

Tímarit um uppeldi og menntun / Icelandic Journal of Education | 34(1), 2025, 117-146

Sérít um niðurstöður PISA 2022

EDDA ELÍSABET MAGNÚSDÓTTIR | MENNTAVÍSINDASVIÐ HÁSKÓLA ÍSLANDS

HAUKUR ARASON | MENNTAVÍSINDASVIÐ HÁSKÓLA ÍSLANDS

<https://doi.org/10.24270/tuuom.2025.34.6>

VÍSINDALÆSI ÍSLENSKRA UNGLINGA: ÞRÓUN ÁRANGURS Í PISA SKOÐUÐ Í LJÓSI ÁHERSLNA NÚVERANDI KJARNANÁMSEFNIS

Vísindalæsi íslenskra unglunga hefur verið á verulegri niðurleið samkvæmt niðurstöðum PISA á tímabilinu 2009–2022. Markmið rannsóknarinnar var að rýna í þróun árangurs íslenskra unglunga í einstaka hæfnipáttum í náttúruvísindahluta PISA 2009–2022 og að meta að hvaða marki kjarnanámsefni í náttúruvísindum á unglingastigi getur stutt þá hæfnipætti. Verkefni í núverandi kjarnanámsefni í náttúruvísindum fyrir unglingastig voru metin út frá kenningaramma PISA 2015–2022. Þróun árangurs var marktækt neikvæð í um helmingi verkefnanna. Árangur reyndist svipaður í öllum færniflokkum en mestur breytileiki var í færninni í að útskýra á vísindalegan hátt. Innan þekkingarflokka reyndist mesta þekkingin vera á vísindalegum aðferðum meðal unglinganna en minnsta á eðli vísindalegrar þekkingar; þekking á inntaki vísindanna var breytilegust. Af greinasviðunum komu jarð- og geimvísindi slakast út. Námsefnið virðist ekki styðja tiltekna mikilvæga færni og þekkingu sem PISA kannar. Nauðsynlegt er að bæta námsefni um eðli og aðferðir náttúruvísinda svo markvissar megi efla vísindalæsi.

Efnisorð: náttúruvísindanám, vísindalæsi, PISA, grunnskóli, unglingastig, námsefni

INNGANGUR

Komandi kynslóða bíða fjölmargar áskoranir sem reyna á vísindalæsi, meðal annars að skapa og viðhalda sjálfbærum tæknivæddum samfélögum, tryggja heilsu og velferð almennings og takast á við áskoranir loftslagsbreytinga (Kola, 2013) og upplýsingaóreiðu (Sujatmika o.fl., 2024). PISA (e. Programme for International Student Assessment) kannanirnar eru mikilvægt tæki til að meta vísindalæsi 15 ára unglunga á alþjóðavísu og gera það mögulegt að bera saman mismunandi skólakerfi (OECD, 2017). Megináhersla PISA-kannananna, sem lagðar hafa verið fyrir reglulega frá árinu 2000, er að meta hvort nemendur geti beitt þekkingu í raunverulegum aðstæðum (OECD, 2023).

Samkvæmt niðurstöðum PISA hefur vísindalæsi íslenskra unglunga hrakað jafnt og þétt frá árinu 2009 og sérlega mikið á tímabilinu 2018 til 2022 (Menntamálastofnun,

2023). Ísland stendur langt að baki hinum Norðurlöndunum og er árangur undir meðaltali OECD-þjóðanna. Sífellt fleiri íslenskir unglingar ná ekki lágmarkshæfni að mati OECD í vísindalæsi, eða 36% nemenda árið 2022 samanborið við 19–28% nemenda á hinum Norðurlöndunum (Menntamálastofnun, 2023). Meðaltal OECD-landanna lækkaði í PISA-könnuninni 2022 en lækkaði mun meira á Íslandi. Ljóst er að umbóta er þörf ef bæta á vísindalæsi íslenskra unglunga. Eðlilegt er að ætla að COVID hafi sett strik í reikninginn enda hafði faraldurinn mikil áhrif á skólastarf á heimsvísu en það skýrir þó tæplega þetta fall á Íslandi því skerðing á skólastarfi var umtalsvert minni hérlandis en víðast hvar annars staðar (Menntamálastofnun, 2023).

Niðurstöður PISA gefa sterklega til kynna að hlúa þurfi betur að náttúruvísindamenntun í grunnskólum enda gegnir hún lykilhlutverki við að tryggja almennt vísindalæsi og undirbúning nemenda fyrir frekara nám í vísinda- og tæknigreinum. Menntunin hefur einnig það hlutverk að efla áhuga barna á vísinda- og tæknistörfum, þar sem náms- og starfsval mótask mikið fyrir unglingsárin (Osborne og Dillon, 2010). Gildi náttúruvísindamenntunar er því fjölbreytt, þar á meðal hagnýtt, hagrænt, menningarlegt, lýðræðislegt og menntunin hefur nýsköpunargildi og gildi fyrir félagslegt réttlæti (Osborne og Dillon, 2010).

Því er mikilvægt að greina áskoranir í náttúruvísindakennslu á Íslandi, hvar styrkleikarnir og veikleikarnir liggja og hvar umbóta er helst þörf. Þessi rannsókn er framlag til þess, með greiningu á þróun styrkleika og veikleika íslenskra unglunga í vísindalæsi og sérstakri áherslu á það hvernig núverandi kjarnanámsefni styður þá hæfni.

FÆRNI- OG ÞEKKINGARÁHERSLUR Í NÁTTÚRUVÍSINDAHLUTA PISA

PISA-könnunin metur vísindalæsi, sem felur í sér getu til að nýta þekkingu til að spyrja spurninga, útskýra vísindaleg fyrirbæri og draga ályktanir um vísindatengt efni (Menntamálastofnun, 2017). Þetta krefst skilnings á eðli vísindalegrar þekkingar, þ.e. hvernig hún verður til og mótar umhverfi okkar. PISA metur einnig grunnþekkingu og hugtakaskilning, þætti sem eru nauðsynlegir til að skilja vísindaleg málefni samtímans og stuðla að getu einstaklings til að glíma við viðfangsefni með vísindalegum aðferðum (Menntamálastofnun, 2017). Kenningarammi PISA frá 2015 skilgreinir þrjá færniflokka og þrjá þekkingarflokka á sviði vísindalæsis, auk þess sem verkefnir eru flokkuð í sex hæfniprep eftir þyngd. Íslensk heiti á færni- og þekkingarflokkunum voru endurskoðuð frá fyrri PISA-skýrslum (Almar M. Halldórsson o.fl., 2013; Menntamálastofnun, 2017, 2019, 2023) – var það tilraun höfunda til að endurspeglar betur innihald flokkanna, en stöðluð ensk heiti þeirra fylgja innan sviga.

Færniflokkarnir eru:

- **Útskýra fyrirbæri** á vísindalegan hátt (e. explain phenomena scientifically) sem felst í því að þekkja, meta og veita útskýringar á náttúrulegum og tæknitengdum fyrirbrigðum af ýmsu tagi.
- **Meta og hanna vísindalegar athuganir** (e. evaluate and design scientific inquiry) sem felst í því að finna aðferðir til að nálgast spurningar á vísindalegan hátt. Þessi hæfni reynir á skilning á eðli vísindalegrar þekkingar og vísindalegum aðferðum en getur einnig krafist þekkingar á innihaldi náttúruvísinda.

- **Túlka gögn á vísindalegan hátt** (e. interpret data and evidence scientifically) sem felst í að greina og meta gögn, staðhæfingar og röksemdafærslur í margvíslegri mynd og draga viðeigandi vísindalegar ályktanir.

Þekkingarflokkarnir eru:

- **Inntak náttúruvísinda** (e. content knowledge) en í því felst þekking á kenningum, rannsóknum, tilraunum og staðreyndum, svo sem uppbyggingu frumeinda, skilningur á þróunarkenningunni, samspili lífvera og umhverfis, jarðsögu og stærð alheimsins.
- **Vísindalegar aðferðir** (e. procedural knowledge) sem vísa til þekkingar á þeim hugtökum og því verklagi sem er undirstaða söfnunar, greiningar og túlkunar vísindalegra gagna og nauðsynlegt er að búa yfir til þess að skilja vísindalegar rannsóknir.
- **Eðli vísindalegrar þekkingar** (e. epistemic knowledge) en sú þekking felur í sér skilning á því hvernig vísindaleg þekking verður til, eðli hennar og uppruna og forsendum þess að hægt sé að afla hennar. Þessi þekking er grundvöllur fyrir nemendum til að hugsa sjálfstætt og taka þátt í rökstuddum samræðum um náttúruvísindaleg efni.

Áhersla á færniflokkana og þekkingarflokkana dreifist með ólíkum hætti milli ára, greinasviða náttúruvísinda og þyngdarflokka verkefna. PISA-verkefnið eru hönnuð þannig að nemendur eru prófaðir í flestum færni- og þekkingarflokkum á hverju hæfniprepi. Nánari útlitun á hæfniprepum má finna í skýrslum um PISA 2015, 2018 og 2022 (Menntamálastofnun, 2017, 2019, 2023).

Árangur unglunga í PISA-könnunum og áhrifapættir

Alþjóðlegar rannsóknir á PISA-könnunum hafa varpað ljósi á ýmsa þætti sem geta haft áhrif á árangur nemenda í náttúruvísindum. Gæði kennslu og aðstæður í skólum eru mikilvægir áhrifapættir eins og þekking og menntun kennara (Aditomo og Klieme, 2020; Beese og Liang, 2010; Lavonen og Laaksonen, 2009), stærð skóla og gæði kennsluefnis (Alivernini og Manganelli, 2015; Hatzinikita o.fl., 2008). Vísbendingar eru um að jafnvægi milli kennarastýrðs og nemendastýrðs lausnarleitarnáms bæti árangur (Aditomo og Klieme, 2020; Forbes o.fl., 2020). Félags- og fjárhagslegar aðstæður skóla og nemenda skipta einnig miklu máli (Perry og McConney, 2010). Jafnrétti til náms, viðhorf til vísinda og trú nemenda á eigin getu hafa verið tengd við árangur í PISA verkefnum (Bae o.fl., 2019; Lavonen og Laaksonen, 2009), einnig menntunarstig foreldra og þátttaka þeirra í námi barna sinna (Alivernini og Manganelli, 2015; Anil, 2011).

Í kenningaramma PISA um vísindalæsi er talað um mikilvægi lausnarleitarnáms (OECD, 2017) og að með virkri þátttöku nemenda megi efla vísindalæsi. Mikil áhersla á slíkt án kennaraleiðsagnar geti þó verið skaðleg, sérstaklega gagnvart slakari nemendum (Aditomo og Klieme, 2020; Forbes o.fl., 2020; Oliver o.fl., 2021; Sjøberg, 2018). Jákvæð tengsl hafa einnig fundist milli lausnarleitarnáms og áhuga nemenda á vísindum (Sjøberg, 2018). Þá hefur komið fram að nemendur sem glíma við slakt almennt læsi eigi sérstaklega erfitt með PISA-verkefni (Le Hebel o.fl., 2016, 2019; Patria, 2021; Wati o.fl., 2017). Í ljósi þessa hefur verið lagt til að þróa kennsluaðferðir sem bæta læsi á fagtexta og efla virka þátttöku nemenda í náttúruvísindanámi sínu (Zetterqvist og Bach, 2023).

Alþjóðlegar rannsóknir á PISA hafa leitt í ljós að unglingar standa oft betur að vígi í að

túlka vísindaleg gögn en í að meta og hanna vísindalegar athuganir, ásamt því að skilningur á eðli vísindalegrar þekkingar er oft slakur (Lee og Kim, 2024; Zetterqvist og Bach, 2023). Samkvæmt PISA 2015 (Menntamálastofnun, 2017) gekk íslenskum unglingum betur að túlka vísindaleg gögn en í öðrum færniþáttum, ólíkt öðrum Norðurlandabúum sem stóðu sig best í að útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt. Þau íslensku komu betur út í þekkingu á vísindalegum aðferðum en á innihaldi vísinda sem einnig var öfugt við önnur Norðurlönd (Menntamálastofnun, 2017). Endurspeglar það eflaust einhvern mun á áherslum í kennslu fagsins milli landa en nánari greining á því hvar íslenskir nemendur standa sterkar og veikar í vísindalæsi og hvort það endurspeglast í kennsluháttum og aðstæðum skólanna gæti reynst leiðbeinandi í umbótum skólstarfs.

