

# Pedagogų patirtys ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų, tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose: *Scopus* duomenų bazės literatūros analizė

Ugnė Žilytė

Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Šiauliai, Lietuva

Renata Geležinienė

Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Šiauliai, Lietuva

<https://orcid.org/0009-0004-5026-8774>

Ieva Kuginytė-Arlauskienė

Pietryčių Norvegijos universitetas, Norvegija

<https://orcid.org/0000-0003-3437-8725>

**Anotacija.** Straipsnyje analizuojami mokinių, turinčių regos sutrikimų, ugdymo(si) iššūkiai ir pedagogų patirtys, ieškant šių iššūkių sprendimų tikslųjų ir gamtos mokslų srityse. Tyrimu siekiama atsakyti į klausimus, su kokiais iššūkiais tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose susiduria pedagogai, ugdydami mokinius, turinčius regos sutrikimų, ir kokie techniniai ir metodiniai sprendimai taikomi šiems iššūkiams įveikti, siekiant užtikrinti įtraukiojo ugdymo kokybę. Problemai tirti pasirinktas *Scopus* duomenų bazės literatūros analizės metodas. Rezultatai parodė, kad daug iššūkių kelia vizualios mokymo medžiagos neprieinamumas, todėl pedagogams sunku perteikti pamokų turinį, o mokiniams – jį suvokti, nes didelė mokymosi medžiagos dalis pateikiama vizualiais elementais, tokiais kaip grafikai, schemas ir diagramos. Tyrimų apžvalga atskleidė, kad veiksmingiausi sprendimai remiasi kompleksiniu požiūriu, derinant skirtingų sensorinių modalumų naudojimą, personalizuotą mokymąsi ir aktyvų mokinių į(si)traukimą. Tai leidžia ne tik sumažinti kliūtis, bet ir stiprina mokinių motyvaciją, skatina savarankiškumą. Šie rezultatai svarbūs kuriant įtraukią švietimo praktiką, kurioje mokiniai, turintys regos sutrikimų, gali ne tik lygiavertiškai dalyvauti, bet ir sėkmingai realizuoti savo potencialą.

**Reikšminiai žodžiai:** *įtraukusis ugdymas; mokiniai, turintys regos sutrikimų; tikslieji mokslai; gamtos mokslai.*

## Įvadas

Remiantis Švietimo valdymo informacinės sistemos<sup>1</sup> (ŠVIS) duomenimis, 2024–2025 m. m. Lietuvos bendrojo ugdymo mokyklose mokėsi 66 mokiniai, turintys vidutinę arba žymią silpnaregystę, ir 6 mokiniai, turintys aklumą su regėjimo likučiu arba praktišką (funkcinį) ar visišką (absoliutųjį) aklumą.

<sup>1</sup> Švietimo valdymo informacinė sistema, žr. <https://www.svis.smm.lt/>.

Received: 29/08/2025. Accepted: 03/10/2025

Copyright © Ugnė Žilytė, Renata Geležinienė, Ieva Kuginytė-Arlauskienė, 2025. Published by Vilnius University Press.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Baranauskaitės (2016) teigimu, įprastose bendrojo ugdymo mokyklose besimokantys mokiniai, kuriems diagnozuotas aklumas, nelanko kai kurių pamokų, pavyzdžiui, fizinio ugdymo, nes mokyklų aplinka nėra tam pritaikyta, o fizinio ugdymo mokytojai nėra susipažinę su neregijų ir silpnaregių fiziniais gebėjimais. Kaip nurodo Lietuvos aklųjų ir silpnaregių sąjunga (2017), Lietuvoje trūksta specialiųjų pedagogų, galinčių ugdyti mokinius, turinčius regos sutrikimų, nes šie pedagogai mūsų šalyje nuo 2002 iki 2017 metų nebuvo rengiami. Švietimo, mokslo ir sporto ministerijos duomenimis (2022), 2021 m. pradžioje trūko daugiau kaip 1 600, o 2022 m. – apie 1 200 specialistų. Baranauskaitė (2016) taip pat pabrėžia, kad mokyklose trūksta pagalbinių mokymosi priemonių: vaizdo didintuvų, kompiuterių su ekrano skaitymo ir vaizdo didinimo programomis, reljefinių žemėlapių, gaublių, koordinacinių plokštumų ir kitų priemonių. Daugelio mokyklų fizinė aplinka nėra pritaikyta mokiniams, turintiems regos sutrikimų: trūksta orientuotis padedančio spalvų kontrasto, nėra įrengtų taktilinių vaikščiojimo paviršių, nėra užrašų Brailio raštu ir padidintu šriftu prie kabinetų durų.

Tikslųjų ir gamtos mokslų prieinamumas mokiniams, turintiems regos sutrikimų, išlieka ribotas ir kitose šalyse. Šie mokiniai, kaip ir jų bendraamžiai, gali mokytis visų mokomųjų dalykų, tačiau ne visada gali dalyvauti su dalyku susijusiose veiklose, ypač matematikos, gamtos mokslų ir fizinio ugdymo pamokose (Jessup et al., 2017). Mokslininkai teigia, kad problema dar labiau išryškėja aukštesnėse klasėse, kai ugdymas tampa labiau orientuotas į akademinį turinį. De Verdier ir Ek (2014) nustatė, kad dalykų prieinamumas labai priklauso nuo mokytojo žinių ir požiūrio, todėl mokiniai, turintys regos sutrikimų, dažnai renkasi dalykus ne pagal savo gebėjimus ar interesus, o pagal jų prieinamumą. Taip prarandamos galimybės mokytis aukštesnio lygio dalykų, o tai gali riboti jaunuolių, turinčių regos negalią, siekius studijuoti tam tikrą specialybę aukštojoje mokykloje ir vėliau dirbti pasirinktoje srityje.

Mokiniams, turintiems regos sutrikimų, būtina pritaikyti užduotis ir atsiskaitomuosius darbus. Galimi skirtingi sprendimai: vieniems pakanka pateikti tekstus padidintu šriftu, o esant didesniai sutrikimui, tenka koreguoti užduočių pobūdį. Taip pat svarbu išryškinti pedagogui būtinas kompetencijas, reikalingas skaitmeninėms ir informacinėms technologijoms veiksmingai taikyti, nes šiuolaikinės technologijos itin svarbios užtikrinant kokybišką mokinių, turinčių regos sutrikimų, ugdymą. Bühlerio (2016) teigimu, mokymosi procese turi būti sudarytos galimybės pasitelkti kompiuterius, planšetes ir įvairias pagalbines programas, o mokymosi turinys turi būti pritaikytas visiems. Mokymosi procese naudojami techniniai įrenginiai turėtų turėti balso įvesties ir išvesties funkcijas, o vizualinė medžiaga (paveikslėliai ir vaizdo įrašai) turėtų būti papildyta garsiniais aprašais ir subtitrais. Humanitarinių dalykų dėstymas dažnai yra paprastesnis, nes jų turinio didžioji dalis grindžiama verbaline kalba ir tekstiniais dokumentais, kuriuos šiuolaikinės technologijos leidžia lengvai pateikti skaitmeniniu formatu, padidintu šriftu arba Brailio raštu.

Tiksluosiuose ir gamtos moksluose didžioji dalis mokomosios medžiagos pateikiama vizualiai: matematikoje ir informatikoje tai – grafikai ir schemas, chemijoje, fizikoje ir biologijoje – laboratorinių tyrimų rezultatai. Capovilla ir kt. (2013) atliktas atvejo tyrimas atskleidė, kad „Lego“ konstruktoriaus detalės padeda akliesiems lavinti algoritminį mąstymą. Analizuojant mokslinę literatūrą, siekiama atskleisti pedagogų patirtis, ieškant sprendimų, kaip tam tikrą tikslųjų ir gamtos mokslų informaciją pritaikyti mokinių, turinčių regos sutrikimų, ugdymo(si) procese.

**Tyrimo tikslas** – taikant *Scopus* duomenų bazės literatūros analizę, atskleisti pedagogų patirtis tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose, ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų.

Tyrimo tikslui pasiekti suformuluoti šie **tyrimo klausimai**:

1. Su kokiais iššūkiais susiduria pedagogai tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose, ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų?

2. Kokie techniniai ir metodiniai sprendimai taikomi šiems iššūkiams įveikti, siekiant užtikrinti įtraukiojo ugdymo kokybę?

## Metodologija

Tyrimui atlikti pasirinkta kokybinė mokslinių šaltinių analizė, pasitelkiant *Scopus* duomenų bazės publikacijas ir taikant PRISMA kontrolinį sąrašą (Shamseer et al., 2015). Mokslinių šaltinių ieškota *Academic Search Ultimate* (EBSCO) ir *Scopus* duomenų bazėse, kurios išsiskiria gausia edukologijos srities publikacijų pasiūla. Duomenų bazės pasirinktos atsižvelgiant į jų turinio prieinamumą ir techninį pritaikymą: šiose bazėse pateikiami visateksčiai straipsniai, būtini išsamiai sisteminei literatūros analizei atlikti, taip pat jos suderinamos su ekrano skaitymo programomis, todėl tinkamos naudoti asmenims, turintiems regos sutrikimų.

Mokslinės literatūros paieška vykdyta 2024 m. rugsėjo 11 d.–gruodžio 22 d. Atliekant paiešką, remiantis tyrimo problema, tikslu ir PICO modelio struktūra parinkti reikšminiai žodžiai. Sąvokos „teaching blind and visual impaired students“ ir „inclusive education of blind and visual impaired students“ atspindi tyrimo populiaciją – mokinius, turinčius regos sutrikimų, ir kontekstą – įtraukįjį ugdymą. Sąvokos „natural sciences“ ir „mathematical sciences“ žymi tyrimo teminį lauką – tikslųjų ir gamtos mokslų pamokas, kurių metu mokiniai, turintys regos sutrikimų, dažnai susiduria su specifiniais iššūkiais.

Minėtos sąvokos pasirinktos siekiant aprėpti kuo platesnį, tačiau tikslinį akademinį šaltinių spektrą, susijusį su įtraukioju ugdymu ir pedagogine praktika tikslųjų ir gamtos mokslų srityse. Atliekant paiešką naudotas loginis jungiklis „AND“ leido sukonkretinti užklausas ir atrinkti aktualesnius, tyrimo klausimus atitinkančius šaltinius.

Taikant šiuos paieškos metodus, surinkta 191 publikacija, atitinkanti nustatytus paieškos kriterijus. Straipsnių atranka atlikta taikant autorių nustatytus įtraukimo ir atmetimo kriterijus.

## Įtraukimo ir atmetimo kriterijai

Mokslinės literatūros analizei taikyti nuoseklūs ir teoriškai pagrįsti įtraukimo ir atmetimo kriterijai, siekiant užtikrinti duomenų aktualumą, patikimumą ir tyrimo tikslo atitiktį.

*Teminis tinkamumas.* Įtraukti tyrimai turėjo nagrinėti mokinių, turinčių regos sutrikimų, ugdymo aspektus tikslųjų ir gamtos mokslų (matematikos, fizikos, biologijos, chemijos, informatikos) kontekste. Atmesti tyrimai, kuriuose analizuotas su šiais mokslais nesusijusių dalykų (pavyzdžiui, kalbų ar menų) mokymas, nes jie neatitiko tyrimo problemos.

*Geografinis ir ekonominis kontekstas.* Į analizę įtraukti tyrimai, atlikti pažangiose arba panašaus išsivystymo lygio kaip Lietuva šalyse, siekiant užtikrinti ugdymo praktikų ir sąlygų palyginamumą. Atmesti tyrimai, atlikti mažiau išsivysčiusiose šalyse, nes jų švietimo infrastruktūra, pedagoginės galimybės ir technologinis prieinamumas gali reikšmingai skirtis nuo tiriamų kontekstų.

*Moksliskumas ir patikimumas.* Įtraukti tik recenzuojamuose mokslo žurnaluose paskelbti straipsniai, užtikrinant jų akademinį patikimumą ir kokybės kontrolę. Nerecenzuojamuose ar neakademinuose leidiniuose publikuoti tyrimai atmesti dėl mažesnio metodologinio patikimumo.

