



Ritrynd grein birt 31. desember 2011

Meyvant Þórólfsson og Gunnar E. Finnbogason

Þekkingarfræði og opinberar námskrár Um náttúruvísindalega þekkingu í námskrám fyrir skyldunám frá 1960 til aldamóta

Hér er sagt frá rannsókn á náttúruvísindahluta hinnar opinberu námskrár fyrir skyldunám á Íslandi. Textar námskrárheftanna 1960, 1976, 1989 og 1999 (í gildi 1960 til 2010) voru rannsakaðir og greindir með tilliti til umfjöllunar um þekkingu, þ.e. að hvaða marki var lögð áhersla á miðlun náttúruvísindalegrar þekkingar annars vegar og hins vegar á virkni nemenda sjálfra við uppbyggingu þekkingar og skilnings. Við greininguna var stuðst við átta viðmið, þrjú sem tengdust fremur miðlun þekkingar og leikni og fimm sem beindust að námi sem hugsmíði. Meginniðurstöður voru þær að miðlun þekkingar og leikni reyndist vera ríkjandi mestallt tímabilið sem námskrárnar voru í gildi. En viðmið sem tengdust hugsmíði fengu mismikið vægi, þótt áherslur í þá veru hafi greinilega farið vaxandi eftir því sem nær leið nútímanum.

Meyvant Þórólfsson er lektor og Gunnar E. Finnbogason er prófessor við Menntavísindasvið Háskóla Íslands.

Epistemology and official curriculum: Knowledge in natural science curriculum for compulsory education in Iceland from 1960 to the turn of the century

This study sets out to examine the development of the official science curriculum for compulsory schools in Iceland with regard to epistemology in science education. The official curriculum guides in force from 1960 to the beginning of the 21st century were examined and analyzed regarding the nature and structure of knowledge, learning practices and context of knowledge and meaning making. The framework for analysis was based on eight criteria regarding the transmission of knowledge and skills versus the construction of knowledge in personal, social and cultural contexts. The results show that the transmission model appeared to persist more strongly throughout this time while the focus on knowledge construction and socio-cultural views emerged slowly as time passed near the present.

Meyvant Þórólfsson is assistant professor and Gunnar E. Finnbogason is professor, both at the School of Education, University of Iceland.

Inngangur

Náttúruvísindamenntun snýst jafnt um eðli og eiginleika hins lifandi efnisheims sem og hins lífvana efnisheims. Ákvæði í opinberum námskrám nú á dögum gera jafnframt ráð fyrir að fjallað sé um náttúruvísindin sjálf sem mannanna verk, þátt mannsins sem veru í lífsamfélagi jarðar og einnig sem hugsandi veru er mótar umhverfi sitt, nýtir auðlindir og þróar með sér margvíslega vísinda- og tækniþekkingu.

Viðfangsefni kennara í náttúruvísindum er að miðla menningararfi, þekkingu af sviði vísinda sem fer ört vaxandi. Þar er að finna hugtök, lögmál, kenningar og rannsóknaraðferðir sem þykir nauðsynlegt að miðla milli kynslóða, jafnt til að tryggja framþróun vísinda og tækni og til að stuðla að svokölluðu *vísindalegu læsi* allra þegna samfélagsins. Slíkt læsi endurspeglast í hugmyndum þegna samfélagsins – þar á meðal nemenda í skólum – um heiminn, sýn okkar á hlutverk og eðli vísinda og þar með afstöðu til ýmissa álitamála er tengjast náttúruvísindum. Því má leiða að því rök að hver og einn einstaklingur sé virkur og ábyrgur við smíði þekkingar og skilnings. Líta má á þekkingu í náttúruvísindum sem hugtakanet í huga hvers einstaklings og einnig í námssamfélögum þar sem þekkingarsköpun fer fram. Hugtök og hugmyndir öðlast þannig merkingu gegnum tengsl við þau hugtök og hugmyndir sem fyrir eru.

Meginverkefni námskrárhöfunda og kennara er jafnan það að svara hefðbundum spurningum námskráfræða, þ.e. hvað skuli kenna, hvers vegna og hvernig. Þessu fylgir óhjákvæmilega ákveðin glíma við þekkingarfræðileg álitamál. Richard Duschl (2000; 2008) skýrði þetta þannig, að náttúruvísindamenntun gæti ekki einungis snúist um hvað nemendur þyrftu að vita og með hvaða hætti þeir öðluðust þekkinguna (*what and how-to*), heldur þyrfti einnig að gefa gaum að hvernig menn vita og hvers vegna við teljum hlutina vera svona en ekki öðru vísi (*how and why*). Duschl taldi að of mikil áhersla hefði verið lögð á miðlun tilbúinnar vísindaþekkingar og vinnubragða (*final form science*) sem vísindamenn hefðu framreitt, en of lítill gaumur gefinn að spurningum og hugmyndum nemenda um samhengi hlutanna, rannsóknum og rökræðu um náttúru, náttúruvísindi og misáreiðanlegar niðurstöður vísindanna í tímans rás (Duschl, 2008).

Markmið þessarar rannsóknar var að greina fjórar opinberar námskrár í náttúruvísindum hérlendis í þessu ljósi, þ.e. námskrárnar 1960, 1976, 1989 og 1999. Sú síðasta var í gildi til ársins 2010. Við greiningu námskrártextanna var byggt á átta viðmiðum með vísun í áherslusvið náttúruvísinda og flokkunakerfi markmiða (Enger og Yager 2001; Marzano og Kendall, 2007; OECD, 2006).

Hér á eftir verður fyrst fjallað um náttúruvísindalega þekkingu, eðli hennar og tengsl við ýmis hugtök tengd þekkingarfræði, hugmyndir manna um hvað er þekking og hvernig við öflum hennar. Þar á eftir er rannsókninni lýst, þau tvö megin sjónarhorn kynnt til sögunnar, sem hún byggist á, og viðmiðin átta sem greiningin byggði á. Því næst er lýsing á aðferð við greiningu námskrártextanna og á eftir henni helstu niðurstöður skipt í fjóra kafla eftir heiti námskránnar fjögurra. Loks er samantekt og umræða um niðurstöðurnar.

Náttúruvísindaleg þekking

Í samantekt þeirra Paul Black og J. Myron Atkin fyrir OECD (Black og Atkin, 1996) um rannsóknaniðurstöður frá þrettán löndum vorpuðu höfundar ljósi á þróun náttúruvísinda, stærðfræði og tækni á seinni hluta 20. aldar undir yfirskriftinni *Changing the subject*. Í skrifum þeirra mátti skilja orðið *subject* svo að það hefði margræða merkingu. Það gat vísað til breytinga á menntun almennt, breytinga á námsgreinum (e. *subjects*) eða jafnvel samhengis námsins alls og athafna nemenda og kennara. Meginniðurstöðu þeirra Black og Atkin má túlka svo að öll þessi atriði hafi tekið breytingum frá miðlun þekkingar í áttina að þekkingarsmíði nemandans sjálfs. Menn gerðu sér æ betur grein fyrir kostum þess að

nemandinn væri virkur við sköpun eigin skilnings og þekkingar á veröldinni; að námið krefðist merkingarbærs samhengis í huga nemandans. *Changing the subject* vísaði því ekki síður til breyttra hugmynda manna um náttúruvísindalega þekkingu, eðli hennar og hvernig hennar væri aflað. Þessar breyttu hugmyndir hlytu því að hafa áhrif á skipulag náms og námskrárgerð í náttúruvísindum.

Vitneskja um eðli hlutanna og hin vísindalega aðferð

Hið svonefnda miðlunarlíkan (*e. transmission model*) í náttúruvísindamenntun stjórnaðist af ákveðinni sýn á eðli náttúruvísinda og hugmyndum um náttúruvísindalega þekkingu (Black og Atkin, 1996; Ekstig, 2000; Osborne, 1996) sem var álitin afrakstur stöðugrar leitar að sannleika samkvæmt viðurkenndri vísindalegri aðferð. Aðferðin grundvallaðist á hluthyggu og raunhyggju, þ.e. þeirri heimspekilegu afstöðu að raunveruleikinn ætti sér útskýranlega tilvist óháða skynjun mannsins og biði þess að verða uppgötvaður; við gætum kynnst þessum veruleika gegnum reynslu, þekkt hann og skilið og miðlað til annarra svo að sameiginlegur skilningur næðist. Sýn hluthyggu merkti m.ö.o. að eindir efnisins, eins og þeim hefur verið lýst í efnafræði og eðlisfræði, væru til dæmis hluti af sjálfstæðum veruleika, ekki hugsmíðar þeirra vísindamanna sem skilgreindu þær. Sömu sögu væri að segja um aðrar vísindalegar kenningar og líkön, t.d. svarthol, þróun lífs á jörðinni og miklahvell.

Vísindamenn hafa þó ekki getað annað en sett fyrirvara þegar fyrirbæri hafa verið til umræðu, sem manneskjan getur með engu móti sannreynt í venjulegum skilningi. Um síðustu aldamót barst *Vísindavef Háskóla Íslands* til dæmis eftirfarandi spurning: „Hvað eru kvarkar; er tilvist þeirra sönnuð? Hverjum nýtist þessi þekking og þá hvernig?“ Svarið við spurningunni um sönnun á tilvist kvarka var eftirfarandi:

[...] þeir eru hluti af viðtekna líkaninu (*The Standard Model*) í öreindafræði nútímans og allir fræðilegir reikningar sem byggjast á tilvist kvarka koma heim og saman við tilraunir. Í öreindahröðlum, til dæmis í CERN (Evrópsku öreindarannsóknastöðinni, sjá [heimasiðu CERN](#)), hafa verið gerðar ótal mismunandi tilraunir sem sýna ótvírætt fram á tilvist kvarka.

