

# Coda Terminal

Umhverfismatskýrsla  
2024







## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

### SKJALALYKILL

100832-UHM-001-V01

### SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01/220

### VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Heiða Aðalsteinsdóttir

### VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Ragnhildur Gunnarsdóttir

### LYKILORÐ

Carbfix, Coda Terminal, CO<sub>2</sub>, niðurdæling, Straumsvík, umhverfismatsskýrsla, umhverfismat.

### STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlustrar
- Lokið

### DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

### TITILL SKÝRSLU

Coda Terminal – Umhverfismatsskýrsla

### VERKHEITI

MÁU – Coda Terminal

### VERKKAUPI

Carbfix hf.

### HÖFUNDAR

Halla Kristjánsdóttir  
Anna Rut Arnardóttir  
Tryggvi Þór Logason

### ÚTDRÁTTUR

Coda Terminal hf. áformar uppbyggingu móttöku og- geymslustöðvar fyrir koldíoxíð (CO<sub>2</sub>), Coda Terminal, í Straumsvík. Framkvæmdin felst í niðurdælingu og varanlegri bindingu CO<sub>2</sub> í bergi. Fullbyggð mun Coda Terminal dæla niður allt að þremur milljónum tonna af CO<sub>2</sub> árlega.

Samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021 er framkvæmdin háð mati á umhverfisáhrifum.

Umhverfismatsskýrsla er nú kynnt almenningi, hagsmunaaðilum og lögbundnum umsagnaraðilum um sex vikna skeið. Á þessu tímabili er umhverfismatið opið öllum til umsagnar og á sama tíma mun Skipulagsstofnun leita umsagna lögbodinna umsagnaraðila. Skriflegar umsagnir skulu sendar í gegnum Skipulagsgáttina (<http://skipulagsgatt.is>), með tölvupósti á netfangið [skipulag@skipulag.is](mailto:skipulag@skipulag.is) eða með bréfpósti til Skipulagsstofnunar, Borgartúni 7b, 105 Reykjavík.

Í skýrslunni er lagt mat á áhrif framkvæmdarinnar á eftirfarandi umhverfisþætti: Loftslag, geymslugeyminn, grunnvatn, jarðmyndanir, vistgerðir, verndarsvæði og náttúruminjar, jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar, heilbrigði og öryggi, loftgæði, landslag og ásýnd, menningarminjar, og efnahag og ferðaþjónusta.

## ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Halla Kristjánsdóttir Anna Rut Arnardóttir Tryggvi Þór Logason	19.02.24	Aron Óttarsson Hallgrímur Már Hallgrímsson Brynjólfur Smáráson Ragnhildur Gunnarsdóttir Heiða Aðalsteinsdóttir Sandra Ósk Snæbjörnsdóttir Gunnlaug Helga Ásgeirsdóttir Bergur Sigfússon Ólafur Elínarson Sveinn Óli Pálmarsson Eric M. Myer	11.03.24	Ragnhildur Gunnarsdóttir	18.04.24