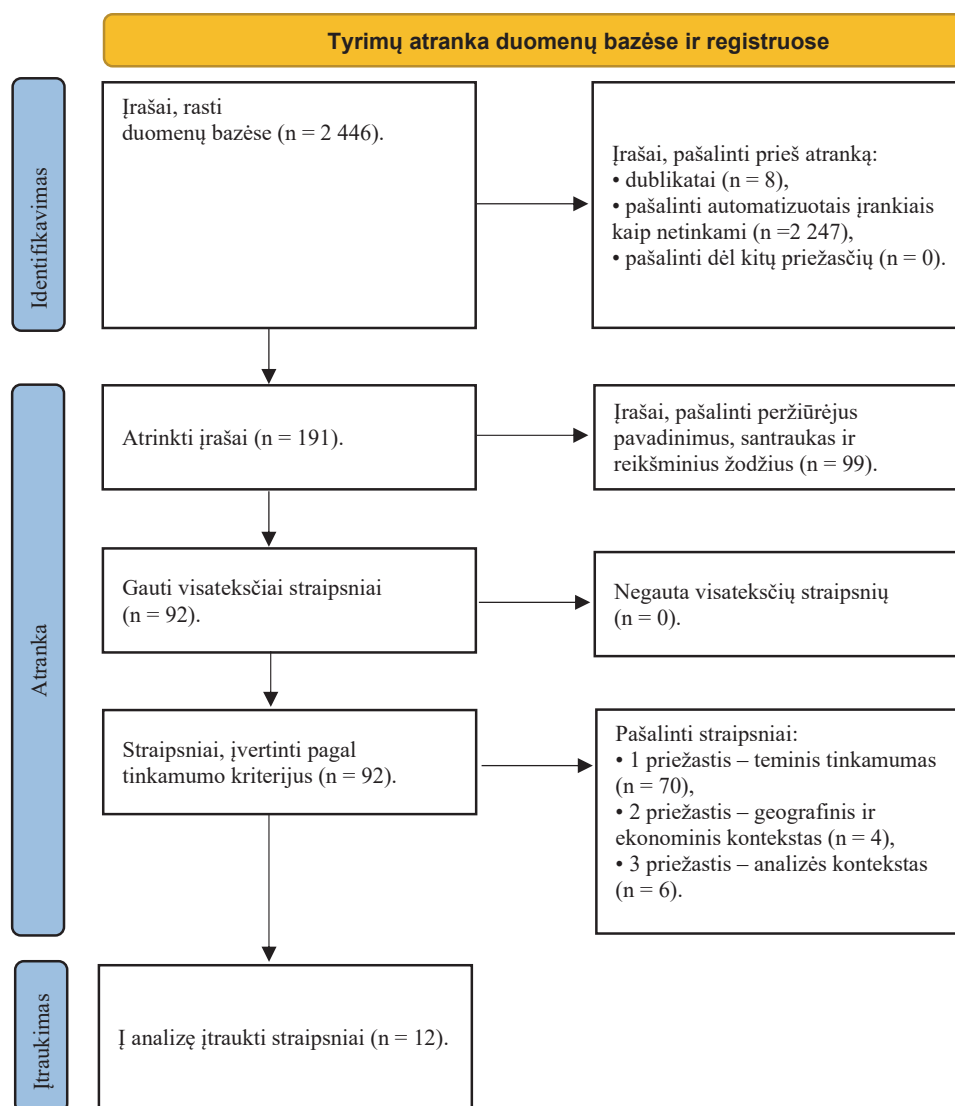
*Analizės kontekstas.* Atrinkti tik tie tyrimai, kuriuose ugdymas nagrinėjamas esant įprastoms mokymosi sąlygoms. Per pandemijos laikotarpį (pavyzdžiui, COVID-19) atlikti tyrimai atmesti dėl specifinio konteksto, kuris neatspindi įprastos ugdymo aplinkos.

*Publikacijų aktualumas.* Analizuoti pastarąjį dešimtmetį paskelbti tyrimai, siekiant užtikrinti duomenų aktualumą šiuolaikinėms švietimo sistemoms. Senesni negu 10 metų straipsniai atmesti kaip galimai neatitinkantys dabartinių pedagoginių ir technologinių realiųjų.

*Prieinamumas.* Įtraukti tik atvirosios prieigos visateksčiai straipsniai, leidžiantys išsamiai įvertinti jų turinį ir metodologiją. Straipsniai, prieinami tik santraukų ar riboto teksto formatu, neanalizuoti dėl nepakankamos informacijos.

*Tyrimo populiacija.* Analizuoti tik tie tyrimai, kuriuose nagrinėjamas mokinių, turinčių regos sutrikimų, ugdymas(is), siekiant užtikrinti aiškią sąsają tarp negalios tipo ir pedagoginių sprendimų. Atmesti tyrimai, kuriuose dalyvavo asmenys, turintys kombinuotų negalių, nes tai galėjo iškreipti specifinius regos sutrikimų poveikio aspektus.

*Kalbinė prieiga.* Atrinkti straipsniai, parašyti anglų, lietuvių, ispanų ar vokiečių kalbomis, t. y. kalbomis, kurias tyrėjas geba naudoti akademinio lygmeniu. Kitomis kalbomis publikuoti straipsniai neanalizuoti dėl galimų interpretacinių netikslumų (žr. 1 pav.).



1 pav.

PRISMA diagrama: tyrimų atranka duomenų bazėse ir registruose

Panaudojus atmetimo kriterijus, liko dvylika mokslinių tyrimų, susijusių su mokinių, turinčių regos sutrikimų, tikslųjų ir gamtos mokslų ugdymu. Šie tyrimai buvo atlikti per pastarąjį dešimtmetį ir nagrinėja tikslųjų ir gamtos mokslų mokymo iššūkius bei jų sprendimo būdus. Siekiant parengti skirtingų studijų apžvalgą, tirti atrinkti straipsniai buvo koduojami atsižvelgiant į turinį, siekiant trumpai aprašyti kiekvieno tyrimo pagrindinius bruožus ir rezultatus. Turinio kodavimas apėmė šiuos aspektus: šalį, kurioje atliktas tyrimas, tyrimo metodus, tyrimo kontekstą, pagrindinius rezultatus ir tolesnių tyrimų rekomendacijas (žr. 1 lentelę).

### 1 lentelė.

#### *Įtrauktų tyrimų analizės rezultatai*

Autoriai	Tyrimo klausimas	Tyrimo kontekstas	Tyrimo tipas	Pagrindiniai rezultatai
Bowers & Hayle, 2021	Ar sukurtas prototipas įgalina mokinius, turinčius regos sutrikimų, kurti 3D objektus?	Prototipas, leidžiantis mokiniams, turintiems regos sutrikimų, patiems kurti 3D objektus.	Mišrus.	Nauja sistema įgalina asmenis, turinčius regos sutrikimų, braižyti erdvinis virtualius objektus. Rekomenduojama tobulinti objektų žymėjimo funkciją virtualiojoje erdvėje esančiame žemėlapyje ir, pasitelkiant HAPT sistemą, gerinti neregių ir silpnaregių orientavimąsi visuomeniniuose pastatuose ar viešosiose vietose (pavyzdžiui, oro uostuose).
Doore et al., 2022	Ar sukurta multimedialinė sąsaja padeda mokiniams, turintiems regos sutrikimų, suprasti grafinius elementus STEAM (angl. <i>Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics</i> ; liet. – mokslas, technologijos, inžinerija, menai, matematika) pamokose?	Sistema, skirta grafiniams vaizdams perteikti, pasitelkiant multisensorinę garso ir vibracijos sąsają ir išmaniojo telefono programėlę.	Kiekybinis.	Nustatyta, kad mokinių, turinčių regos sutrikimų, ir gerai matančių mokinių įtrauktis į STEAM pamokas tampa visavertiškesnė, o grafiniai elementai geriau suvokiami. Rekomenduojama papildyti multimodalinę sąsają papildomais haptiniais modeliais ir automatizuoti diagramų garsinius aprašus.
Dumpel et al., 2023	Ar dvimačiai ir trimačiai didaktiniai modeliai padeda mokiniams, turintiems regos sutrikimų, suvokti ląstelės sandarą biologijos pamokose?	Ląstelės sandaros suvokimo gerinimas pasitelkiant dvimačius ir trimačius didaktinius modelius biologijos pamokose.	Mišrus.	Sukurti dvimačiai (2D) ir trimačiai (3D) didaktiniai modeliai, skirti citologijai aiškinti: dvimatis taktilinis atlasas, kuriame pateikiami organoidų atvaizdai ir aiškinamasis tekstas reginčiųjų ir Brailio raštu, taip pat trimatis žmogaus ląstelės modelis iš spalvoto polimerinio molio. Nustatyta, kad mokinių, turinčių regos sutrikimų, ląstelės sandaros suvokimas pagerėjo – šie mokiniai atskyrė tiek pat detales, kiek ir mokiniai, neturintys regos sutrikimų.

Autoriai	Tyrimo klausimas	Tyrimo kontekstas	Tyrimo tipas	Pagrindiniai rezultatai
Figueiras & Arcavi, 2014	Kokie metodai padeda mokiniams, turintiems regos sutrikimų, suvokti matematikos pamokų medžiagą?	Haptinių priemonių ir kalbos svarba mokiniams, turintiems regos sutrikimų, matematikos pamokose.	Kokybinis.	Nustatyta, kad apčiuopos patirties ir žodinių aprašymų derinys padeda efektyviai suvokti matematikos pamokų medžiagą.
Jitngernmandan et al., 2017	Ar sukurtas programos prototipas leidžia atpažinti paryškintus elementus elektroniniuose matematikos vadovėliuose?	Programos prototipas, padedantis greičiau rasti paryškintą informaciją elektroniniuose matematikos vadovėliuose, naudojant ekrano skaitytuvus.	Kokybinis.	Mokiniams, turintiems regos sutrikimų, sukurtas programos prototipas, leidžiantis greičiau rasti ir atpažinti paryškintą informaciją elektroniniuose matematikos vadovėliuose, naudojant ekrano skaitymo programą ir (arba) Brailio rašto eilutę. Nustatyta, kad prototipas greitai suvokiamas ir palengvina elektroninių matematikos vadovėlių navigaciją. Rekomenduojama plėsti prototipo funkcijas ir didinti jo, kaip pagalbinės priemonės, prieinamumą.
Luque et al., 2018	Kokių iššūkių informatikos pamokose patiria mokiniai, turintys regos sutrikimų, ir jų pedagogai?	Mokinių, turinčių regos sutrikimų, įtrauktis į informacinių technologijų ugdymą.	Kiekybinis.	Nustatyta, kad informatikos pamokose mokiniai, turintys regos sutrikimų, susiduria su šiais iššūkiais: diagramų, grafikų ir schemų gausa bei neįtraukties jausmu. Pedagogams kyla sunkumų dėl ribotos prieigos prie žinių apie mokinių, turinčių regos sutrikimų, įtrauktį ir dėl nepakankamo pasirengimo. Rekomenduojama didinti prieinamumą, naudojant projektorius su ekrano skaitymo programomis, grafinius vaizdus papildyti tekstiniais aprašais kartu su taktiliniais atvaizdais ir didinti skaitmeninių informatikos ugdymo priemonių prieinamumą.
Morais et al., 2020	Kaip būsimoji biologijos mokytojai pasirengę dirbti su mokiniais, turinčiais regos sutrikimų?	Būsimųjų biologijos mokytojų praktkantų pasirengimas dirbti su mokiniais, turinčiais regos sutrikimų.	Kokybinis.	Nustatyta, kad būsimoji pedagogai patiria sunkumų dėl žinių apie pagalbines priemones ir metodus trūkumo. Rekomenduojama skatinti diskusijas apie pedagogams kylančius iššūkius, įtraukti pagalbines priemones ir stiprinti mokinių motyvaciją mokytis.
Morrison et al., 2021	Ar sukurta programa padeda mokiniams, turintiems regos sutrikimų, ir jų pedagogams suvokti programavimo esmę?	„Torino“ – fizinė programavimo kalba, skirta mokiniams, turintiems regos sutrikimų, mokytis skaičiavimo, kuriant programinius kodus.	Mišrus.	Nustatyta, kad fizinė programavimo kalba, skirta 7-11 m. vaikams, turintiems mišrių regos sutrikimų, mokytis, skatina aktyvų mokinių įsitraukimą į mokymosi procesą, o pedagogų teikiama pritaikyta pagalba padeda lengviau suvokti programavimo esmę.

Autoriai	Tyrimo klausimas	Tyrimo kontekstas	Tyrimo tipas	Pagrindiniai rezultatai
Negrete et al., 2020	Ar sukurta sistema leidžia mokiniui, turinčiam regos sutrikimų, savarankiškai išmatuoti šiluminio plėtimosi koeficientą?	Mokiniui, turinčiam regos sutrikimų, pritaikyta įranga metalo šiluminio plėtimosi koeficientui matuoti fizikos pamokose.	Kokybinis.	Sukurta fizikos mokymo technologija, skirta akliesiems mokiniams. Ji leidžia išmatuoti objekto linijinio šiluminio plėtimosi koeficientą, paversdama vaizdinius signalus garsiniais, ir užtikrina visapusišką mokinio įtraukimą į fizikos laboratorinį darbą.
Spinczyk et al., 2019	Ar sukurta interaktyvi matematikos mokymosi platforma ir joje pateikti alternatyvių matematinių išraiškų garsiniai aprašai padeda mokiniams, turintiems regos sutrikimų, geriau suvokti matematikos mokomąją medžiagą?	Alternatyvių matematinių išraiškų garsiniai aprašai ir mokymosi platforma, skirta mokiniams, turintiems regos sutrikimų.	Kiekybinis.	Nustatyta, kad pagerėjo mokinių matematikos žinios, padidėjo struktūrizuotos informacijos (matematinų formulų) prieinamumas, sudarytos sąlygos savarankiškam mokymuisi, sumažėjo individualių pamokų su pedagogais poreikis. Taip pat inicijuota sukurti struktūrinių duomenų pateikimo universalias taisykles.
Vitoriano et al., 2016	Ar sukurta termometras efektyviai perteikia informaciją mokiniams, turintiems regos sutrikimų, apie objektų temperatūrą chemijos pamokose?	Išmanusis termometras, pritaikytas mokiniams, turintiems regos sutrikimų.	Kokybinis.	Išmanusis termometras yra vertinga pagalbinė priemonė, didinanti mokinių įtrauktį į chemijos laboratorinius darbus. Termometru būdinga didelė temperatūros matavimo skalės amplitudė, informacijos perteikimas garsiniais ir vibraciniais impulsais. Minėtina ir prieinama kaina, patogus naudojimas, greitas prietaiso atsakas.
Zeinullin & Hersh, 2022	Ar taktiliniai grafikai su interaktyvia internetine prieiga ir mobiliąja programėle skatina mokinius, turinčius regos sutrikimų, suvokti vizualius elementus?	Taktiliniai grafikai, interaktyvi internetinė prieiga ir mobiliąji programėle.	Mišrus.	Nustatyta, kad sudaryta galimybė naudotis taktiline grafika, realiuoju laiku girdint garsinius aprašymus, ir interaktyviai aptikti vartotojo piršto padėtį taktilinėje grafikoje. Tai padidina grafinių elementų suvokimo efektyvumą.

