

# Kennsluleiðbeiningar

## CarbFix

Aukið magn koltvíoxíðs í andrúmsloftinu hefur leitt til aukinna gróðurhúsaáhrifa með tilheyrandi vanda, hækkunar á yfirborði sjávar og súrnunar úthafanna. Meðvitund fólks og ábyrgð á hlýnun jarðar vegna vandans hefur aukist. Ýmis úrræði koma til greina og víða er reynt að vinna að lausnum. Eitt af því sem gert hefur verið til að draga úr magni koltvíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ) í andrúmslofti er að fanga og binda það í bergi. Orkuveita Reykjavíkur hefur stjórnað slíkum tilraunum á Hengilssvæðinu við Hellisheiðarvirkjun og líkir eftir ferli sem verður til náttúrulegan hátt í umhverfinu. Þróuð hefur verið aðferð til að skilja koltvíoxíð frá öðrum gastegundum og dæla því með vatni niður í basaltbergið í nágrenni Hellisheiðarvirkjunar. Koltvíoxíðgasið blandast vatninu á 350 metra dýpi og það leysist upp, ekki ósvipað sóðavatni. Þetta eykur líkurnar á að koltvíoxíðið nái að bindast í formi karbónatsteinda eins og kalsíts, dólómíts og síderíts í berggrunninum í stað þess að losna úr læðingi. Vatnsblöndunin getur auk þess hraðað ferlinu sem verður einnig til á náttúrulegan hátt sjáanlegt í formi hvítra holufyllinga í gosbergi.

Notkun þessarar tækni gæti falið í sér langtímalausn á loftslagsvandannum þar sem ein mesta áskorun þessarar aldar felst í því að draga úr magni koltvíoxíðs í andrúmsloftinu. Með CarbFix verkefninu er Orkuveita Reykjavíkur að stemma stigu við auknu magni koltvíoxíðs sem kemur upp með jarðhitavökvanum og færi annars út í andrúmsloftið. Með því að binda koltvíoxíðið í bergi í grennd virkjunarinnar eykur Orkuveitan þar með grænt gildi framleiðsunnar.

Meginmarkmið CarbFix verkefnis Orkuveitunnar eru þrjú:

- Að auka skilning á því hvað verður um koltvísýring til lengri tíma litið sem dælt er niður í berggrunninn
- Að þróa tækni til að binda koltvísýring varanlega í jarðlögum.
- Að gefa út og miðla niðurstöðum rannsókna og tilrauna svo þær geti nýst sem víðast.

Samstarfsaðilar Orkuveitu Reykjavíkur við CarbFix verkefnið eru Háskóli Íslands, Earth Institute- Columbia háskólans í New York, í Kaupmannahafnarháskóli, CNSR The Centre National de la Recherche Scientifique (National Center for Scientific Research) í Frakklandi og AMPHOS 21 Consulting („Umhverfi og fræðsla“, á.á.)

## Kennslufræðileg nálgun

Námsefnið er ætlað 10-12 ára börnum og er stuðningsefni, aðallega í náttúruvísindum en með tengsl við önnur svið líkt og ný aðalnámskrá býður upp á.

Tilgangur kennslunnar er að fá nemendur til að velta fyrir sér umhverfismálum, orsökum og afleiðingum umhverfisvanda og leita leiða til úrbóta.

Aðalnámskrá grunnskóla mótast af lögum sem marka menntastefnu landsins. Hún er ætluð öllum þeim sem starfa í skólakerfinu og veitir upplýsingar um leiðir að námi og kennslu. Því var ný aðalnámskrá höfð að leiðarljósi við gerð námsefnis.

Menntastefnan sem birtist í námskránni er byggð á sex grunnþáttum menntunar sem fléttast eiga inn í alla kennslu og nám. Þessir þættir eru: jafnrétti, heilbrigði og velferð, læsi, sköpun, lýðræði og sjálfbærni. Alla þessa þætti þarf að hafa í huga við þróun Carb-fix verkefnisins. „Menntun til sjálfbærni“ er m.a. ætlað að gera nemendur í stakk búna til að takast á við viðfangsefni er varða umhverfi, efnahag og samfélag. Ennfremur að nemandi þekki tiltekið vandamál, viti hvernig það er til komið og hafi hugmynd um hvernig hægt er að leysa það. CarbFix verkefnið er einmitt ein lausn á loftslagsvandanum og í námi og kennslu sem varðar verkefnið er lögð áhersla á að kynna vandann, hvernig hann varð til og leiðir til lausna.