(Kristján Rúnar Kristjánsson, 2000)

Viðtekna líkanið í öreindafræði virðist m.ö.o. hafa verið svo kyrflega stutt með tilraunum að svarandi leyfði sér að fullyrða að þær sýndu „ótvírætt fram á tilvist kvarka“. En hvað sem öðru líður þá hafa eðlisfræðingar, eins og aðrir vísindamenn, viðurkennt að sýn vísinda sé kvik og breytileg (dýnamísk) (Kirkpatrick og Wheeler, 1995). Kenningar og líkön séu sett fram og gangist undir ítrekaðar tilraunir og rökræður þar til þau festist í sessi eða þeim er sé hafnað. Hugsanlega kemur einhvern tíma að því að viðtekna öreindalíkanið verði véfengt eða því jafnvel hafnað. Sem dæmi um óstöðugleika vísindalegra niðurstaðna má nefna að Alþjóðasamband stjarnfræðinga komst að þeirri niðurstöðu árið 2006 að geimfyrirbærið Plútó teldist ekki lengur reikistjarna og nýlega bárust fréttir af því að tilraunir í CERN-öreindahraðlinum í Sviss hefðu gefið vísbendingar um agnir sem ferðuðust á meiri hraða en ljósið, en það stangaðist á við grundvallarkenningar í eðlisfræði. Loks má nefna að Nóbelsverðlaun í eðlisfræði árið 2011 eru veitt fyrir rannsóknir á útpenslu alheims sem hafa leitt í ljós aðrar niðurstöður en menn höfðu stuðst við fram að því.

Afstæði vísindalegrar þekkingar – hugsmíði

Eftir 1970 urðu háværingar raddir þeirra sem vildu ganga lengra í efasemdum um hlutlægan veruleika. Að segja að vísindaleg þekking væri kvik og breytileg dygði ekki til, heldur væri öll mannleg þekking í raun afstæð og síkvik. Þekking okkar endurspeglar ekki sjálfstæðan, hlutlægan veruleika utan skynreynslu okkar, heldur samanstæði hún af reynslu og hugsun okkar sjálfra. Það sem meira væri, að fyrri reynsla okkar og forhugmyndir mótuðu

hvaða mynd við gerðum okkur af hinum meinta veruleika hverju sinni. Meðal áhrifamikilla talsmanna þessarar breyttu sýnar á vísindalega þekkingu voru Thomas Kuhn (1970), og Ernst von Glasersfeld (1989).

Kuhn leit ekki á sig sem talsmann afstæðishyggju heldur hélt hann því fram að staðreyndir væru háðar kenningum (e. *theory-laden*), þ.e. hugmyndum mannsins sjálfs um náttúruleg fyrirbrigði. Þær væru einnig háðar félagslegu samhengi og tungumálinu, þ.e. viðteknum aðferðum við rannsóknir og rökfærslur á hverjum tíma. Hann kynnti til sögunnar hugtakið *viðtak* (e. *paradigm*), sem fól í sér að vísindamenn og aðrir ynnu í anda gildandi viðmiða þar til frávik frá þeim leiddu til eins konar kreppuástands. Annaðhvort tækist að laga gömlu kenningarnar að nýjum eða ákveðin bylting ætti sér stað, vísindabylting sem fæli í sér að nýjar kenningar leystu þær gömlu alveg af hólmi. Ný sýn og viðmið eða viðtök urðu til.

Ernst von Glasersfeld kynnti til sögunnar róttæka hugsmíðikenningu um miðjan áttunda áratug síðustu aldar, sem kvað skýrt á um að manneskjan gæti aldrei komist að því hvort einhver hugtök í kollinum á henni samsvöruðu hlutlægum veruleika eður ei. Hins vegar væri það hagsmunamál okkar að vita hvort hugtökin virkuðu og pössuðu við reynsluheim okkar. Í því sambandi notaði Glasersfeld hugtakið *gerleika* (e. *viability*), sem merkti að hugmyndir og hugtök væru gerleg að því marki sem þau hjálpuðu okkur að öðlast skilning á reynslu okkar og við að leysa ákveðin vandamál. Ef reynsla eða ný gögn reyndust í ósamræmi við fyrri hugmyndir okkar skapaðist ójafnvægi sem hleypti aðlögunarferli (námi) af stað er leiddi af sér ný eða breytt hugtök. Þannig studdist Glasersfeld við kenningar Jean Piaget (1954) og David Ausubel (1968), sér í lagi þær hugmyndir Piaget sem snerust um aðhæfingu (e. *accomodation*) og samlögun (e. *assimilation*) (Noddings, 1995). Samsvörun við kreppuástand og vísindabyltingu í hugmyndum Kuhns (1970) var nokkuð ljós í þessu sambandi.

Á 20. öld tóku kenningar um hugsmíði og afstæði þekkingar á sig ólíkar myndir meðal vísindamanna, vísindaheimspekinga, sálfræðinga og menntunarfræðinga (Campbell, 1998). Margs konar kenningar byggðar á hugmyndum um smíði þekkingar, sumar umdeildar, náðu athygli innan náttúruvísinda, sálfræði, heimspeki og menntunar. Kenningar Jean Piaget og Lev Vygotsky reyndust ótvírætt hafa mest áhrif á umræðu um menntun og skólustarf á síðari hluta 20. aldar (Pritchard og Woollard, 2010). Samlíkingin við mannvirkjasmíði reyndist lífsseig í þessum kenningum, samanber hugmyndina um *vinnupalla* (e. *scaffolding*) og félagslega hugsmíði. Enn fremur beindu þessar hugmyndir sjónum okkar að því að hver og einn einstaklingur, jafnt eins og hvert og eitt samfélag, byggði upp sína sértæku sýn á veruleikann, sem væri háð samhengi, reynslu og forhugmyndum. Síðast en ekki síst beindu þær sjónum okkar að því að nám sem hugsmíði er *aðstæðubundið* (e. *situated*) og háð því menningarmynstri sem það tilheyrir. Þetta samsvaraði einnig hugmyndum vísindaheimspekinga á borð við Kuhn (1970).

Litlir vísindamenn

Fram eftir 20. öld hefur sýn á þekkingu byggð á hluthyggju og raunhyggju þrátt fyrir allt reynst lífsseig, enda hefur það jafnan verið álitin almenn skynsemi að líta svo á að náttúran hafi ótvíræða eiginleika utan skynreynslu manneskjunnar og manneskjan geti aflað sér þekkingar um hana með athugunum og tilraunum. Þegar hinu þekktu bandaríska þróunarverkefni AAAS (1990), *Science for All Americans*, var hleypt af stokkunum fyrir rúmum 20 árum var því slegið föstu að til væri efnisheimur óháður reynslu og þekkingu mannsins. Þrátt fyrir að viðurkennt væri að hinn mannlegi þáttur vísinda væri til staðar þá væri samt hægt að afla hlutlausrar þekkingar um efnisheiminn (Ekstig, 2000).

Hin vísindalega nálgun hafði einnig lengi verið þekkt og viðurkennd, allt frá tímum Galíleós (Gustavsson, 2001) og því ekki að undra að rannsóknaraðferðir vísindanna hafi öðlast sess sem viðteknar kennsluaðferðir í náttúruvísindum. Jerome Bruner (1960) var talsmaður slíkra aðferða. Í kennslufræði sinni lagði hann áherslu á, að nemendur kynntust formgerð fræðigreinarinnar og námið byggðist á rannsóknum og uppgötvunum nemenda sjálfra. Rök Bruners voru þau að virkni nemenda við eigin tilraunir og rannsóknir stuðluðu að skilningi með sama hætti og gerðist hjá vísindamönnum sem leituðu skýringa með sjálfstæðum athugunum (Bruner, 1960). Þessi grundvallarsýn á kennslu náttúruvísinda varð ríkjandi við allt skipulag skólastarfs á 7. áratug síðustu aldar, einnig í kennaramenntun og við samningu námsefnis (Ekstig, 2000). Hugmyndin lifir reyndar enn í skólastarfi undir merkjum *leitarnáms* (e. *enquiry learning*) og sjálfstæðra athugana nemenda.

Slíkar aðferðir, hliðstæðar störfum vísindamanna í tilraunastofu (e. *laboratory method*), fólu samt í sér djarfar breytingar frá þeirri hefð þekkingarmiðlunar sem ríkt hafði, þ.e. að nemendur tileinkuðu sér inntak námsefnisins og framsetningu kennarans án mikillar ígrundunar. Nú skyldu nemendur hugsaðir sem litlir vísindamenn og rannsóknarnám þeirra tæki mið af þroskaferli, sbr. þroskakennningar Piaget (Piaget og Garcia, 1983), og spíralnámskrá Bruners (Bruner, 1960). Í bók sinni *Process of Education* orðar Bruner þetta svo að námskrár þurfi að vera þannig uppbyggðar að grundvallarhugtök og hugmyndir séu teknar aftur og aftur fyrir í margvíslegum myndum þar til nemendur hafi náð góðum tókum á þeim.

Hugmyndin um litla vísindamenn var í raun náskyld hugmyndinni um hugsmíði hjá Piaget og fleirum, en þó frábrugðin hvað snerti eitt grundvallaratriði. Aðferðirnar og viðfangsefni skyldu borin á borð fyrir hina litlu vísindamenn eins og þau hefðu orðið til í félagslegu tómarúmi; þau voru sneydd öllu merkingarbæru samhengi frá sjónarhóli nemenda (e. *de-contextualized*) (Fensham, 1988, 2000). Að því leyti hjálpuðu þau nemendum ekki eins vel til aukins skilnings á hugtökum náttúruvísinda og ella hefði getað orðið (Säljö, 1995). Þannig má segja að áhrifin, sem höfðu lengi varað frá tíma Dewey um samfélagslegt samhengi (Dewey, 1916/1966), hafi tapast.