## HUGTAKALISTI

Áhrifasvæði	Það svæði þar sem búist er við að framkvæmdin hafi áhrif
Blandlag	Skil af ísöltu vatni milli ferskvatnslinsu og jarðsjós í grunnvatni.
Flutningskerfi koldíoxíðs	Lagnir og mannvirki þeim tengd til flutnings á koldíoxíði til geymslusvæðis.
Framkvæmdaraðili	Aðili, sem hyggst hefja framkvæmd, sem lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana ná til.
Framkvæmdasvæði	Svæðið sem framkvæmdin tekur til.
Föngun koldíoxíðs	Ferli þar sem koldíoxíð er fjarlæggt úr gasstraumi þar sem það er til staðar, annað hvort úr útblæstri eða úr andrúmslofti, til nýtingar, geymslu eða förgunar.
Geymsla koldíoxíðs	Ferli þar sem koldíoxíð er varanlega bundið í jarðlögum og getur ekki lekið aftur út í andrúmsloftið. Dæmi um þetta er geymsla á koldíoxíði í setdældum og geymsla á koldíoxíð með steinrenningu í basalti, líkt og Carbfix aðferðin byggir á.
Geymslugeymir	Jarðlög neðanjarðar þar sem geymsla koldíoxíðs á sér stað auk alls sem getur haft áhrif á öryggi og áreiðanleika niðurdælingar á svæðinu.
Geymslusvæði	Svæði sem afmarkast á yfirborði af geymslugeymi auk tilheyrandi búnaðar fyrir niðurdælingu og geymslu koldíoxíðs, hvort sem hann er ofan jarðar eða neðan jarðar.
Glatvarmi	Varmaorka sem myndast við ýmsa framleiðsluferla og hverfur ónýtt til umhverfisins.
Grunnvatn	Vatn sem fyllir sprungur og holrými í berggrunni.
Hárpípubinding	Annað stig bindingar koldíoxíðs þegar því er dælt í setlög. Við niðurdælingu á koldíoxíð í óþétt og porótt setlög soga hárpípukraftar vatn inn í hluta holrýmanna með tímanum og einangrar koldíoxíð og eykur þannig öryggi bindingarinnar enn frekar.
Hentug jarðlög til niðurdælingar	Jarðlög sem hafa eiginleika sem stuðla að öruggri og áreiðanlegri geymslu eða steinrenningu koldíoxíðs neðanjarðar.
Ísalt vatn	Vatn með meiri seltu en fersk vatn en minni seltu en saltvatn, þ.e.a.s. seltu milli 0,5% - 30%.
Jarðsjór	Grunnvatn sem hefur seltu yfir 30% vegna sjávaráhrifa.
Leysnibinding	Leysnibinding á sér stað við eða fyrir niðurdælingu með Carbfix aðferðinni og er því fyrsta stig bindingar þegar þeirri aðferð er beitt, en þriðja stig bindingar á koldíoxíði þegar því er dælt í setlög og það leysist í vatni í geymslugeyminum. Þegar leysnibinding verður er koldíoxíð bundið í einum fasa og því enginn uppdrifskraftur sem drífur það til yfirborðs. Öryggi bindingarinnar eykst þannig enn frekar.
Matsáætlun	Áætlun framkvæmdaraðila um hvaða þætti framkvæmdar og umhverfis leggja skuli áherslu á í umhverfismatskýrslu og um kynningu og samráð.
Mótvægisáðgerðir	Áðgerðir til að koma í veg fyrir, draga úr eða bæta fyrir neikvæð umhverfisáhrif.
Niðurdæling	Dæling vökva og/eða koldíoxíðs djúpt í jarðlög um niðurdælingarholur.
Rekstrartímabil geymslusvæðis	Tíminn frá því að starfsleyfi er gefið út og niðurdæling koldíoxíðs hefst á geymslusvæðinu og þar til starfsemi lýkur.
Snefilefni	Efni í mjög lágum styrk.
Stefnuborun	Bortækni sem gerir mögulegt að bora holur í jarðlög með breytilegum halla.
Steindabinding	Leysing koldíoxíðs í vatni lækkar sýrustig þess og það fer því að leysa málma á borð við kalsíum, magnesíum og járn úr berginu sem það leikur um. Þessir málmar bindast koldíoxíði og mynda steindir og þannig steinrennur koldíoxíð. Þetta er öruggasta geymsluform koldíoxíðs, enda steindir stöðugar í berggrunninum í milljónir ára. Steindabinding er annað stig bindingar þegar Carbfix aðferðinni er beitt, og fjórða stig bindingar við niðurdælingu á koldíoxíði til geymslu í setdældum.
Steinrenning	Náttúrulegt ferli þar sem koldíoxíð gengur í efnasambönd við málma sem leysast úr berggrunninum og mynda steindir. Þannig steinrennur koldíoxíð og steindabindingu, sem er öruggasta geymsluform koldíoxíðs, er náð.
Stemmingsbinding	Fyrsta stig bindingar á koldíoxíði þegar því er dælt í setlög þar sem þétt jarðlag (þakberg) kemur í veg fyrir að hreint koldíoxíð, sem er eðlisléttara en umhverfið, rísi upp úr setlagi til yfirborðs.

---

Umhverfismatsskýrsla	Lokaskýrsla framkvæmdaraðila um mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar framkvæmdar og starfsemi sem henni fylgir, ásamt tillögum um mótvægisáðgerðir eftir því sem við á. Framkvæmdaraðili ber ábyrgð á gerð umhverfismatsskýrslu.
Yfirkritískur fasi	Ástand efnis þar sem hátt hitastig og hár þrýstingur valda því að ekki er hægt að greina á milli vökva- og gasfasa þess.