„Umhverfi og þar með náttúran umlykja allt mannlegt samfélag. Sjálfbær þróun getur ekki átt sér stað nema innan þeirra takmarka sem vistkerfi jarðar setja okkur. Því er skilningur á þeim takmörkum, ásamt ferlum, lögmálum og hringrásum í náttúrunni, mikilvægur grundvöllur þess að okkur takist að vinna eftir hugmyndafræði sjálfbærrar þróunar. ... Umhverfisvernd, loftslagsbreytingar og lífsbreytileiki eru dæmi um úrlausnarefni“ (Mennta- og menningarmálaráðuneytið, 2011, bls, 18).

Við gerð námsefnis var haft í huga fyrri þekkingu nemenda. Í flestum íslenskum skólum hefur verið stuðst við bókaflokkinn *Auðvitað* í náttúrufræðikennslu. Á þessu ári (2013) gefur Námsgagnastofnun út nýjar Auðvitað bækur með undirheitin *Á ferð og flugi*, *Heimilið* og *Jörð í alheimi* og er sú síðastnefnda með áherslu á jarðfræði. Í henni eru umfjöllunarefnin m.a. „sólkerfið, jörðin og saga hennar, myndun Íslands, landmótun, hafið, veður og loftslag“. Með góðfúslegu leyfi höfundar höfum við getað útbúið CarbFix námsefnið með *Auðvitað* námsefnið til hliðsjónar.

Kaflinn um náttúrugreinar í grunnskóla skilgreina náttúrugreinar m.a. sem yfirheiti náttúrufræði, eðlis- og efna, líf- og jarðvísinda og umhverfismenntar og segir námið eiga að flétta saman efnisþætti náttúrugreina og viðmið sem varða eflingu ábyrgðar á umhverfinu, nýsköpun og getu til aðgerða svo fátt eitt sé nefnt. Náttúrugreinarnar eiga að taka mið af fyrrgreindum grunnþáttum aðalnámskrár læsi, lýðræði, jafnrétti, sjálfbærni, sköpun og heilbrigði.

Samkvæmt hæfniviðmiðum úr sömu námskrá á nemandi í lok 4. bekkjar geti gert grein fyrir tengingu manns og náttúru og hvernig lífsafkoma byggist á því samspili, skýrt frá helstu orkugjöfum landsins og „skoðað og skráð dæmi um áhrif af gjörðum mannsins á náttúru og manngert umhverfi í heimabyggð“ (2013, bls. 172). CarbFix námsefnið uppfyllir öll þessi skilyrði og fellur vel að hæfniviðmiðunum.

Fimm hæfniviðmið eiga að skiptast í eftirfarandi viðfangsefni: „að búa á jörðinni, lífsskilyrði manna, náttúra Íslands, heilbrigði umhverfisins og samspil vísinda, tækni og þróunar í samfélaginu “ (Mennta- og menningarmálaráðuneytið, 2013, bls. 169).

Geta til aðgerða er eitt af fimm hæfniviðmiðum um verklag náttúrugreina í aðalnámskrá menntamálaráðuneytisins (sjá töflu 1).

**Tafla 1 - Hæfniviðmið um verklag – Geta til aðgerða**  
(Mennta- og menningarmálaráðuneytið, 2013, bls. 169)

Við lok 4. bekkjar getur nemandi:	Við lok 7. bekkjar getur nemandi:	Við lok 10. bekkjar getur nemandi:
<input type="checkbox"/> útskýrt hvernig tækni hefur áhrif á lífsgæði íbúa og umhverfi þeirra,	<input type="checkbox"/> greint og sagt frá hvernig tækninotkun og sjálfvirkni getur aukið eða dregið úr lífsgæðum íbúa og umhverfi þeirra,	<input type="checkbox"/> greint hvernig þættir eins og tæknistig, þekking, kostnaður og grunnkerfi samfélagsins hafa áhrif á hvaða lausn viðfangsefna er valin hverju sinni,
<input type="checkbox"/> tekið frumkvæði við öflun upplýsinga til að skoða tiltekið málefni frá ýmsum sjónarhornum,	<input type="checkbox"/> greint þarfir fólks í nánasta umhverfi sínu og tjáð hugmyndir sínar um lausnir,	<input type="checkbox"/> greint stöðu mála í eigin umhverfi og aðdraganda þess, í framhaldi skipulagt þátttöku í aðgerðum sem fela í sér úrbætur
<input type="checkbox"/> sýnt virkni og látið sig varða nánasta umhverfi og lífsskilyrði lífvera í því,	<input type="checkbox"/> rætt mikilvægi samvinnu í samstilltum aðgerðum sem varða eigið umhverfi,	<input type="checkbox"/> tekið þátt í og útskýrt reynslu sína og niðurstöðu af þátttöku í aðgerðum sem varða náttúru og samfélag,
<input type="checkbox"/> greint á milli ólíkra sjónarmiða sem varða málefni daglegs lífs.	<input type="checkbox"/> tekið afstöðu til málefna sem varða heimabyggð með því að vega og meta ólíka kosti.	<input type="checkbox"/> tekið rökstudda afstöðu til málefna og komið með tillögur um hvernig megji bregðast við breytingum en um leið tekið mið af því að í framtíðinni er margs óvísst og flókið.