Um kennsluhætti í náttúruvísindum á Íslandi

Frá 1999 til 2013 hafa íslenskar aðalnámskrár í náttúruvísindum þróast í þá átt að auka áherslu á skapandi nám, vísindalæsi, umhverfismennt, upplýsingatækni og nýsköpun fremur en staðreyndakunnáttu (Meyvant Þórólfsson, 2013; Meyvant Þórólfsson og Eggert Lárusson, 2010; Meyvant Þórólfsson o.fl., 2012) og tekið mið af áherslum PISA, samanber aðalnámskrá frá 2007 (Menntamálaráðuneytið, 2007) og 2024 (Auður Bára Ólafsdóttir og Brynhildur Sigurðardóttir, 2025). Þrátt fyrir göfug markmið hefur verið gjá milli áherslna aðalnámskrár og daglegs skólstarfs (Allyson Macdonald o.fl., 2008). Náttúruvísindakennslan er almennt námsbókastýrð og innlagnir og fyrirlestrar eru algengustu aðferðirnar á kostnað verklegrar kennslu og lausnarleitarnáms þrátt fyrir fyrirsmæli aðalnámskrár um fjölbreytta kennsluhætti (Birna Sigurjónsdóttir, 2015; Ingvar Sigurgeirsson o.fl., 2014; Svava Pétursdóttir og Gunnhildur Óskarsdóttir, 2022). Eins og alþjóðlegar rannsóknir sýna er verkleg kennsla í samspili við fræðilegar hugmyndir mikilvæg í náttúruvísindanámi þar sem hún stuðlar að hugtakaskilningi, eflir áhuga, tengir kenningar við raunveruleg fyrirbæri og eflir vísindaleg vinnubrögð og samvinnu (Millar, 2010; Oliveira og Bonito, 2023). Niðurstöður TALIS 2018 sýndu að verkefni án augljósrar lausnar voru um helmingi fátíðari á unglingastigi á Íslandi en á öðrum Norðurlöndum og meðal OECD-ríkja (Ragnar F. Ólafsson, 2019). Ljóst er að skólum getur reynst erfitt að fylgja hæfniviðmiðum aðalnámskrár og mögulega tengist það skorti á faglærðum náttúrufræðikennurum, stuttum kennslutíma í náttúruvísindum og takmarkaðri aðstöðu fyrir verklegar æfingar, hvort sem er innandyr eða utandyra (Allyson Macdonald o.fl., 2008; Brynja Stefánsdóttir og Meyvant Þórólfsson, 2016; Menntamálaráðuneytið, 2005; Svava Pétursdóttir og Gunnhildur Óskarsdóttir, 2022), en einnig skorti á námsefni sem styður fjölbreytta kennslu. Þó samantektin fullyrði ekki um einstaka skóla eða kennara er ljóst að markvisst þarf að styðja náttúruvísindakennslu í grunnskólum landsins svo styrkja megi kennslu greinasviðsins almennt.

Hlutverk námsefnis í náttúruvísindanámi

Námsbækur hafa reynst mjög stýrandi í kennslu náttúruvísinda á Íslandi en þær ákvarða viðfangsefnin og hvernig er unnið með þau (Birna Sigurjónsdóttir, 2015; Ingvar Sigurgeirsson o.fl., 2014; Svava Pétursdóttir og Gunnhildur Óskarsdóttir, 2022). Á alþjóðavísu gegna námsbækur einnig lykilhlutverki í náttúruvísindakennslu (Beerwinkle og Nelson, 2024;

Horsley og Sikorová, 2015; Meyer o.fl., 1988) og hafa mikil áhrif á þekkingu og viðhorf nemenda í námsgreininni (Japelj Pavesic og Cankar, 2022). Þó getur of rík áhersla á námsbækur dregið úr verklegri kennslu og öðrum kennsluaðferðum eins og lausnarleitarnámi (Dunne o.fl., 2013). Vel hannað námsefni getur stuðlað að fjölbreyttu námi (Isaksen og Thorvaldsen, 2022) en misræmi milli áherslu PISA og námsefnis getur leitt til lakari árangurs nemenda í PISA (Hatzinikita o.fl., 2008).

Beerwinkle og Nelson (2024) lögðu áherslu á að læsi á náttúruvísindatekta væri grundvallarþáttur í getu barna til að tileinka sér þekkingu í náttúruvísindum og að kennslubækur ættu að styðja sérhæfða læsiskennslu í námsgreininni. Þekkt er innan náttúruvísinda að kennarar reyni að mæta læsisvandnum með því að einfalda textann fyrir nemendur sína (Ariely og Yarden, 2018) en það leysir ekki vandann því læsi er lykillinn að því að geta aflað sér upplýsinga og fræðst (Erla Lind Þórisdóttir, 2017; Hafþór Guðjónsson, 2011). Færð hafa verið rök fyrir því að í náttúruvísindanámi verði nemandi að fá þjálfun í lestri fagtexta á öllum stigum skyldunáms (Erla Lind Þórisdóttir, 2017; Kamil o.fl., 2008). Shanahan og Shanahan (2008) fjölluðu um hvernig skortur á fagtextalæsi meðal bandarískra nemenda á miðstigi grunnskóla (6.–8. bekk) hafði neikvæð áhrif á möguleika þeirra til að dýpka skilning sinn á náttúruvísindum. Íslensk rannsókn hefur jafnframt sýnt fram á mikilvægi þess að auka orðaforða nemenda með stíganda í fagtengdum orðaforða (Erla Lind Þórisdóttir, 2017). Í rannsókninni voru greind tengsl lesskilnings og orðaforða hjá miðstigsnemendum í náttúruvísindum og skilgreindur var tiltekinn orðaþröskuldur sem nemendur þurftu að komast yfir til að skilja texta námsefnisins. Nemendurnir þurftu að skilja um 98% orða textans til að geta skilið um 70% af innihaldi textans. Því virðist ljóst að námsefni og kennsla í náttúruvísindum þurfi að styðja faglæsi og vísindalæsi á öllum skólastigum svo tryggja megi öllum aðgengi að náttúruvísindalegri þekkingu. Þar sem námsbækur hafa almennt stýrandi áhrif í kennslu í íslenskum skólum er rík ástæða til að rýna í gæði námsefnisins og kanna að hvaða leyti það getur eftt vísinda- og faglæsi nemenda.

RANNSÓKNIN

Markmið rannsóknarinnar var að rýna í þróun árangurs íslenskra unglinga í einstaka hæfnipáttum í náttúruvísindahluta PISA 2009–2022 og að hvaða leyti kjarnanámsefni í náttúruvísindum á unglingastigi getur stutt þá hæfnipætti. Til að tryggja áreiðanlegan samannburð milli ára voru aðeins greind þau PISA-verkefni sem komu fram í öllum könnunum á þessu tímabili en þau eru 39 talsins og voru upprunalega hönnuð samkvæmt kenningarmanum um náttúrufræði í PISA 2006. Greint var hvort vísindalæsi nemenda hefði aukist, minnkað eða staðið í stað hvað varðar færni (e. scientific competency), þekkingu (e. scientific knowledge) og greinasvið (e. scientific systems) sem PISA mælir. Auk þess var kannað hvernig styrkleikar og veikleikar íslenskra nemenda dreifðust innan flokkanna.

Leitað var svara við eftirfarandi rannsóknarspurningum:

- Að hvaða leyti hefur árangur íslenskra nemenda breyst innan náttúruvísindaverkefna PISA á tímabilinu 2009–2022 og hvað segja þær niðurstöður um þróun vísindalæsis meðal íslenskra unglinga?

- Hvað segja gögn frá PISA-könnunum um styrkleika og veikleika íslenskra unglinga í einstaka vísindafærni- og þekkingarflokkum PISA?
- Að hvaða leyti styður útgefið kjarnanámsefni í náttúruvísindum á Íslandi þá vísindafærni- og þekkingarflokka sem PISA kannar?

Takmarkanir rannsókna

Gögnin eru byggð á árangri í PISA-verkefnum sem líklega mæla ekki alla þætti sem mikilvægir eru fyrir vísindalæsi. Vegna fámennis taka nánast allir 15 ára nemendur á Íslandi þátt í PISA, en í öðrum löndum er um úrtak að ræða. Úrtökin eru þó vandlega valin svo þau endurspegli þýði hverrar þjóðar og ætti það því ekki að hafa mikil áhrif á samanburð milli OECD-landa. Rannsóknin metur hvorki heildarstigafjölda né tekur hún til greina vægi og hæfniprep verkefna, sem getur leitt til ósamræmis í hlutfalli réttra svara og meðalstigafjölda. Þættir eins og búseta og kyn hafa einnig áhrif á árangur í PISA en rannsóknin greinir aðeins frá hlutfalli íslenskra nemenda sem svöruðu hverju verkefni rétt án aðgreiningar á þessum þáttum.

Aðferð

Rannsóknin er byggð á meginðlegri greiningu á niðurstöðum PISA-kannana á Íslandi á árunum 2009, 2012, 2015, 2018 og 2022. Auk þess fór fram eindleg innihaldsgreining á verkefnum í kjarnanámsefni í náttúruvísindum fyrir unglingastig. Tilgangur þeirrar greiningar var að meta að hvaða marki verkefnin féllu að hæfni- og þekkingarflokkum kenningaramma PISA 2015–2022 í náttúruvísindum.

Meginðleg greining á árangri nemenda í PISA-verkefnum

Til að meta breytingar á árangri milli ára og bera saman árangur innan hæfniflokka var horft á hlutfall réttra svara, þ.e. hversu stór hluti nemenda svaraði viðkomandi verkefnum rétt hverju sinni. Sú framsetning gagna var metin skýrari og einfaldari en að nýta meðalstig fyrir hvert svar. Hlutfallið var fundið með því að flokka hvert svar sem „rétt“ eða „rangt“. Svör við opnum spurningum gátu verið að hluta til rétt en ef spurningu var ekki fyllilega svarað var svarið metið sem „rangt“. Gögnin voru fengin frá mennta- og barnamálaráðuneytinu. Hugbúnaðurinn R-Studio (útgáfa 2024.12.1+563) var notaður við tölfræðilega greiningu gagna og framsetningu myndrita. Til að rýna í breytileika gagnanna fyrir hvert ár var dreifing á hlutfalli réttra svara fyrir hvern matsþátt teiknuð upp sem punkta- og kassarit. Kassarit (e. box plot) sýnir miðgildi, útlaga og breidd dreifingar. Lokaði kassinn í kassaritinu sýnir hvernig 50% gagnanna raðast sín hvorum megin við miðgildi sem er skilgreint sem þykk lína þvert í gegnum kassann. Efri mörk kassans skilgreina efri fjórðungamörk (Q3) dreifingar, en 25% gagnanna raðast ofan þessara marka. Neðri mörk kassans kallast neðri fjórðungamörk (Q2) en neðan við þau mörk er að finna 25% gagnanna. Ofan og neðan úr kassanum eru lóðréttar línur sem kallast skegg. Neðra skeggið sýnir lægsta gildið í gögnunum og efra skeggið sýnir hæsta gildið í gögnunum sem ekki er útlagi. Ef útlaga er að finna í gögnunum eru þeir skilgreindir sem punktar fyrir ofan eða neðan skeggin (Anna Helga Jónsdóttir og Sigrún Helga Lund, 2012).

Einhliða fervikagreining (e. one-sided ANOVA) var notuð til að bera saman árangur íslenskra nemenda milli færniflokka, þekkingarflokka og greinasviða. Fylgibreytan var hlutfall réttra svara og stýribreytan var verkefnaflokkar. Fyrir greiningu var gengið úr skugga um að gögnin væru normaldreifð, sem er forsenda áreiðanlegrar fervikagreiningar (Sawyer, 2009). Til þess að meta hvort árangur í verkefnunum hefði versnað, staðið í stað eða batnað á tímabilinu 2009–2022 var leitni í svarárangri eða árangursferill hvers verkefnis metinn með línulegu aðhvarfsprófi (e. linear regression) þar sem fylgibreytan var hlutfall réttra svara og stýribreytan var árið sem prófið fór fram. Líkanið var skilgreint sem $Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$ þar sem Y_t stendur fyrir hlutfall réttra svara fyrir árið t , þ.e. 2009, 2012, 2015 og 2022. β_0 er áætlaður skurðpunktur gagnanna sem er hlutfall réttra svara fyrir fyrsta árið sem kannað var (þ.e. 2009). β_1 er svo hallastuðullinn (e. slope coefficient), öðru nafni betastuðull, sem bendir til árlegra (t) breytinga á hlutfalli réttra svara fyrir hvert verkefni. Því hærri sem hallastuðullinn er, þeim mun meiri áhrif hefur árið sem PISA var lagt fyrir á árangur. Líkanið áætlaði þannig hallastuðul hvers verkefnis yfir tímabilið sem endurspeglarði tölulega leitni í árangri nemenda í hverju verkefni. ε_t er svokallaður skekkjuliður (e. error term) sem segir til um hversu vel líkanið fellur að raunverulegu gögnunum. Stigskiptri klösun (e. hierarchical clustering) var svo beitt til að hópa verkefnin samkvæmt hallastuðli þeirra, þ.e.a.s. eftir þróun í árangri.