## Tyrimo rezultatų analizės metodas

Analizuojant atrinktus mokslinius straipsnius, taikytas kokybinės turinio analizės metodas, leidęs sistemiskai ir nuosekliai išnagrinėti tekstinę informaciją. Vadovaujantis Elo ir kt. (2014) bei Mayringo ir kt. (2014) rekomendacijomis, analizė vykdyta trimis etapais: pasirengimo, organizavimo ir rezultatų pateikimo. Pasirengimo etape apibrėžti analizės vienetai ir tyrimo klausimai. Organizavimo etape atliktas atviras kodavimas, suformuotos teminės kategorijos, atspindinčios esmines tyrimų temas: iššūkius, su kuriais susiduria mokiniai, turintys regos sutrikimų, pedagogų taikomas strategijas ir technologinių sprendimų įvairovę. Analizė grindžiama indukcinio požiūriu – kategorijos formuotos iš duomenų, siekiant atskleisti gilumines tyrimų prasmes. Rezultatų pateikimo etape kiekviena kategorija iliustruota empiriniais duomenimis iš nagrinėtų šaltinių, užtikrinant analizės skaidrumą ir pagrįstumą. Ši analizė ne tik atskleidė dominuojančias temas, bet ir leido geriau su-

prasti pedagogines tendencijas, susijusias su tikslųjų ir gamtos mokslų sričių įtraukioju ugdymu, ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų.

## Tyrimo rezultatai ir diskusija

Analizuojant mokslinėje literatūroje išryškintus iššūkius, su kuriais tikslųjų ir gamtos mokslų srityse susiduria mokiniai, turintys regos sutrikimų, ir pedagogai, bei vertinant techninius ir metodinius sprendimus, taikomus šiems iššūkiams spręsti, nustatyta plati kliūčių ir jų sprendimų įvairovė. Rezultatai rodo, kad problemų, susijusių su įtraukioju ugdymu, dažniausiai kyla dėl nepritaikytos fizinės ir informacinės aplinkos (Luque et al., 2018; Bowers & Hayle, 2020; Morais et al., 2020; Negrete et al., 2020), skaitmeninių ir eksperimentinių mokymo priemonių neprieinamumo (Vitoriano et al., 2016; Jitngernmadan et al., 2017; Luque et al., 2018; Morais et al., 2020; Negrete et al., 2020, Dumpel et al., 2021; Morrison et al., 2021) ir dominuojančio vizualaus mokymo turinio (Figueiras & Arcavi, 2013; Zeinullin & Hersh, 2022; Doore et al., 2023). Šie veiksniai lemia ne tik mokinių pažintinius sunkumus, bet ir psichosocialines pasekmes (Figueiras & Arcavi, 2013; Spinczyk et al., 2019; Doore et al., 2023), tokias kaip motyvacijos stoka ar mažesnis pasitikėjimas savimi.

Viena iš esminių problemų, su kuriomis susiduria mokiniai, turintys regos sutrikimų, yra nepritaikyta fizinė ir informacinė aplinka. Negrete ir kt. (2020) pažymi, kad mokiniams, turintiems regos sutrikimų, nesudaroma galimybių pasiekti mokymo medžiagą, užduotis ir programinę įrangą. Kaip teigia Bowers ir Hayle (2020), grafinė sąsaja yra patogi ir veiksminga regintiems vartotojams, tačiau akliems ir silpnaregiams ji tampa kliūtimi dėl vizualinio pobūdžio duomenų pateikimo, o tai lemia skaitmeninių mokymosi įrankių neprieinamumą. Luque ir kt. (2018) taip pat atkreipia dėmesį į infrastruktūros trūkumus. Morais ir kt. (2020) pažymi, kad informacijos pateikimas dažnai neatitinka mokinių, turinčių regos negalią, poreikių.

Skaitmeninių ir eksperimentinių mokymo priemonių neprieinamumas yra vienas iš pagrindinių iššūkių, trukdančių mokiniams visapusiškai įsitraukti į mokymosi procesą. Negrete ir kt. (2020) pastebi, kad akliems mokiniams neįmanoma atlikti eksperimentinių matavimų, nes matavimo prietaisai dažniausiai yra vizualinio pobūdžio, taigi eksperimentinė įranga yra nepritaikyta. Dumpel ir kt. (2021) pabrėžia, kad mokiniams, turintiems regos sutrikimų, vis dar sudėtinga suvokti daugelį dalykinių sąvokų dėl abstraktaus jų pobūdžio ir neprieinamų vizualinių priemonių. Be to, informatikos ar matematikos srityse trūksta įrankių (Vitoriano et al., 2016; Jitngernmadan et al., 2017; Morrison et al., 2021), o laboratorijose naudojami kompiuteriai neturi ekrano skaitytuvų, įgarsinančių ekrane rodomą tekstinę informaciją. Platformos taip pat neatitinka minimalių prieinamumo reikalavimų (Luque et al., 2018). Morais ir kt. (2020) pažymi, kad mokymo medžiaga dažniausiai pateikiama vizualiais elementais, todėl žinias sunku suvokti.

Vizualinis mokymo turinys, dažnai laikomas savaime suprantamu mokomosios medžiagos perteikimo būdu, mokiniams, turintiems regos sutrikimų, tampa reikšminga kliūtimi. Doore ir kt. (2023) nurodo, kad grafinis vaizdavimas plačiai naudojamas STEAM srityse, tačiau ši medžiaga dažnai neprieinama akliems ar silpnaregiams mokiniams. Figueiras ir Arcavi (2013) pažymi, kad mokiniai, kurie remiasi kitais pojūčiais, pavyzdžiui, klausa ar lytėjimu, turi skirti gerokai daugiau pažintinių pastangų informacijai suvokti. Taip pat keliamas klausimas, ar vizualizacija apskritai gali būti prieinama nesant regos – regėjimo praradimas nebūtinai eliminuoja vaizdinį mąstymą, tačiau jis reikalauja kitokių pažintinių strategijų. Dauguma informacijos pateikiama vizualiu formatu, o prieinamumui skiriama per mažai dėmesio, ypač ugdymo aplinkose, kuriose dominuoja formos, diagramos, schemas ir nuotraukos (Zeinullin & Hersh, 2022).

Nepritaikyta mokymosi aplinka daro įtaką ne tik pažinimo procesams, bet ir mokinių psichosocialinei gerovei. Spinczykas ir kt. (2019) pažymi, kad šie apribojimai akliems ir silpnaregiams mokiniams gali lemti greitesnę nusivylimą ir nuovargį negu regintiesiems, o tai rodo padidėjusį emocinį krūvį ir mažesnę ištvermingumą mokantis, sukuriant papildomą stresą, trukdantį mokymosi procesui (Doore et al., 2023). Tokios situacijos gali lemti atskirties pojūtį ir mažesnę pasitenkinimą mokymusi. Figueiras ir Arcavi (2013) nurodo, kad mokiniai, negalintys pasikliauti regėjimu, priversti taikyti sudėtingesnes mokymosi strategijas, reikalaujančias didelio kognityvinio ir emocinio įsitraukimo. Tai gali mažinti pasitikėjimą savimi ir skatinti motyvacijos stoką.

Pasitelkus kokybinį turinio analizės metodą, *Scopus* duomenų bazėje esančios literatūros apžvalgos rezultatai atskleidė, kad mokiniams, turintiems regos sutrikimų, vienas iš pagrindinių iššūkių, kylančių tikslųjų ir gamtos mokslų srityse, yra ugdymo turinio neprieinamumas. Pedagogai dažniausiai susiduria su nepakankamomis žiniomis ir gebėjimais pritaikyti mokymosi aplinką prie šių mokinių poreikių. Šią problemą patvirtina Koehler ir Wildo (2019) atliktas tyrimas, kuriame pabrėžiama, kad mokiniai, turintys regos sutrikimų, fiziškai dalyvauja gamtos mokslų pamokose, tačiau dėl turinio neprieinamumo jie jaučiasi menkai įtraukiami į ugdymo procesą. Kaip pažymi Miyauchi (2020), tai lemia mažesnę jų susidomėjimą šiais dalykais.

Sprendžiant minėtus iššūkius, nustatyta daug inovatyvių techninių ir metodinių sprendimų. Techniniai sprendimai apima vizualinės informacijos pavertimą garsine (Figueiras & Arcavi, 2013; Jitngernmadan et al., 2017; Luque et al., 2018; Negrete et al., 2020; Zeinullin & Hersh, 2022) ar taktiline (Luque et al., 2018; Negrete et al., 2020; Dumpel et al., 2021; Morrison et al., 2021; Zeinullin & Hersh, 2022; Doore et al., 2023), haptinių įrenginių diegimą (Figueiras & Arcavi, 2013; Bowers & Hayle, 2020), multisensorinių sąsajų kūrimą (Vitoriano et al., 2016; Bowers & Hayle, 2020; Zeinullin & Hersh, 2022; Doore et al., 2023) ir universalaus dizaino mokymuisi taikymą (Figueiras & Arcavi, 2013; Jitngernmadan et al., 2017; Luque et al., 2018; Spinczyk et al., 2019; Morais et al., 2020; Dumpel et al., 2021; Morrison et al., 2021; Doore et al., 2023). Metodiniai sprendimai orientuoti į įtraukijį ugdymą (Vitoriano et al., 2016; Spinczyk et al., 2019; Morais et al., 2020; Morrison et al., 2021), tarpmodalinį mokymąsi (Dumpel et al., 2021; Doore et al., 2023), refleksyvią praktiką (Bowers & Hayle, 2020) ir bendradarbiavimu grindžiamą mokymąsi (Negrete et al., 2020; Morrison et al., 2021). Pastebima tendencija technologinius sprendimus derinti su pedagoginėmis strategijomis (Figueiras & Arcavi, 2013; Jitngernmadan et al., 2017; Luque et al., 2018; Spinczyk et al., 2019; Morrison et al., 2021; Zeinullin & Hersh, 2022), siekiant užtikrinti ne tik informacijos prieinamumą, bet ir visapusišką dalyvavimą mokymosi procese.

Techniniai sprendimai bendrojo ugdymo klasėse, orientuoti į vizualinės informacijos pavertimą garsine, yra esminiai, norint užtikrinti informacijos prieinamumą mokiniams, turintiems regos sutrikimų. Jitngernmadan ir kt. (2017) nurodo, kad aklieji dažnai pageidauja garsinių sprendimų ir Brailio rašto derinio, nes šios priemonės papildo viena kitą ir sudaro galimybę pateikti informaciją papildomu ar alternatyviu kanalu. Figueiras ir Arcavi (2013) taip pat pabrėžia žodinio paaiškinimo reikšmę, pažymėdami, kad verbalinis aiškumas gali padėti išvengti situacijos, kai du žmonės žiūri į tą patį objektą, bet suvokia jį skirtingai. Luque ir kt. (2018) pristato taikytinas garsines ir tekstines alternatyvas, leidžiančias sudėtingą turinį perteikti suprantamai. Taip pat aptariamos specifinės programos, pavyzdžiui, TAURIS sistema, kurios pagrindas – telefono programėlė, realiuoju laiku pateikianti garsinius aprašymus ir leidžianti suprasti, ką mokinys liečia, taip tiesiogiai susiedama lytėjimo ir garso modalumus (Zeinullin & Hersh, 2022). Šie sprendimai rodo, kad garsinė informacija yra vienas iš efektyviausių būdų vizualinės medžiagos neprieinamumui kompensuoti.

Taktilinės priemonės yra vienas iš pagrindinių specifinių techninių sprendimų, padedančių mokiniams, turintiems regos sutrikimų, pasiekti sudėtingą mokymosi turinį. Analizuotuose tyrimuose

pristatomos specialios metodikos, kurių taikymas plečia mokinių įtraukties galimybes. Pavyzdžiui, Negrete ir kt. (2020) aprašo taktilinės grafikos naudojimą ir *Accessibility* funkcijos taikymą *Word* programoje, leidžiančią tekstą paversti garsais ir taip kurti multisensorinę patirtį. Dumpel ir kt. (2021) pabrėžia 2D ir 3D taktilinių modelių reikšmę, pavyzdžiui, 2D taktilinius atlasus su Brailio raštu ir 3D modelius iš polimerinio molio, padedančius mokiniams suvokti citologijos temas. Šie modeliai leidžia įveikti abstrakčių sąvokų suvokimo sunkumus. Doore ir kt. (2023) pristato multisensorinę sistemą, teikiančią garsinį ir taktilinį grįžtamąjį ryšį liečiant ekraną, taip sudarant funkcionaliai lygiavertę priegią prie vizualinės informacijos.

