalvą gausite?

2. Kokias spalvas atspindi tiriamieji augalų lapai?

5 ETAPAS ⌚ 20 min.

Augalų augimą skatinančios lempos prototipo konstravimas ir LED juostos programavimas šviesti pagal gautą RGB kodą

Priemonės:

(vienai mokinių grupei)

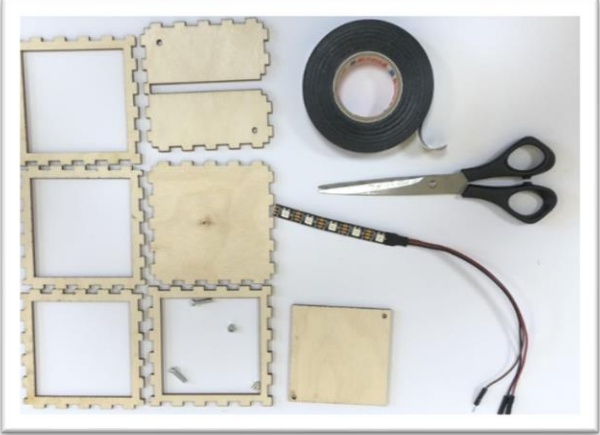
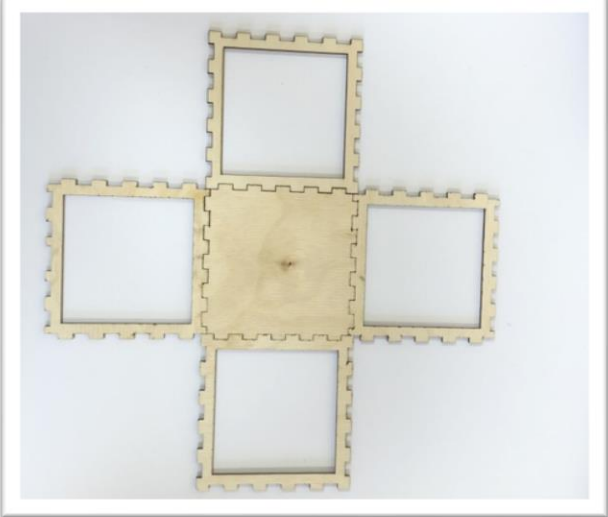
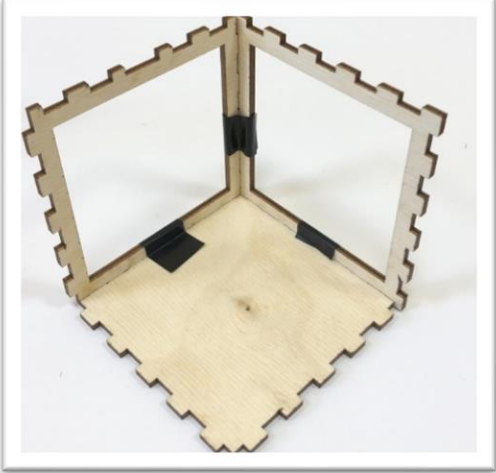
- *Arduino IDE* programavimo aplinka
- nešiojamasis kompiuteris
- mikrovaldiklis (*Arduino UNO* tipo)
- jungiamieji laidai (laidas-kištukas)
- LED juosta (5 diodų)
- varžteliai, 2 vnt.
- veržlės, 2 vnt.
- lipni plėvelė, 1 vnt.
- žirklys, 1 vnt.
- iš faneros išpjautas lempos maketas