Greining á námsefni

Stýrð eigindleg innihaldsgreining (e. directed qualitative content analysis) (Hsieh og Shannon, 2005) var gerð á verkefnum kjarnaefnis í náttúruvísindum fyrir unglingastig sem gefið var út af Menntamálastofnun á árunum 2010–2016. Náms efnið var greint með tilliti til kenningaramma PISA 2015–2022. Valdir voru sjö bókatitlar (tafla 1) sem reyndust vera í mikilli dreifingu á unglingastigi samkvæmt upplýsingum Miðstöðvar menntunar og skólaþjónustu (Andri Már Sigurðsson, munnleg heimild, 11. febrúar 2025) og nýlegri íslenskrí rannsókn (Aðalheiður Jóna Magnúsdóttir og Magdalena Ósk Bjarnþórsdóttir, 2024). Af því náms efni sem hafði mikla dreifingu eða reyndist vera í mikilli notkun samkvæmt fyrrgreindum heimildum var ekkert þeirra eyrnamerkt jarð- og geimvísindum. Viðfangsefni þess greinasviðs koma fram að einhverju leyti í því kjarnanámsefni sem valið var til greiningar. Kjarnanámsefnið, sem er aðgengilegt á heimasíðu Miðstöðvar menntunar og skólaþjónustu (www.mms.is), var flokkað sem annaðhvort lesbækur eða verkefnabækur. Lesbækur innihéldu fræðsluefni (lesefni) hvers viðfangsefnis auk spurninga og verkefna sem tengdust textanum. Verkefnabækur innihéldu tilraunir og önnur verkefni sem huguð voru til dýpkunar á skilningi þess efnis sem kom fram í lesbókunum. Öll verkefni og spurningar í bókunum voru metin af höfundum samkvæmt matsramma sem hannaður var fyrir þessa rannsókn. Hvert verkefni var kóðað fyrir þann matsþátt sem það uppfyllti og að lokum tekinn saman sá fjöldi verkefna innan hvers námsefnis sem uppfyllti hvern hæfnipátt. Matsramminn byggðist á skilgreiningum á færni- og þekkingarþáttum í kenningaramma PISA 2015–2022. Matsramminn er aðgengilegur í viðauka aftast í greininni.

Tafla 1

*Kjarnanámsefni í náttúruvísindum valið til innihaldsgreiningar með tilliti til kenningar-
ramma PISA 2015–2022*

Bókartitill, útgáfuár, gerð námsefnis	Höfundar / Þýðendur
Litróf náttúrunnar: Lífheimurinn, 2010	
Lesefni	Susanne Fabricus, Frederik Holm, Ralph Martenson, Annika Nilsson og Anders Nystrand / Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Verkefnabók	Susanne Fabricus / Þuríður Þorbjarnardóttir
Litróf náttúrunnar: Mannslíkaminn, 2011	
Lesefni	Susanne Fabricus, Frederik Holm, Ralph Martenson, Annika Nilsson og Anders Nystrand / Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Verkefnabók	Susanne Fabricus / Þuríður Þorbjarnardóttir
Litróf náttúrunnar: Maður og náttúra, 2011	
Lesefni	Susanne Fabricus, Frederik Holm, Ralph Martenson, Annika Nilsson og Anders Nystrand; höfundar kaflahluta 2.1–2.6: Snorri Baldursson og Hálfðan Ómar Hálfðanarson/ Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Verkefnabók	Susanne Fabricus / Þuríður Þorbjarnardóttir
Litróf náttúrunnar: Eðlisfræði-1, 2014	
Lesefni	Lennart Undvall og Anders Karlsson / Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Litróf náttúrunnar: Eðlisfræði-2, 2015	
Lesefni	Lennart Undvall og Anders Karlsson / Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Litróf náttúrunnar: Eðlisfræði-3, 2016	
Lesefni	Lennart Undvall og Anders Karlsson / Hálfðan Ómar Hálfðanarson
Efnisheimurinn, 2005	
Lesefni	Hafþór Guðjónsson

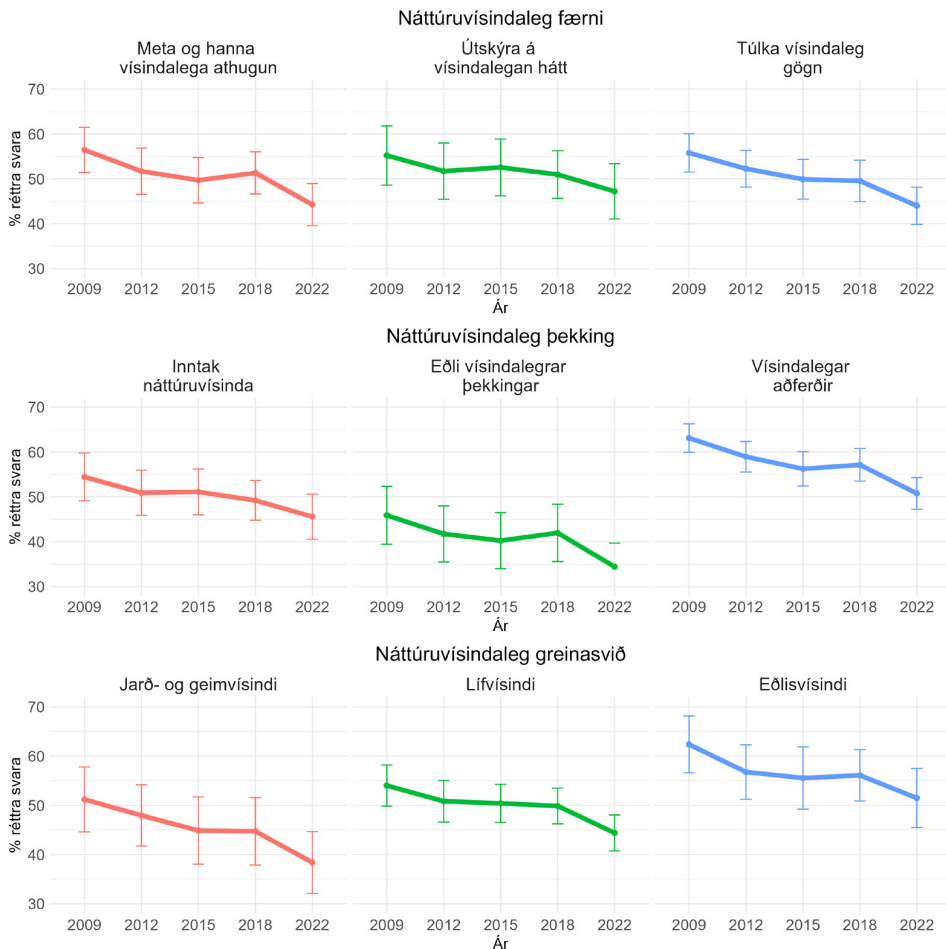
NIÐURSTÖÐUR

Gengi íslenskra unglunga í ólíkum verkefnaflokkum vísindalæsis 2009–2022

Verkefnin í náttúruvísindahluta PISA, sem héldust óbreytt á tímabilinu 2009–2022, voru flokkuð með þrenns konar hætti, það er í þrjá þekkingarflokka, þrjá færniflokka og eftir þremur greinasviðum. Árangur íslenskra unglunga var skoðaður eftir þessari flokkun (mynd 1). Unglingarnir náðu svipuðum árangri í færniflokkunum (mynd 1 og 2) en í þekkingarflokkunum náðu þeir bestum árangri í verkefnum um vísindalegar aðferðir en áberandi lakari árangri í efni um eðli vísindalegrar þekkingar (mynd 1 og 3). Í flokkun eftir greinasviðum reyndust verkefni sem tengdust eðlisvísindum koma að jafnaði best út en í jarð- og geimvísindum verst (mynd 1 og 4).

Mynd 1

Breytingar í svarárangri milli ára skoðaðar með tilliti til matsþátta



Á mynd 1 kemur fram meðalsvarárangur fyrir hvern matsþátt fyrir hvert ár, lóðréttu línurnar sýna staðalfrávik meðalsvarárangurs fyrir hvert ár.

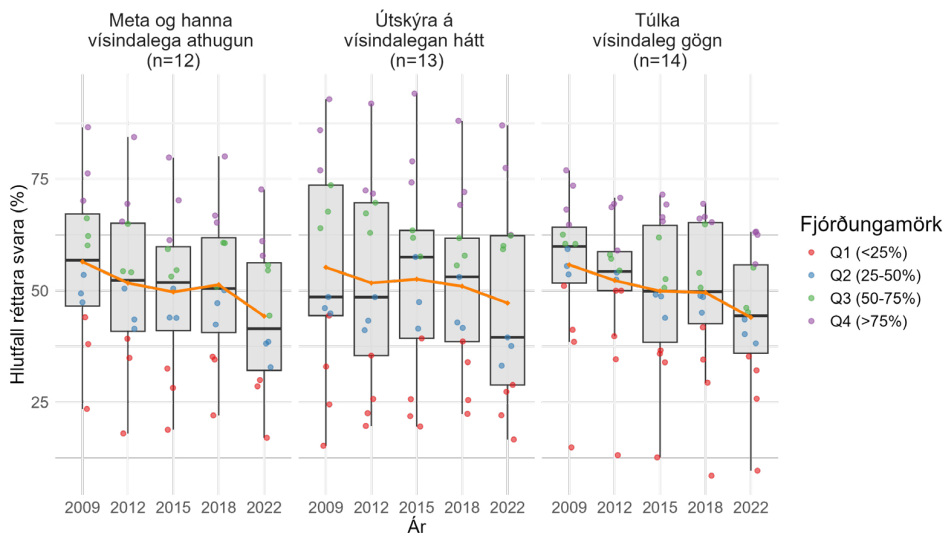
Vísindaleg færni

Færni unglinga í að útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt var hvað breytilegust milli verkefna öll árin samanborið við aðra færniflokka (mynd 2). Í þessum flokki var að finna verkefni með hæsta hlutfall réttra lausna en jafnframt verkefni sem fáir nemendur gátu leyst. Meðalárangur versnaði milli 2009 og 2012 en fór aðeins upp á við á ný milli 2012 og 2015 og hélst svo svipaður árið 2018 áður en hann féll aftur niður árið 2022. Mynd 2 sýnir jafnframt að árin 2009 og 2012 var meðaltal hærra en miðgildið, sem skýrist af því að stór hluti nemenda (68–88%) gat leyst yfir helming verkefnanna, sem hækkaði meðaltalið, en fáir gátu leyst hinn helminginn, sem lækkaði miðgildið. Árangurinn í þessum færniflokki var betri árin 2015 og 2018 á meðan breytileiki minnkaði og dreifingin varð neikvætt skekkt (þ.e. meðaltalið varð lægra en miðgildið). Það sem hélt meðaltölunum niðri í þessum flokki árin 2015–2018 var nokkur fjöldi verkefna sem fáir nemendur gátu leyst (sjá Q1 á mynd 2). Árið 2022 snerist dreifingin svo aftur við í þessum flokki og varð jákvætt skekkt. Það þýðir að þrátt fyrir að færri verkefni væru leyst rétt það ár, samanborið við fyrri ár, voru ákveðin verkefni sem mjög margir unglingar gátu leyst og hækkaði því meðaltalið miðað við miðgildið.

Breytileiki í færninni í að túlka gögn vísindalega var lítill fram til 2015 en þá fór færnin að minnka hjá fleiri nemendum og breytileikinn að aukast. Breytileikinn í færninni í að meta og hanna vísindalegar athuganir var nokkuð stöðugur yfir tímabilið þó að meðalárangur hafi farið versnandi eftir 2009 og umtalsvert árið 2022. Meðaltalsferill þessara færniþátta var sambærilegur eins og myndir 1 og 2 sýna og einþátta fervikagreining leiddi í ljós að enginn marktækur munur var á milli færniþáttanna ($F(2, 180) = 0,08, p = 0,9$).