Haptinių įrenginių diegimas tampa svarbiu techniniu sprendimu, padedančiu mokiniams, turintiems regos sutrikimų, pasiekti sudėtingą vizualinę ir erdvinę informaciją, ypač STEAM srityse. Bowers ir Hayle (2020) aprašo haptinę sistemą, leidžiančią mokiniui liesti ar „skaityti“ ekrane esančius objektus ir juos perkelti į sukonstruotą specifinę formą. Tyrėjai taip pat pabrėžia, kad haptinis įrenginys turi suteikti pakankamą jėgą, kad galėtų efektyviai vesti dalyvius į konkrečius taškus ir 3D objektus virtualiojoje erdvėje. Figueiras ir Arcavi (2013) pateikia pavyzdžių, kaip haptinis pažinimas taikomas matematinėms sąvokoms perteikti. Šie pavyzdžiai rodo, kad haptiniai įrenginiai ir metodai leidžia perteikti struktūrines ir erdvinės sąvokas, kurios kitu atveju būtų neprieinamos, ir skatina aktyvų, kūnišku patyrimu grindžiamą mokymąsi.

Multisensorinės sąsajos tampa vis svarbesniu techniniu sprendimu, siekiant užtikrinti įtraukią ir prieinamą mokinių, turinčių regos sutrikimų, mokymosi patirtį. Daugiafunkcės sensorinės priemonės padeda naudotojams aktyviai dalyvauti praktinėje veikloje (Bowers & Hayle, 2020). Doore ir kt. (2023) pristato multisensorinę diagramų sistemą (MDS), kuri ekrane atvaizduoja didelio kontrasto diagramą ir suteikia garsinį ir haptinį grįžtamąjį ryšį liečiant ekraną. Tai leidžia mokiniams interpretuoti erdvinę informaciją įvairiomis jutimo priemonėmis. Zeinullinas ir Hersh (2022) nurodo, kad TAURIS sistema integruoja kamerą, garsą ir prisilietimą, leidžiantį naudotojams sąveikauti su taktiline grafika ir realiuoju laiku gauti skirtingo detalumo garso aprašymus. Taigi multisensorinės sąsajos stiprina informacijos supratimą, aktyvina įvairias pažintines sistemas ir skatina mokinius įsitraukti į mokymosi procesą.

Universalus dizaino mokymuisi priegios taikymas tampa esmine strategija, siekiant sukurti lanksčią ir prieinamą ugdymo aplinką visiems mokiniams, nepriklausomai nuo jų gebėjimų. Spinczykas ir kt. (2019) siūlo mokymosi platformą, kurioje užduotys adaptuojamos atsižvelgiant į mokinio pažangą, taip skatinant individualų mokymosi tempą ir savarankiškumą. Figueiras ir Arcavi (2013) atkreipia dėmesį į kalbinės mediacijos reikšmę, kuri gali būti taikoma tiek regintiesiems, tiek mokiniams, turintiems regos sutrikimų, ir padeda formuoti bendrąjį supratimą. Luque ir kt. (2018) bei Morais ir kt. (2020) išryškina būtinybę iš anksto pritaikyti mokymo medžiagą ir stiprinti pedagogų žinias apie įtraukujį ugdymą, siekiant sudaryti vienodas galimybes visiems mokiniams. Universalus dizainas mokymuisi leidžia kurti sistemas, kurios ne tik įtraukia mokinius, turinčius regos sutrikimų, bet ir praturtina visų besimokančiųjų patirtį.

Metodiniais sprendimais, orientuotais į įtraukujį ugdymą, siekiama sukurti mokymosi aplinką, kurioje kiekvienas mokinytis galėtų aktyviai dalyvauti ir sėkmingai mokytis, nepaisant regos sutrikimų. Morrison ir kt. (2021) akcentuoja bendradarbiavimu grindžiamą mokymąsi, skatinant socialinę įtrauktį ir komandinį mokymąsi. Morais ir kt. (2020) pabrėžia pedagogų rengimo svarbą, pažymėdami, kad mokytojų rengimo programose būtina daugiau dėmesio skirti įtraukiojo ugdymo procesams, nes tik tinkamai parengtas pedagogas gali veiksmingai taikyti įtraukias metodikas.

Tarpmodalinis mokymasis yra viena iš įtraukiojo ugdymo strategijų, kai informacija, siekiant pagerinti jos supratimą ir įsiminimą, pateikiama per kelis jutimo kanalus (Dumpel et al., 2021; Doore

et al., 2023). Refleksyvi praktika yra svarbus metodinis komponentas, leidžiantis mokiniams apmąstyti savo mokymosi patirtį ir suvokti asmeninę pažangą. Bowers ir Hayle (2020) atkreipia dėmesį į dalyvių patirtis dirbant su skaitmeninėmis haptinėmis sistemomis, kur refleksija skatina pasitikėjimą savimi ir leidžia įvertinti mokymosi rezultatų prasmingumą. Bendradarbiavimu grindžiamas mokymasis taip pat išryškėja kaip veiksminga įtraukiojo ugdymo metodinė strategija. Negrete ir kt. (2020) pabrėžia, kad bendradarbiavimu grindžiamas mokymasis yra edukacinio modelio dalis, padedanti sukurti saugią ir stimuliuojančią mokymosi aplinką. Morrison ir kt. (2021) pažymi, kad specifinė fizinė programavimo kalba sudaro vienodas galimybes visiems mokiniams mokytis ir tobulėti kartu, taip skatinant tarpusavio pagalbą ir socialinę įtrauktį. Šios strategijos prisideda prie įtraukiojo mokymosi kokybės stiprinimo, skatina mokinių aktyvumą, savirefleksiją ir bendruomeniškumą.

Aptartų tyrimų analizė rodo aiškią tendenciją integruoti technologinius sprendimus su pedagoginėmis strategijomis, siekiant užtikrinti ne tik informacijos prieinamumą, bet ir visapusišką mokinių, turinčių regos sutrikimų, dalyvavimą mokymosi procese. Spinczykas ir kt. (2019) pabrėžia, kad sukurta sistema leidžia efektyviau savarankiškai mokytis matematikos temų, o pažanga pastebima ne tik pažinimo, bet ir motyvacijos srityse.

Iššūkiams spręsti taikomi įvairūs ugdymo turinio pritaikymo būdai, įskaitant jau esančias technologijas: kompiuterius su balso ar Brailio išvestimi, taktilinę grafiką, vaizdus, analogijas ir multi-sensorinius mokymo metodus. Taip pat taikomas mokomosios medžiagos skaitmeninimas, kuriamos naujos mokymo priemonės, į ugdymo procesą įtraukiami asistentai.

Vizualios informacijos prieinamumą mokiniams, turintiems regos sutrikimų, gali reikšmingai pagerinti dirbtinis intelektas, kurio įrankiai vis dažniau integruojami į išmaniųjų įrenginių pagalbines programėles. Šios programėlės padeda asmenims, turintiems regos sutrikimų, geriau pažinti juos supantį pasaulį. Pavyzdžiui, programėlėje „Be My Eyes“ integruotas dirbtinio intelekto modelis „ChatGPT“ gali aprašyti naudotojo pateiktas nuotraukas. Be to, naudotojas gali užduoti klausimų apie nuotrauką ir taip gauti daugiau informacijos (Jarmolavičiūtė, 2023; Mümmeler, 2025). Pasitelkę aptartas programėles tikslųjų ir gamtos mokslų srityse, mokiniai galėtų susipažinti su vaizdinių elementų aprašymais, o pedagogai – greičiau ir efektyviau rengti šių elementų aprašus mokiniams, turintiems regos sutrikimų. Taigi itin svarbu organizuoti pedagogams mokymus ir skleisti informaciją apie dirbtinio intelekto galimybes ugdant vaikus, turinčius regos sutrikimų.

Technologijos sparčiai tobulėja. Kaip pažymi daugelis tyrėjų, veiksmingiausias mokymosi būdas mokiniams, turintiems regos sutrikimų, yra įvairių pojūčių įtraukimas į ugdymo(si) procesą. Teke ir Sozbilir (2019), remdamiesi Miyauchi (2020), išskiria dvimačių ir trimačių objektų reikšmę gamtos mokslų pamokose. Naujausios technologijos siūlo dirbtiniu intelektu paremtus prietaisus, gebančius perteikti informaciją tiek garsiniu, tiek taktiliniu būdu. Kaip nurodo „Tactuel“ (2024), vienas iš tokių įrenginių yra „DotPad“ – pirmasis išmanusis taktilinis liečiamasis ekranas, sukurtas Pietų Korėjoje. Šis įrenginys perteikia ekrane rodomą informaciją Brailio raštu ir taktiliniais elementais. Be to, integruotas dirbtinis intelektas gali balsu aprašyti vaizduojamus grafinius elementus. Įrenginys leidžia mokiniams, turintiems regos sutrikimų, braižyti įvairius grafinius objektus ir juos analizuoti liečiant ar klausantis garsinių aprašų. Pedagogai, naudodami šį prietaisą, gali vertinti ne tik mokinių gebėjimą suprasti grafinius elementus, bet ir kūrimo įgūdžius. „DotPad“ efektyviai padeda perteikti informaciją ir gerina tikslųjų ir gamtos mokslų suvokimą.

Visa tai rodo būtinybę stiprinti pedagogų rengimą, daugiau dėmesio skiriant praktiniams mokymams apie mokinių, turinčių regos sutrikimų, įtrauktį, pasitelkiant šiuolaikines technologijas. Taip pat tikslinga parengti mokomosios medžiagos prieinamumo gaires, kurios padėtų pedagogams veiksmingiau pritaikyti tikslųjų ir gamtos mokslų turinį mokiniams, turintiems regos sutrikimų.

## Išvados

Pedagogams, ugdatiems mokinius, turinčius regos sutrikimų, daugiausia iššūkių tikslųjų ir gamtos mokslų srityse kelia žinių trūkumas, nepakankamai pritaikytas ugdymo turinys ir ribotas informacinės bei fizinės aplinkos prieinamumas, ypač dėl vizualių elementų dominavimo.

Išryškėja keturios pagrindinės iššūkių kategorijos: infrastruktūros ir technologijų nepritaikymas, vizualiai orientuotų mokymo priemonių dominavimas, skaitmeninių ir eksperimentinių sąsajų trūkumai ir pažintiniai iššūkiai. Dažnai mokiniai, turintys regos sutrikimų, negali naudotis standartinėmis laboratorinėmis priemonėmis, vizualinėmis sąsajomis ar grafine medžiaga. Be to, perteklinė žodinė informacija ir netinkamai struktūruojamas turinys gali dar labiau apsunkinti mokymosi procesą.

Rezultatai atskleidžia, kad veiksmingiausi yra sprendimai, besiremiantys kompleksiniu požiūriu – derinami skirtingi sensoriniai modalumai, personalizuotas mokymasis ir aktyvus mokinių į(si)traukimas. Tai ne tik leidžia sumažinti kliūtis, bet ir stiprina mokinių motyvaciją, skatina savarankiškumą. Visa tai svarbu kuriant įtraukią švietimo praktiką, kurioje mokiniai, turintys regos sutrikimų, gali ne tik lygiavertiškai dalyvauti, bet ir sėkmingai realizuoti savo potencialą.

Būtina tęsti mokslinius tyrimus, ieškant naujų techninių ir metodinių sprendimų mokiniams, turintiems regos sutrikimų, ugdyti tikslųjų ir gamtos mokslų srityse, paremtų multisensorine prieiga, siekiant gerinti vizualaus turinio prieinamumą. Kokybiškas informacijos prieinamumo didinimas prisidėtų prie mokinių mokymosi motyvacijos ir psichosocialinės gerovės stiprinimo, taip pat plėstų šių mokinių pasiekimų galimybes tikslųjų ir gamtos mokslų srityse.

## Tyrimo ribotumai

Atlikto tyrimo rezultatai gali būti riboti, nes analizuota tik 12 straipsnių, be to, apžvelgti tik iš dviejų mokslinių duomenų bazių atrinkti šaltiniai. Rekomenduotina šį tyrimą plėsti, įtraukiant daugiau mokslinių duomenų bazių. Sisteminė literatūros analizė leido išryškinti bendrąsias tendencijas, tačiau tikslinga atlikti empirinius tyrimus, siekiant išsiaiškinti mokinių, turinčių regos sutrikimų, realią ugdymo(si) situaciją tikslųjų ir gamtos mokslų srityse įtraukiojo ugdymo sąlygomis.