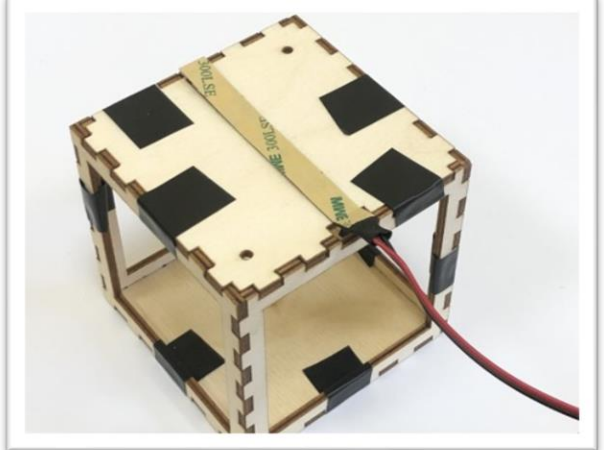
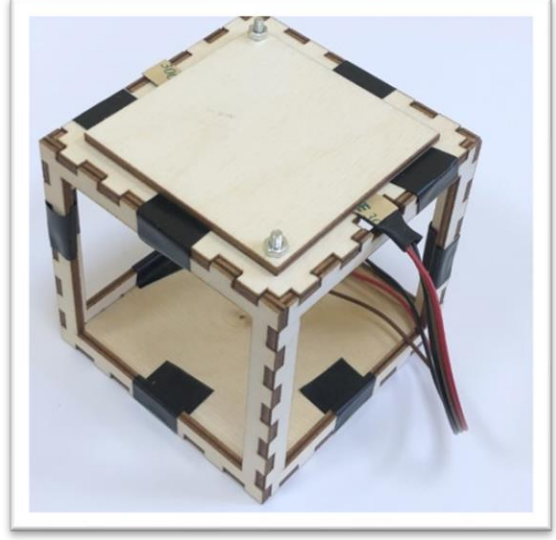


LED juostos turi būti sukarpytos po 5 diodus. Prie jų lituoklio prilituota po jungiamąjį laidą su kištuku.