Það er með góðu móti hægt að tengja þessi hæfniviðmið við CarbFix enda snýst verkefnið um að bæta lífsskilyrði fólks og heilbrigði umhverfisins með aðstoð tækninnar. Að sjálfsögðu spilar náttúra Íslands veigamikið hlutverk innan CarbFix þar sem verkefnið er unnið á Íslandi. Hér eru kjöraðstæður fyrir kolefnisbindingu enda nóg af basalti, vatni og aðgengi að gufu Hellisheiðarvirkjunar.

## Lýsing og leiðbeiningar

Námsefni sem er að finna á CarbFix vefsíðunni inniheldur upplýsingar í ýmsu formi sem ætlað er að fræða nemendur um umhverfisvandann og CarbFix verkefnið.

Opnunarsíðan hefur tvo valmöguleika um tungumál, íslensku og ensku.

Sjá má tvo meginflipa á síðunni, auk flipans *kennslugögn*, annars vegar *Kolefnishringrásin* og hins vegar *CarbFix leiðin*. Ef fyrri flipinn er valinn birtast persónurnar Kolla og Hringur og sýna okkur myndband er útskýrir hvað kolefni er og hvers vegna það getur orðið til ama. Í kjölfarið er smellt á pílu í hægra horni skjámyndar. Þá kemur upp nemendaverkefni sem gefur átta möguleika til aðgerða sem hjálpa jörðinni okkar. Hægt er sleppa myndbandinu með því smella beint á píluna. Á síðunni er hægt að velja viðfangsefni með því að smella á mynd. Þá birtist texti með upplýsingum um tiltekna lausn. Allajafna inniheldur textinn spurningar sem beint er að nemandanum og er ætlað að efla þátttöku hans og vekja til umhugsunar. Kennari getur nýtt sér þessi umfjöllunar efni sem grunn að viðameiri verkefnum, rannsóknarvinnu og hópastarfi. Heiti lausnanna og yfirheiti hvers flokks eru eftirfarandi: Endurnota og endurvinna, samgöngur, sparaðu rafmagn, deildu þekkingu þinni, endurnýtanleg orka, gróðursettu tré, fersk fæða og sparaðu vatn.

Umhverfismál eru samofin þjóðfélaginu og lífsafkomu okkar allra. Því þarf að finna lausnir með breytingum á samfélagi, í gegnum einstaklinga. Markmið umhverfismenntunar ætti að vera að gefa nemendum færi á þátttöku í samfélagslegum breytingum, jafnt sem persónulegri ákvarðanatöku. Með því að vinna eftir *getu til aðgerða* ávinna nemendur sér hugrekki og skuldbinda sig til að taka þátt í félagslegum úrræðum út frá eigin áhuga, löngun og sannfæringu. Þeir læra að verða virkir. Þegar *geta til aðgerða* er höfð að leiðarljósi í kennslu og námi verður að leggja áherslu á merkinguna sem falin er í heiti þess. Hún krefst *aðgerða* í átt að raunverulegri úrlausn eða breyttum aðstæðum. Hafa má í huga að skyld orð yfir getu eru t.a.m. bolmagn, kraftur, máttur, hæfni og möguleiki og endurspegla þau þann styrk sem felst í hugtakinu.

Tilvalið er fyrir kennara að skipta nemendum í hópa og deila umfjöllunarefnum á milli þeirra. Nemendur geta kafað ofan í kjölinn á hverju efni fyrir sig og kynnt fyrir samnemendum. Einnig væri skemmtilegt að vinna út frá þemum eða í tengslum við námsbækur svo sem *Auðvitað* bækurnar og senda nemendur til rannsóknarstarfa úti fyrir, í formi grenndarnáms eða útikennslu. Umræður í hóp eru af hinu góða og geta gefið nýja sýn, hugmyndir og lausnir á þessum málum.

Þegar verkefnavinnu er lokið má ýta á píluna í neðra horni skjásins. Hún leiðir mann aftur á upphafsíðu og þaðan má smella á næsta flípa sem nefnist *CarbFix leiðin*. Kolla og Hringur birtast aftur með töflu eða skjá á milli sín og áhorfendum er sýnt stutt myndband (1,2 mínútur) sem lýsir tilgangi og hlutverki Hellsheiðarvirkjunar og lýsir í örstuttu máli ferli CarbFix. Hlutverk myndbandsins er að útskýra CarbFix ferlið fyrir nemendum, tengja daglegt líf sitt við starfsemi Orkuveitunnar og virkjunina og undirbúa þá fyrir næsta stig sem er tölvuleikur.