## Literatūros sąrašas

- Baranauskaitė, D. (2016). *Lietuvos švietimo sistema izoliuoja pusę vaikų su negalia: Ko reikia, kad mokykla būtų skirta visiems?* Vilniaus universitetas, Filosofijos fakultetas. <https://manoteises.lt/straipsnis/lietuvos-svietimo-sistema-izoliuoja-puse-vaiku-su-negalia/>
- Bowers, L., & Hayle, R. (2021). Creative haptics: An evaluation of a haptic tool for non-sighted and visually impaired design students, studying at a distance. *British Journal of Visual Impairment*, 39(3), 214–230. <https://doi.org/10.1177/0264619620912771>
- Brian, A., Haibach-Beach, P., Lieberman, L., & Giese, M. (2017). Motorische Fertigkeiten im inklusiven Sportunterricht mit sehgeschädigten Schülern vermitteln. Eine internationale Bestandsaufnahme. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 62(3), 288–298. <https://doi.org/10.3262/SZ1703288>
- Bühler, C. (2016). Barrierefreiheit und Assistive Technologie als Voraussetzung und Hilfe zur Inklusion. In *Schwere Behinderung & Inklusion* (pp. 155–169). Athena. [https://qualitaetsoffensive-teilhabe.de/wp-content/uploads/2020/10/Buehler\\_Barrierefreiheit-und-Assistive-Technologie-als-Voraussetzung-und-Hilfe-zur-Inklusion.pdf](https://qualitaetsoffensive-teilhabe.de/wp-content/uploads/2020/10/Buehler_Barrierefreiheit-und-Assistive-Technologie-als-Voraussetzung-und-Hilfe-zur-Inklusion.pdf)
- Capovilla, D., Krugel, J., & Hubwieser, P. (2013). Teaching algorithmic thinking using haptic models for visually impaired students. In *2013 Learning and Teaching in Computing and Engineering* (pp. 167–171). <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2013.14>

- De Verdier, K., & Ek, U. (2014). A longitudinal study of reading development, academic achievement, and support in Swedish inclusive education for students with blindness or severe visual impairment. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108(6), 461–472. <https://doi.org/10.1177/0145482X1410800603>
- Doore, S. A., Dimmel, J., Kaplan, T. M., Guenther, B. A., & Giudice, N. A. (2023). Multimodality as universality: Designing inclusive accessibility to graphical information. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1071759>
- Dumpel, R. G., Silva, A. S., Pereira, R. D. S., Delou, D., & Castro, H. C. (2023). Who said that we do not see? An inclusion strategy for students with visual impairment using cell models and a modeling-clay-based evaluation method. *British Journal of Visual Impairment*, 41(2), 363–376. <https://doi.org/10.1177/02646196211036410>
- Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative content analysis: A focus on trustworthiness. *SAGE Open*, 4(1). <https://doi.org/10.1177/2158244014522633>
- Fernández, G. A., Ocampo, R. A., Costantino, A. R., & Dop, N. S. (2019). Application of didactic strategies as multisensory teaching tools in organic chemistry practices for students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 691–696. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00816>
- Figueiras, L., & Arcavi, A. (2014). A touch of mathematics: Coming to our senses by observing the visually impaired. *ZDM – International Journal on Mathematics Education*, 46(1), 123–133. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0555-x>
- Jarmolavičiūtė, E. (2023). Dirbtinis intelektas – mūsų ateities akys. *Mūsų žodis*, 9. <https://www.musuzodis.lt/mz/202309/str13.htm>
- Jessup, G., Bundy, A. C., Broom, A., & Hancock, N. (2017). The social experiences of high school students with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 111(5), 5–19.
- Jitngernmadan, P., Stöger, B., Petz, A., & Miesenberger, K. (2017). IDMILE: An interactive didactic math inclusion learning environment for blind students. *Technology and Disability*, 29(1–2), 47–61. <https://doi.org/10.3233/TAD-170173>
- Koehler, K., & Wild, T. (2019). Students with visual impairments' access and participation in the science curriculum: Views of teachers of students with visual impairments. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.14448/jesed.11.0003>
- Lang, M., & Thiele, M. (2020). *Schüler mit Sehbehinderung und Blindheit im inklusiven Unterricht: Praxistipps für Lehrkräfte* (2nd ed.). Reinhardt.
- Lietuvos aklųjų ir silpnaregių sąjunga. (2017). *Akliesiems būtini tiflopedagogai sensta, o pamaina neruošiama*. <https://lass.lt/2017/03/15/akliesiems-butini-tiflopedagogai-sensta-o-pamaina-neruosiama/>
- Luque, L., Brandão, L. O., Kira, E., & Brandão, A. A. (2018). On the inclusion of learners with visual impairment in computing education programs in Brazil: Practices of educators and perceptions of visually impaired learners. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 24, 1–12.
- Mayring, P., Presmeg, N., Knipping, C., & Bikner-Ahsbabs, A. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. In *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 365–380). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13)
- Miyauchi, H. (2020). A systematic review on inclusive education of students with visual impairment. *Education Sciences*, 10, 346. <https://doi.org/10.3390/educsci10110346>
- Morais, K. F. D., Oliveira, B. R. M., & Farias, L. D. N. (2020). Recursos didáticos e inclusivos para o ensino do meio ambiente. *Margens: Revista Interdisciplinar do PPGCITI*.
- Morrison, C., Villar, N., Hadwen-Bennett, A., Regan, T., Cletheroe, D., Thieme, A., & Sentance, S. (2021). Physical programming for blind and low vision children at scale. *Human-Computer Interaction*, 36(5–6), 535–569. <https://doi.org/10.1080/07370024.2019.1621175>
- Mümmeler, L. (2025). Wie Apps die Welt hörbar machen. *Sichtweisen Online – Das Magazin des DBSV*. <https://sichtweisen-online.org/gut-zu-wissen/ki-apps>
- Negrete, O., Lisboa, A., Peña, F. J., Dib, C. O., & Vargas, P. (2020). Teaching labs for blind students: Equipment to measure the thermal expansion coefficient of a metal. *European Journal of Physics*, 41(3), 035704.

- Nepomuceno, G. M., Decker, D. M., Shaw, J. D., Boyes, L., Tantillo, D. J., & Wedler, H. B. (2016). The value of safety and practicality: Recommendations for training disabled students in the sciences with a focus on blind and visually impaired students in chemistry laboratories. *Journal of Chemical Health and Safety*, 23(1), 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2015.02.003>
- Santos, C. M. C., Pimenta, C. A. M., & Nobre, M. R. C. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15(3), 508–511.
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ (Online)*, 349, g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
- Spinczyk, D., Maćkowski, M., Kempa, W., & Rojewska, K. (2019). Factors influencing the process of learning mathematics among visually impaired and blind people. *Computers in Biology and Medicine*, 104, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2018.10.025>
- Tactuel. (2024). «Dot Pad» – Das erste intelligente taktile Grafikdisplay für Sehbeeinträchtigte. *Hilfsmittel – Nachgefragt*, 1/2024. <https://www.tactuel.ch/hilfsmittel-nachgefragt-1-2024/>
- Vitoriano, F. A., Teles, V. L. G., Rizzatti, I. M., & De Lima, R. C. P. (2016). Promoting inclusive chemistry teaching by developing an accessible thermometer for students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2046–2051. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00162>
- Zeinullin, M., & Hersh, M. (2022). Tactile audio responsive intelligent system. *IEEE Access*, 10, 122074–122091. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3223099>

## Pedagogų patirtys ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų, tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose: *Scopus* duomenų bazės literatūros analizė

**Ugnė Žilytė**

Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Šiauliai, Lietuva

**Renata Geležinienė**

Vilniaus universiteto Šiaulių akademija, Šiauliai, Lietuva

**Ieva Kuginytė-Arlauskienė**

Pietryčių Norvegijos universitetas, Norvegija

### Santrauka

Atlikto tyrimo tikslas – atskleisti pedagogų patirtis tikslųjų ir gamtos mokslų pamokose, ugdant mokinius, turinčius regos sutrikimų, taikant tyrimų lauko apžvalgą (angl. *scoping review*) metodą.

Mokslinių šaltinių ieškota *Academic Search Ultimate* (EBSCO) ir *Scopus* duomenų bazėse. Literatūros paieškai naudoti šie reikšminių žodžių junginiai: „teaching blind and visual impaired students“, „inclusive education of blind and visual impaired students“, „natural sciences“, „mathematical sciences“. Naudojant loginį jungiklį „AND“ rasta 191 publikacija, tačiau, pritaikius nustatytus įtraukties ir atmetimo kriterijus, galutinei analizei atrinkta 12 straipsnių.

Atlikus kokybinę dedukcinę turinio analizę, nustatyta, kad pedagogai, ugdydami mokinius, turinčius regos sutrikimų, susiduria su nepritaikytos fizinės ir informacinės aplinkos, skaitmeninių ir eksperimentinių priemonių neprieinamumo ir dominuojančio vizualaus mokymo turinio keliamais iššūkiais. Šiems iššūkiams įveikti pedagogai taiko įvairius techninius ir metodinius didaktinius sprendimus. Techniniai sprendimai apima vizualinės informacijos pavertimą taktiline arba garsine, haptinių įrenginių diegimą ir universalaus dizaino mokymuisi taikymą. Metodiniai didaktiniai sprendimai orientuoti į tarpmodalinį mokymąsi, refleksyvią praktiką ir bendradarbiavimu grindžiamą mokymąsi. Taip pat pastebima tendencija metodinius sprendimus derinti su pedagoginėmis strategijomis.

Nepaisant esamų iššūkių sprendimo būdų įvairovės, rekomenduotina ieškoti naujų techninių ir metodinių sprendimų, nes taikomos priemonės neužtikrina mokiniams, turintiems regos sutrikimų, visapusiško mokymosi turinio prieinamumo tikslųjų ir gamtos mokslų srityse.

# Teacher Experiences in Educating Students with Visual Impairments in Exact and Natural Sciences Lessons: A Scopus Literature Review

**Ugnė Žilytė**

Vilnius University Šiauliai Academy, Lithuania

**Renata Geležinienė**

Vilnius University Šiauliai Academy, Lithuania

<https://orcid.org/0009-0004-5026-8774>

**Ieva Kuginytė-Arlauskienė**

University of South-Eastern Norway, Norway

<https://orcid.org/0000-0003-3437-8725>

**Abstract.** This article examines the challenges faced in educating students who have visual impairments and teachers' experiences in seeking solutions in the field of exact and natural sciences. The study aims to answer the following questions: *What challenges do teachers encounter when teaching students with visual impairments in the field of exact and natural sciences? What technical and methodological solutions are employed to overcome these challenges in order to ensure the quality of inclusive education?* The research problem was investigated by using a Scopus-based literature review method. The findings have revealed that many challenges are caused by the inaccessibility of visual teaching materials, which makes it difficult for teachers to convey the lesson content and for students to master it, since a substantial proportion of learning materials is represented by visual elements such as graphs, charts, and diagrams. The review of studies has revealed that the most efficient solutions are those based on a comprehensive approach, combining the use of multisensory modalities, personalized learning, and active student engagement. Such a strategy not only helps reduce obstacles but also enhances students' motivation and promotes their autonomy. This is essential for creating inclusive educational practices in which students who have visual impairments can not only participate on an equal footing but also successfully realize their potential.

**Keywords:** *inclusive education, students with visual impairments, exact sciences, natural sciences.*

## Introduction

According to the Education Information System<sup>1</sup>, in the 2024–2025 academic year, there were 66 students with moderate or severe visual impairments and 6 students who have blindness with residual vision, practical blindness, or total blindness in Lithuanian general education schools. Baranauskaite

<sup>1</sup> Education Information System: <https://www.svis.smm.lt/>

**Received:** 29/08/2025. **Accepted:** 03/10/2025

Copyright © Ugnė Žilytė, Renata Geležinienė, Ieva Kuginytė-Arlauskienė, 2025. Published by Vilnius University Press.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

(2016) notes that, in mainstream schools, students diagnosed with blindness do not attend certain lessons such as physical education, since the environment in general education schools is not adapted, and physical education teachers are not familiar with the physical abilities of non-sighted students as well as abilities of students who have visual impairments. According to the Lithuanian Association of the Blind and Visually Impaired (2017), there is a shortage of special educators in Lithuania who specialize in educating students who have visual impairments, as such professionals were not being prepared in our country from 2002 to 2017. According to the data of the Ministry of Education, Science and Sport of the Republic of Lithuania (2022), at the beginning of 2021, there was a shortage of more than 1600 specialists; whereas, in 2022, positions of around 1200 specialists were vacant. Baranauskaite (2016) emphasizes that schools lack assistive learning tools such as image magnifiers, computers equipped with screen reading and image magnification software, relief maps, globes, coordinate planes and other tools. In addition, the physical environment in many schools is not adapted for students who have visual impairments: there is no color contrast to help with orientation, no tactile walking surfaces, and no Braille or large-print signs on classroom doors.

Although students who have visual impairments, like their peers, can study all school subjects, they cannot participate in all subject-related activities, particularly in mathematics, natural sciences, and physical education lessons (Jessup et al., 2017). Researchers state that the situation is more worrying at the upper secondary education level, since education is oriented towards more academic content. De Verdier and Ek (2014) have revealed that the level of subject accessibility largely depends on the teacher's knowledge and willingness. As a result, students who have visual impairments choose subjects not according to their abilities and interests – but, instead, according to accessibility. This inherently means that they lose opportunities to study advanced-level subjects, which can hinder young people with visual impairments from pursuing a certain formal qualification at the higher education institution as well as potentially from working in that field.