---



## Coda Terminal, móttöku- og geymslustöð koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>)



Coda Terminal hf. áformar uppbyggingu móttöku og- geymslustöðvar fyrir koldíoxíð (CO<sub>2</sub>), Coda Terminal, í Straumsvík. Framkvæmdin felst í niðurdælingu og varanlegri bindingu CO<sub>2</sub> í bergi. Samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021 er framkvæmdin háð mati á umhverfisáhrifum.

CO<sub>2</sub> sem fangað er í Evrópu verður flutt með tankskipum að Straumsvíkurhöfn. Þaðan fer það í geymslutanka á landfyllingu. Úr geymslutönkum verður CO<sub>2</sub> flutt um lagnir að borteigum á niðurdælingarsvæði Coda Terminal, sunnan við Reykjanesbraut. Borteigar verða alls 10 talsins og niðurdælingarholur allt að 8 talsins á hverjum borteig. Uppleystu CO<sub>2</sub> í vatni verður dælt niður í basaltberglög á allt að 1000 m dýpi. Þar gengur það í efnasamband við málna í berginu sem falla út sem steindir. Uppbygging framkvæmdarinnar mun fara fram í fjórum áföngum en fullbyggt mun Coda Terminal dæla niður allt að þremur milljónum tonna af CO<sub>2</sub> árlega.

Þeir umhverfisþættir sem metið er að verði fyrir talsverð neikvæðum áhrifum eru verndarsvæði og náttúruminjar. Mótvægisáðgerðir vegna verndarsvæða og náttúruminja felast einna helst í áframlaldandi rannsóknum á framkvæmdatíma Coda Terminal til að bæta og draga úr óvissu grunnvatnslíkans sem gerir framkvæmdaraðila kleift til að aðlaga starfseminna að niðurstöðum rannsókna og vöktun.

Það er niðurstaða Carbfix að heildaráhrif Coda Terminal séu ekki umtalsverð í skilningi laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.

### Umhverfisþættir sem metnir voru og niðurstöður matsins.

	Loftslag	Geymslugeymir	Grunnvatn	Jarðmyndanir	Vistgerðir	Verndarsvæði og náttúruminjar	Jarðskjálfta-virkni	Heilbrigði og öryggi	Loftegði	Landslag og ásjnd	Meningarmínjar	Efnahagur og ferðþjónusta
Veruleg jákvæð	X											
Talsverð jákvæð												X
Nokkuð jákvæð												
Óveruleg		X	X			X	X	X	X	X	X	
Nokkuð neikvæð				X	X							
Talsverð neikvæð						X						
Veruleg neikvæð												
Engin áhrif												
Óvissa			X			X						



## SAMANTEKT

### Um framkvæmdina

Carbfix hf. áformar uppbyggingu Coda Terminal, móttöku- og geymslustöð fyrir koldíoxíð (CO<sub>2</sub>) í Straumsvík. Fyrirhugað er að dæla niður allt að 3 milljón tonn af CO<sub>2</sub> árlega, en framkvæmdin verður byggð upp í fjórum áföngum og er áætlað að rekstur 1. áfanga hefjist árið 2027. Niðurdæling og geymsla Coda Terminal mun felast í svokallaðri steindabindingu, þar sem CO<sub>2</sub> sem leyst er í vatni er dælt niður á 800-1000 m dýpi þar sem það gengur í efnasamband við málma í berginu og fellur út sem karbónatsteindir. Nú þegar hefur Carbfix staðið fyrir umfangsmiklum rannsóknum á bergfræðilegum eiginleika geymslugeymisins á svæðinu, grunnvatni og vatnafari í Straumsvík. Innviðir sem byggja þarf upp fyrir starfsemina eru geymslutankar fyrir CO<sub>2</sub>, affermingarbúnaður og lykilbygging á hafnarsvæði, ásamt stjórnbyggingum og niðurdælingarholum á borteigum á niðurdælingarsvæði. Niðurdælingarholur verða allt að átta saman á borteig og varanlegt skýli yfir hverri borholu og niðurgrafnar lagnir munu flytja CO<sub>2</sub> frá höfninni að borteigum og þjónustuvegir lagðir að hverjum borteig.