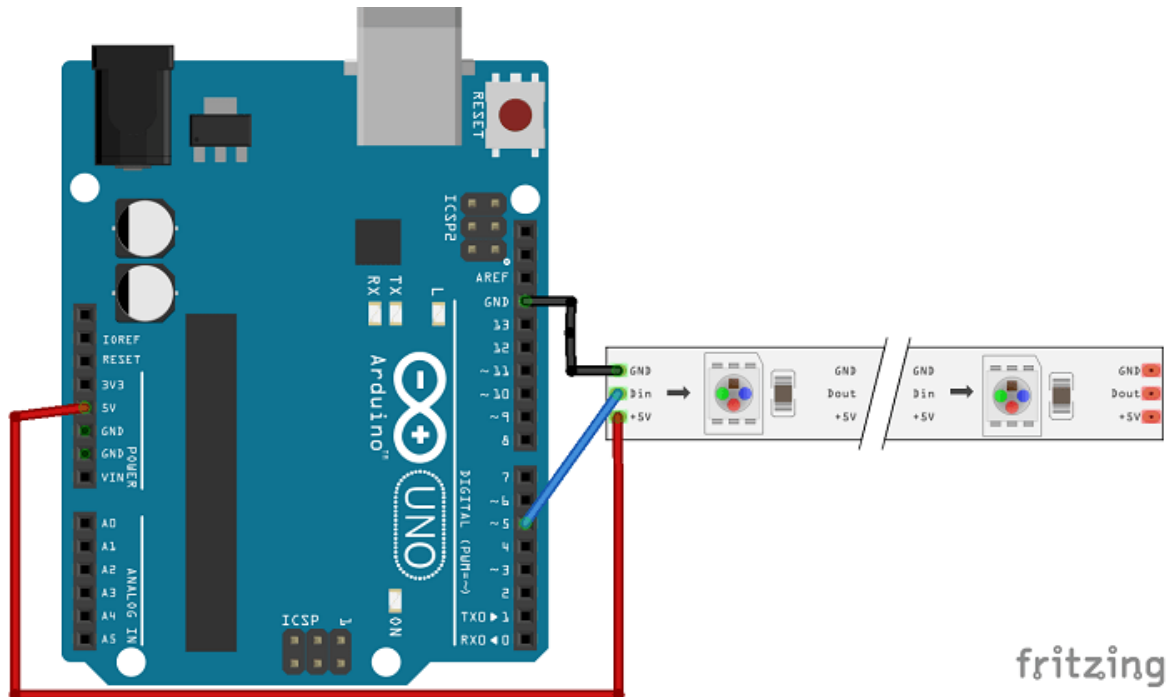
Darbo eiga

1. Sukonstruokite augalų augimą skatinančios lempos prototipą pagal duotą pavyzdį:

1	Lempas prototipui konstruoti naudokite šias priemones: • Žirkles • Lipnią juostelę • Iš faneros išpjautą maketą • Varžtus • Veržles • LED juostą su laidais	
2	Prie dėžutės dugno horizontaliai pridėkite visus šonus. Atkreipkite dėmesį, kad vienas šonas turi papildomą įpjovą, kuri turi būti dėžutės viršuje.	
3	Pakelkite du dėžutės šonus, sujunkite vieną su kitu naudojant lipnią plėvelę. Sujungtus visus šonus lipnia plėvele sujunkite su dėžutės pagrindu.	

4	Uždėkite dėžutės viršų. Atkreipkite dėmesį, kad dėžutės viršaus detalės įpjova turi atitikti šono įpjovą.	
5	Įstatykite LED juostą su laidais į jai skirtą vietą.	
6	Uždėkite laikančiąją dėžutės detalę, iš apačios prakiškite varžtus, iš viršaus užsukite veržles.	

2. Sujunkite LED juostos laidus su Arduino mikrovaldikliu pagal duotą pavyzdį:

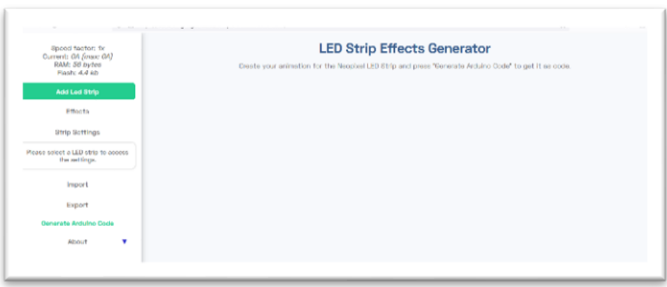
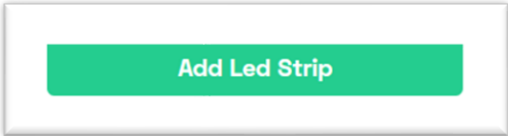


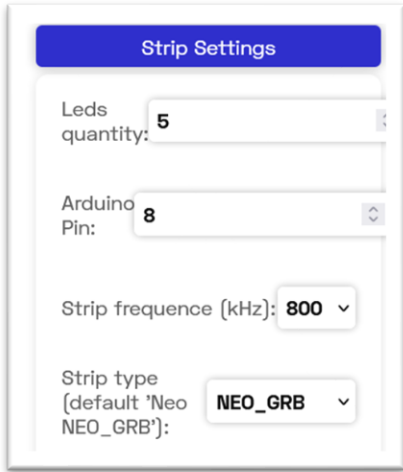
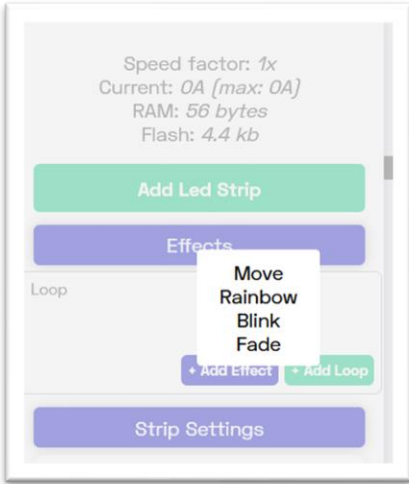
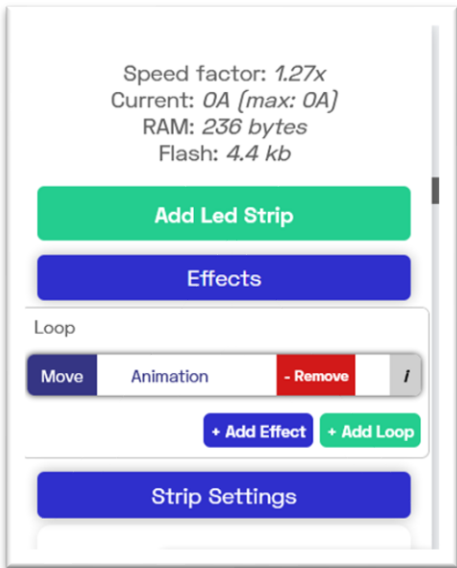
3. Naudodamiesi *Neopixel LED Strip Effects generator* internetine programa, suprogramuokite LED juostą šviesti pagal gautą RGB kodą (1 lentelė):