Þetta mátti e.t.v. skýra svo að Bruner og Piaget hafi á þessum tíma ekki veitt hinum félags-menningarlega þætti hugsmíðinnar nægilegan gaum, þ.e. að við lærðum ekki síður hvert af öðru gegnum samræðu um kunnugleg fyrirbæri en af samspili við dauða hluti úr umhverfinu, hvort sem væri af námsbókum eða náttúrunni sjálfri. Menn horfðu því til kenninga Vygotsky (1986) og áherslunnar á beitingu tungumálsins í félagslegri samræðu um þau fyrirbæri sem rannsökuð væru. Spyrja þyrfti spurninga eins og hvenær og hvernig komust menn að þessu? Skyldi þetta virka? Jú, þetta virkar eins og ... Hvernig getum við verið viss? Myndir þú gera þetta öðru vísi? Hvernig getum við útskýrt aðferðir okkar og niðurstöður fyrir öðrum? Þannig þekkjum við fjölmörg dæmi um að okkur takist betur að leysa sum verkefni í samvinnu við aðra, í stað þess að leysa þau ein á báti. Þekking var því að mati Vygotsky ekki stöðugt fyrirbæri sem yfirfærðist til nemandans með einum eða öðrum hætti, heldur gerði hann ráð fyrir að hún yrði til í samskiptum milli einstaklinga (Dysthe, 1995).

Rannsóknin

Tvö sjónarhorn

Opinber námskrárpróun síðustu áratugi 20. aldar var skoðuð í ljósi tveggja sjónarhorna, annars vegar að nám skyldi byggjast á miðlun og tileinkun þekkingar og kunnáttu og hins vegar að það skyldi byggjast á rannsóknum, orðræðu og merkingarleit nemenda sjálfra (sbr. Duschl, 2008). Meginspurningarnar voru því tvær:

- Tóku námskrárhöfundar mið af spurningunni um það, hvað nemendur þyrftu að vita og kunna og leiðum til að öðlast þá þekkingu og hæfni? Gerðu námskrárhöfundar með öðrum orðum ráð fyrir miðlun og tileinkun fyrirfram gefinnar þekkingar er grundvallaðist á hluthyggju og raunhyggju?
- Gerðu námskrárhöfundar ráð fyrir að nemendur rannsökuðu sjálfir, skoðuðu hlutina í samhengi, hefðu frumkvæði, ræddu, leituðu að merkingu og ynnu saman? Byggðu námskrárhöfundar hugmyndir sínar með öðrum orðum á hughyggju og afstæðishyggju að einhverju marki, og gerðu þannig ráð fyrir að nemendur í náttúruvísindum ættu drjúgan þátt í uppbyggingu eigin þekkingar?

Við greiningu námskráartextanna var stuðst við átta viðmið (*Tafla 1*). Í fyrsta lagi þekkingarviðmið samkvæmt flokkunarkerfi Marzano og Kendall (2007), þ.e. beina þekkingu, þekkingu sem hugarferli og þekkingu sem verkferli. Í öðru lagi var tekið mið af áherslum OECD (2006) í PISA rannsókninni; þar var um að ræða þekkingarviðmið eins og í kerfi Marzano og Kendall en einnig að nemendur kynntust náttúruvísindum í samhengi við önnur viðfangsefni í lífi sínu, jafnt persónuleg, samfélagsleg og hnattræn og enn fremur væri lögd áhersla á viðhorf og ábyrga afstöðu nemenda til ýmissa álitamála þar sem náttúruvísindi kæmu við sögu. Loks voru tekin inn í myndina viðmið sem Enger og Yager (2001) tilgreindu með hliðsjón af stöðlum National Research Council í Bandaríkunum um náttúruvísindanám, sérstaklega viðmið um samvinnu nemenda við leit að þekkingu og skilningi, skapandi hugmyndir og frumkvæði og umfjöllun um eðli og sögu náttúruvísinda. Nánari lýsing hinna átta viðmiða er að finna í *Töflu 1*.

Tafla 1 – Viðmið sem greinin námskráartextanna byggði á.	
Miðlun og tileinkun þekkingar og leikni. Byggt á sýn hluthyggju og raunhyggju	<i>Bein miðlun og tileinkun þekkingar og skilnings (e. declarative knowledge).</i> Dæmi: heiti, hugtök, staðreyndir, lögmál, kenningar, skilgreiningar, flokkun, samhengi.
	<i>Hugarferli (e. procedural knowledge).</i> Nemendur útskýri ferli (hvernig eitthvað virkar eða gengur fyrir sig), t.d. muninn á raðtengdri og hliðtengdri rafrás eða hvernig ljóstillífun gengur fyrir sig.
	<i>Verkferli, leikni og færni (e. psychomotor procedures).</i> Nemendur nái valdi á tækjum, búnaði, efnum o.s.frv. og skipuleggi/frumkvæmi þannig sjálfir verkleg ferli, t.d. að gera athuganir á veðri með mælitækjum skv. verklýsingum.
Þekkingarmiði grundvölluð á hughyggju og afstæðishyggju. Nemendur eru virkir við leit að þekkingu og merkingu	<i>Viðhorf, mat, siðferðileg atriði (e. attitudes and values).</i> Viðhorf nemenda til vísinda og tækni. Um manninn og þátt hans við mótun og breytingar á umhverfi sínu, siðferðileg atriði, t.d. beitingu vísinda og tækni við einræktun dýra og plantna eða umhverfisáhrif orkuöflunar.
	<i>Eðli og saga vísinda.</i> Eðli náttúruvísindalegrar þekkingar og saga vísindaiðkunar, afstæði vísindalegrar þekkingar.
	<i>Skapandi hugmyndir – frumkvæði.</i> Frumkvæði nemenda, hugmyndaflug, áræðni og sjálfstraust við lausnir og leit að þekkingu.
	<i>Samvinna.</i> Félagsleg þekkingarsköpun, þ.e. að nemendur vinni saman að lausnum verkefna og öflun þekkingar og skilnings.
	<i>Samhengi (e. context).</i> Persónulegt, samfélagslegt og hnattrænt samhengi tekin inn í myndina.

Byggt á Enger og Yager (2001), Marzano og Kendall (2007) og OECD (2006)

Greining námskráartextanna

Öll gögn, sem hér lágu til grundvallar, voru opinber gögn, aðgengileg öllum. Við gagnasöfnun og greiningu þurfti því ekki leyfi eða samþykki þátttakenda. Aftur á móti lögðu

rannsakendur sig fram um að gæta réttisýni og heiðarleika gagnvart lesendum og öðrum hagsmunaaðilum sem niðurstöðurnar kynnu að snerta. Í því sambandi var reynt að útiloka hlutdrægni og einhliða sjónarmið (e. *intellectual narrowness*) og hafa að leiðarljósi það sem Strike (2006) nefndi þekkingarfræðilega fjölgjuggju (e. *epistemological pluralism*), þ.e. það sjónarmið að veruleikanum mætti gefa margar jafngildar skýringar og því teldist eðlilegt að rannsakendur og aðrir sérfræðingar væru ekki sammála um viðtekna ramma og aðferðir.

Greining námskrártextanna tók mið af sögulegu samhengi í þeim skilningi að litið var á námskrárheftin hvert um sig sem tímapakta í samfelldri þróun hinnar opinberu námskrár. Til að skýra þetta var stuðst við tvö grundvallarhugtök úr málvísindum, „diachronie“ og „synchronie“ (Saussure, 1916/1966). Það fyrra vísar til þess að fyrirbæri, t.d. tungumál eða textar námskráa, séu rannsökuð eins og þau þróast í tímans rás, þ.e. í fortíð, nútíð og framtíð. Það síðara vísar til þess að fyrirbæri séu rannsökuð á gefnum tíma og í ákveðnu samhengi, líkt og tekið sé þversnið af stöðunni eins og hún birtist á þeim tímapunkti, t.d. við útgáfu nýrrar aðalnámskrár. Stinner og Williams (2003) hafa bent á að ný atriði og hugmyndir bætist sífellt inn í námskrána, en erfiðara reynist að taka það út sem menn telja að eigi þar ekki lengur heima. Til að skýra þetta hafa Stinner og Williams (2003) líkt námskrá náttúruvísinda við garð skryddan fjölbreytilegri plöntuflóru þar sem nýjar tegundir bætist sífellt við. Erfitt reynist hins vegar að fjarlægja nokkuð sem fyrir er því að menn verði seint sammála um hvaða plöntur teljist verðugir fulltrúar flórunnar og hvað skuli flokkast sem illgresi. Þessi átök endurspeglast einmitt í þeim tveimur áherslum sem hér eru til skoðunar, annars vegar miðlun þekkingar á lögmálum, hugtökum og aðferðum náttúruvísinda og hins vegar viðurkenningu á sjálfstæðri hugsun þess sem nemur og virkni hans eða hennar við sköpun náttúruvísindalegrar þekkingar, ábyrgð á umhverfi og náttúru og skilning á hlutverki vísinda og tækni í samfélaginu. Í opinberum námskrám virðast þessi sjónarmið tvinnast saman og „plöntuflóran“ verður þeim mun margbreytilegri eftir því sem fram líða stundir.

Textinn var greindur með framangreind viðmið að leiðarljósi (*Tafla 1*). Gert var ráð fyrir að námskrárhöfundar hverju sinni hlytu að hafa lagað textann að ákveðnu samhengi og aðstæðum sem þeir þekktu og kysu að leggja áherslu á aðhylltust hvort sem var út frá eigin viðmiðum eða fyrirframgefnum viðmiðum yfirvalda sem þeir unnu fyrir. Enn fremur var það tekið inn í myndina að um væri að ræða þeirra útgáfu eða túlkun á þeim veruleika náms og kennslu sem námskránum var ætlað að móta.