Umhverfismatið tekur til umhverfisáhrifa frá því að tekið er við CO<sub>2</sub> frá skipum í Straumsvík, og þar til að það hefur steinrunnið neðanjarðar. Áhrif af föngun CO<sub>2</sub> og flutningi þess til Straumsvíkur er ekki hluti af þessu mati en fjallað er um þessa þætti sem tengdar framkvæmdir.

### Mat á umhverfisáhrifum

Samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlaða fellur framkvæmdin undir tölulíð 3.18, niðurdælingarsvæði fyrir koltvísýring (CO<sub>2</sub>) í jörðu, sem og tölulíð 10.19, vinnsla grunnvatns eða íveita vatns í grunnvatn með 300 L/s meðalrennsli eða meira á ári, í 1. viðauka laganna. Þess konar framkvæmdir eru í flokki A sem þýðir að þær eru ávallt háðar mati á umhverfisáhrifum.

Matið er unnið samkvæmt lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 111/2021 og reglugerð um mat á umhverfisáhrifum nr. 1381/2021.

### Helstu niðurstöður

Áhrif framkvæmdarinnar á umhverfisþáttinn loftslag eru metin jákvæð, en fyrir hver 1000 kg af CO<sub>2</sub> sem bundin eru í jörðu minnkar magn CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu um 946 kg. Áhrif á efnahag og ferðaþjónustu eru einnig metin jákvæð vegna þess að framkvæmdin kemur til með að auka verðmætasköpun og hafa jákvæð áhrif á ferðaþjónustu nærsamfélagsins og ímynd Íslands í alþjóðasamfélaginu.

Metið er svo að framkvæmdin komi til með að hafa óveruleg áhrif á eftirfarandi umhverfisþætti: Geymslugeymi, jarðskjálftavirkni, heilbrigði og öryggi, loftgæði, landslag og ásynd og menningarminjar. Frekari rannsóknir á geymslugeymi munu nýttast í að uppfæra líkön af svæðinu sem minnkar óvissu á niðurstöðum líkanreikninga. Með nákvæmri vöktunaráætlun verður einnig hægt að fylgjast með mögulegum breytingum í geymslugeymi og jarðskjálftavirkni, en geymslusvæðið verður byggt upp í skrefum sem gerir framkvæmdaraðila kleift að safna gögnum og uppfæra líkön og aðlaga fyrirkomulag niðurdælingar CO<sub>2</sub> ef þess þarf. Varnarveggur verður byggður umhverfis geymslutanka á hafnarbakka sem kemur í veg fyrir að CO<sub>2</sub> leiti í átt að landi og að byggingum ef til leka kemur, sem mótvægisáðgerð

vegna mögulegra áhrifa á heilbrigði og öryggi. Áhrif tengdra framkvæmda Coda Terminal, s.s. vegna sjóflutninga og uppbyggingar hafnarsvæðis í Straumsvík, gætu haft óveruleg áhrif á staðbundin loftgæði. Með landgræðslu, landmótun og góðum frágangi að framkvæmdum loknum verður hægt að milda áhrif á landslag og ásýnd. Ein fornleif gæti raskast vegna framkvæmdarinnar en óvissa ríkir um staðsetningu hennar en áður en framkvæmdir hefjast mun framkvæmdaraðili fá fornleifafræðing til þess að kortleggja hana.

Framkvæmdin kemur til með að hafa nokkuð neikvæð áhrif á jarðmyndanir og vistgerðir vegna rasks. Nútímahraun á niðurdælingarsvæðinu og birkikjarr býr yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013. Vandað verður til verka við frágang að framkvæmdum loknum og raski haldið í lágmarki. Áður en framkvæmdir hefjast mun framkvæmdaraðili fá líffræðing til þess að athuga hvort fágætar plöntutegundir gætu leynst á því svæði sem mun raskast.

Vegna vísbendinga um mögulegan niðurdrátt grunnvatnsborðs við tjarnir í Straumsvík sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt náttúruverndarlögum nr. 60/2013 eru áhrif á verndarsvæði og náttúruminjar metin talsverð neikvæð en einnig ríkir óvissa um áhrifin. Vöktun á vatnsgæðapáttum, fyrir framkvæmdir og á rekstrartíma, gera framkvæmdaraðila kleift að kortleggja náttúrulegan breytileika í tjörnunum og vakta í kjölfarið hugsanleg áhrif framkvæmdarinnar.