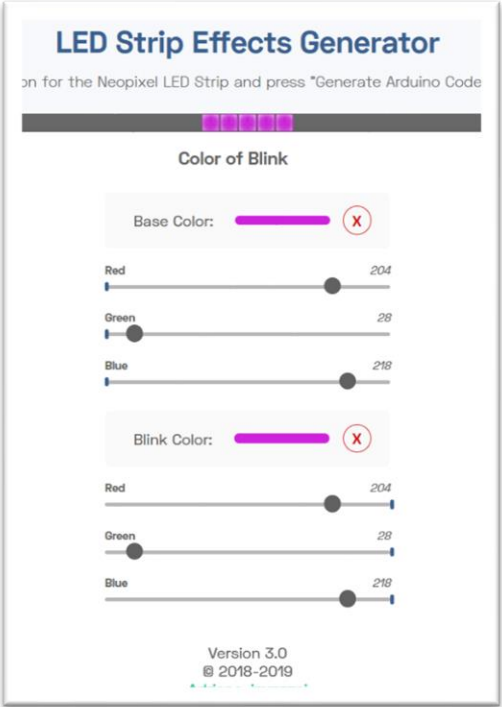
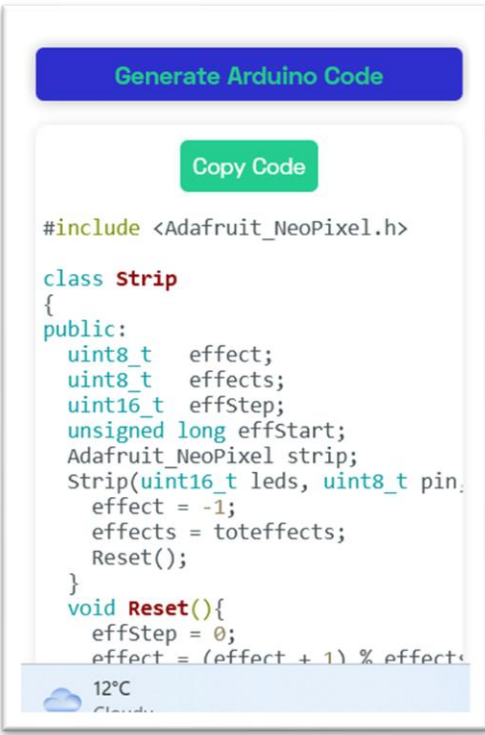
Neopixel LED Strip Effects generator yra pasiekiamas adresu:

<https://adrianotiger.github.io/Neopixel-Effect-Generator/>

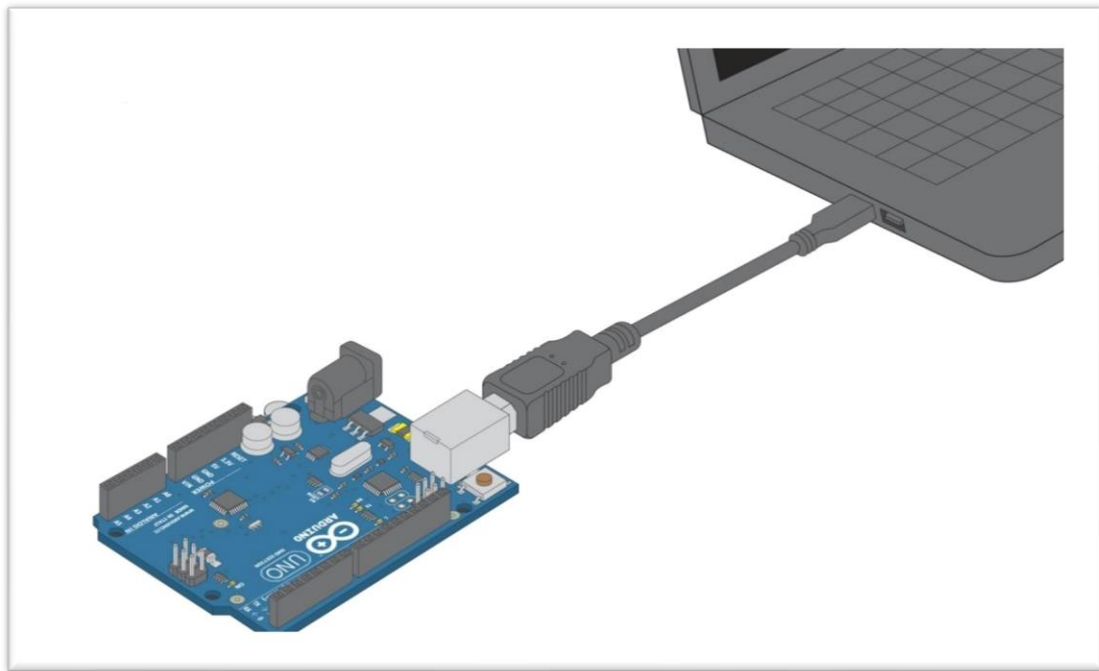
Kaip naudotis *Neopixel LED Strip Effects generator*?

1 Nešiojamojo kompiuterio naršyklėje įsikopijuokite adresu: https://adrianotiger.github.io/Neopixel-Effect-Generator/	
2 Paspauskite ant „Add LED Strip“. Taip bus pridėta viena LED juostelė.	

3	Paspauskite ant pridėtos LED juostelės ir paspauskite „Strip Settings“. Nustatykite Arduino PIN 8 ir šviesos diodų kiekį 5.	
4	Paspauskite "Add Effect". Galite matyti keturis pasirinkimo variantus – „Move“, „Fade“, „Blink“, „Rainbow“. Paspauskite ant „Blink“.	
5	Keiskite animacijos parametrus paspaudus ant „Animation“. Galima keisti tokius parametrus kaip efekto greitį, uždelimą, žingsnių skaičių ir kitus. Juos visus nustatykite ant minimaliausių reikšmių.	

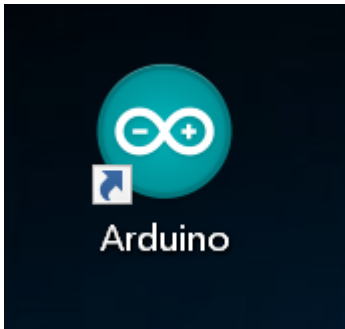
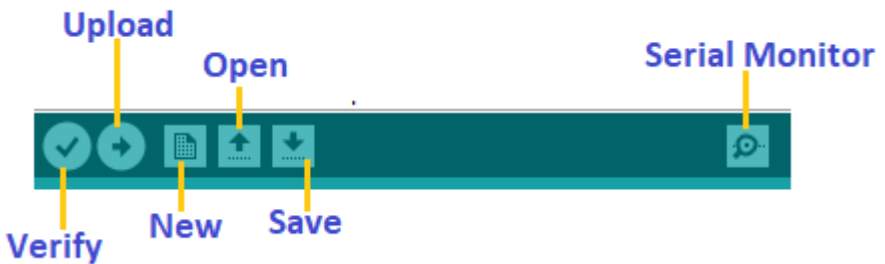
6	Keiskite spalvų parametrus paspaudus ant „Colors“. Nustatykite „Base color“ ir „Blink color“ pagal gautos spalvos RGB kodą (žr. 1 lentelė).	
6	Norint nusikopijuoti sugeneruotą kodą spauskite „Generate Arduino Code“ ir „Copy Code“.	