Þannig gengu höfundar þessarar rannsóknar út frá því að þekkingarfræðilegur grundvöllur greiningarinnar ætti rætur í félagslegri hugsniði, og því þyrfti að taka inn í myndina samspil tungumáls, fyrri reynslu, þekkingu, hagsmuni og áhrif þeirra sem ættu í hlut hverju sinni. Við töldum því einnig mikilvægt að hafa í huga mögulegar útgáfur af umfjöllunarefninu sem höfundar birtu ekki og ákváðu hugsanlega að nefna ekki. Rosalind Gill (2000) lýsti þessu þannig að við orðræðugreiningu þyrfti vissulega að beina athyglinni að sjálfu innihaldi textans og því sem þar segði, en jafnframt hvernig honum væri beitt og hann notaður til að móta hugmyndir lesenda og setja fram sannfærandi útgáfur af veröldinni, er væru hugsanlega í samkeppni við aðrar útgáfur, líkt og þegar stjórnmálamenn eða auglýsendur reyni að selja sínar hugmyndir. Textar námskrána 1960, 1976, 1989 og 1999 voru greindir með þetta að leiðarljósi. Stuðst var við framangreind viðmið sem kynnt eru í *Töflu 1*.

Niðurstöður

Eins og áður var nefnt var hér litið á þróun hinnar opinberu námskrár sem samfelt, sögulegt ferli og gert ráð fyrir að það ætti sér skýringar í því menningarlega samhengi sem ríkt hefur á mismunandi tímum.

Þótt lög um heildstætt skólakerfi hérlendis hafi ekki orðið til fyrr en tveimur árum eftir stofnun Lýðveldis 1944 voru til lög og reglur um fræðslu barna fyrir þann tíma. Árið 1929 var gefin út *Námsskrá fyrir barnaskóla*. Í henni var stutt 12 línu klausa um náttúrufræði með upptalningu á þekkingaratriðum úr dýrafræði, jurtafræði og líkams- og heilsufræði (Helgi Elíasson, 1944) og þar á eftir upptalning á kennslubókum. Um eðlisfræði á sjöunda námsári sagði einungis: „Frumatriði eðlisfræðinnar“ (Helgi Elíasson, 1944, bls. 29). Árið 1948 birtust *Drög að námsskrá fyrir barnaskóla og gagnfræðaskóla* (Menntamálaráðuneytið, 1948), sem bar einnig einkenni efnisatriðaskrár eða „katalógs“. Þar var skýr aðgreining gerð milli þriggja námsgreina af sviði náttúruvísinda. Í fyrsta lagi var náttúrufræði, sem fjallaði um plöntur og dýr, í öðru lagi heilsufræði um líkama og heilsu manna, og loks eðlis- og efnafræði. Athyglisvert er að þar var ekki gerð nánari grein fyrir inntaki, heldur var einkum um að ræða upptalningu bóka sem skyldi kenna. Jarð- og stjarnvísindi höfðu ekki ratað inn í námskrár á þessum tíma og reyndar átti eftir að verða alllöng bið á því.

Námsskrá fyrir nemendur á fræðsluskyldualdri 1960

Fyrstu áratugi 20. aldar má segja að tveir hugmyndafræðilegir straumar hafi einkennt skólamálaumræðu á Vesturlöndum. Annars vegar var um að ræða hina uppeldislegu framsæknistefnu (prógressívismi) og hins vegar atferlisstefnu með hlutlæg markmið og mælingar að leiðarljósi (Cremin, 1961; Goodson, 2010; Myhre, 2001). Af námskrám og öðrum skólasögulegum gögnum má ráða að síðarnefnda áherslan hafi að minnsta kosti náð yfirhöndinni hérlendis þegar kom fram á miðja öldina. Að vísu reyndist hún einnig áþreifanleg í námskránni 1929 og námskrárdrögunum 1948 sem getið var um hér á undan.

Fyrsta formlega, opinbera námskráin fyrir nemendur á fræðsluskyldualdri tók gildi í september 1960 (Menntamálaráðuneytið, 1960). Um var að ræða hefti upp á 84 blaðsíður. Gildistíminn var sextán ár, fram til ársins 1976. Námskráin byggði á lögum um fræðslu barna nr. 34/1946 og lögum nr. 48/1946 um gagnfræðanám.

Kaflinn um náttúrufræði spannaði sex blaðsíður og skiptist í þrjú undirkafla, *Markmið*, *Námsefnið* og *Til athugunar*. Þótt þessi námskrá hafi að mörgu leyti verið ólík drögunum frá 1948 reyndist áherslan á miðlun þekkingar sammerkt þeim báðum. Í námskránni 1960 bera fyrstu tveir undirkaflarnir skýr merki um þetta. Meginboðskapur markmiðskaflans var að náttúrufræðikennslan skyldi „veita nemendum þekkingu á ...“ eða þeim skyldi „veitt nokkur fræðsla um ...“ (bls. 41). Í kaflanum *Námsefnið* hófust málsgreinar jafnan á orðum eins og: „Kenna skal ...“, „Lært skal ...“ eða „Lesi skal um ...“. Sá kafli var að stórum hluta upptalning á heitum og hugtökum sem áttu að lærast, sbr. eftirfarandi um nytjafiska:

Kennt um helztu nytjafiska (karfi, hornsíli, hrognkelsi, steinbítur, þorskur, ýsa flyðra, skarkoli, lax, urriði, bleikja, loðna, síld, áll, hákarl, skata). Kenna skal um útlit, hrygningarstöðvar og fæðu þeirra tegunda sem lært er um.

(Menntamálaráðuneytið, 1960, bls. 43).

Svipaða sögu var að segja um þátt efnafræði. Þar var um að ræða hreina upptalningu þess sem skyldi læra:

Efnablanda, efnasamband, frumefni, samsett efni, sameindir og frumeindir. Frumefni loftsins. Bruni, ryð, vatn. Eiming. Frumefni vatnsins. Lútur, sýra, sölt. Kolsýra. Kolsýrunám jurtanna [...] Helstu efni í dýrum og jurtum.

(Menntamálaráðuneytið, 1960, bls. 44).

Í athyglisverðri efnisgrein um kynþroskaskeiðið segir:

Fræðsla um kynþroskaskeiðið verður að fara fram í tvennu lagi, sitt fyrir hvort kynið [...] Æskilegast væri, að kvenlæknir eða hjúkrunarkona kenndi telpunum, en karllæknir drengjunum. Ekki mun þörf að eyða mörgum kennslustundum til þessarar fræðslu.

(Menntamálaráðuneytið, 1960, bls. 46).

Síðasta tilvitnunin er enn fremur athyglisverð með hliðsjón af greiningarviðmiðum um persónulegt og samfélagslegt samhengi, viðhorf og siðferðileg atriði (Sjá *Töflu 1*) sem námskrárhöfundar hafa greinilega ekki talið skipta máli í þessu samhengi. Áhersluna á hugarferli (e. *mental procedures*) og verkferli (e. *psychomotor procedures*) mátti greina á nokkrum stöðum, þótt hún hafi ekki hlotið teljandi athygli. Til dæmis skyldi fjallað um undirstöðuatriði eðlis- og efnafræði og „skulu þau eftir föngum tengd eigin athugunum nemendanna“ (bls. 41). Í kaflanum *Til athugunar* var brýnt fyrir kennurum að „nemendurnir séu vandir á sjálfsnám og sjálfstæðar athuganir á fyrirbrigðum í náttúrunni, þar sem kennslan verður leiðarvísir“ (bls. 45). Ákvæði um sjálfstæðar athuganir má heimfæra á skapandi hugsun og frumkvæði. Í síðasta kaflanum var einnig kveðið á um mikilvægi þess að nemendur skildu „hversu dýr og jurtir eru háð umhverfi sínu og jurtirnar séu undirstaða dýralífsins“ (bls. 45). Hvað verklega færni snerti var m.a. gert ráð fyrir námskeiði í hjálp í viðlögum (bls. 44).

Á einum stað var fjallað um afstöðu nemenda til „dýra- og náttúruverndar“, þar sem sérstök áhersla var lögð á að „efla skilning þeirra á mikilvægi náttúruverndar almennt, bæði lífandi og dauðrar náttúru“ (bls. 45). Hvergi var að finna áherslu á eðli og sögu vísinda né ákvæði um samstarf nemenda við öflun þekkingar og skilnings. Allnokkur áhersla var á að nemendur settu hlutina í samhengi, einkum þó persónulegt eða samfélagslegt, þ.e. að rannsaka nánasta umhverfi sitt og öðlast þekkingu á „fyrirbærum náttúrunnar, sem þeim er nauðsynlegt í daglegu lífi að vita deili á“ (bls. 41). Annað virtist vera uppi á teningnum þegar hnattrænt samhengi var skoðað; kenna skyldi um „nokkur erlend dýr, jurtir og fugla, ef tími vinnst til“ (bls. 42) og hvatt til að slík kennsla væri tengd landafræðinni. Hnattrænt samhengi hafði því greinilega ekki hlotið þá athygli á þessum tíma sem það átti eftir að gera síðar.

Loks skal á það bent að grundvöllur að náttúrufræðikennslunni var lagður í kaflanum um átthagafræði (bls. 41). Í þeim kafla var áherslan á nær umhverfi nemenda enn sýnilegri en í náttúrufræðikaflanum. Eftirfarandi texti úr kaflanum um átthagafræði ber greinileg merki um sýn námskrárhöfunda á þekkingarsmíði og það að nemendur væru virkir við leit að merkingu og skilningi á náttúrunni, þótt hugsmíðikenning hafi ekki verið búin að festa rætur á þeim tíma:

Í átthagafræði verður kennarinn að fylgja hverju barni fram til vaxtar og þroska eftir þeim leiðum, er eðli þess og upplag bendir til, og hann verður mjög að gæta starfrænna þarfa þess. Hverju barni er eðlilegast að starfa og athuga hlutina sjálfst [..] Börnin eru leidd til kynna við veröld, sem þau eiga að læra að þekkja, – ekki á þann hátt, að þeim finnist, að um kennslu sé að ræða, heldur að sjálfst lífið komi til þeirra í viðfangsefnum þeirra og athugunum.