Mynd 2

Hlutfall réttra svara í hverjum færniflokki fyrir hvert ár á tímabilinu 2009–20



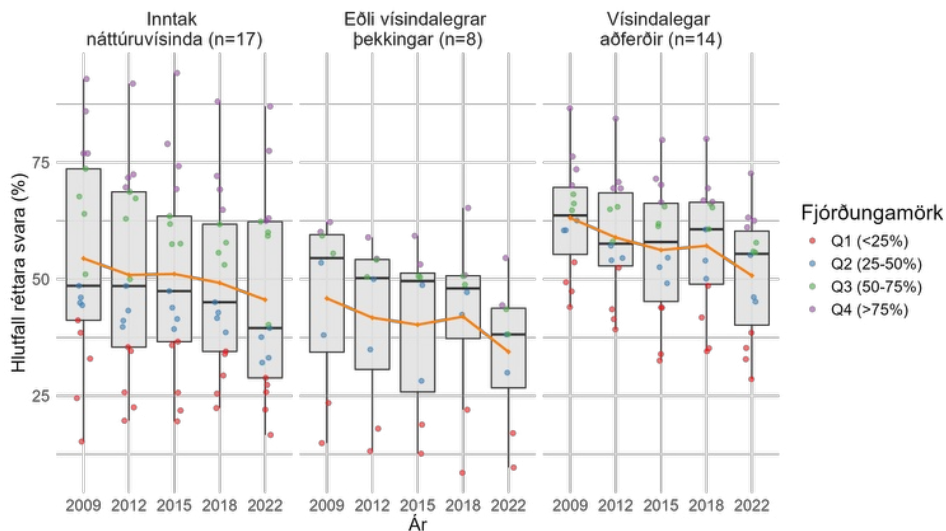
Á mynd 2 sýna kassaritin dreifingu á hlutfalli réttra svara fyrir verkefni í hverjum færniflokki. Appelsínugulu ferlarnir sýna meðalárangur. Í svigum vísar n til fjölda verkefna í hverjum flokki.

Vísindaleg þekking

Breytileiki í árangri nemenda í þekkingu á inntaki náttúruvísinda var nokkuð mikill enda stærsti verkefnaflokkurinn meðal þekkingarþátta. Dreifingin var hægri skekkt öll árin þar sem ákveðin verkefni í þessum flokki voru leyst af stórum hluta nemenda (Q4 á mynd 3) en það lyfti meðaltölunum upp fyrir miðgildi. Miðgildin stóðu nokkuð í stað milli 2009 og 2015 en lægri fjórðungamörkin (Q2) lækkuðu milli þessara ára, sem sýnir að aukinn fjöldi nemenda gat ekki leyst verkefni um inntak náttúruvísinda. Enn færri gátu leyst verkefni í þeim flokki árin 2018 og enn færri 2022. Í ákveðnum verkefnum var árangur þó góður (Q3 og Q4 á mynd 3). Verkefni sem könnuðu þekkingu á vísindalegum aðferðum komu áberandi best út öll árin og jafnframt var breytileiki í getu í þessum flokki ekki eins áberandi og í öðrum flokkum vísindalegrar þekkingar. Meirihluti verkefna í þessum flokki var leystur rétt milli 2009 og 2015 þó svo að meðaltalið og miðgildið hafi lækkað á þessum tíma. Árið 2018 var árangur betri en 2015, en versnaði svo nokkuð áberandi árið 2022. Þekking á eðli vísindalegrar þekkingar hélst áberandi slökust öll árin og var breytileiki í árangri milli verkefna innan flokksins nokkuð mikill flest árin, nema árið 2018 þar sem breytileikinn minnkaði og árangur batnaði lítillega (mynd 3).

Mynd 3

Hlutfall réttra svara í hverjum þekkingarflokki fyrir hvert ár á tímabilinu 2009–2022



Á mynd 3 sýna kassaritin dreifingu á hlutfalli réttra svara fyrir verkefni í hverjum þekkingarflokki. Appelsínugulu ferlarnir sýna meðalárangur. Í svigum vísar n til fjölda verkefna í hverjum flokki.

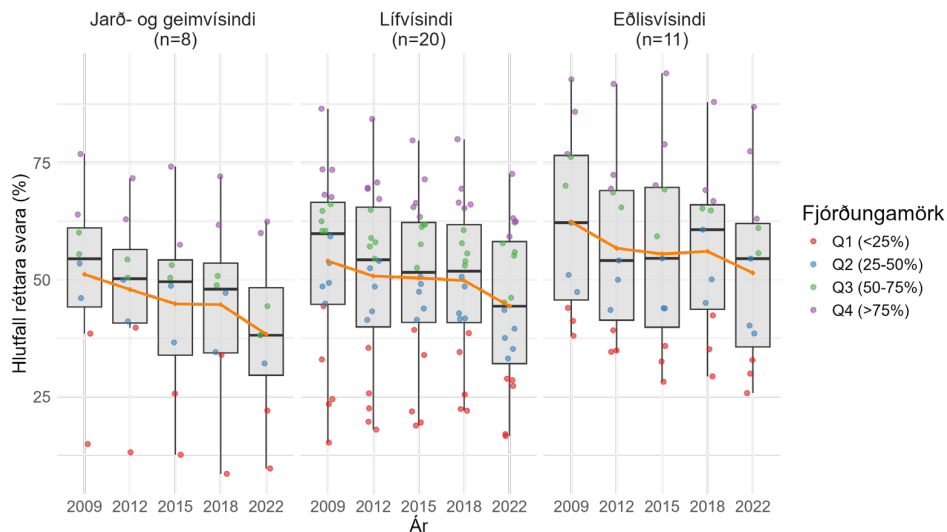
Þegar hlutfall réttra lausna, án tillits til ára, var skoðað kom í ljós marktækur munur milli þessara flokka samkvæmt einþátta fervikagreiningu ($F(2, 192) = 11,38$, $p < 0,001$) (tafla 2). Rétt svarhlutfall var rúmum 9 prósentustigum lægra í verkefnum um eðli vísindalegrar þekkingar en um þekkingu á inntaki náttúruvísinda. Rétt svarhlutfall tengt þekkingu á vísindalegum aðferðum var 7 prósentustigum hærra en svarhlutfall tengt þekkingu á inntaki náttúruvísinda. Rétt svarhlutfall í verkefnum um þekkingu á vísindalegum aðferðum var rúmlega 16 prósentustigum hærra en í verkefnum um eðli vísindalegrar þekkingar (tafla 2).

Greinasvið náttúruvísinda

Þegar litið var til greinasviða náttúruvísinda sem PISA metur kom í ljós að flest árin var hæsta hlutfall réttra lausna að finna innan eðlisvísinda. Lægstu gildin fyrir svör í eðlisvísindum voru þó nokkuð hærri en lægstu gildi hinna greinasviðanna (mynd 4 og tafla 2). Lægstu gildin fyrir hlutfall réttra svara voru aftur á móti nokkuð svipuð fyrir lífvísindi og jarð- og geimvísindi flest árin (mynd 4 og tafla 2). Verkefni sem féllu undir lífvísindi voru þó um helmingi fleiri en þau sem tilheyrðu hinum greinasviðunum og gæti það því haft einhver áhrif á túlkun niðurstaðna.

Mynd 4

Dreifing á hlutfalli réttra svara eftir greinasviðum fyrir hvert ár á tímabilinu 2009–2022



Kassaritin á mynd 4 sýna dreifingu á hlutfalli réttra svara fyrir verkefni innan hvers greinasviðs. Appelsínugulu ferlarnir sýna meðalárangur. Í svigum vísar n til fjölda verkefna í hverjum flokki.

Samkvæmt einþátta fervikagreiningu reyndust vera marktæk tengsl milli greinasviða náttúruvísinda og hlutfalls réttra svara ($F(2, 192) = 4,64, p = 0,01$) þar sem eðlisvísindin komu marktækt betur út en jarð- og geimvísindi ($p = 0,01$) (mynd 4 og tafla 2). Ekki reyndist marktækur munur á lífvísindum og hinum greinasviðunum.

Tafla 2

Samanburður á árangri nemenda í ólíkum þekkingarþáttum og ólíkum greinasviðum náttúruvísinda samkvæmt einþátta fervikagreiningu

Samanburður	Samanburður á tveimur matsþáttum A og B	Breyting á réttu svarhlutfalli (A-B)	Öryggismörk Neðri – Efri	p-gildi
1	A) Eðli vísindalegrar þekkingar og B) þekking á inntaki náttúruvísinda	-9,4	-17,4–(-1,4)	0,02*
2	A) Þekking á vísindalegum aðferðum og B) þekking á inntaki náttúruvísinda	7,0	0,28–13,7	0,04*
3	A) Þekking á vísindalegum aðferðum og B) eðli vísindalegrar þekkingar	16,4	8,14–24,6	<0,001*
4	A) Lífvísindi og B) Jarð- og geimvísindi	4,5	-3,5–12,4	0,4
5	A) Eðlisvísindi og B) Jarð- og geimvísindi	11,0	2,2–19,8	0,01*
6	A) Eðlisvísindi og B) Lífvísindi	6,5	-0,57–13,7	0,08

Taflan sýnir tölfræðilegan samanburð milli þekkingarþátta (samanburður 1–3) og greinasviða (samanburður 4–6) þar sem fylgibreytur voru hlutfall réttra svara. Notað var Tukey's próf til að bera saman viðfangsefnin innbyrðis. Fervikagreiningin metur líkur á hækkun (jákvæð gildi) eða lækkun (neikvæð gildi) í hlutfalli réttra svara milli tveggja verkefnaflokka (A og B). Marktækt neikvætt gildi bendir til slakari árangurs í verkefnaflokki A en í B, marktækt jákvætt gildi bendir til betri árangurs í verkefnaflokki A en í B. Stjarnan á eftir p-gildunum (*) merkir tölfræðilega marktækan mun.

Árangur íslenskra nemenda við lausn einstakra verkefna á tímabilinu 2009–2022

Verkefnin sem lögð voru fyrir óbreytt á tímabilinu 2009–2022 skiptust samkvæmt stigskiptri klöðun upp í þrjá hópa eftir árangursferli (leitni), þ.e. hvort árangurinn jókst, minnkaði eða stóð í stað:

- Hópur 1 (18/39): Samanstóð af verkefnum með ófyrirsjáanlegan feril og því enga marktæka leitni (hallatalan nálægt 0). Þau dreifðust milli allra hæfniprepa, en verkefni á þyngstu hæfniprepunum, þ.e. 5 og 6, féllu öll innan þessa hóps þar sem íslensku unglingarnir áttu erfitt með að leysa þessi verkefni óháð árgöngum.
- Hópur 2 (20/39): Samanstóð af verkefnum sem fóru marktækt niður á við í svarárangri milli ára, þau dreifðust milli hæfniprepa 1–4.

- Hópur 3 (1/39): Samanstöð af einu verkefni sem sýndi marktækt jákvæða þróun í svarárangri milli ára. Verkefnið var á hæfniprepi 4.

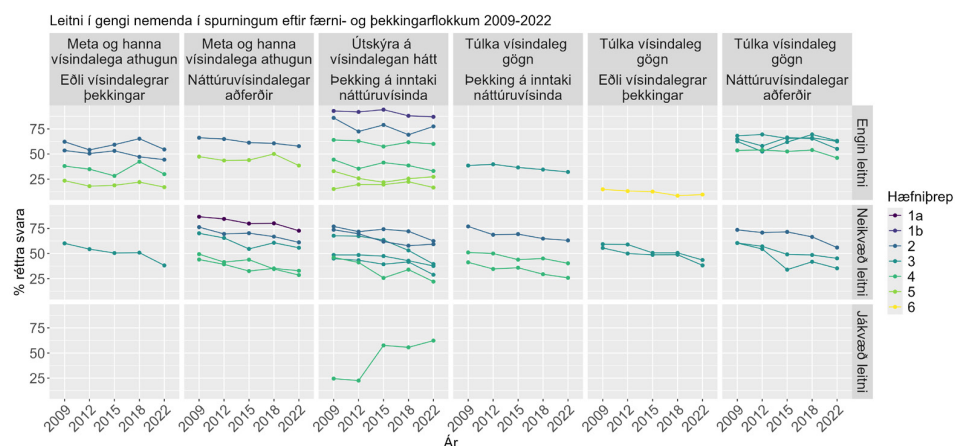
Árangursferill hvers verkefnis kemur fram á mynd 5 en þar eru verkefnin flokkuð eftir bæði færni- og þekkingarflokkum og þremur tölfraðilega skilgreindum leitniflokkum (til hægri á mynd 5), þ.e. þróun árangurs. Hver punktur skilgreinir hlutfall réttra svara fyrir tiltekið verkefni hvert ár. Lína var dregin á milli samliggjandi ára til að kalla fram árangursferilinn. Litir punkta og lína sýna hæfniprep hvers verkefnis, þ.e. frá fjóluþláum (dekkst) fyrir lægsta hæfniprepið (1) og yfir í gulan (ljósast) fyrir hæsta hæfniprepið (6).