It must be noted that tasks and assignments need to be adapted for students who have visual impairments, too. In this case, there are several options: for some, it is sufficient to simply provide texts in a large(r) font, but, if the impairment is more severe, certain tasks have to be adjusted. It is also necessary to highlight the competencies necessary for the educator to efficiently use digital and information technologies, since modern technologies play an important role in ensuring quality education for children who have visual impairments. According to Bühler (2016), learning processes must include the possibility of using computers, tablets and various assistive programs, while the learning content should be adapted to everyone. Technical devices used in the learning process should have voice input and output functions, and visual materials, such as pictures and videos, should be supplemented with audio descriptions and subtitles. Teaching the humanities subjects is often simpler, since a major share of their content is based on verbal language and text documents, which is made easy by modern technology to present in a digital format, large print, or Braille.

In natural and exact sciences, most of teaching materials is presented in the form of visual elements: in mathematics and computer science, these are graphs and diagrams; whereas, in chemistry, physics and biology, visual results of laboratory experiments are produced. A case study by Capovilla et al. (2013) has revealed that LEGO building blocks help blind people develop algorithmic thinking. The analysis of scientific literature seeks to reveal teachers' experiences in searching for solutions to adapt certain information from exact and natural sciences in the education process of students who have visual impairments.

**The purpose of the research** is as follows: by using *Scopus*-based literature analysis, to reveal teachers' experiences in natural and exact sciences lessons while educating students who have visual impairments.

To achieve the purpose of the research, the following research questions were formulated:

1. *What challenges do teachers encounter while teaching students who have visual impairments in the field of natural and exact sciences?*
2. *What technical and methodological solutions are applied to overcome these challenges in order to ensure the quality of inclusive education?*

## **Methodology**

This study employed a qualitative analysis of scientific sources, drawing on publications from the *Scopus* database and applying the *PRISMA* checklist (Shamseer et al., 2015). The search for scholarly sources was conducted in the *Academic Search Ultimate* (EBSCO) and *Scopus* databases, both of which distinguish themselves by an extensive collection of publications in the field of education. These databases were selected based on accessibility of their content and technical applicability: they provide full-text articles required for a comprehensive systematic literature analysis and are compatible with screen-reading software, making them suitable for use by individuals who have visual impairments.

The literature search was carried out between September 11 and December 22, 2024. Keywords for literature search were chosen in accordance with the research problem, purpose, and the structure of the PICO model. The terms “teaching blind and visually impaired students” and “inclusive education of blind and visually impaired students” represent the research population; i.e., students who have visual impairments, and the context, i.e., inclusive education. The terms “natural sciences” and “mathematical sciences” indicate the thematic field of the research, focusing on the subjects of natural and exact sciences, in which students who have visual impairments often encounter specific challenges.

These terms were chosen to cover the broadest yet targeted range of academic sources, related to inclusive education and pedagogical practice in the fields of exact and natural sciences. The use of the Boolean operator “AND” helped specify search queries and obtain relevant sources that correspond to the research questions.

By using these search methods, a total of 191 publications were identified as meeting the established search criteria. Article selection was carried out while using inclusion and exclusion criteria set by the authors.

## **Inclusion and exclusion criteria**

Literature analysis was performed by employing consistent and theoretically-based inclusion and exclusion criteria in order to ensure relevance, reliability, and alignment of the data with the purpose of the research.

*Thematic relevance.* The included studies had to examine aspects of educating children with visual impairments in the context of exact and natural sciences (specifically, mathematics, physics, biology, chemistry, computer science). Studies analyzing teaching non-exact sciences or subjects that were not related to natural sciences (e.g., languages, arts) were excluded, as they did not correspond to the research problem.

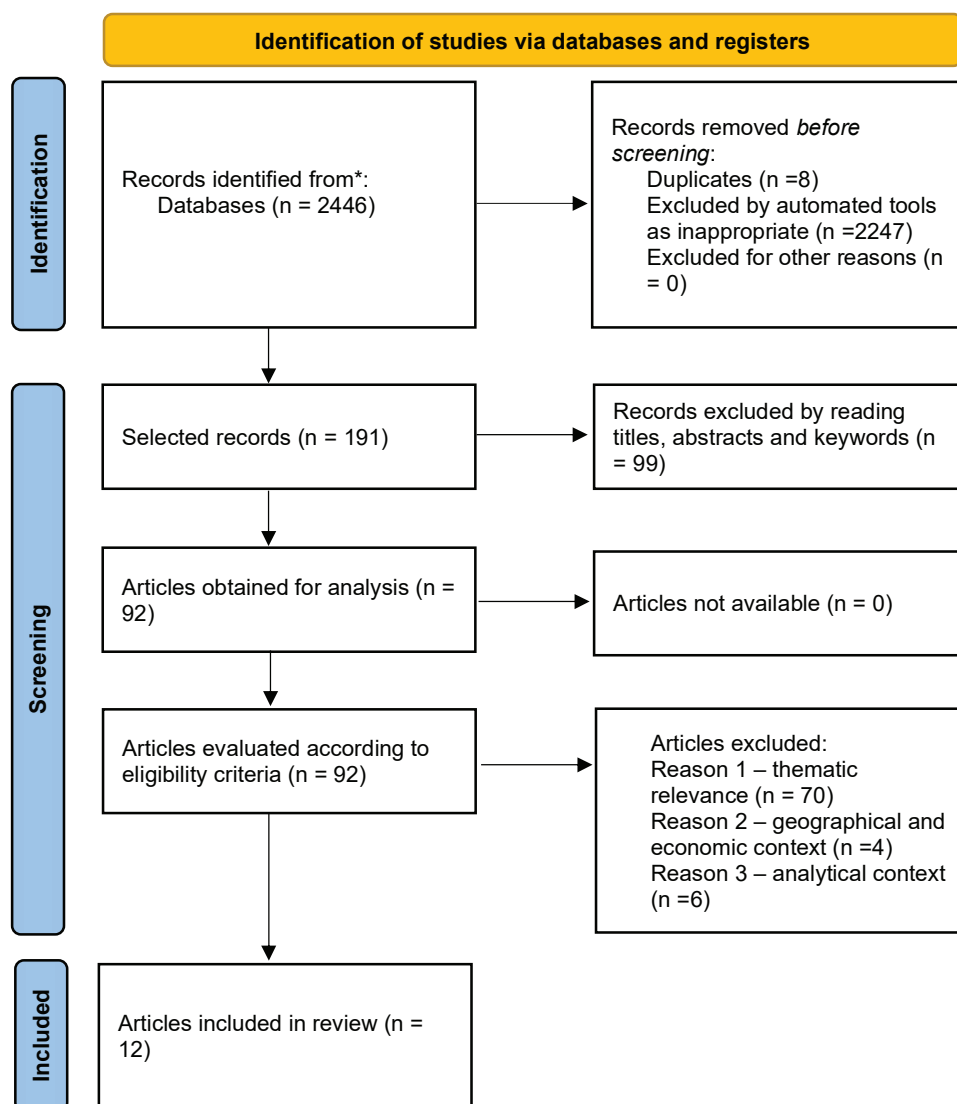
*Geographical and economic context.* The analysis includes studies conducted in developed countries or countries with a similar level of development to Lithuania in order to ensure comparable educational practices and conditions. Studies from less developed countries were excluded, as their educational infrastructure, pedagogical capacity, and technological accessibility might significantly differ from the contexts under investigation.

*Scientific value and reliability.* Only articles published in peer-reviewed scientific journals, ensuring their academic reliability and quality control, were included. Studies published in non-peer-reviewed or non-academic publications were excluded due to lower methodological reliability.

*Context of analysis.* Only studies examining education under normal learning conditions were selected. Research conducted during the pandemic period (e.g., COVID-19) was excluded due to its unique contextual specificity, which does not reflect the usual educational environment.

*Relevance of the publication.* Only studies published over the last decade were included to ensure relevance of the data in the context of contemporary education systems. Articles older than 10 years were rejected due to potential inconsistency with current pedagogical realities and technological contexts.

*Accessibility.* Only open-access, full-text articles were included so that the content and methodology could be thoroughly evaluated. Studies available only in the abstract form or in a limited text format were excluded due to incompleteness of data.



**Figure 1**

*PRISMA diagram: identification of studies via databases and registers*

*Population of the study.* The analysis included only studies that examined education of students with visual impairments as a sole disability, seeking to ensure a clear link between the type of impairment and pedagogical solutions. Studies involving participants with multiple disabilities were excluded as this could have distorted specific aspects of the impact of visual impairment.

*Language access.* Articles written in English, Lithuanian, Spanish, or German, i.e., languages that the researcher is proficient in at an academic level, were selected for the study. Articles in other languages were not analyzed due to possible interpretative inaccuracies (see *Figure 1*. PRISMA diagram: identification of studies via databases and registers).

After applying the exclusion criteria, twelve studies related to education of children with visual impairments in the field of exact and natural sciences, which were conducted over the past decade and examined challenges of teaching exact and natural sciences and ways to address them, remained. In order to review different studies, the articles selected for the study were coded by their content in order to briefly describe the main features and findings of each study. Content coding covered the following aspects: the country where the study was conducted, research methods, the context of the research, the distinguished findings and recommendations for further research (the data are presented in *Table 1*. Results of analysis of included studies).

**Table 1**

*Results of analysis of included studies*

Author	Research question	Research context	Research type	Findings
Bowers & Hayle, 2021	Does the developed prototype enable students with visual impairments to create 3D objects independently?	Prototype allowing children/students with visual impairments to create 3D objects on their own	Mixed-method study	The new system enables individuals with visual impairments to design spatial virtual objects. Recommendations: improvement of the object-labelling function in the virtual map; enhancement of orientation of non-sighted and partially sighted individuals in public buildings or public spaces such as airports, using the HAPT system.
Doore et al., 2023	Does the developed multimodal interface help students with visual impairments understand graphical elements in STEAM lessons?	The system for conveying graphical images by using a multisensory audio and vibration interface in combination and a smartphone application	Quantitative study	Full-fledged inclusion of students with visual impairments and sighted peers in STEAM lessons; improved understanding of graphical elements by students with visual impairments. Research recommendations: supplementation of the multimodal interface with additional haptic models; automation of audio descriptions of diagrams.
Dumpel et al., 2023	Do two-dimensional and three-dimensional didactic models help students with visual impairments understand the cell structure in biology lessons?	Enhancing perception of the cell structure through two-dimensional and three-dimensional didactic models in biology lessons	Mixed-method study	Developed two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) didactic models on cytology: organoid images in a tactile 2D atlas, accompanied by explanatory text in print and Braille; a 3D human cell model made from colored polymer clay dough. Results showed an improved understanding of cells among students with visual impairments: they identified as many elements as students without visual impairments.

Author	Research question	Research context	Research type	Findings
Figueiras & Arcavi, 2014	What methods help students with visual impairments to master the material in mathematics lessons?	Importance of haptic tools and language in mathematics lessons for students with visual impairments	Qualitative study	A combination of tactile experience and verbal descriptions effectively supports mastering the materials of mathematics lessons.
Jitngernmadan et al. 2017	Does the developed programme prototype allow the identification of highlighted elements in electronic mathematics textbooks?	Programme prototype helping to quickly find highlighted information in electronic mathematics textbooks by using screen readers	Qualitative study	Developed programme prototype for students with visual impairments to find and identify highlighted information in electronic mathematics textbooks more quickly, by using a screen reader and/or Braille display. Findings: rapid mastery of the programme prototype, easier navigation in electronic mathematics textbooks. Recommendations: expansion of prototype functions and improvement of accessibility of the program prototype as an assistive tool.
Luque et al. 2018	What challenges do students with visual impairments and their teachers experience in computer science lessons?	Inclusion of students with visual impairments in ICT education	Quantitative study	Challenges for students in computer science lessons: abundance of diagrams, graphs, and charts; the feeling of non-inclusion. Challenges for teachers: limited access to knowledge related to inclusion of learners with visual impairments in lessons, feelings of unpreparedness. Recommendations: increasing accessibility by using projectors with screen readers, textual descriptions along with tactile representations for describing graphical images; improvement of accessibility of digital computer science textbooks.
Morais et al. 2020	How are future biology teachers prepared to work with students who have visual impairments?	Preparedness of prospective biology teachers to work with students who have visual impairments	Qualitative study	Difficulties faced by prospective teachers: lack of knowledge about assistive tools and teaching methods. Recommendations: increasing discussions on challenges faced by teachers; inclusion of assistive devices; enhancing students' motivation to learn.
Morrison et al., 2021	Does the developed program help students with visual impairments and their teachers understand the essence of programming?	Torino – a physical programming language designed to teach students with visual impairments computation by creating program codes	Mixed-method study	Physical programming language designed for teaching 7–11-year-old children with varying degrees of visual impairment. Teachers' adapted assistance to students; active engagement of students in the learning process.