(Menntamálaráðuneytið, 1960, bls. 28).

Það að gæta að starfrænum þörfum nemenda, sjálfstæðum athugunum og að lífið sjálfst komi til þeirra í viðfangsefnum og athugunum getur vart komist nær hugmyndum hugsmíðikenningar nú á dögum. Haldið var áfram í þessa veru, t.d. að veita nemendum tækifæri til að sýna hugmyndir sínar í leik, riti, teikningu og orðræðu og þar fram eftir götum (Sjá nánar *Töflur 2* og *3*).

Greining námskrárinnar 1960 leiddi í ljós að langmest áhersla var lögð á fyrsta viðmiðið í *Töflu 1*, þ.e. *miðlun og tileinkun þekkingar*. Nemendum var ætlað að læra heiti og hugtök og geta úrskýrt innbyrðis tengsl þeirra. En erfitt var að greina hvort námskrárhöfundar hefðu lagt áherslu á eigin rannsóknir nemenda sjálfra og merkingarsköpun. Því skal það áréttað sem nefnt var hér á undan um þátt áttahagafræði. Þar af leiðandi má segja að sýn nemenda á viðhorf, siðferðileg atriði og samhengi hafi átt nokkurn hljómgrunn hjá námskrárhöfundum.

Aðalnámskrá grunnskóla – Eðlis- og efnafræði 1976

Upp úr miðri 20. öld varð sú breyting á námskráargerð víða um lönd að stjórnvöld leituðu til sérfræðinga fræðigreina til að leggja grundvöll að nýjum námskrám (DeBoer, 1991; Goodson, 2010; Kristín Indriðadóttir, 2004). Nú var með öðrum orðum leitað til vísindamanna á sviðum eðlisfræði, efnafræði og líffræði um forystu við námskráargerð í náttúruvísindum. Hérlendis störfuðu sérfræðingahópar að endurskoðun námskrár og námsefnis við skólarannsóknardeild menntamálaráðuneytisins á árunum 1967–1984. Auk áherslu á fræðilegt innihald greina horfðu menn á skýr og mælanleg námsmarkmið, að minnsta kosti framan af. Tekið var mið af námskrárkerfum Ralphs Tyler (1949), Hildu Taba (1962) og Benjamins Bloom og félaga (Bloom, 1956). En á þessu tímabili urðu þáttaskil í skólamálaumræðu af öðrum ástæðum (Gunnar E. Finnbogason, 1995; Ingólfur Á. Jóhannesson, 1991; Kristín Indriðadóttir, 2004). Þar var m.a. um að ræða áhrif frá þroskakeningum Jean Piaget og Lawrence Kohlberg, einnig rannsóknum Pierre Bourdieu and Jean-Claude Passeron í félagsvísindum. Í námskráargerð á þessum tíma mættust þannig svo nefnt vélrænt líkan annars vegar og lífrænt líkan hins vegar (Gunnar E. Finnbogason, 1995; Wolfgang Edelstein, 2008). Tvær nefndir voru skipaðar af menntamálaráðuneytinu til að leggja fram tillögur um breytingar á náttúruvísindamenntun, önnur á sviði eðlis- og efnafræði og hin á sviði líffræði. Tillögur beggja fólu í sér djarfar breytingar frá því fyrirkomulagi sem fyrir var (Menntamálaráðuneytið, 1968; 1969). Greinilegra áhrifa gætti frá hinni miklu námskrárbyltingu sem átti sér þá stað bæði austan og vestan hafs undir merkjum hinna *nýju vísinda* (e. *new science*).

Árið 1974 tóku ný grunnskólalög gildi. Í kjölfarið var hafist handa við samningu nýrra námskráa 1976 og 1977, en þrátt fyrir háleit markmið náðist ekki að ljúka við námskrá í líffræði og stærðfræði. Á hinn bóginn var námsgagnagerð og þróunarstarf á þessum sviðum blómlegt á þessum tíma. Í skýrslunni frá 1969 var líffræði kynnt sem nýtt námssvið, er sameinaði dýrafræði, grasafræði og líkams- og heilsufræði. Í nýju námsefni, *Frá sameind til manns*, var lögð áhersla á aðferðir og hugtakakerfi nútímavísinda (Menntamálaráðuneytið 1969).

Í ágúst 1976 birtist ný námskrá í eðlis- og efnafræði (Menntamálaráðuneytið, 1976). Gildistími hennar var þrettán ár, þ.e. til 1989. Meðal djarfra breytinga frá því sem áður tíðkaðist var aðskilnaðurinn frá líffræði. Námskráin, námsefnið og kennsluhættirnar gerðu ráð fyrir tveimur ólíkum námssviðum sem skyldi haldið aðskildum.

Námskráin í eðlis- og efnafræði bar þess skýr merki að sérfræðingar í vísindum stjórnðu ferðinni, þar sem áhersla var lögð á vinnubrögð og aðferðir vísinda eins og þær tíðkuðust þá og markmiðin voru í meginatriðum sótt inn á fræðasviðið. Þótt námskrárheftið spannaði ekki nema 16 blaðsíður rúmuðust í því þekkingar-, skilnings- og leiknimarkmið af helstu sviðum eðlisvísinda. Fremst voru meginmarkmið í fimm liðum um þekkingu og skilning á ýmsum grundvallaatriðum eðlis- og efnafræði, þjálfun í mælingum og kerfisbundnum athugunum, þjálfun í vísindalegum aðferðum, samvinnu nemenda við framkvæmd tilrauna og umræðu um niðurstöður og að nemendur gerðu sér grein fyrir gildi vísinda og vísindaiðkana.

Meginkafli heftisins, *Námsmarkmið*, hófst á rökum fyrir eðlis- og efnafræðinámi, eðli þess og uppbyggingu. Námið skyldi hefjast í 5. og 6. bekk (11 og 12 ára) og „aukin áhersla er lögð á þekkingu og skilning er ofar kemur í grunnskólann“ (Menntamálaráðuneytið, 1976, bls. 6). Þar var einnig áréttað að „virkni nemandans í leit að þekkingu sé mikilvægari en tileinkun vissra þekkingaratriða“ (bls. 6). En við nánari skoðun kom í ljós að virkni nemenda snerist fyrst og fremst um „meðferð gagna, töflu- og línuritagerð, túlkun niðurstaðna og beitingu þeirra við lausn nýrra viðfangsefna“ og að „ná valdi á hugtökum eins og mæli-skekkju, óvissu og fráviki og skilja tilgang þess að taka meðaltöl af fjölda mælinga“ (bls. 7). Loks samanstóð þessi kafli að mestu af þekkingar- og skilningsmarkmiðum í sjö flokkum um mælingar á lengd og tíma, sérkenni efna, flokkun efna eftir samsetningu og atom-ímyndina, varmafræði, aflfræði, bylgjufræði og raffræði.

Loks voru þrjú stuttir kaflar um námsefni, kennsluaðferðir og námsmat. Námsefniskaflinn fól í sér lýsingar á útgefnu námsefni og tillögur um vettvangsathuganir. Í kaflanum um kennsluaðferðir voru settar fram hugmyndir um tilraunir og annað verklegt nám í hópum. Áhersla var lögð á að nemendur lærðu rétta meðferð tækja og efna. Umræður töldust mikilvægar, bæði á undan og eftir mælingum. Nemendur áttu að bera niðurstöður sínar saman við niðurstöður annarra, skýra frávík, reikna meðaltöl, mynda lögmál og reglur út frá niðurstöðum bekkjarins o.s.frv. (bls. 15).

Greining námskrárinnar í eðlis- og efnafræði 1976 leiddi í ljós að langmest áhersla var lögð á fyrstu þrjú viðmiðin í *Töflu 1*, þ.e. miðlun og tileinkun þekkingar, hugarferli og verkferli. Nemendum var ætlað að ná tókum á ýmsum sértækum hugtökum, lögmálum og kenningum eðlisvísinda, t.d. kraftlögmálum Newtons og lögmáli Boyles um samband rúmmáls og þrýstings lofttegunda, þeir áttu að geta útskýrt bylgjuhreyfingar og leyst jöfnur, auk þess að geta beitt tækjum og efnum í tilraunum.

Hvergi í námskránni var fjallað um viðhorf, mat eða siðferðileg atriði og hvergi um eðli og sögu vísinda. Þótt „virkni nemandans í leit að þekkingu“ hafi verið talin mikilvægari en „tileinkun vissra þekkingaratriða“ var sjónum í raun ekki beint að skapandi hugmyndum eða frumkvæði. Töluverð áhersla var lögð á samvinnu nemenda við lausnir verkefna og öflun þekkingar og skilnings, en án samhengis. Boðskapur námskrárinnar var í raun sá að nám í náttúruvísindum skyldi fara fram í raunvísindalegu samhengi eingöngu, án samhengis við fyrirbæri daglegs lífs eða umhverfis sem nemendum væru kunnugleg. Sjá nánar um greininguna í *Töflu 2*.

Aðalnámskrá grunnskóla 1989 – Náttúrufræði (eðlis-, efna- og líffræði)

Á níunda áratug síðustu aldar fóru nýjar og gerbreyttar hugmyndir að skjóta upp kollinum. Þetta voru hugmyndir um opinn skóla, samþættingu og skapandi skólastarf. Hugmyndafræðin, sem lá hér til grundvallar, var án efa hugmyndin um *barnið í brennidepli*. Skilaboðin sem bergmáluðu nú í skólamálaorðræðu, til að mynda í hinni þekktu bresku Plowden-skýrslu (Gillard, 2011), voru opin markmið, hópavinna og engin samræmd próf. Námskráin, sem leit dagsins ljós hérlandis árið 1989, endurspegladi slíkar hugmyndir nokkuð skýrt (Menntamálaráðuneytið, 1989). Þar var sérstök umfjöllun um tengsl og samþættingu námsgreina og reyndar einnig um gildi og takmörk einstakra námsgreina. Nám og kennsla skyldi vera í samræmi við eðli og þarfir nemenda og stuðla að alhliða þroska hvers og eins. Umfjöllun námskrárinnar um „alhliða þroska“ var einnig vert að veita sérstakan gaum. Þar var átt við andlegan og líkamlegan þroska, nánar tiltekið „þroska vitsmuna og fagurskyns, siðgæðis-, tilfinninga- og félagsþroska“. Með líkamlegum þroska var átt við líkams- og hreyfiþroska (Menntamálaráðuneytið, 1989, bls. 13.). Markmið námskrárinnar skyldu m.ö.o. ná til alls þessa.