## Leikurinn:

Tölvuleikurinn sýnir CarbFix ferlið frá því að koltvíoxíð er aðskilið öðrum gastegundum sem finnast í útblæstri Hellsheiðarvirkjunar og dælt niður í basaltið þar sem það verður að holufyllingum. Þrepin eru þrjú.

Hið **fyrsta** er gasskiljustöðin en þar fanga nemendur koltvíoxíð og færa í aðskilinn gám með því að smella og draga á hverja sameind fyrir sig.

Næst er komið að pípulögninni til að koma koltvíoxíðinu að niðurdælingarstöðinni. Nemendur fá takmarkaðan tíma til að ljúka pípulögninni og þegar því er lokið má sameina koltvíoxíðgasið og vatni til að búa til kolsýru.

Í þriðja þrepi stýrir nemandi kolsýrunni í gegnum basaltlandið sem étur upp jónir sem umbreyta henni í steindir. Í lokin fær nemandi að sjá ljósmyndir af steindum og þeim fjölda sem hann náði að mynda. Stigagjöfin tengist þar með fræðslu og er tenging við raunheiminn.

**Aðalpersónur** leiksins eru þau Kolla og Hringur. Þau gætu verið systkini þó það komi hvergi fram en Hringur er yngri en Kolla og er eðli málsins samkvæmt forvitnari og spurulli aðilinn. Nöfnin koma frá orðinu *kolefnishringrás* og útlit þeirra ber keim af búnaðinum sem þarf að klæðast þegar Hellsheiðarvirkjun er heimsótt.

Aðrir karakterar eru gastegundirnar sem koma við sögu í leiknum og í útskýringarmyndböndum. Útlit þeirra er byggt á líkönum af sameindum sem oftast er stuðst við í kennslustofunni. Við fórum þó aðeins aðra leið til að ná fram útliti kolsýrunnar. Hún verður til með samruna koltvíoxíðs og vatns og varð því að hafa útlitseinkenni beggja. Vatnssameindin varð því blá en ekki rauð og hún gerð dropalaga. Sú tilvísun ætti að vera auðskiljanlegri börnunum en rauður hringur og gefur meiri tækifæri við að útfæra útlit kolsýrunnar.

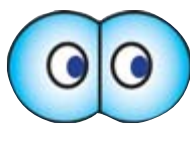
## Hér má sjá myndir af karakterum:



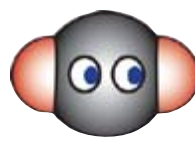
Kolefni - C



Brennisteins-  
vetni  
- H<sub>2</sub>S



Vetni - H<sub>2</sub>



Koltvíoxíð -  
CO<sub>2</sub>



Vatn - H<sub>2</sub>O



Kolsýra -  
H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

## Steindir:

Tegundir steindanna sem myndast í CarbFix ferlinu byggist á þeim jónum sem kolsýran leysir úr basaltinu. Ekki er hægt að segja fyrir með vissu hver útkoman verður en samkvæmt líkönum og útreikningum gætu fjórar tegundir steinda orðið til: Kalsít verður til þegar kolsýran blandast kalsíum, magnesít (úr magnesíum), síterít (úr járni) og dólómít (úr kalsíum og magnesíum).

Í leiknum höfum við myndir af þremur þessara steinda en þar sem magnesít er óalgengt sem holufylling og ekki fannst íslenskt sýni var ákveðið að halda sig við þær þrjár tegundir sem finnast í náttúru Íslands.

## Hæfniviðmið og skilningur:

Ef farið er yfir allt efni vefsíðunnar, bæði myndböndin, nemendaverkefni og tölvuleikinn ættu nemendur í lokin að:

- ☐ geta skilið og rætt CarbFix ferlið og tilgang þess
- ☐ geta skilið og útskýrt hvað kolefni er og hvar þar fyrirfinnst
- ☐ geta tjáð sig um ástæður og afleiðingar loftslagsvandans
- ☐ geta fundið úrlausnir á fyrrnefndum vanda.

Ath! Þegar talað er um að framleiða orku þá er átt við þá framleiðslu sem fer í gegnum virkjanir og orkuver, í formi rafmagns, heita vatnsins o.fl. Uppruni orkunnar getur verið ólíkur en útkoman sú sama - nýtanleg orka fyrir neytendur. Við erum því ekki að útskýra orku út frá eðlisfræðilegum hugtökum.