Grunnvatnsvinnsla og niðurdæling mun valda óverulegum áhrifum svo lengi sem starfsemin verður til staðar, en áhrifin eru afturkræf, þ.e. þau myndu ganga til baka ef vinnslunni og niðurdælingunni yrði hætt eða vinnslufyrirkomulagi breytt svo þörf sé á minna vatni, en einnig ríkir óvissa um áhrifin. Með áframhaldandi rannsóknum á grunnvatnsgeymi verður hægt að draga úr óvissu grunnvatnslíkansins og verður framkvæmdin byggð upp í skrefum sem gerir framkvæmdaraðila kleift að aðlaga starfsemina að niðurstöðum rannsókna og vöktun.

## EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>INNGANGUR</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Almennt</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Mat á umhverfisáhrifum</b>	<b>14</b>
1.2.1	Matsskylda framkvæmdar	14
1.2.2	Umsjón með mati á umhverfisáhrifum	14
1.2.3	Matsferlið	15
1.2.4	Breytingar og þróun frá matsáætlun	16
<b>2</b>	<b>MARKMIÐ OG FORSENDUR</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Tilgangur og markmið</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Framkvæmdaraðili</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Niðurdæling CO<sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Rannsóknir í tengslum við framkvæmd</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>VALKOSTIR</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Staðsetning</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Valkostagreining</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>STAÐHÆTTIR</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Framkvæmdasvæði</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Áhrifasvæði framkvæmdar</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Náttúruvá á Reykjanesi</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Eignarhald</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CODA TERMINAL</b>	<b>42</b>
<b>5.1</b>	<b>Áfangaskipting</b>	<b>44</b>
<b>5.2</b>	<b>Niðurdælingarferli Coda Terminal</b>	<b>46</b>
5.2.1	Hafnarsvæði	47
5.2.2	Niðurdælingarsvæði	51
<b>5.3</b>	<b>Lagnir og vegir</b>	<b>58</b>
<b>5.4</b>	<b>Aflþörf og vatnsnotkun</b>	<b>60</b>
<b>5.5</b>	<b>Efnisþörf</b>	<b>61</b>
<b>5.6</b>	<b>Frágangur og niðurrif</b>	<b>61</b>
<b>5.7</b>	<b>Lokunaráætlun</b>	<b>65</b>
<b>5.8</b>	<b>Tengdar framkvæmdir</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>SKIPULAG OG LEYFI</b>	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>Fyrirliggjandi skipulagsáætlanir og aðrar opinberar stefnur</b>	<b>70</b>
6.1.1	Aðgerðaráætlun í loftslagsmálum	70
6.1.2	Landsskipulag	70
6.1.3	Svæðisskipulag	71
6.1.4	Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins	71
6.1.5	Aðalskipulag	72
6.1.6	Deiliskipulag	72
6.1.7	Vatnaáætlun	73
<b>6.2</b>	<b>Leyfi sem framkvæmdin er háð</b>	<b>73</b>
<b>7</b>	<b>AÐFERÐAFRÆÐI MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM</b>	<b>74</b>