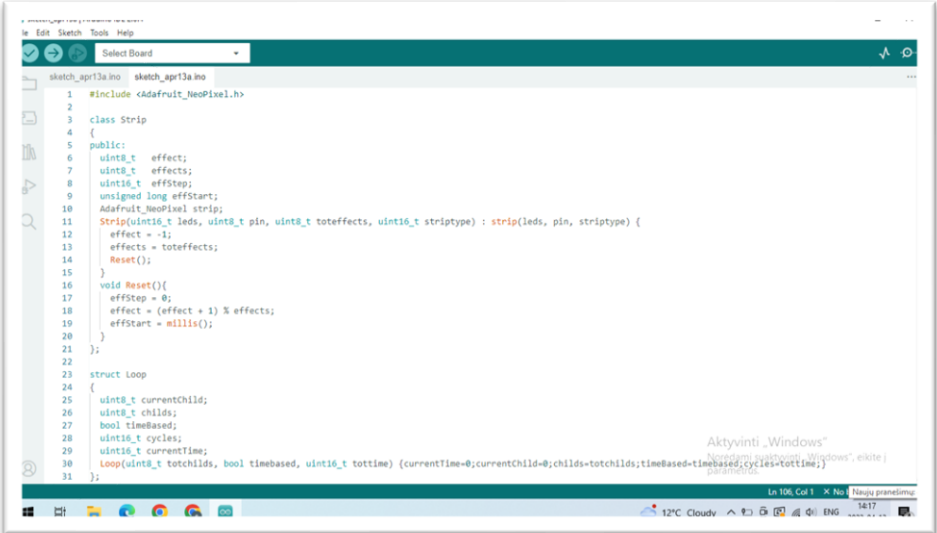
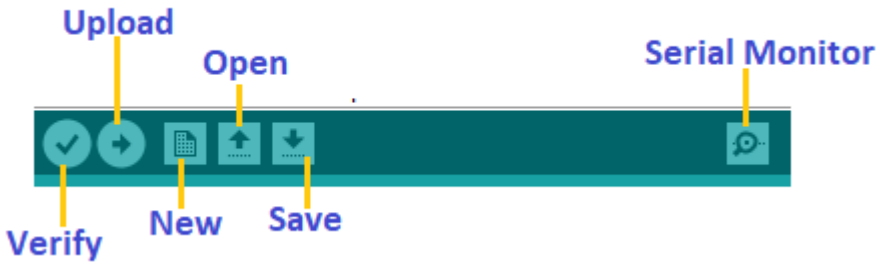
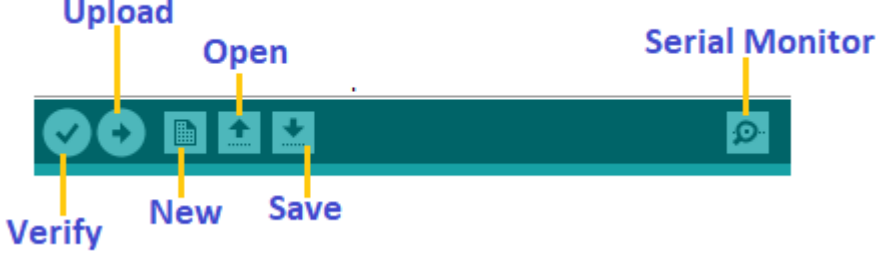
4. Prijunkite augalų augimą skatinančios lempos prototipą su Arduino prie kompiuterio (per USB jungtį) ir atidarykite Arduino IDE programą.



14 pav. Arduino sujungimas su kompiuteriu

5. Tada kaip LED juosta sujungta su Arduino mikrovaldikliu, o mikrovaldiklis su kompiuteriu, galime į Arduino IDE aplinką įklijuoti Jūsų sugeneruotą kodą:

1	Atsidarykite Arduino IDE programą nešiojamajame kompiuteryje.	
2	Įrankių juostoje paspauskite „New“. Taip bus sukurtas naujas kodo langas.	