Author	Research question	Research context	Research type	Findings
Negrete et al. 2020	Does the developed system allow the student with visual impairment to independently measure the coefficient of thermal expansion?	Equipment accessible to the student with visual impairments for measuring the coefficient of thermal expansion of metals in physics lessons	Qualitative study	Developed physics teaching technology for non-sighted students to measure the linear thermal expansion coefficient of an object; converting visual signals into auditory ones; the student's full-fledged engagement in physics laboratory work.
Spinczyk et al., 2019	Does the developed interactive mathematics learning platform with audio descriptions of alternative expressions help students with visual impairments better master mathematics teaching materials?	Audio descriptions of alternative mathematical expressions and the learning platform designed for students with visual impairments	Quantitative study	Improved mathematics knowledge among students; increased accessibility of content of structured information (mathematical formulas); ensuring independent learning; a reduced need for one-on-one lessons with teachers; initiation of creating universal rules for presenting structured data.
Vitoriano et al., 2016	Does the developed thermometer effectively convey information about object temperature to students with visual impairments in chemistry lessons?	Smart thermometer adapted for students with visual impairments	Qualitative study	A valuable assistive tool enhancing inclusion in chemistry laboratory work; large temperature measurement scale range; presentation of information via sound and vibration pulses, affordable price, convenient use, fast device response.
Zeinullin & Hersh, 2022	Do tactile graphs with interactive online access and a mobile application promote perception of visual elements for students with visual impairments?	Tactile graphs, interactive online access and mobile application	Mixed-method study	The possibility to use tactile graphics with real-time audio descriptions; interactive detection of the user's finger position on tactile graphics; increased effectiveness of perception of graphic elements.

## Method of Analysis of Research Results

The selected scientific articles were examined by using the qualitative content analysis method, which allowed for a systematic and consistent analysis of textual information. Following the recommendations of Elo et al. (2014) and Mayring et al. (2015), the analysis was performed in three stages: preparation, organization, and reporting. In the preparation stage, the units of analysis and research questions were defined. In the organization stage, open coding was carried out, and thematic categories were developed, which reflected the key themes of the research: challenges faced by students with visual impairments, strategies applied by teachers, and the variety of technological solutions.

The analysis was based on an inductive approach: categories were derived from the data in order to reveal deeper meanings of studies. At the stage of presenting the results, every category was illustrated by empirical data from the reviewed sources, ensuring transparency and validity. This ap-

proach not only revealed dominant themes but also provided a better understanding of pedagogical trends related to inclusive education, which is organized by educating students with visual impairments in the field of natural and exact sciences.

## Research Results and Discussion

By analyzing the challenges highlighted in the literature, faced by educators and students who have visual impairments in the field of exact and natural sciences and by assessing the technical and methodological solutions applied to address these challenges, a wide range of obstacles and their solutions was identified. The results demonstrate that the main problems related to inclusive education arise due to an unadapted physical and information environment (Bowers & Hayle, 2021; Negrete et al., 2020; Luque et al., 2018; Morais et al., 2020), inaccessibility of digital and experimental teaching tools (Negrete et al., 2020; Dumpel et al., 2023; Morrison et al., 2021; Jitngernmadan et al., 2017; Luque et al., 2018; Vitoriano et al., 2016; Morais et al., 2020), and the dominant visual teaching content (Doore et al., 2023; Figueiras & Arcavi, 2014; Zeinullin & Hersh, 2022). These factors lead not only to cognitive difficulties for students but also to psychosocial consequences (Spinczyk et al., 2019; Doore et al., 2023; Figueiras & Arcavi, 2014), such as a lack of motivation and lower self-confidence. One of the key problems faced by students who have visual impairments is unadapted physical and information environment. Negrete et al. (2020) note that students who have visual impairments are not provided with the opportunity to access learning materials, assignments, and software. Bowers and Hayle (2021) highlight that although a graphical interface is convenient and efficient for sighted users, it becomes an obstacle for those who are non-sighted or have low vision due to the visual nature of data presentation, which implies inaccessibility of digital learning tools. Luque et al. (2018) also highlight infrastructure deficiencies, while Morais et al. (2020) point out that the presentation of information often does not meet the needs of students who have visual impairments.

The inaccessibility of digital and experimental teaching tools is one of the main challenges preventing students from fully engaging in the learning process. Negrete et al. (2020) observe that it is impossible for non-sighted students to perform experimental measurements, since measuring devices are mostly visual in nature, which reveals non-adaptation of experimental equipment. Dumpel et al. (2023) stress that students who have visual impairments still find it difficult to understand many subject-specific concepts due to their abstract nature and inaccessible visual aids. There is also a lack of tools in the fields of computer science and mathematics (Morrison et al., 2021; Jitngernmadan et al., 2017; Vitoriano et al., 2016), while computers used in laboratories are not equipped with screen readers that vocalize textual information displayed on the screen. Educational platforms do not meet the minimum accessibility requirements (Luque et al., 2018). Morais et al. (2020) note that teaching materials are most often presented mainly through visual elements, making knowledge acquisition difficult.

Visual teaching content, which is often taken for granted as a means of conveying educational material, becomes a significant obstacle for students who have visual impairments. Doore et al. (2023) point out that graphical representation is widely used in STEAM, but this material is often inaccessible to students who are non-sighted or have significant visual impairments. Figueiras and Arcavi (2014) note that learners who rely on other senses, such as hearing or touch, must combine information with considerably greater cognitive effort. The question is also raised as to whether visualization can ever be fully accessible without sight, since although the loss of sight does not necessarily eliminate visual thinking, it requires a different cognitive strategy. Most information is presented in a visual format, with insufficient attention given to accessibility, especially in educational settings dominated by shapes, diagrams, charts, and photographs (Zeinullin & Hersh, 2022).

The non-adapted learning environment affects not only cognitive processes but also students' psychosocial well-being. Spinczyk et al. (2019) note that such limitations may lead to faster frustration and fatigue for individuals who are blind or have low vision, compared with their sighted peers, indicating an increased emotional load and reduced endurance in learning, which creates additional stress that hinders learning (Doore et al., 2023). These situations can cause feelings of exclusion and reduced satisfaction with learning. Figueiras and Arcavi (2014) point out that students who cannot rely on vision have to use significantly more complex strategies that demand high cognitive and emotional involvement, which can reduce self-confidence and cause a lack of motivation.

In summary, the results of the *Scopus* literature review, obtained using the qualitative content analysis method, revealed that one of the main challenges for students with visual impairments in the fields of exact and natural sciences was inaccessibility of educational content. At the same time, teachers often face insufficient knowledge and abilities to adapt the learning environment to the needs of these students. This situation is also supported by a study of Koehler and Wild (2019), which accentuates that although students who have visual impairments physically participate in the lessons of natural sciences, they feel poorly included in the educational process due to the inaccessibility of the content. This, as Miyauchi (2020) notes, leads to a lower level of interest in these subjects.

To address these challenges, numerous innovative technical and methodological solutions have been identified. Technical solutions include the conversion of visual information into auditory (Negrete et al., 2020; Jitngernmadan et al., 2017; Figueiras & Arcavi, 2014; Luque et al., 2018; Zeinullin & Hersh, 2022) or tactile formats (Negrete et al., 2020; Dumpel et al., 2023; Doore et al., 2023; Morrison et al., 2021; Luque et al., 2018; Zeinullin & Hersh, 2022), introduction of haptic devices (Bowers & Hayle, 2021; Doore et al., 2023; Zeinullin & Hersh, 2022; Vitoriano et al., 2016), development of multisensory interfaces (Bowers & Hayle, 2021; Doore et al., 2023; Zeinullin & Hersh, 2022; Vitoriano et al., 2016), and application of universal design for learning (Dumpel et al., 2023; Spinczyk et al., 2019; Doore et al., 2023; Morrison et al., 2021; Jitngernmadan et al., 2017; Figueiras & Arcavi, 2014; Luque et al., 2018; Morais et al., 2020). Meanwhile, methodological solutions are oriented to inclusive teaching (Spinczyk et al., 2019; Morrison et al., 2021; Vitoriano et al., 2016; Morais et al., 2020), cross-modal learning (Dumpel et al., 2023; Doore et al., 2023), reflective practice (Bowers & Hayle, 2021), and collaborative learning (Negrete et al., 2020; Morrison et al., 2021). There is a noticeable trend towards combining technological solutions with pedagogical strategies (Spinczyk et al., 2019; Morrison et al., 2021; Jitngernmadan et al., 2017; Figueiras & Arcavi, 2014; Luque et al., 2018; Zeinullin & Hersh, 2022) in order to ensure not only accessibility of information but also full-fledged participation of students in the learning process.

Technical solutions in mainstream classrooms, which focus on converting visual information into auditory one, are essential for ensuring information accessibility for students who have visual impairments. Jitngernmadan et al. (2017) note that individuals with blindness often prefer a combination of auditory solutions and Braille, as this allows them to complement each other, which indicates the importance of presentation as an additional or alternative channel. Figueiras and Arcavi (2014) also emphasize the significance of verbal explanations, noting that verbal clarity can help avoid the situation where two people look at the same object but perceive it differently. Luque et al. (2018) present the application of auditory and textual alternatives, which allows to convey complex content in an understandable manner. Specific programs are also introduced, such as the *TAURIS* system, in which a mobile phone application provides real-time audio descriptions, allowing the user to understand what they are touching, and thus directly linking tactile and auditory modalities (Zeinullin & Hersh, 2022). These solutions demonstrate that auditory information is one of the most effective ways to compensate for inaccessibility of visual materials.

Tactile tools are among the main specialized technical solutions that help students who have visual impairments access complex learning content. The analyzed studies present specific methodologies, the use of which expands the possibilities for student inclusion. For example, Negrete et al. (2020) describe the use of tactile graphics and the application of the *Accessibility* function in Word, which allows text to be converted into sounds, this way creating a multi-sensory experience. Dumpel et al. (2023) highlight the importance of 2D and 3D tactile models, such as 2D tactile atlases with Braille and 3D models made from polymer clay, which help students understand cytology topics. These models assist in overcoming the obstacles to perception of abstract concepts. Doore et al. (2023) present a multisensory system that provides audio and tactile feedback when the screen is touched, creating a functionally equivalent access to visual information.

Introduction of haptic devices is becoming an important technical solution helping students who have visual impairments to access complex visual and spatial information, particularly in STEAM fields. Bowers and Hayle (2021) describe a haptic system that allows the student to touch or 'read' objects displayed on the screen and transfer them into specific constructed shape(s). They emphasize that the haptic device must provide sufficient force to effectively guide participants to specific points and 3D objects in virtual space. Figueiras and Arcavi (2014) provide examples of how haptic cognition is used to convey mathematical concepts. These examples demonstrate that haptic devices and methods allow to convey structural and spatial concepts that would otherwise be inaccessible and promote active, embodied learning experiences. Multisensory interfaces are becoming an increasingly important technical solution, seeking to ensure inclusive and accessible learning experiences for students who have visual impairments. Multifunctional sensory tools help the user to actively participate in hands-on activities (Bowers & Hayle, 2021). Doore et al. (2023) present a *Multisensory Diagram System* (MDS), which displays a high-contrast diagram on the screen and provides auditory and haptic feedback when the screen is touched. This allows students to interpret spatial information through multiple sensory modalities. The *TAURIS* system developed by Zeinullin and Hersh (2022) integrates a camera, sound and touch, enabling users to interact with tactile graphics and receive audio descriptions of varying levels of detail in real time. Thus, multisensory interfaces enhance information comprehension, activate various cognitive systems, and promote student engagement in the learning process.

Application of the Universal Design for Learning approach is becoming an essential strategy for creating flexible and accessible educational environment for all students, regardless of their abilities. Spinczyk et al. (2019) propose a learning platform where tasks are adapted according to the student's progress, this way promoting an individualized pace and autonomy. Figueiras and Arcavi (2014) draw attention to the importance of linguistic mediation, which can be applied to both sighted learners and the ones who have visual impairments while providing a common understanding. Luque et al. (2018) and Morais et al. (2020) highlight the necessity to adapt teaching materials in advance and to educate teachers on inclusive education in order to ensure equal opportunities for all students. Universal design for learning allows for creation of systems that not only involve students who have visual impairments but also enrich the learning experience for all.

Methodological solutions oriented to inclusive education aim to create a learning environment in which every student can actively participate and learn successfully, regardless of visual impairment. Morrison et al. (2021) emphasize collaborative learning, this way creating social inclusion and team learning. Morais et al. (2020) underline the importance of teacher education, focusing more on inclusive education processes through qualitative orientation of teacher education programs, as only properly educated teachers can efficiently apply inclusive methodologies. Cross-modal learning is one of the inclusive education strategies, where information is presented through several sensory

channels, seeking to improve its understanding and retention (Dumpel et al., 2023; Doore et al., 2023). Reflective practice is another key methodological component, enabling students to reflect on their learning experiences and perceive their personal progress. Bowers and Hayle (2021) highlight participants' feedback on digital haptic conditions, where reflection promotes self-confidence and allows for an evaluation of the meaningfulness of learning outcomes. Collaborative learning also emerges as an efficient methodological strategy in inclusive education. Negrete et al. (2020) emphasize that collaborative learning is part of the educational model, and a properly prepared group creates a safe and stimulating working environment. Meanwhile, Morrison et al. (2021) note that a specialized physical programming language provides equal opportunities for all students to learn and improve together, while promoting peer support and social inclusion. These strategies contribute to enhancing the quality of inclusive education by promoting student engagement, self-reflection, and community spirit.