Eins og hér hefur komið fram versnaði árangur marktækt í um helmingi allra verkefnanna á tímabilinu á meðan engi þróun var að sjá í árangri í öðrum verkefnum nema einu, en árangur þess fór áberandi upp á við á tímabilinu (neðsta línuritnið á mynd 5). Verkefnið reyndi á færni í að útskýra á vísindalegan hátt og á þekkingu á inntaki vísindanna en sambærilegt verkefni var að finna í kjarnanámsefninu sem greint var. Verkefnin sem könnuðu færni í að meta og hanna vísindalegar athuganir sýndu neikvæða þróun og þau sem voru tengd eðli vísindalegrar þekkingar stóðu nokkuð í stað allt tímabilið. Verkefni tengd túlkun gagna sýndu frekar neikvæða þróun, sérstaklega þau sem sneru að inntaki náttúruvísinda.

Milli 2009 og 2012 varð nokkuð skarpt fall í árangri þar sem árangur versnaði í 21 af 39 verkefnum en batnaði í einu. Á tímabilinu 2012–2015 versnaði árangur í 17 verkefnum en batnaði í tíu. Frá 2015 til 2018 varð árangurinn stöðugri en hann batnaði og versnaði í 13 verkefnum. Milli 2018 og 2022 féll árangur í 29 verkefnum, en aðeins tvö sýndu bætta árangur. Í heildina má sjá að þróun í árangri í PISA verkefnum í vísindalæsi var almennt neikvæð þrátt fyrir bætta árangur í hluta verkefnanna um miðbik tímabilsins (mynd 5).

Mynd 5

Skipting verkefna eftir færniflokkunum og þekkingarflokkunum og þróun árangurs



Greining á verkefnum kjarnanámsefnis samkvæmt kenningaramma PISA 2015–2022

Gerð og tíðni verkefna í kjarnanámsefni í náttúruvísindum, fyrir unglingastig grunnskóla, var greind út frá kenningaramma PISA 2015–2022 fyrir náttúruvísindi. Flest verkefni í lesbókum lífvísinda (95%) og eðlisvísinda (98%) fjölluðu um inntak náttúruvísinda en einnig voru nokkuð algeng verkefni (52% í lífvísindum og 31% í eðlisvísindum) sem kröfðust vísindalegra útskýringa á fyrirbærum náttúrunnar (tafla 3). Verkefni sem höfðu burði til að æfa nemendur í að meta og hanna vísindalegar athuganir voru algeng í verkefnabókum (54%) en fátíðari voru verkefni sem reyndu á þekkingu nemenda á vísindalegum aðferðum (12% í verkefnabókum) og eðli vísindalegrar þekkingar (3% í verkefnabókum).

Tafla 3

Hlutfall verkefna í kjarnanámsefni í náttúruvísindum fyrir unglingastig sem styðja nám í hverjum færniflokki og þekkingarflokki kenningaramma PISA frá 2015

Matsþættir	Greinasvið		
	LÍF	EÐL	LÍF
	Lesbækur % (SF)	Lesbækur % (SF)	Verkefnabækur % (SF)
<i>Færni í að:</i>			
meta og hanna vísindalegar athuganir	0,4 (0,03)	2 (1,8)	54 (4,5)
túlka gögn á vísindalegan hátt	1,2 (1,4)	0,1 (0,3)	28 (10,5)
útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt	52 (10,3)	31 (8,4)	55,7 (13,2)
<i>Þekking á:</i>			
eðli vísindalegrar þekkingar	0 (0)	1,1 (1,4)	3 (1,5)
inntaki náttúruvísinda	95 (2,5)	98 (2,1)	80 (14,8)
vísindalegum aðferðum	0,5 (0,8)	1,2 (0,8)	12 (9,6)

Niðurstöðurnar sýna meðalhutfall verkefna innan námsefnisflokks sem uppfylltu tiltekinn matsþátt, SF = Staðalfrávik. Bak við þessar niðurstöður er það kjarnanámsefni sem valið var í rannsóknina. Efnið er skilið í sundur eftir greinasviðunum lífvísindum (LÍF) og eðlisvísindum (EÐL).

Samantekt niðurstaðna

- Niðurstöðurnar sýna hvernig gengi íslenskra unglunga í hæfniflokkum vísindalæsis sem PISA mælir hefur þróast frá 2009 til 2022. Meðalárangur versnaði í öllum hæfniflokkum á tímabilinu en þróunin var marktækt neikvæð í aðeins helmingi verkefnanna á meðan hin verkefni sýndu enga skýra þróun í árangri. Hvert ár mátti oftast sjá töluverðan breytileika innan hvers hæfniflokks. Það sýndi að margir nemendurnir gátu leyst ákveðin verkefni innan hvers flokks á meðan fáir höfðu forsendur til að leysa önnur.
- Meðalárangur var sambærilegur milli færniflokkanna flest árin en mestur breytileiki reyndist vera í færninni í að útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt. Meiri breytileiki var aftur á milli þekkingarflokkanna, en nemendur stóðu sig best í verkefnum um vísindalegar aðferðir en síst í verkefnum um eðli vísindalegrar þekkingar. Af greinasviðunum komu eðlisvísindaverkefni almennt best út en jarð- og geimvísindaverkefni síst.
- Kjarnalesefnið í náttúruvísindum, sem greint var samkvæmt kenningaramma PISA 2015–2022, studdi nánast ekkert fjóra af sex hæfnipáttum sem PISA mældi. Verkefnabækurnar studdu að mestu þrjá hæfnipætti. Verkefni í námsefninu reyndu hvað mest á þekkingu á inntaki náttúruvísinda og færni í að útskýra fyrirbæri náttúrunnar. Það sýndi að töluvert ósamræmi er á milli kenningaramma PISA og áherslna sem er að finna innan kjarnanámsefnis í náttúruvísindum sem virðist vera í mikilli notkun á unglingastigi.

Umræður

Hér eru niðurstöður rannsóknarinnar ræddar og dregin saman svör við rannsóknarspurningum. Í lokakafnanum eru ræddar umbætur í kennslu náttúruvísinda í ljósi niðurstaðna og stöðu þekkingar.

Þróun á stöðu vísindalæsis

Í rannsókninni var leitað svara við því hvernig árangur íslenskra nemenda hefur þróast í mismunandi flokkum náttúruvísindaverkefna PISA á tímabilinu 2009–2022. Rannsóknin staðfesti almennt versnandi árangur íslenskra nemenda í PISA en mikilvægt er að hafa í huga að þróunin reyndist mismunandi eftir verkefnum. Þannig fór svarárangur marktækt niður á við í um helmingi verkefnanna á tímabilinu á meðan enga markvissa þróun var að sjá í hinum nema að eitt verkefni sýndi áberandi jákvæða þróun í svarárangri. Það verkefni fjallaði um viðfangsefni sem finna má í kjarnanámsefni í lífvísindum, þá bæði lesbók og verkefnabók, sem greint var í þessari rannsókn. Árangur í þessu PISA-verkefni batnaði verulega nokkrum árum eftir útgáfu námsefnisins. Niðurstöðurnar benda til þess að kunnugleiki viðfangsefnisins skipti máli fyrir árangur í PISA, eins og áður hefur verið ályktað, en framandi viðfangsefni og verkefnaumhverfi gera einmitt nemendum sem eru slakir í læsi enn erfiðara fyrir að tengja við inntak verkefnanna og tjá sig um það (Le Hebel o.fl., 2016; Patria, 2021; Wati o.fl., 2017).

Gögnin sýndu áberandi hnignun í árangri milli ára 2009 og 2012, ástæðurnar að baki liggja ekki fyrir en hnignun kom einnig fram í lesskilningi og stærðfræðilæsi það ár (Almar M. Halldórsson o.fl., 2013). Milli 2015 og 2018 hægðist svo umtalsvert á þeirri þróun innan náttúruvísindanna. Jafnvel mátti greina bættan árangur í einstaka náttúruvísindaverkefnum á því tímabili sem gæti bent til þess að ákveðnar aðgerðir, t.d. útgáfa námsefnis eða áherslur í kennslu í ákveðnum skólum, hafi haft tímabundin jákvæð áhrif en að þær hafi ekki verið nógu áhrifaríkar til að snúa við heildarþróuninni. Milli ára 2018 og 2022 kom svo skarpasta fallið hingað til milli tveggja fyrirlagna. Sambærilegt fall mátti einnig sjá í hinum sviðunum sem PISA kannar en frammistaða í náttúruvísindalæsi og lesskilningi var þó umtalsvert slakari en í stærðfræðilæsi það ár. Hnignunin gæti tengst áhrifum COVID-19-faraldursins á skólastarf að einhverju leyti en líklega höfðu aðrir þættir einnig áhrif þar sem skólalokanir virtust takmarkaðar í íslenskum grunnskólum, samanborið við önnur OECD-lönd, en engu að síður féll árangurinn meira hér á landi (Menntamálastofnun, 2023). Þróunin í árangri íslensku unglínganna yfir lengri tíma en þann sem heimsfaraldurinn stóð yfir endurspeglar líklega áhrif hnignandi lesskilnings en jafnframt áhrif af umgjörð náttúruvísindanáms í skólum landsins. Þörf er á að kanna áhrif kennsluhátta í náttúruvísindum á Íslandi á vísindalæsi nemenda svo greina megi þörfustu áherslubreytingarnar í náttúruvísindanámi þeirra.

Styrkleikar og veikleikar íslenskra nemenda í vísindalæsi

Íslensku unglíngarnir sýndu hlutfallslega bestan árangur í verkefnum sem reyndu á þekkingu á vísindalegum aðferðum. Þetta gæti bent til þess að í íslenskum skólum sé lögð áhersla á að nemendur læri um vísindalegar aðferðir en það þýðir ekki endilega að þeir geti beitt þeim á áhrifaríkan hátt. Hins vegar reyndist nemendum mun erfiðara að svara verkefnum sem kröfðust skilnings á eðli vísindalegrar þekkingar. Þetta er í samræmi við alþjóðlegar rannsóknir sem benda til þess að nemendur eigi almennt erfitt með að skilja hvernig vísindaleg þekking verður til og hvernig hún þróast (Zetterqvist og Bach, 2023). Þetta atriði þarf að skoða betur í íslenskum skólum þar sem skilningur á eðli vísindalegrar þekkingar er mikilvægur fyrir gagnrýna hugsun og vísindalæsi. Þá reyndust nemendur veikastir í verkefnum sem tengdust jarð- og geimvísindum. Það gæti skýrst af því að geimvísindi voru felld úr aðalnámskrá grunnskóla 2013 (Bjarni Sævar Þórsson, 2021). Jafnframt virðist áhersla á þetta svið minni á unglíngastigi ef marka má það takmarkaða úrval kjarnanámsefnis sem er að finna í gagnagrunni Miðstöðvar menntunar og skólaþjónustu (mms.is) samanborið við önnur greinasvið náttúruvísinda. Það er mikilvægt að skoða hlut jarð- og geimvísinda í kennslu og námsefni þar sem viðfangsefni þeirra eru mikilvæg fyrir skilning á t.d. umhverfismálum, orkumálum og náttúruvá.