Aðalnámskráin 1989 birtist öll í einu hefti upp á 196 síður. Náttúrufræðihlutinn spannaði tíu blaðsíður og samkvæmt honum skyldu náttúruvísindi (eðlis-, efna- og líffræði) nú kennd samþætt í öllum árgöngum frá 1. bekk upp í 10. bekk. Hann skiptist í þrjá hluta fyrir utan inngang upp á eina síðu. Þeir nefndust *Meginmarkmið*, *Megininntak* og *Námsumhverfi og kennsla*. Samkvæmt meginmarkmiðunum skyldi að því stefnt að nemendur þroskuðu með sér virðingu og samkennd með lífi, náttúru og umhverfi, lærðu að afla sér þekkingar á náttúrunni bæði með beinni reynslu og með hjálp gagna og tækja, þjálfuðust í að vinna saman og ræða skipulega um viðfangsefni, temdu sér heilbrigða lífshætti og skilning á hvernig maðurinn er háður náttúrunni og hefur áhrif á hana og kynntust einstökum viðfangsefnum og settu í samhengi til aukins skilnings á náttúru landsins, lífheiminum og alheiminum. Síðast í meginmarkmiðum kom fram að nemendur skyldu þekkja og skilja nokkrar grundvallarkenningar eðlis-, efna- og líffræði og áhrif þeirra fræða á lífshætti okkar og heimsmynd.

Ef til vill endurspeglar eftirfarandi skýring á meginmarkmiðum hina þekkingarfræðilegu sýn sem námskráin 1989 boðaði:

Þekking á náttúrunni verður til er menn skoða, handfjatla, mæla og breyta efnum, hlutum og lífandi verum. Af slíkum athugunum draga menn ályktanir í ljósi þess sem þeir vita fyrir [...] Uppspretta náttúrufræða er náttúran sjálf og farvegurinn vísindalegar aðferðir til að afla þekkingar. Það heillar margan nemanda meir að sækja þekkingu torfæra leið beint í uppsprettuna með athugunum og tilraunum en að tileinka sér eingöngu það sem aðrir hafa aflað og skráð í bækur. Athuganir og tilraunir stuðla auk þess að handlagi og skerpa skynjun og athyglisgáfu, og samstarf við aðra örvar persónulegan og félagslegan þroska. (Menntamálaráðuneytið, 1989, bls. 107).

Þótt nokkur áhersla hafi verið lögð á þekkingu og skilning grundvallarkenninga í eðlis-, efna- og líffræði var jafnan settur sá fyrirvari að leggja bæri „áherslu á þau lögmál sem mest varða daglegt líf nú á tímum og hægt er að skýra með skírskotun til reynslu nemenda í skóla eða utan hans“ (bls. 109). Kaflinn Megininntak náði yfir nokkur mikilvæg svið eðlis-, efna- og líffræði, þ.e. um efnin í umhverfi okkar, orku og skyld hugtök, tækni og vísindi, einkenni lífvera, dýr, plöntur, vistfræði og líkams- og heilsufræði. En jafnan skyldi gætt að persónulegu, samfélagslegu eða hnattrænu samhengi í umfjölluninni. Í kafla um orku, orkumyndir, orkunotkun og orkugjafa var t.d. áhersla „lögð á hagnýt verkefni tengdi orku og notkun hennar“ og að „nemendur glöggvi sig á því hvernig orkuvinnsla og orkunotkun hefur áhrif á umhverfið, og á nokkrum leiðum til að spara orku“ (bls. 111). Loks skal sú áhersla sem námskrárhöfundar lögðu á samþættingu námsgreina áréttuð og samspil við námsþætti í 17. kafla námskrárinnar, þ.e. fíknivarnir, mannréttindi, jafnréttisfræðslu, kynfræðslu, skyndihjálpar, umferðarfræðslu, félagsmál og umhverfismennt.

Í ljósi viðmiðanna átta í *Töflu 1*, má ljóst vera að í námskránni frá 1989 var nokkur áhersla á fyrstu þrjá þættina, þ.e. miðlun og tileinkun þekkingar, hugarferli og verkferli (Sjá *Töflu 2*). Töluverð áhersla var á viðhorf nemenda til náttúruvísinda og tækni og hlutverks þeirra, en lítið fór fyrir vísunum í eðli og sögu vísinda. Síðustu þrjár þættirnar, skapandi hugsun og frumkvæði, samvinna og samhengi fengu hins vegar talsverða athygli og umfjöllun (Sjá *Töflu 3*).

Aðalnámskrá grunnskóla 1999 – Náttúrufræði – Náttúruvísindi

Aðalnámskrá grunnskóla 1989 hafði ekki verið lengi í gildi þegar gagnrýnisraddir fóru að heyrast, einkum þess efnis að námskráin þætti of opin; þörf væri á skýrari viðmiðum og prófanlegri markmiðum í námsgreinum (Menntamálaráðuneytið, 1994; Rúnar Sigbórsson

og Rósa Eggertsdóttir, 2008). Eftir því sem nær dró aldamótum fóru gamalkunnar hugmyndir um markmiðastýringu, mælingar og samræmd próf að láta á sér kræla.

Þetta var reyndar tónninn sem fylgdi þeim nýfrjálshyggjustraumum sem einkenndu alla samfélagslega umræðu á Vesturlöndum síðasta áratug 20. aldar (Ball, 2007). Árið 1991 hófst endurskoðun á skipulagi menntakerfisins með meginþunga á endurskoðun hinna opinberu námskráa. Afraksturinn varð m.a. tólf námskrárhefti fyrir skyldunám upp á tæpar 1000 blaðsíður. Þar af spannaði náttúruvísindahlutinn 76 síður (Menntamálaráðuneytið, 1999a). Boðskapurinn var að inntak námsins skyldi fullnægja afdráttarlausum kröfum um námsárangur; stefnt skyldi að „góðum árangri með aga og skýrum markmiðum“ (Menntamálaráðuneytið, 1999b, bls. 5). En þrátt fyrir töluverða slagsíðu í þágu þekkingarmiðlunar, er byggðist á hluthyggju, mátti sjá, þegar betur var að gáð, að námskráin 1999 innihélt blöndu af öllum þeim hugmyndafræðistraumum sem höfðu einkennt fyrri námskrár; hún líktist eins konar bútasami. Skilaboð námskrárinnar mátti skilja svo að kennarar ættu að kenna samkvæmt hlutlægum og sundurgreindum þekkingarmarkmiðum, en vinna í anda hugsmíðhyggju (Allyson Macdonald, 2000). Eins og áður var bent á bættust nýjar tegundir við „plöntuflórana“, en erfitt reyndist að fjarlægja nokkuð af því sem fyrir var (Sbr. Stinner og Williams, 2003).

Hvað sem öðru leið þá virtist hin hlutlæga markmiðastýring fræðigreinanna ráða töluvert meiru. Í hverju námskrárhefti voru þrenns konar markmið, þ.e. *lokamarkmið* eftir tíu ára skyldunám, *áfangamarkmið* að loknum 4., 7. og 10. bekk og loks *þrepamarkmið* í tíu þrepum. Þar að auki fól námskráin í náttúruvísindum í sér tvenns konar sértæk markmið: Í fyrsta lagi *markmið og inntak af hverju hinna þriggja akademísku fræðasviða* sem hún byggði á, þ.e. eðlisvísindum og lífvísindum ásamt jarðvísindum sem bættust nú við sem nýr þáttur. Í öðru lagi var um að ræða *markmið um eðli og hlutverk vísinda annars vegar og vinnubrögð og færni hins vegar*.

Hin sundurgreindu þekkingar- og skilningsmarkmið fræðigreinanna, eðlisvísinda, efnavísinda, jarðvísinda, stjarnvísinda og lífvísinda vógu langmest (um 54% námskrártextans). Áherslan á hina akademísku þekkingu kom einnig skýrt fram í inngangskafila:

Traustur skilningur á eðli fræðasviðsins og hlutverki þess innan nútímasamfélags, þekking á helstu lögmálum og ríkjandi kenningum, svo og ákveðin færni í vinnulagi vísindanna, telst vera veigamikill þáttur í þroska og menntun barna og unglunga og snýst um leið um að viðhalda og efla forvitni og áhuga þeirra á umhverfi sínu og fyrirbærum náttúrunnar þannig að byggja megi á alla ævi.
(Menntamálaráðuneytið, 1999a, bls. 7).

Þannig er ljóst að mest áhersla var á fyrstu þrjá þættina í viðmiðum okkar (*Tafla 1*), þ.e. miðlun og tileinkun þekkingar, hugarferli og verkferli. Þó áttu hin viðmiðin sinn sess í námskránni. Áherslan á afstöðu nemenda til vísinda og hlutverks þeirra birtist víða, einnig á hnattrænt samhengi, t.d. í umfjöllun um sjálfbæra þróun:

... stuðla að því að nemandinn umgangist það [umhverfið] af ábyrgð og virðingu í anda sjálfbærrar þróunar. Litið er til þess að Íslendingar þurfa sem hluti af samfélagi þjóða að vera meðvitaðir um að mannlegar ákvarðanir og gjörðir hafa áhrif á sameign allra jarðarbúa.
(Menntamálaráðuneytið, 1999a, bls. 7).