Analysis of recent studies shows a clear trend towards integrating technological solutions with pedagogical strategies so that to ensure not only information accessibility but also full participation of students who have visual impairments in the learning process. Spinczyk et al. (2019) emphasize that the developed system enables more effective independent learning of mathematics topics, with progress observed not only in the field of cognition but also in motivation.

To address these challenges, various methods of adapting educational content are used, including the already existing technologies such as computers with speech or Braille output, tactile graphics, images, analogies, and multisensory teaching methods. In addition, digitizing books, creating new teaching tools, and involving teaching assistants in the educational process are also applied.

The accessibility of visual information for children who have visual impairments can be significantly improved by artificial intelligence, whose tools are increasingly being integrated into special assistive apps for smart devices. These applications help persons who have visual impairments to better understand the world around them. For example, the artificial intelligence model ChatGPT integrated in the app 'Be My Eyes' can describe photos provided by the user. In addition, the user can ask questions about the photograph, this way obtaining more information (Jarmolavičiūtė, 2023; Mümmler, 2025). By using such applications, students could receive descriptions of visual elements in the field of natural and exact sciences, while teachers could more quickly and effectively prepare descriptions of these elements for students who have visual impairments. Therefore, it is particularly important to disseminate information and organize training sessions for teachers on capabilities of artificial intelligence in educating children with visual impairments.

Technology is evolving rapidly. As many researchers have noted, the most efficient learning approach for children who have visual impairments is inclusion of various senses in the learning process. Whereas, Teke and Sozbilir (2019), drawing on Miyauchi (2020), distinguish the importance of two-dimensional and three-dimensional objects in natural sciences lessons. The latest technologies offer AI-based devices capable of conveying information both audibly and tactilely. According to "Tactuel" (2024), one such device is the *Dotpad* – the first smart tactile touch screen developed in South Korea. This device renders information displayed on the screen in Braille and tactile elements. In addition, integrated artificial intelligence can provide spoken descriptions of displayed graphic elements. The device enables students who have visual impairments to draw various graphic objects, analyze them by touching them or listening to auditory descriptions. When using this device, teachers can assess not only students' abilities to understand graphic elements but also their skills in creating them. This way, *Dotpad* effectively helps to convey information and improves mastering of exact and natural sciences.

All this points to the need to enhance teacher education, placing greater emphasis on practical training on the inclusion of students who have visual impairments through the use of modern technologies. It would also be appropriate to develop guidelines for accessibility of teaching materials, which would help teachers to more efficiently adapt content of natural and exact sciences to students who have visual impairments.

## Conclusions

For teachers educating students who have visual impairments, most challenges in the field of exact and natural sciences arise due to the lack of knowledge, adaptation of educational content, and minimally adequate conditions for accessibility of the information and physical environment, particularly due to the dominance of visual elements.

Four main categories of challenges emerge: non-adaptation of infrastructure and technologies, dominance of visually oriented teaching materials, digital and experimental interface disturbances, and cognitive challenges. Students who have visual impairments often cannot use standard laboratory equipment, visual interfaces, or graphic materials. In addition, excessive verbal information and inadequate structuring of content can further complicate the learning process.

The findings reveal that the most efficient solutions are those based on the comprehensive approach, combining the use of multisensory modalities, personalized learning, and active student engagement. Such a strategy not only helps reduce obstacles but also enhances students' motivation and promotes their autonomy. This is essential for creating inclusive educational practices in which students who have visual impairments can not only participate on an equal footing – but they can also successfully fulfil their potential.

It is essential to continue scientific research in search of new technical and methodological multisensory approach-based solutions for education of students who have visual impairments in exact and natural sciences in order to improve the quality of visual content accessibility. Improvement of the quality of information accessibility would contribute to increasing students' motivation to learn, while also improving their psychosocial well-being, and would expand their opportunities for achievement in the field of exact and natural sciences.

## Limitations of the Study

The findings of this study may be limited due to the fact that only 12 articles were analyzed, all drawn from just two academic databases. It is recommended that this study should be expanded by including more scientific databases. In addition, although this systematic literature review allowed to highlight general trends, empirical studies should be conducted to identify the actual educational situation of students who have visual impairments in the field of exact and natural sciences in the context of inclusive education.

## References

- Baranauskaitė, D. (2016). *Lietuvos švietimo sistema izoliuoja pusę vaikų su negalia: ko reikia, kad mokykla būtų skirta visiems?* [The Lithuanian education system isolates half of children with disabilities: What is needed for schools to be inclusive?]. Vilniaus universitetas, Filosofijos fakultetas. <https://manoteises.lt/straipsnis/lietuvos-svietimo-sistema-izoliuoja-puse-vaiku-su-negalia/>

- Bowers, L., & Hayle, R. (2021). Creative haptics: An evaluation of a haptic tool for non-sighted and visually impaired design students studying at a distance. *British Journal of Visual Impairment*, 39(3), 214–230. <https://doi.org/10.1177/0264619620912771>
- Brian, A., Haibach-Beach, P., Lieberman, L., & Giese, M. (2017). Motorische Fertigkeiten im inklusiven Sportunterricht mit sehgeschädigten Schülern vermitteln: Eine internationale Bestandsaufnahme. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 62(3), 288–298. <https://doi.org/10.3262/SZ1703288>
- Bühler, C. (2016). Barrierefreiheit und Assistive Technologie als Voraussetzung und Hilfe zur Inklusion. In *Schwere Behinderung & Inklusion* (pp. 155–169). Athena. [https://qualitaetsoffensive-teilhabe.de/wp-content/uploads/2020/10/Buehler\\_Barrierefreiheit-und-Assistive-Technologie-als-Voraussetzung-und-Hilfe-zur-Inklusion.pdf](https://qualitaetsoffensive-teilhabe.de/wp-content/uploads/2020/10/Buehler_Barrierefreiheit-und-Assistive-Technologie-als-Voraussetzung-und-Hilfe-zur-Inklusion.pdf)
- Capovilla, D., Krugel, J., & Hubwieser, P. (2013). Teaching algorithmic thinking using haptic models for visually impaired students. In *2013 Learning and Teaching in Computing and Engineering* (pp. 167–171). <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2013.14>
- de Verdier, K., & Ek, U. (2014). A longitudinal study of reading development, academic achievement, and support in Swedish inclusive education for students with blindness or severe visual impairment. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108(6), 461–472. <https://doi.org/10.1177/0145482X1410800603>
- Doore, S. A., Dimmel, J., Kaplan, T. M., Guenther, B. A., & Giudice, N. A. (2023). Multimodality as universality: Designing inclusive accessibility to graphical information. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1071759>
- Dumpel, R. G., Silva, A. S., Pereira, R. D. S., Delou, D., & Castro, H. C. (2023). Who said that we do not see? An inclusion strategy for students with visual impairment using cell models and a modeling-clay-based evaluation method. *British Journal of Visual Impairment*, 41(2), 363–376. <https://doi.org/10.1177/02646196211036410>
- Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative content analysis: A focus on trustworthiness. *SAGE Open*, 4(1). <https://doi.org/10.1177/2158244014522633>
- Fernández, G. A., Ocampo, R. A., Costantino, A. R., & Dop, N. S. (2019). Application of didactic strategies as multisensory teaching tools in organic chemistry practices for students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 691–696. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00816>
- Figueiras, L., & Arcavi, A. (2014). A touch of mathematics: Coming to our senses by observing the visually impaired. *ZDM – International Journal on Mathematics Education*, 46(1), 123–133. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0555-x>
- Jarmolavičiūtė, E. (2023). *Dirbtinis intelektas – mūsų ateities akys* [Artificial intelligence as the eyes of our future]. *Mūsų žodis*, 2023(9). <https://www.musuzodis.lt/mz/202309/str13.htm>
- Jessup, G., Bundy, A. C., Broom, A., & Hancock, N. (2017). The social experiences of high school students with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 111(5), 5–19.
- Jitngernmadan, P., Stöger, B., Petz, A., & Miesenberger, K. (2017). IDMILE: An interactive didactic math inclusion learning environment for blind students. *Technology and Disability*, 29(1–2), 47–61. <https://doi.org/10.3233/TAD-170173>
- Koehler, K., & Wild, T. (2019). Students with visual impairments' access and participation in the science curriculum: Views of teachers of students with visual impairments. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.14448/jesed.11.0003>
- Lang, M., & Thiele, M. (2020). *Schüler mit Sehbehinderung und Blindheit im inklusiven Unterricht: Praxistipps für Lehrkräfte* (2nd ed.). Reinhardt.
- Lietuvos aklųjų ir silpnaregių sąjunga. (2017). *Akliesiems būtini tiflopedagogai sensta, o pamaina neruošiama* [Teachers of learners with visual impairments are ageing, and no new generation is being prepared]. <https://lass.lt/2017/03/15/akliesiems-butini-tiflopedagogai-sensta-o-pamaina-neruosiama/>

- Luque, L., Brandão, L. O., Kira, E., & Brandão, A. A. (2018). On the inclusion of learners with visual impairment in computing education programs in Brazil: Practices of educators and perceptions of visually impaired learners. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 24, 1–12.
- Miyauchi, H. (2020). A systematic review on inclusive education of students with visual impairment. *Education Sciences*, 10, 346. <https://doi.org/10.3390/educsci10110346>
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ*, 349, g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
- Mayring, P., Presmeg, N., Knipping, C., & Bikner-Ahsbals, A. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. In *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 365–380). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13)
- Morais, K. F. D., Oliveira, B. R. M., & Farias, L. D. N. (2020). Recursos didáticos e inclusivos para o ensino do meio ambiente. *Margens: Revista Interdisciplinar do PPGCITI*.
- Morrison, C., Villar, N., Hadwen-Bennett, A., Regan, T., Cletheroe, D., Thieme, A., & Sentance, S. (2021). Physical programming for blind and low vision children at scale. *Human-Computer Interaction*, 36(5–6), 535–569. <https://doi.org/10.1080/07370024.2019.1621175>
- Mümmeler, L. (2025). Wie apps die Welt hörbar machen. *Sichtweisen Online – Das Magazin des DBSV*. <https://sichtweisen-online.org/gut-zu-wissen/ki-apps>
- Negrete, O., Lisboa, A., Peña, F. J., Dib, C. O., & Vargas, P. (2020). Teaching labs for blind students: Equipment to measure the thermal expansion coefficient of a metal. *European Journal of Physics*, 41(3), 035704.
- Nepomuceno, G. M., Decker, D. M., Shaw, J. D., Boyes, L., Tantillo, D. J., & Wedler, H. B. (2016). The value of safety and practicality: Recommendations for training disabled students in the sciences with a focus on blind and visually impaired students in chemistry laboratories. *Journal of Chemical Health and Safety*, 23(1), 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2015.02.003>
- Santos, C. M. C., Pimenta, C. A. M., & Nobre, M. R. C. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15(3), 508–5011.
- Spinczyk, D., Maćkowski, M., Kempa, W., & Rojewska, K. (2019). Factors influencing the process of learning mathematics among visually impaired and blind people. *Computers in Biology and Medicine*, 104, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2018.10.025>
- Tactuel. (2024). “Dot Pad” – Das erste intelligente taktile Grafikdisplay für Sehbeeinträchtigte. *Hilfsmittel – Nachgefragt 1/2024*. <https://www.tactuel.ch/hilfsmittel-nachgefragt-1-2024/>
- Vitoriano, F. A., Teles, V. L. G., Rizzatti, I. M., & De Lima, R. C. P. (2016). Promoting inclusive chemistry teaching by developing an accessible thermometer for students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2046–2051. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00162>
- Zeinullin, M., & Hersh, M. (2022). Tactile audio responsive intelligent system. *IEEE Access*, 10, 122074–122091. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3223099>

## Teacher Experiences in Educating Students with Visual Impairments in Exact and Natural Sciences Lessons: A Scopus Literature Review

**Ugnė Žilytė, Renata Geležinienė**

Vilnius University Šiauliai Academy, Lithuania

**Ieva Kuginytė-Arlauskienė**

University of South-Eastern Norway, Norway.

### Summary

This study aims to reveal teachers' experiences in natural and mathematical science lessons when educating students with visual impairments, by using a scoping review approach. Scientific sources were searched in the *Academic Search Ultimate* (EBSCO) and *Scopus* databases. The literature search utilized keyword com-

binations such as “teaching blind and visually impaired students”, “inclusive education of blind and visually impaired students”, “natural sciences”, and “mathematical sciences”. By using the Boolean operator *AND*, 191 publications were identified; following the application of inclusion and exclusion criteria, 12 articles remained for the final analysis.

Following a qualitative deductive content analysis, the results revealed that educators face challenges related to non-adapted physical and informational environments, limited accessibility of digital and experimental tools, and a predominance of visually oriented instructional content. To address these challenges, teachers employ various technical and methodological–didactic solutions. Technical solutions include transforming visual information into tactile or auditory formats, implementing haptic devices, and applying Universal Design for Learning (UDL). Methodological–didactic solutions focus on multisensory learning, reflective practice, and collaboration-based learning. Furthermore, a tendency to integrate methodological solutions with pedagogical strategies was observed.

Despite existing efforts to address these challenges, it is recommended to seek new technical and methodological solutions, as current measures do not ensure comprehensive access to learning content for students with visual impairments in the fields of natural and mathematical sciences.