Athygli vekur að færni í að útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt var hvað mest dreifð. Þetta þýðir að meðal verkefnaflokksins eru verkefni sem margir íslensku unglínganna áttu auðvelt með að svara, á meðan margir áttu í miklum erfiðleikum með hluta verkefnanna. Þetta gæti bent til þess að námsefni og inntak kennslu tengist aðeins hluta þeirra verkefna og að unglíngarnir hafi því ekki forsendur til að takast á við hin verkefni. Árið 2015 hækkaði hlutfall réttra svara í flokknum og varð sambærilegt því sem mældist árið 2009. Í niðurstöðum PISA frá 2015 fengu nemendur engu að síður lægstu heildarstiginn fyrir

þessa sömu færni (Menntamálastofnun, 2017). Þetta ósamræmi skýrist meðal annars af því að fleiri stig fást fyrir þyngri verkefni í PISA og þó svo að hlutfall réttra svara hafi aukist árið 2015 endurspeglar það ekki endilega heildarstig nemendahópsins. Það voru greinilegar uppsveiflur milli ára í árangri innan einstakra verkefna í færni flokknum sem dreifðust nokkuð á milli hæfniprepa. Færnin í að túlka vísindaleg gögn og að meta og hanna athuganir stóð aftur nokkuð í stað áður en árangurinn féll umtalsvert árið 2022. Verkefnin í kjarnanámsefninu reyndu afar takmarkað á þessa færni, jafnvel í verkefnabókunum sem þó buðu upp á fjölbreyttar tilraunir og athuganir og hefði verið kjörið að tengja slíka æfingu við þau verkefni. Uppfærsla á núverandi kjarnanámsefni með þessi atriði til hliðsjónar gæti eflt stuðning námsefnisins við þessa færniþætti vísindalæsis og gert stuðninginn aðgengilegri kennurum og nemendum.

Kjarnanámsefni í náttúruvísindum fyrir unglingastig

Rannsóknin sýndi að kjarnanámsefni í náttúruvísindum á unglingastigi studdi aðeins að takmörkuðu leyti þá færni og þekkingu sem lögð er áhersla á í náttúruvísindaverkefnum PISA. Langflest verkefnin í námsefninu snerust um að svara spurningum beint úr texta eða með útreikningum. Slík verkefni styðja helst þekkingu á inntaki náttúruvísinda en einnig var algengt að verkefnin reyndu á færni í að útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt. Nánast engin verkefni í lesbókunum studdu aðra færni- og þekkingarþætti vísindalæsis. Verkefnabækurnar á lífvísindum buðu aftur á móti upp á fjölbreyttari verkefni sem studdu betur vísindalæsi, t.d. fjölda tilrauna og athugana. Þó svo að verkefni *Efnisheimsins* snerust aðallega um skilning á náttúrufræðilegum fyrirbærum var nálgunin fjölbreytt og talsvert byggð á athugunum. Verkefni þessara bóka gætu stuðlað að víðtækari skilningi ef þau væru sett í skýrara samhengi við þekkingarfræði og aðferðafræði vísinda, t.d. með stýrðum umræðum. Slíkt nám krefðist þess að nemendur ígrunduðu eðli og áreiðanleika þekkingar, mætu gildi rannsóknarvinnu og hvað mætti bæta til að efla vísindaþekkingu frekar.

Rannsókn Aðalheiðar Jónu Magnúsdóttur og Magdalenu Óskar Bjarnþórsdóttur (2024) sýndi að kennarar á höfuðborgarsvæðinu notuðu að mestu kjarnanámsefnið, sem greint var hér, og internetið í sinni náttúruvísindakennslu, en aðaláherslan reyndist þó vera á lestur og svörum spurninga. Það bendir til þess að notkun verkefnabókanna sé takmarkaðri en lesbókanna. Rannsókn þeirra sýndi engu að síður að 56% kennaranna voru með verklega kennslu einu sinni í mánuði eða oftar. Eru það sömu niðurstöður og fengust úr umfangsmikilli starfsháttarannsókn í grunnskólum á öllu landinu áratug fyrr (Ingvar Sigurgeirsson o.fl., 2014). Gefur það til kynna að margir íslenskir nemendur fái tækifæri til verklegrar kennslu í grunnskóla nokkrum sinnum á önn og að kennarar hafi aðgengi að tilraunum og athugunum. Það gæti skýrt að hluta betri árangur íslensku nemendanna í þekkingu á vísindalegum aðferðum, en þörf er á frekari rannsóknum á því hvernig sú kennsla fer fram svo meta megí áhrif þess náms á vísindalæsi íslenskra nemenda. Þó svo að áherslur verkefna í kjarnanámsefni sneru helst að þekkingu á innihaldi náttúruvísinda komu íslenskir nemendur ekki betur út úr þeim matsþætti í PISA-könnunum. Það bendir til þess að þær leiðir sem farnar eru í námsefninu eða við kennslu þess skili takmörkuðum árangri í að efla skilning og þekkingu á fyrirbærum náttúrunnar og þurfi að endurskoða. Óvíst er hvort annað námsefni sem kennarar nýta, t.d. af internetinu, styðji

betur vísindalæsi. Nánari úttekt á námsefnisnotkun kennara á landsvísu gæti gefið mikilvægar upplýsingar um notagildi námsefnisins og hvernig það er nýtt í náttúruvísindanámi í grunnskólum.

Umbætur á náttúruvísindamenntun í ljósi rannsóknarinnar

Í skýrslum um íslenskar niðurstöður PISA hafa verið settar fram ítarlegar hugmyndir um umbætur á náttúruvísindamenntun (Auður Pálsdóttir, 2017, 2019; Edda Elísabet Magnúsdóttir og Haukur Arason, 2023). Rannsóknin sem hér er fjallað um gefur tilefni til frekari ábendinga um úrbætur. Af henni er ljóst að námsefni er áfátt varðandi mikilvæga hæfniþætti sem styðja vísindalæsi, þá einna helst um eðli og aðferðir vísinda. Ljóst er að náms efni sinnir lykilhlutverki í náttúruvísindakennslu og er því rík þörf á aðgengilegu námsefni á íslensku sem fjallar betur um eðli og aðferðir vísinda og gefur skýrar leiðbeiningar um hvernig verkefnum má fylgja eftir með dýpkandi umræðum og endurgjöf. Einnig er nauðsynlegt að greina innihaldsatriði náttúruvísinda í námsefni og námskrá svo tryggja megi aðgengi að umfjöllun um öll lykilatriði náttúruvísinda. Jafnframt þarf að styðja kennara betur í að efla nemendur sína í læsi á fagtexta, og námsefnið ætti þar að gegna lykilhlutverki.

Rannsóknir sýna að lausnarleitarnám (e. inquiry) getur eftl hæfni og þekkingu nemenda í náttúruvísindum sé það að hluta kennarastýrt og tengi verkleg vinnubrögð við fræðilega þekkingu (Uitto og Kärrä, 2014). Nemendur öðlast auk þess frekar skilning og þekkingu í náttúruvísindum fái þeir að tengja eigin tilveru við viðfangsefni náttúruvísindanna, sem annars geta vírst fjarlæg og illskiljanleg (Uitto o.fl., 2006, 2008). Aðalnámskrá gerir kröfu um þessa þætti í kennslu en eins og rannsóknir hafa bent á er töluverð gjá milli þeirra áherslna og þess sem raungerist í skólastofum (Allyson Macdonald o.fl., 2008). Endurbætt námsefni gæti haft mikið að segja í stuðningi við kennsluna. Það leysir þó ekki allan vanda þar sem kennsla náttúruvísindagreina krefst töluverðrar sérþekkingar. Eins og rannsóknir hafa bent á er mikill skortur á sérmenntuðum kennurum í náttúruvísindakennslu í grunnskólum (Allyson Macdonald o.fl., 2008; Brynja Stefánsdóttir og Meyvant Þórólfsson, 2016; Menntamálaráðuneytið, 2005). Takmarkaður bakgrunnur kennara í náttúruvísindum gæti gert þá háðari námsbókunum og mögulega skýrt að hluta hversu námsbókastýrð náttúruvísindakennslan almennt er á Íslandi. Sú staða kallar á aukna og bættu menntun og símenntun kennara ásamt stuðningi við þá. Kennarar yngri nemenda gegna jafnframt lykilhlutverki í að móta áhuga og viðhorf til náttúruvísinda og þurfa gott aðgengi að símenntun og stuðningi. Einnig ber að taka tillit til þess að tímaskortur hefur reynst hamlandi þáttur í greininni (Birna Sigurjónsdóttir, 2015; Ingvar Sigurgeirsson o.fl., 2014) en á Íslandi er hvað fæstum tímum varið í náttúruvísindi á unglingastigi samanborið við önnur Evrópulönd (Auður Pálsdóttir, 2019; Edda Elísabet Magnúsdóttir og Haukur Arason, 2023; European Commission o.fl., 2022). Aukið umfang náttúruvísinda á unglingastigi til viðbótar við fjölgun sérmenntaðra kennara í greininni og endurbætur á námsefni mega því teljast nauðsynlegar aðgerðir svo sinna megi þeirri kennslu sem námsgreinasviðið þarfnast.

Niðurstöður PISA-könnunarinnar og þessarar rannsóknar gefa tilefni til alvarlegrar umræðu um stöðu náttúruvísindamenntunar á Íslandi og námsefnisgerðar á greinasviðinu.

Nauðsynlegt er að grípa til ákveðinna aðgerða til að bæta áhuga og skilning nemenda og tryggja að Ísland eigi hæfileikafólk í vísindum og tækni til að mæta áskorunum nútímans. Þetta krefst samstarfs ýmissa aðila í samfélaginu – menntakerfisins, stjórnvalda og almennings.

HEIMILDIR

- Aditomo, A. og Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Aðalheiður Jóna Magnúsdóttir og Magdalena Ósk Bjarnþórsdóttir. (2024). *Náttúruvísindanáám og kennsla á unglingastigi: Rannsókn á starfsháttum og áskorunum náttúruvísindakennara á unglingastigi í grunnskólum stórhöfuðborgarsvæðisins* [bakkalárritgerð, Háskóli Íslands]. Skemman. <http://hdl.handle.net/1946/47537>
- Alivernini, F. og Manganelli, S. (2015). Country, school and students factors associated with extreme levels of science literacy across 25 countries. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1992–2012. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1060648>
- Allyson Macdonald, Auður Pálsdóttir og Kristján Ketill Stefánsson. (2008). *Intentions and reality: Science and technology education in Iceland. Final report*.
- Almar M. Halldórsson, Ragnar F. Ólafsson og Júlíus K. Björnsson. (2013). *Helstu niðurstöður PISA 2012: Læsi nemenda á stærðfræði og náttúrufræði og lesskilningur*. Námsmatsstofnun. https://mms.is/sites/mms.is/files/pisa_2012_island.pdf
- Anil, D. (2011). Investigation of factors influencing Turkey's PISA 2006 science achievement with structural equation modelling. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 11(3), 1261–1266. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ936309.pdf>
- Anna Helga Jónsdóttir og Sigrún Helga Lund. (2012). *Tölfræði frá grunni*. Edbook – Háskóli Íslands. https://edbook.hi.is/tolfraedi_fra_grunni/
- Ariely, M. og Yarden, A. (2018). Using authentic texts to promote disciplinary literacy in biology. Í K. Kampaourakis og M. J. Reiss (ritstjórar), *Teaching biology in schools: Global research, issues, and trends* (bls. 204–215). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315110158>
- Auður Bára Ólafsdóttir og Brynhildur Sigurðardóttir (ritstjórar). (2025). *Aðalnámskrá grunnskóla – Kynningarefni: Endurskoðun greinasviða kaflar 17–26*. Miðstöð menntunar og skólaþjónustu. https://vefir.mms.is/adalnamskra_kynningarefni_17-26/
- Auður Pálsdóttir. (2017). Læsi á náttúruvísindi. Í *Helstu niðurstöður PISA 2015* (bls. 36–42). Menntamálastofnun. https://mms.is/sites/mms.is/files/helstu_nidurstodur_pisa_2015_prent_-_loka_0.pdf
- Auður Pálsdóttir. (2019). Læsi á náttúruvísindi. Í *PISA 2018: Helstu niðurstöður á Íslandi* (bls. 85–110). Menntamálastofnun. https://mms.is/sites/mms.is/files/pisa_2018_helstu_island.pdf