Áhersla á eðli og sögu vísinda birtist í markmiðsköflum um hlutverk og eðli vísinda og skapandi hugsun, frumkvæði, sjálfstæð vinnubrögð og samvinna endurspegladist skýrt í markmiðaköflum um vinnubrögð og færni. Ekki er laust við að stundum hafi mátt skynja þversagnir þegar texti inngangskafila var borinn saman við markmiðskafila í fræðigrein-

unum. Í inngangskafli sagði t.d.: „Nemendur ættu að skynja nám í náttúrufræðum sem ferli og skapandi athöfn fremur en söfnun afmarkaðrar þekkingar og kunnáttu“ (bls. 11) á meðan markmiðslýsingar, sem fylgdu, endurspegluðu einmitt safn af afmarkaðri þekkingu og kunnáttu. Á hinn bóginn mátti með góðum vilja skilja námskrárhöfunda sem svo að þeir legðu áherslu á ferli og skapandi starf fyrst og fremst, enda væri það í höndum kennara að útfæra það í ljósi hinna fjölmörgu markmiða, sbr. tilvitnun um kennslu og starf hér á undan.

Greining hinnar viðamiklu námskrár 1999 leiddi í ljós að höfundar virðast hafa reynt að gera öllum helstu sjónarmiðum skils samanber viðmiðin átta sem þessi rannsókn byggðist á. Eins og kemur fram í *Töflum 2* og *3* er áherslum á miðlun þekkingar, hugarferli og verkferli þjónað jafnt eins og áherslum á viðhorf, siðferðileg atriði, eðli og sögu náttúruvísinda, skapandi hugmyndum, samvinnu og skilningi á samhengi. Samt komast höfundar þessarar rannsóknar að þeirri meginniðurstöðu að áhersla á þekkingarmiðlun hafi haft vinninginn fram yfir áherslu á sjálfstæði nemenda við uppbyggingu eigin þekkingar og skilnings.

Tafla 2 – Hvernig birtust áherslur á miðlun og tileinkun þekkingar og leikni í opinberum námskrám 1960 til 1999?					
Metið samkvæmt matskvarða frá 0 (ekkert vægi) upp í 5 (mikið vægi).					
		1960	1976	1989	1999
Miðlun og tileinkun þekkingar og leikni	<i>Bein miðlun og tileinkun þekkingar (declarative knowledge):</i> Heiti, hugtök, staðreyndir, lögmál, kenningar, reglur, flokkun, samhengi kerfa	5	5	1–2	4–5
	<i>Hugarferli (mental procedures, procedural knowledge):</i> Útskýri ferli (hvernig eitthvað virkar), t.d. rafrásir, ljóstillífur eða myndun jarðlaga	1	3–4	3–4	4–5
	<i>Verkferli, leikni og færni (psychomotor procedures):</i> Vald á búnaði o.fl., skipuleggi/framkvæmi verkleg ferli, t.d. tengingu rafrásar, að útbúa og leggja skordýragildru athuganir með mælitækjum	1	4–5	3	4–5

Tafla 3 – Hvernig birtust áherslur á þekkingarsmíði og það að nemendur væru virkir við leit að merkingu og skilningi á því sem þeir fengust við?					
Metið samkvæmt matskvarða frá 0 (ekkert vægi) upp í 5 (mikið vægi).					
		1960	1976	1989	1999
Þekkingarsmíði grundvölluð á hughyggju og afstæðishyggju. Nemendur eru virkir við leit að þekkingu og merkingu.	<i>Viðhorf, mat, siðferðileg atriði (Attitudes, values)</i>	2	0	4	3
	<i>Eðli og saga vísinda, afstæði þekkingar</i>	0	0	1	4–5
	<i>Skapandi hugmyndir – frumkvæði hugmyndaflug, áræðni og sjálfstraust</i>	0	1	3	4
	<i>Samvinna - félagsleg þekkingarsköpun,</i>	1	4–5	4	4
	<i>Samhengi (Context), persónulegt, samfélagslegt og hnattrænt</i>	2	0	4–5	4

Samantekt og umræða

Þegar opinberar námskrár eru skoðaðar í ljósi náttúruvísindalegrar þekkingar, eins og hér hefur verið gert, kemur glögg í ljós að höfundar textanna hafa jafnan þurft að glíma við tvö álitamál. Í fyrsta lagi að hvaða marki skyldi sinna beinni miðlun þess þekkingararfs af sviði vísinda sem þegar er til staðar og fer sífellt vaxandi. Í öðru lagi að hvaða marki skal taka tillit til þess sjónarmiðs að nemendur þurfi svigrúm til smíði eigin þekkingar og skilnings á veröldinni, hvort sem er einstaklingslega eða í félagi við aðra. Settar hafa verið fram rannsóknaniðurstöður og kenningar sem hafa stutt styrkleika og veikleika beggja sjónarmiðanna (Ekstig, 2000), en þó með mjög ólíkum rökum. Þótt sannfærandi rök hafi til dæmis víða verið færð fyrir hugsmíðihyggu (Noddings, 1995), þá hafa margir sýnt fram á vandann sem henni fylgir við framkvæmd náttúruvísindanáms á vettvangi skólastarfs, m.a. vegna stöðugleika (óhagganleika) hefðbundins skipulags skóla og afstöðu stjórnenda og kennara (Matthews, 1994). Hin hefðbundna mynd af náttúrufræði sem bóknámsgrein fellur betur að stundatöflum, vinnuskipulagi kennara og bekkjastarfi innan veggja skólans, heldur en sú sýn að stunda náttúruvísindanám jafnt utan veggja skólans sem innan og oft í samhengi sem fellur illa að heildarskipulagi hans með tilliti til tíma og rúms. Jafnframt hefur verið bent á að nemendur þurfi á tileinkun ákveðinnar grundvallarþekkingar að halda í náttúruvísindum til að geta nýtt sér námsskipulag sem byggist á hugsmíðahyggu (Matthews, 1994; Solomon, 1994; Osborne 1996). Um þetta hefur þó ekki verið samkomulag meðal rannsækenda og annarra sérfræðinga í menntavísindum.

Vegna togstreitu þessara ólíku sjónarmiða hefur námskrárþróun hérlendis síðustu áratugi 20. aldar einkennst af eins konar átökum milli ólíkra hugmynda um skólastarf. Sýn manna á vinnubrögð og færni var til dæmis með öðrum hætti í námskránni 1976 en í námskránum sem á eftir komu. Í síðarnefndu námskránum var meiri áhersla lögð á samhengi sem nemendur þekktu og fyrirframákveðin stýring á námsferlum (e. *mental and psychomotor procedures*) hefur verið veikari í seinni tíma námskrám, sér í lagi námskránni 1989, sem helgaðist meðal annars af því að þar var meiri áhersla á að nemendur leituðu lausna eftir eigin leiðum og sæktu sér þekkingu og skilning „torfæra leið beint í uppsprettuna með at-hugunum og tilraunum en að tileinka sér eingöngu það sem aðrir hafa aflað og skráð í bækur“ (Menntamálaráðuneytið, 1989, bls. 107). Ef horft er á viðmið um hugarferli (e. *mental procedures*) og verkferli (*psychomotor procedures*) má ætla að námsefni, námsgögn og viðtekin vinnubrögð geti ráðið meiru um hvernig til tekst og hvers eðlis námið er, þ.e. kennsluhættir í skólum. Hins vegar má draga þá ályktun að allar námskrárnar hafi gert ráð fyrir slíkum vinnubrögðum, en í mismiklum mæli og með ólíkum hætti. Ferlipættirnir, þ.e. hugarferli og verkferli, fengu þó minnst vægi í námskránni 1960.

Eins og við mátti búast fóru áherslur á viðmið, er tengdust þekkingarsmíði nemenda vaxandi eftir því sem nær dró nútímanum, einkum áherslan á viðhorf, mat, skapandi starf, frumkvæði og samvinnu. Umfjöllun um eðli og sögu vísinda sést svo til eingöngu í námskránni frá 1999, og áhersla á samhengi er einkum áberandi í námskránum frá 1989 og 1999. Hafa ber í huga að aldamótanámskráin 1999 var í gildi fram á síðastliðið ár, 2010.

Mynstrið í *Töflum 2* og *3* gefur tilefni til að ætla að námskrárþróun hérlendis í náttúruvísindum beri svipuð einkenni og sú sem Stinner og Williams lýstu (2003), þ.e. að sífellt bætist nýjar hugmyndir og atriði við, en fátt fari út. Eftir því sem nær dragi nútímanum megi því búast við að náttúruvísindanámskráin taki á sig eins konar *bútasaumsmynd*, sé tekið þversnið af henni á ákveðnum tíma og hún skoðuð í heild sinni, þ.e. hin opinbera, skrifaða námskrá (e. *intended*) og virka námskráin (e. *implemented*) eins og hún er framkvæmd á vettvangi. Haldi þessi þróun áfram hlýtur vandi þeirra því að fara vaxandi sem starfa á vettvangi og þurfa að fylgja ákvæðum hennar.