3	Įklijuokite nukopijuotą sugeneruotą kodą į kodo langą.	
4	Paspauskite mygtuką „Verify“. Ši funkcija patikrina, ar jūsų kode nėra klaidų.	
5	Paspauskite mygtuką „Upload“ ir stebėkite žibančius LED.	

6 ETAPAS ⌚ 10 min.

Šviesos įtakos nustatymas fotosintezės procesui naudojant plaukiojančių paviršiuje lapų diskelius

Priemonės:

(vienai mokinių grupei)

- špinato lapas, 2-3 vnt.
- cheminė stiklinė 50 ml, 2 vnt.
- svarstyklės, 1 vnt.
- svėrimo indelis, 1 vnt.
- stiklinė lazdelė, 1 vnt.
- medicininis švirkštas, 1 vnt.

- skylamušis, 1 vnt.
- valgomosios sodos tirpalas,
- šviesos šaltinis, 1 vnt.
- laikmatis, 1 vnt.
- markeris, 1 vnt.
- folijos gabalėlis, 1 vnt.

Darbo eiga

1. Vienoje stiklinėje paruoškite 250 ml 5% sodos tirpalą.
2. Iš špinatų lapų, naudojant skylmušį, išmuškite 20 lapelių. Venkite pagrindinių lapų gyslų.
3. Nuimkite švirkšto stūmoklį ir įdėkite 10 lapelių į švirkšto cilindrą.
4. Įdėkite stūmoklį atgal į švirkštą ir stumkite jį žemyn, kol švirkšte liks tik nedidelis oro kiekis. Būkite atsargūs, kad nesuspaustumėte lapų diskų.
5. Į švirkštą su lapų diskeliais įsiurbkite nedidelį kiekį tirpalo iš cheminės stiklinės su sodos tirpalu ir laikykite jį vertikaliai. Visi lapų diskai turi plūduriuoti tirpalo paviršiuje.
6. Pašalinkite lapuose esančias oro kišenes, kad lapų diskai nuskęstų, kaip nurodyta toliau:
 - a) Atsargiai išstumkite visą orą iš švirkšto.
 - b) Uždarykite švirkšto angą pirštu ir patraukite stūmoklį atgal, kad susidarytų vakuumas. Laikykite vakuumą 10–15 sekundžių ir pasukite lapų diskus, kad jie liktų tirpale.
 - c) Nustokite traukti stūmoklį ir ištraukite pirštą iš švirkšto angos.
7. Kartokite 6 etapą, kol visi lapų diskai nusileis į tirpalo dugną.
8. Nuimkite stūmoklį nuo švirkšto ir supilkite visus 10 lapelių į vienkartinį indelį. Pažymėkite jį „-“. Pripilkite jį iki viršaus 5% sodos tirpalo.
9. Pakartokite 3–8 etapus su 10 lapų diskų. Lapų diskelius supilkite į vienkartinį indelį. Pažymėkite jį „+“. Pripilkite jį iki viršaus 5% sodos tirpalo.
10. Padėkite „+“ indelį su lapų diskais po augalų augimą skatinančios lempos prototipu. Įsitikinkite, kad šviesa šviečia tiesiai į stiklines iš viršaus.
11. Cheminę stiklinę su lapų diskais pažymėtą „-“ padėkite po įprasta saulės šviesa. Paleiskite laikmatį. Atidžiai stebėkite, kas atsitinka su lapų diskais.
12. Kiekvienos minutės pabaigoje įrašykite kiekvieno puodelio plaukiojančių paviršiuje diskų skaičių į 1 lentelę. Kartas nuo karto pasukite vienkartinius indelius, kad lapų diskeliai nepriliptų prie puodelių dugno ar šonų.
13. Tęskite eksperimentą 15 minučių, tada gautus rezultatus surašykite į 2 lentelę.