- Bae, S. H., Park, H., Kwak, E. J., Cho, E. og Jung, H. (2019). Global pattern of extended education and its impact on educational outcomes: The case of science education. *IJREE – International Journal for Research on Extended Education*, 7(1), 86–106. <https://doi.org/10.3224/ijree.v7i1.07>
- Beerwinkle, A. L. og Nelson, C. (2024). An analysis of comprehension strategies and visuals within grade 6–8 science textbooks in the United States. *Technology, Knowledge and Learning*, 29(3), 1277–1291. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09672-8>
- Beese, J. og Liang, X. (2010). Do resources matter? PISA science achievement comparisons between students in the United States, Canada and Finland. *Improving Schools*, 13(3), 266–279. <https://doi.org/10.1177/1365480210390554>
- Birna Sigurjónsdóttir. (2015). Kennsluhættir í grunnskólum Reykjavíkur – Niðurstöður ytra mats. *Netla – veftímarit um uppeldi og menntun*. <http://netla.hi.is/greinar/2015/alm/001.pdf>
- Bjarni Sævar Þórsson. (2021). *Samanburður á eðlis-, efna- og stjörnufræði viðfangsefnum í íslenskum námskrám frá 1999 og 2013 og í „Next generation science standards“* [meistararitgerð, Háskóli Íslands]. Skemman. <http://hdl.handle.net/1946/37646>
- Brynja Stefánsdóttir og Meyvant Þórólfsson. (2016). Náttúruvísindamenntun á yngri stigum skyldunáms: Viðhorf umsjónarkennara á yngsta stigi og miðstigi grunnskóla til kennslu náttúruvísinda. *Tímarit um uppeldi og menntun*, 25(2), 239–263. <https://ojs.hi.is/index.php/tuuom/article/view/2438>
- Dunne, J., Mahdi, A. og O'Reilly, J. (2013). Investigating the potential of Irish primary school textbooks in supporting inquiry-based science education (IBSE). *International Journal of Science Education*, 35(9), 1513–1532. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.779047>
- Edda Elísabet Magnúsdóttir og Haukur Arason. (2023). Læsi á náttúruvísindi meðal íslenskra unglinga. Í *PISA 2022: Helstu niðurstöður á Íslandi* (bls. 106–122). Menntamálastofnun. https://mms.is/sites/mms.is/files/pisa_2022_helsta_island.pdf
- Erla Lind Þórisdóttir. (2017). *Orðapröskuldur íslenskra grunnskólanemenda á miðstigi: Hlutfall þekktra orða í náttúrufræðitexta og lesskilningur* [meistararitgerð, Háskóli Íslands]. Skemman. <http://hdl.handle.net/1946/28485>
- European Commission, EACEA og Eurydice. (2022). *Increasing achievement and motivation in mathematics and science learning in schools*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2797/031821>
- Forbes, C. T., Neumann, K. og Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 42(5), 783–806. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1730017>
- Hafþór Guðjónsson. (2011). Að verða læs á náttúrufræðitexta. *Netla – Veftímarit um uppeldi og menntun*. <https://netla.hi.is/greinar/2011/ryn/004.pdf>
- Hatzinikita, V., Dimopoulos, K. og Christidou, V. (2008). PISA test items and school textbooks related to science: A textual comparison. *Science Education*, 92(4), 664–687. <https://doi.org/10.1002/sce.20256>
- Horsley, M. og Sikorová, Z. (2015). Classroom teaching and learning resources: International comparisons from TIMSS – A preliminary review. *Orbis scholae*, 8(2), 43–60. <https://doi.org/10.14712/23363177.2015.65>

- Hsieh, H.-F. og Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277–1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Ingvar Sigurgeirsson, Amalía Björnsdóttir, Gunnhildur Óskarsdóttir og Kristín Jónsdóttir. (2014). Kafli VI: Kennsluhættir. Í Gerður G. Óskarsdóttir (ritstjóri), *Starfshættir í grunnskóla við upphaf 21. aldar* (bls. 113–158). Háskólaútgáfan. https://opinvisindi.is/bitstream/handle/20.500.11815/228/starfshaettir_heild_m_kapu_02102015_lr.pdf
- Isaksen, M. og Thorvaldsen, S. (2022). Hva stimulerer utforskende undervisning i naturfag? Et studium av rollen for læreboken i noen norske ungdomsskoler. *Nordic Studies in Science Education*, 18(3), 337–352. <https://doi.org/10.5617/nordina.9350>
- Japelj Pavesic, B. og Cankar, G. (2022). Textbooks and students' knowledge. *CEPS Journal*, 12(2), 29–65. <https://doi.org/10.26529/cepsj.1283>
- Kamil, M. L., Borman, G. D., Dole, J., Kral, C. C., Salinger, T. og Torgesen, J. (2008). *Improving adolescent literacy: Effective classroom and intervention practices. IES practice guide. NCEE #2008-4027*. National Center for Education Evaluation and Regional Assistance. <http://ies.ed.gov/ncee/wwc/PracticeGuide.aspx?sid=8>
- Kola, A. J. (2013). Importance of science education to national development and problems militating against its development. *American Journal of Educational Research*, 1(7), 225–229. <https://doi.org/10.12691/education-1-7-2>
- Lavonen, J. og Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922–944. <https://doi.org/10.1002/tea.20339>
- Le Hebel, F., Montpied, P. og Tiberghien, A. (2016). Which answering strategies do low achievers use to solve PISA science items? Í N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou og C. Constantinou (ritstjórar), *Insights from research in science teaching and learning: Contributions from science education research* (2. bindi, bls. 237–252). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20074-3_16
- Le Hebel, F., Tiberghien, A., Montpied, P. og Fontanieu, V. (2019). Teacher prediction of student difficulties while solving a science inquiry task: Example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1517–1540. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1615150>
- Lee, S. og Kim, H. (2024). Comparative analysis of PISA 2018 science achievement of high and low performers in Korea, Canada, and Taiwan. *Brain, Digital, & Learning*, 14(4), 521–536. <https://doi.org/10.31216/BDL.20240030>
- Menntamálaráðuneytið. (2005). *Menntun kennara í stærðfræði og náttúrufræðigreinum í grunn-ogframhaldsskólum 2003–2004: Samantekt úr upplýsingaöflun menntamálaráðuneytisins*. <https://www.stjornarradid.is/media/menntamalaraduneyti-media/media/ritogskyrslur/skyrslakennara.pdf>
- Menntamálaráðuneytið. (2007). *Aðalnámskrá grunnskóla: Almennur hluti: Náttúrufræði og umhverfismennt*.
- Menntamálastofnun. (2017). *Helstu niðurstöður PISA 2015*. https://mms.is/sites/mms.is/files/helstu_nidurstodur_pisa_2015_prent_-_loka_0.pdf
- Menntamálastofnun. (2019). *PISA 2018: Helstu niðurstöður á Íslandi*. https://mms.is/sites/mms.is/files/pisa_2018_helstu_island.pdf

- Menntamálastofnun. (2023). *PISA 2022: Helstu niðurstöður á Íslandi*. https://mms.is/sites/mms.is/files/pisa_2022_helsta_island.pdf
- Meyer, L. A., Crummey, L. og Greer, E. A. (1988). Elementary science textbooks: Their contents, text characteristics, and comprehensibility. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(6), 435–463. <https://doi.org/10.1002/tea.3660250603>
- Meyvant Þórólfsson. (2013). *Transformation of the science curriculum in Iceland* [doktorsritgerð, Háskóli Íslands]. Skemman. <https://hdl.handle.net/1946/17498>
- Meyvant Þórólfsson og Eggert Lárusson. (2010). ‘Transformation’ of the intended science curriculum: A tension between instrumental and liberal purposes. Í Helga Ólafs og Hulda Proppé (ritstjórar), *Rannsóknir í félagsvísindum XI – Þjóðarspeggillinn 2010* (bls. 205–213). Skemman. <https://hdl.handle.net/1946/6698>
- Meyvant Þórólfsson, Gunnar E. Finnbogason og Allyson Macdonald. (2012). A perspective on the intended science curriculum in Iceland and its ‘transformation’ over a period of 50 years. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2641–2665. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.731542>
- Millar, R. (2010). Practical work. Í R. Millar, J. Osborne og J. Dillon (ritstjórar), *Good practice in science teaching: What research has to say* (bls. 108–134). McGraw-Hill Education.
- OECD. (2017). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving*. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-3-en>
- OECD. (2023). *PISA 2025 science framework (draft)*. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Oliveira, H. og Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Oliver, M., McConney, A. og Woods-McConney, A. (2021). The efficacy of inquiry-based instruction in science: A comparative analysis of six countries using PISA 2015. *Research in Science Education*, 51(S2), 595–616. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09901-0>
- Osborne, J. og Dillon, J. (2010). *Good practice in science teaching: What research has to say*. McGraw-Hill; Open University Press.
- Patria, R. R. (2021). Why Indonesian students struggle in reading test? Í *Proceedings of the International conference on educational assessment and policy (ICEAP 2020)* (bls. 29–40). <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210423.060>
- Perry, L. B. og McConney, A. (2010). Does the SES of the school matter? An examination of socioeconomic status and student achievement using PISA 2003. *Teachers’ College Record*, 112(4), 1137–1162. <https://doi.org/10.1177/016146811011200401>
- Ragnar F. Ólafsson. (2019). *TALIS 2018: Starfshættir og viðhorf kennara og skólustjóra á unglingastigi grunnskóla*. Menntamálastofnun. https://mms.is/sites/mms.is/files/vefutgafa_-_talis_2019.pdf
- Sawyer, S. F. (2009). Analysis of variance: The fundamental concepts. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 17(2), 27E–38E. <https://doi.org/10.1179/jmt.2009.17.2.27E>
- Shanahan, T. og Shanahan, C. (2008). Teaching disciplinary literacy to adolescents: Rethinking content-area literacy. *Harvard Educational Review*, 78(1), 40–59. <https://doi.org/10.17763/haer.78.1.v62444321p602101>

- Sjøberg, S. (2018). The power and paradoxes of PISA: Should inquiry-based science education be sacrificed to climb on the rankings? *Nordic Studies in Science Education*, 14(2), 186–202. <https://doi.org/10.5617/nordina.6185>
- Sujatmika, S., Masykuri, M., Prayitno, B. A. og Sutarno, S. (2024). Fostering critical thinking in science education: Exploring effective pedagogical models. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 11(7), 149–159. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2024.07.016>
- Svava Pétursdóttir og Gunnhildur Óskarsdóttir. (2022). Kennsluhættir náttúrufræða í skyldunámi. *Timarit um uppeldi og menntun*, 31(2), 23–44. <https://doi.org/10.24270/tuom.2022.31.7>
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J. og Meisalo, V. (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, 40(3), 124–129. <https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656029>
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J. og Meisalo, V. (2008). The importance of pupils' interests and out-of-school experiences in planning biology lessons. *Science Education Review*, 7(1), 23–27. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1050888>
- Uitto, A. og Kärnä, P. (2014). Teaching methods enhancing grade nine students' performance and attitudes towards biology. Í J. Lavonen og A. Zeyer (ritstjórar), *Proceedings of the ESERA 2013 conference: Science education research for evidence-based teaching and coherence in learning, part 2* (bls. 315–321). <http://hdl.handle.net/10138/230997>
- Wati, F., Sinaga, P. og Priyandoko, D. (2017). Science literacy: How do high school students solve PISA test items? *Journal of Physics: Conference Series*, 895, 012166. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012166>
- Zetterqvist, A. og Bach, F. (2023). Epistemic knowledge – a vital part of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 45(6), 484–501. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2166372>

Greinin barst tímaritinu 26. nóvember 2024 og var samþykkt til birtingar 30. apríl 2025.

UM HÖFUNDANA

Edda Elísabet Magnúsdóttir (eddaem@hi.is) er lektor í líffræði við Deild faggreinakennslu við Menntavísindasvið Háskóla Íslands. Rannsóknaráherslur hennar snúast um gæði í náttúruvísindakennslu, með sérstaka áherslu á útinám og sjálfbærni. Hún er nú að rannsaka sjálfbæra kennslupróun í náttúruvísindum, auk viðhorfa kennaranema til sjálfbærnimenntunar og loftslagsbreytinga. Edda rannsakar einnig vistfræði hvala, og er virk í miðlun vísindanna til almennings.

Haukur Arason (arason@hi.is) er dósent í eðlisfræði og náttúrufræðimenntun við Deild faggreinakennslu við Menntavísindasvið Háskóla Íslands. Hann er með doktorsgráðu í eðlisfræði og meistaraþráðu í uppeldis- og menntunarfræðum auk kennsluréttinda. Meðal áhugasviða hans eru námskrár, námsefni og námsárangur í náttúruvísindum, áhugi og viðhorf til náttúruvísindanáms og kennsla eðlis- og geimvísinda.