Loks má geta þess að almennur hluti nýrrar aðalnámskrár (Mennta- og menningarmálaráðuneytið, 2011) hefur þegar tekið gildi, en greinanámskrár eru væntanlegar árið 2012. Af innihaldi almenna hlutans í hinni nýju námskrá má glöggst ráða að töluverðar áherslubreytingar virðast vera í aðsigi hvað varðar þau átta viðmið sem hér var stuðst við. Hin nýja stefna ber þess merki að lögð verði meiri áhersla á alhliða þroska vitsmuna, siðgæðis, tilfinninga og fagurskyns en áður; enn fremur líkams- og hreyfiþroska. Höfundum þessarar greinar telja það fremur óljóst hver þáttur náttúrvísinda, sem námssviðs eða námsgreinar, verður í hinni nýju námskrá 2011–2012. Í kafla um grunnþætti er svolítið fjallað um náttúru, sér í lagi þar sem greint er frá grunnþættinum *sjálfbærni* og í viðmiðunarstundaskrá er minnst á *náttúrugreinar* sem muni hljóta rúm 8% vikulegs kennslutíma (Mennta- og menningarmálaráðuneytið, 2011, bls. 37). Á sama stað eru hinar svonefndu *náttúrugreinar* skilgreindar sem *náttúrufræði*, *eðlisvísindi*, *efnafræði*, *jarðvísindi*, *lífvísindi* og *umhverfismennt*, sem væntanlega mun gera áður nefnda „plöntuflóru“ náttúruvísinda margbreytilegri og undarlegri en nokkru sinni fyrr. Ef tekið er mið af námskrársögunni, sem hefur verið rakin í þessari grein, hafa menn til dæmis ekki áður tilgreint náttúrufræði sem sérstakt námssvið aðskilið frá eðlisvísindum og lífvísindum. Að öðru leyti kemur ekkert fram um væntanlegar áherslur á miðlun sístækkandi arfs þekkingar af sviði náttúruvísinda. Við lestur almenna hlutans 2011 vakna þó væntingar um að áherslan á sjálfstæða þekkingarsmiði muni aukast, en þekkingarmiðlun fari hugsanlega þverrandi og einnig áherslur á hugarferli og verkferli í líkingu við þær sem finna mátti í námskránni 1976. Af þeim sökum má hafa í huga þá grundvallarreglu, sem nefnd var hér fyrir framan um textagreiningu, þ.e. að hafa þurfi í huga allar mögulegar útgáfur af umfjöllunarefninu og hafa í heiðri hina þekkingarfræðilegu fjölhyggju (e. *epistemological pluralism*) sem Strike nefndi svo (2006). Höfundar námskrár á hverjum tíma fylgja væntanlega því félagslega og pólitíska samhengi og aðstæðum sem þeir þekkja best, aðhyllast og kjósa að halda í heiðri. Hugsanlega ákveða þeir að fjalla ekki um hugmyndir og áherslur sem kunna að hafa þótt mikilvægar áður eða gætu þótt mikilvægar í framtíðinni.

Heimildir

AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

Allyson Macdonald. (2000). Stefnur og straumar í náttúrufræðimenntun. Áhrif þeirra á námskrá og kennslu. *Uppeldi og menntun. Tímarit Kennaraháskóla Íslands*, 9(1), 57–76.

Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Ball, S. J. (2007). *Education Plc: Understanding private sector participation in public sector education*. New York: Routledge.

Black, P. J., og Atkin, J. M. (1996). *Changing the subject: Innovations in science, mathematics and technology education*. London: Routledge.

Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1. Cognitive domain*. New York: McKay.

Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Campbell, B. (1998). Realism versus constructivism: Which is a more appropriate theory for addressing the nature of science in science Education? *Electronic Journal of Science Education*, 3(1). Sótt í júní 2011 af <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7597/5364>

- Cremin, L. A. (1961). *The transformation of the school: Progressivism in American education 1876–1957*. New York: Vintage Books, Alfred A. Knopf.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education: Implications for practice*. New York: Teachers College Press.
- de Saussure, F. (1966). *Course in general linguistics*. (Wade Baskin þýddi úr frönsku). New York: McGraw-Hill. (Ritið kom fyrst út 1916).
- Dewey, J. (1966). *Democracy and Education*. New York: The Free Press. (Upphaflega kom ritið út 1916).
- Duschl, R. (2000). Making the nature of science explicit. Í R. Millar, J. Leach og J. Osborne (ritstjórar), *Improving science education: The contribution of research* (bls. 187–206). Buckingham og Philadelphia: Open University Press.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32, 268–291.
- Dysthe, O. (1995). *Det flerstemmiga klassrummet*. Lundur: Studentlitteratur.
- Ekstig, B. (2000). Didaktik och naturvetenskap. Í C. A. Säfström og O. Svden (ritstjórar), *Didaktik – perspektiv och problem* (bls.144–157). Lundur: Studentlitteratur.
- Enger, S. K. og Yager, R. E. (2001). *Assessing student understanding in science*. Thousand Oaks: Corwin.
- Fensham, P. J. (1988). *Development and dilemmas in science education*. London: Falmer Press.
- Fensham, P. J. (2000). Providing suitable content in the 'science for all' curriculum. Í R. Millar, J. Leach og J. Osborne (ritstjórar), *Improving science education: The contribution of research* (bls. 147–166). Buckingham og Philadelphia: Open University Press.
- Gill, R. (2000). Discourse analysis. Í M. W. Bauer og G. Gaskell (ritstjórar), *Qualitative researching with text, image and sound* (bls. 172–190). London: Sage Publications.
- Gillard, D. (2011). *The Plowden report 1967*. Sótt í júlí 2011 af <http://www.educationengland.org.uk/documents/plowden/>
- Goodson, I. (2010). Curriculum reform and curriculum theory: A case of historical amnesia. Í J. Arthur og I. Davies (ritstjórar), *The Routledge education studies reader* (bls. 192–201). London: Routledge.
- Gunnar E. Finnbogason. (1995). *Från utbildningsplanering till kursplaner: Den isländska grundskolereformen 1974*. Doktorsritgerð: Acta Universitatis Uppsöllum.
- Gustavsson, B. (2001). *Kunskapsfilosofi. Tre kunskapsformer i historiskt belysning*. Stokk-hólmur: Walhström & Widstrand.
- Helgi Elíasson. (1944). *Lög og reglur um skóla- og menningarmál á Íslandi*. Reykjavík: Fræðslumálastjórnin og Ríkisprentsmiðjan Gutenberg.
- Ingólfur Á. Jóhannesson. (1991). *The formation of educational reform as a social field in Iceland and the social strategies of educationists, 1966–1991*. Doktorsritgerð. University of Wisconsin, Madison.

- Kirkpatrick, L. D. og Wheeler, G. F. (1995). *Physics. A World View*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Kristín Indriðadóttir. (2004). „Ópreyting að halda fundi og hitta folk.“ Andri Ísaksson fyrrverandi deildarstjóri skólarannsóknadeildar menntamálaráðuneytisins. Í Bökur Hansen, Jóhanna Einarsdóttir, Ólafur H. Jóhannesson (ritstjórar), *Brautryðjendur í uppeldis- og menntamálum* (bls. 13–34). Reykjavík: Rannsóknarstofnun Kennaraháskóla Íslands.
- Kristján Rúnar Kristjánsson. (2000). Hvað eru kvarkar? *Vísindavefurinn*. Sótt 27. ágúst 2011 af <http://visindavefur.is/?id=541>
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolution* (2. útgáfa). Chicago: University of Chicago Press.
- Marzano, R. J. og Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Menntamálaráðuneytið. (1948). *Drög að námsskrám fyrir barnaskóla og gagnfræðaskóla*. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1960). *Námsskrá fyrir nemendur á fræðsluskyldualdri*. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1968). *Skýrsla nefndar um endurskoðun á sviði eðlis- og efnafræði*. Reykjavík: Menntamálaráðuneytið.
- Menntamálaráðuneytið. (1969). *Skýrsla nefndar um endurskoðun á sviði líffræði*. Reykjavík: Menntamálaráðuneytið.
- Menntamálaráðuneytið. (1976). *Aðalnámsskrá grunnskóla. Eðlis- og efnafræði*. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1989). *Aðalnámsskrá grunnskóla*. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1994). *Nefnd um mótun menntastefnu*. Skýrsla. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1999a). *Aðalnámsskrá grunnskóla. Náttúrufræði*. Reykjavík: Höfundur.
- Menntamálaráðuneytið. (1999b). *Aðalnámsskrá grunnskóla. Almennur hluti*. Reykjavík: Höfundur.
- Mennta- og menningarmálaráðuneytið. (2011). *Aðalnámsskrá grunnskóla. Almennur hluti*. Reykjavík: Höfundur.
- Myhre, R. (2001). *Stefnur og straumar í uppeldissögu* (Bjarni Bjarnason þýddi). Reykjavík: Rannsóknarstofnun Kennaraháskóla Íslands.
- Noddings, N. (1995). *Philosophy of Education*. Colorado: Westview Press.
- OECD (Organisation for economic co-operation and development). (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A Framework for PISA 2006*. París: Höfundur. Sótt 7. júní 2011 af <http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf>

- Osborne, J. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), 53–82.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. og Garcia, R. (1983). *Psychogénese et Histoire de Sciences*. París: Flammarion.
- Pritchard, A. og Woollard, J. (2010). *Psychology for the classroom: Constructivism and social learning*. London: Routledge.
- Rúnar Sigþórsson og Rósa Eggertsdóttir. (2008). Skólaþróun og skólamenning. Í Loftur Guttormsson (ritstjóri) *Alþýðufræðsla á Íslandi 1880–2007*, (2. bindi, bls. 294–311). Reykjavík: Háskólaútgáfan.
- Säljö, R. (1995). Begreppsbygging som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati*, 4, 5–22.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1–19.
- Stinner, A., og Williams, H. (2003). History and Philosophy of Science in the Science Curriculum. Í B. Fraser og K. G. Tobin (ritstjórar), *International Handbook of Science Education*, bls. 1027–1046. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Strike, K. S. (2006). Ethics and the ethics of educational research. Í J. L. Green, G. Camilli, P. B. Elmore (ritstjórar), *Handbook of complementary methods in education research* (bls. 57–74). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Taba, H. (1962). *Curriculum development: Theory and practice*. New York: Harcourt, Brace and World.
- Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press.
- von Glaserfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge and teaching. *Synthese*, 80, 121–140.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press. (Upprunalega kom ritið út 1934).
- Wolfgang Edelstein. (2008). *Skóli – nám – samfélag*. Reykjavík: Háskólaútgáfan.