2 lentelė. Šviesos įtakos nustatymas fotosintezės procesui naudojant plaukiojančių paviršiuje lapų diskelius

Laikas (min.)	Plaukiojančių paviršiuje lapų diskelių skaičius	
	„-“ vienkartinis indelis	„+“ vienkartinis indelis
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

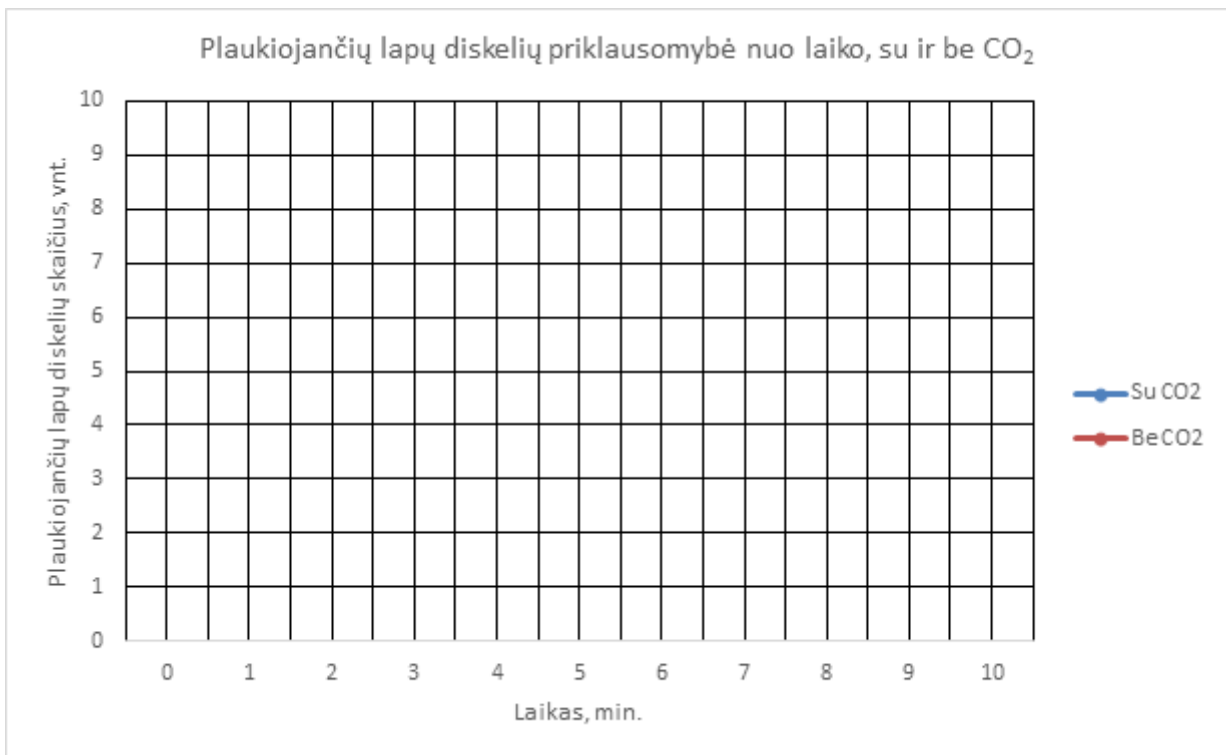
Klausimai

1. Ar šviesa yra reikalinga vykti fotosintezės procesui?

7 ETAPAS ⌚ 10-15 min.

6 etapu gauti tyrimo duomenys pavaizduojami grafiškai, analizuojami rezultatai ir pateikiamos išvados.

Remiantis 2 lentelėje pateikta informacija nubraižomas grafikas, parodantis priklausomybę tarp kintamųjų.



Plaukiojančių lapų diskelių priklausomybė nuo laiko, esant skirtingiems šviesos bangų ilgiams

Išanalizavus gautus rezultatus ir nubraižius grafikus, suformuluokite išvadą apie Jūsų sukurtos lempos įtaką fotosintezės procesui.

7 ETAPAS ⌚ 10 min.

Sutvarkykite darbo vietą pagal aptartą tvarką ir susitarimus