SCIENTIFIC LITERACY OF ICELANDIC 15-YEAR-OLD STUDENTS: TRENDS IN PISA PERFORMANCE AND THE ROLE OF CORE CURRICULAR MATERIALS

Scientific literacy among Icelandic adolescents has declined steadily over the past decade, as evidenced by PISA science results from 2009 to 2022. A sharp downturn between 2018 and 2022 left Iceland's performance well below the OECD average and that of neighbouring Nordic countries, raising concerns about the effectiveness of science education in Iceland's compulsory schools. PISA's science framework (2015–2022) defines three key competencies for assessing science literacy; that is, the ability to: a) explain phenomena scientifically, b) evaluate and design scientific enquiry, and c) scientifically interpret data and evidence. It also defines three knowledge categories: a) content, b) procedural, and c) epistemic. This study examines how Icelandic students' performance has evolved in these competency and knowledge areas and evaluates the extent to which lower-secondary science curricular material supports the competencies and knowledge that PISA measures.

Quantitative analysis was performed on data from PISA science tests conducted in 2009, 2012, 2015, 2018, and 2022, focusing on a set of science tasks administered in unchanged form across these years. Each item was classified by the PISA 2015–2022 framework into its competency category and knowledge category, and according to its scientific domain (life science, physical science, or earth and space science). For each category, the proportion of Icelandic students answering correctly was calculated, and changes over time were analysed to identify performance trends. A directed content analysis was conducted on seven core science textbooks (published 2010–2016) used in grades 8–10. All questions and exercises in these books were coded according to the same PISA framework categories, assessing which competencies and knowledge categories are emphasized or lacking in the current science curricular material.

Icelandic student performance in PISA science declined over the study period, showing a drop in correct response rates in all the competency and all the knowledge categories. However, the performance varied between years within each task, with some showing improved performance between years before falling again in 2022. Only one task revealed improved performance throughout the whole period. Average performance was relatively even across the three competency categories (with no significant differences in mean scores). However, “explaining phenomena scientifically” tasks included the greatest variability in difficulty, ranging from some of the easiest to some of the most challenging items. In terms of knowledge categories, students performed best on tasks requiring procedural knowledge while significantly worse on tasks requiring epistemic knowledge. By scientific domain, tasks in the earth and space sciences had the lowest correct response rate. The content analysis of textbooks revealed misalignment between the focus of the questions and exercises and the skills assessed by PISA. Most textbook tasks emphasised factual content and required students to explain phenomena, reflecting a strong focus on content knowledge. By contrast, very few exercises engaged students in designing experiments, interpreting data, or reflecting on the nature of scientific knowl-

edge – activities needed to build procedural and especially epistemic knowledge. In summary, the current lower-secondary science curricular material supports only a limited subset of the competencies and knowledge areas that PISA evaluates.

These results suggest that key aspects of scientific literacy have been underemphasised in Iceland's education system, contributing to substandard performance. In particular, the lack of focus on epistemic knowledge in the curricular material corresponds with students' weak outcomes in that area. To address these gaps, the science curriculum material should place greater emphasis on the nature and processes of science with explicit discussion of how scientific knowledge is developed. Students should also have opportunities to develop their inquiry skills and their understanding of the nature of science. It is recognised that poor performance in reading comprehension impairs the pupils' opportunities to develop scientific literacy, thus emphasising the need to provide reading comprehension strategies in science education. Aligning curriculum materials and instruction with the full breadth of scientific competencies and knowledge is essential for improving students' scientific literacy and reversing the decline.

Keywords: Science education, Scientific literacy, PISA, lower secondary, Curricular material

ABOUT THE AUTHOR / AUTHORS

Edda Elísabet Magnúsdóttir (eddaem@hi.is) is an assistant professor in biology and science education at the Department of Subject Teacher Education at the School of Education, University of Iceland. Her research focuses on quality in science education, emphasising outdoor learning and sustainability. Edda studies sustainable teacher development and student teachers' attitudes towards sustainability education and climate change. Additionally, Edda studies the ecology of marine mammals and actively communicates science to the public.

Haukur Arason (arason@hi.is) is an associate professor of physics and science education at the Department of Subject Teacher Education within the School of Education at the University of Iceland. He holds a PhD in Physics, a master's degree in education, and a teaching certification. His research interests include curricula and educational materials, academic achievement in science, interest and attitudes toward science education, and the teaching of physical- and space sciences.

VIÐAUKI

Hér má finna lýsingu á þeim eiginleikum sem verkefnin þurftu að búa yfir til að uppfylla skilyrði færniþáttar (VA-tafla 1) þekkingarþáttar í fyrsta dálki (VA-tafla 2). Ekki var gerð krafa um að verkefnið uppfyllti öll upptalin atriði, það nægði ef einhver þeirra þátta sem lýsingin nær yfir átti við um verkefnið sem var metið. Dæmin sem eru tekin fyrir eru ekki fyrirmynd allra verkefna sem féllu undir tiltekin matsþátt en eru til þess fallin að gefa skýr dæmi um verkefni sem félli vel að viðkomandi matsþætti.

Tafla 1

Lýsing á verkefnum sem uppfylla skilyrði um færniþætti sem skilgreindir eru í kenningaramman PISA 2015

Færniþættir	Lýsing	Dæmi
Útskýra fyrirbæri á vísindalegan hátt (e. explain phenomena scientifically)	Verkefnið reynir á færni nemenda til að útskýra eiginleika vísindalegs fyrirbæris með orðum vísindanna. Færnin krefst þekkingar á fyrirbærinu, að ætla tiltekna hegðun eða breytingar á fyrirbærinu.	Dæmi um spurningar: „Af hverju gefa hinar ýmsu frumeindir frá sér ljós af mismunandi litum?“ Hér þurfa nemendur að hafa þekkingu á orkusögum rafeinda og geta lýst tilteknum afleiðingum þess þegar rafeind færist milli hvela. „Hvers vegna skiptir líffræðilegur fjölbreytileiki miklu máli?“ Hér þurfa nemendur að geta útskýrt hvað líffræðilegur fjölbreytileiki er og að hvaða leiti slíkur fjölbreytileiki gagnast náttúrunni og okkur.
Meta og hanna vísindalegar athuganir (e. evaluate and design scientific inquiry)	Í verkefninu eru nemendum ætlað að meta vísindalegar niðurstöður og áráðanleika þeirra. Verkefnið reynir á að nemendur meti hvaða rannsóknaspurningar séu viðeigandi fyrir viðfangsefnið og hvernig sé raunhæft að rannsaka það á áráðanlegan máta. Þessi færni felur gjarnan í sér þekkingu á vísindalegum aðferðum og edli vísindalegrar þekkingar.	Nemendur leggja til tilgátu og/eda rannsóknaspurningar og taka þátt í að hanna tilraun/athugun sem er til þess fallin að svara spurningunum eða kanna tilgátu. Þeim er ætlað að beita aðferðum sem geta aukið áreiðanleika niðurstaðna, s.s. með endurtekningum og að prófa mismunandi aðstæður (stýribreytur). Gott dæmi eru tilraunir með plöntur þar sem nemendur setja upp ólíkar aðstæður og kanna við hvaða aðstæður plönturnar vaxa best við - t.d. birtustig, næringarmagn, vatnsmagn. Breyturnar eru umhverfisáðstæður og endurtekning ætti að vera á hverri breytu til að auka áráðanleika niðurstaðna.
Túlka gögn á vísindalegan hátt (e. interpret data and evidence scientifically)	Nemendur eiga að greina og meta niðurstöður sem byggja á vísindalegum gögnum, t.d. frá eigin tilraunum, sýndartilraunum, sýnitilraunum og draga viðeigandi ályktanir. Einnig getur verkefnið falið í sér að nemendur eigi að gera greinarmun á rökum sem byggja á vísindalegum sönnunum og kenningum og þeim sem byggja á öðrum forsendum, eða meta vísindaleg rök og sannanir frá mismunandi aðilum (t.d. dagblöðum, internetinu, tímaritum).	Nemendur draga ályktun um hvað gæti útskýrt þær niðurstöður sem þau fengu úr tilraun. Til þess þurfa þau að styðjast við fræðin (í kennslubók eða annarsstaðar) til að útskýra niðurstöðurnar. Einnig velta þau fyrir sér hvað gæti hafa haft áhrif á niðurstöðurnar annað en breyturnar sem þau prófuðu, t.d. hönnun tilraunar. Dæmi um verkefni væri að draga ályktun út frá niðurstöðum sínum um áhrif mismunandi umhverfisáðstæðna á vöxt plántna. Annarskonar verkefni gæti haft þann tilgang að nemendur leiti sér áreiðanlegra upplýsinga um ákveðið efni, t.d. vistvænan ferðamáta, og kynni sér þá hvers konar ferðamáti teldist vistvænn, af hverju og hvaðan þær upplýsingar fengust.

Tafla 2

Lýsing á verkefnum sem uppfylla skilyrði um færnipætti sem skilgreindir eru í kenningaramman PISA 2015

Bekkingarþættir	Lýsing	Dæmi
Þekking á inntaki náttúruvísinda (e. content knowledge)	Verkefnið kannar þekkingu nemenda á kenn-ingum, rannsóknum, tilraunum eða stað-reyndum í náttúruvísindum. Verkefnið reynir ekki endilega á hæfni nemenda til að útskýra hegðun fyrirbærisins og eiginleika þess.	„Hver er áfstæðiskenningin?“, „er sólstjarna og fastastjarna sama fyrir-bærrið?“, „nefndu að minnsta kosti þrjú atriði sem einkenna krafta“, „nefndu hópana fimm sem allar líffverur skiptast í“
Þekking á vísindalegum aðferðum (e. procedural knowledge)	Verkefnið kynnir nemendum fyrir mikilvægum hugtökum og verklagi vísindanna, nemendur læra að safna gögnum á vísindalegan máta með tilheyrandi búnaði og með nákvæmni og endurtekningum, læra að skilla hlutverk breyta sem geta haft stýrandi áhrif á niðurstöður og birta gögn á vísindalegan hátt (s.s í töflu eða myndriti)	Nemendur kanna hverskonar umhverfi ákveðin tegund jarðvegssmá-dýrs kýs sér helst, t.d. járnsmíður. Þau velja sér viðeigandi búnað með hjálp kennara til að útbúa tilraunina. Þau meta hvaða breytur þurfi að kanna. Breyturnar hér væru mismunandi búsvæði sem járnsmíðurinn gæti valið sér, t.d. rök mold, sykur, þurr sandur eða laufblöð. Tilraunin er endurtekin nokkru sinnum undir sömu aðstæðum til að meta hvort val járnsmíðanna sé tilviljanakennt eða ekki. Nemendur skrásetja niður-stöður og setja þær upp í töflu og/eða setja upp súlurit sem sýnir t.d. hversu oft bjöllurnar völdu tiltekið búsvæði. Nemendur meta hvað gæti valdið ónákvæmni í niðurstöðum, t.d. hversu vel aðstæður í tilrauninn endurspeglí raunverulegar aðstæður dýranna o.fl.
Þekking á eðli vísindalegrar þekkingar (e. epistemic knowledge)	Verkefnið er til þess fallið að ýta undir skilning á því hvernig vísindaleg þekking er til komin. Það felur í sér að nemendur ræði sín á milli hvaðan þekkingin er komin og hvort áráðan-legri aðferð var beitt af óhagsmunatengdum aðilum til að afla hennar. Verkefnið hjálpar nemendum að skilla hvers vegna tilraunir eru forsenda þess að afla sér þekkingar í vísindum og að vísindaleg þekking getur breyst með nýjum athugunum og aðferðum. Verkefnið styður við getu nemenda til að gera greinar-mun á athugunum, staðreyndum, tilgátum, líkönum og kenningum.	Nemendur taka þátt í hönnun tilraunir m.t.t. tilgáta/rannsóknarspurn-inga sem þau leggja til, framkvæma tilraunina, meta niðurstöður og hvort hönnun tilraunar hafi verið nógu góð til að meta tilgátuna. Í lok tilraunar fylgja umræður hvernig tilraunin hafi eða hafi ekki veitt þeim nýja þekkingu og þá hvað þurfi til þess að tilraunin hafi reynst áráðanleg. Annað verkefni gæti snúist um að nemendur kynni sér viðfangsefni, t.d. ástæður og/eða áhrif loftslagsbreytinga á tiltekin svæði á jörðinni, eða bólusetningar. Þau kynna sér rökfærslur með og gegn viðfangsefninu og rýna í hvaðan gögnin koma sem nýtt voru í rökfærsluna og reyna að draga ályktun um áráðanleika þekkingarinnar. Nemendur gætu einnig fengið það verkefni að rýna í gröf og meta hvort framsetning þeirra sé skýr eða villandi og hvaða áhrif það geti haft.