<b>7.1</b>	<b>Tilgangur mats á umhverfisáhrifum</b>	<b>74</b>
<b>7.2</b>	<b>Forsendur og aðferðafræði við mat á umhverfisáhrifum</b>	<b>74</b>
<b>8</b>	<b>MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM</b>	<b>78</b>
<b>8.1</b>	<b>Áhrifaþættir framkvæmdar</b>	<b>78</b>
<b>8.2</b>	<b>Umhverfisþættir</b>	<b>79</b>
<b>8.3</b>	<b>Áhrif á náttúrufar</b>	<b>80</b>
8.3.1	Loftslag	80
8.3.2	Geymslugeymir	84
8.3.3	Grunnvatn	103
8.3.4	Jarðmyndanir	118
8.3.5	Vistgerðir	124
8.3.6	Verndarsvæði og náttúruminjar	134
<b>8.4</b>	<b>Áhrif á samfélags- og hagfræðilega þætti</b>	<b>145</b>
8.4.1	Jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar	145
8.4.2	Heilbrigði og öryggi	148
8.4.3	Loftgæði	156
8.4.4	Landslag og ásýnd	160
8.4.5	Menningarminjar	172
8.4.6	Efnahagur og ferðaþjónusta	174
<b>8.5</b>	<b>Samlegðaráhrif</b>	<b>179</b>
<b>8.6</b>	<b>Núllkostur</b>	<b>180</b>
<b>9</b>	<b>NIÐURSTAÐA</b>	<b>181</b>
<b>10</b>	<b>VÖKTUN OG STÝRING</b>	<b>187</b>
<b>10.1</b>	<b>Affermingar-, uppgösunar- og dreifikerfi CO<sub>2</sub></b>	<b>189</b>
10.1.1	Löndunarkerfi	189
10.1.2	Geymslutankar	189
10.1.3	Uppgösunarkerfi	189
10.1.4	CO <sub>2</sub> safnkerfi	190
10.1.5	Lagnir að niðurdælingarsvæði	190
<b>10.2</b>	<b>Niðurdæling CO<sub>2</sub></b>	<b>190</b>
10.2.1	Borteigar	190
10.2.2	Skýli yfir niðurdælingarholum	191
10.2.3	Inntak við holutopp	191
10.2.4	Fóðringar	191
<b>10.3</b>	<b>Geymslugeymir</b>	<b>192</b>
10.3.1	Sýnataka vatns úr geymslugeyminum	192
10.3.2	Ferilefnapróf	193
10.3.3	Líkanreikningar	194
<b>10.4</b>	<b>Nærumhverfi</b>	<b>194</b>
10.4.1	Grunn- og yfirborðsvatn	194
10.4.2	Yfirborðsflæði CO <sub>2</sub>	195
10.4.3	Landhæðarbreytingar (aflögun)	195
10.4.4	Vatnalífriki	196
10.4.5	Jarðskjálftavirkni	196
<b>10.5</b>	<b>Vöktun eftir lokun geymslusvæðis</b>	<b>197</b>

10.6	Samantekt vöktunaráætlunar _____	197
11	KYNNING OG SAMRÁÐ _____	201
11.1	Forsamráð _____	201
11.2	Kynning á matsáætlun _____	201
11.3	Kynning á umhverfismatsskýrslu _____	201
11.4	Hagsmunaráð _____	202
11.5	Opnir kynningarfundir _____	202
12	HEIMILDASKRÁ _____	204



1

Inngangur



## 1 INNGANGUR

### 1.1 Almennt

Carbfix hf. undirbýr nú framkvæmdir við Coda Terminal, móttöku- og geymslustöð fyrir koldíoxíð (CO<sub>2</sub>) í Straumsvík. Stöðin verður fyrsta sinnar tegundar á heimsvísu en þar verður Carbfix tækninni beitt til að dæla CO<sub>2</sub> niður í berglög og til varanlegrar geymslu. Carbfix tæknin hermir eftir og flýtir náttúrulegum ferlum með því að leysa CO<sub>2</sub> í vatni og dæla djúpt niður í berglög: Með því að leysa CO<sub>2</sub> í vatni er komið í veg fyrir uppdrifskraft þess og er það því bundið í jarðlögum neðanjarðar á öruggan hátt. Auk þess hvarfast CO<sub>2</sub> við basaltberggrunninn og myndar steindir, en rannsóknir hafa sýnt fram á að yfir 95% þess sem dælt hefur verið niður steinrennur á innan við tveimur árum [1], [2], [3], [4]. CO<sub>2</sub> verður flutt hingað til lands á fljótandi formi með sérhönnuðum skipum sem gert er ráð fyrir að gangi fyrir vistvænu eldsneyti og verða innviðir til staðar á höfninni fyrir landtengingu skipanna. Jafnframt verður mögulegt að dæla niður CO<sub>2</sub> sem fangað er beint úr andrúmslofti og frá innlendum iðnaði.

Umhverfismat þetta tekur til umhverfisáhrifa frá því að tekið er við CO<sub>2</sub> frá skipum í Straumsvík, og þar til að það hefur steinrunnið neðanjarðar. Áhrif af föngun CO<sub>2</sub> og flutningi þess til Straumsvíkur er ekki hluti af þessu mati en fjallað er um þessa þætti sem tengdar framkvæmdir.

Tilraunir og þróun á Carbfix tækninni hafa staðið yfir frá árinu 2007. Helst má nefna að frá 2014 hefur Carbfix tæknin verið hluti af hefðbundnum rekstri Hellisheiðarvirkjunar og minnkað losun CO<sub>2</sub> frá henni um 30% [5].

Nafnið Coda varð fyrir valinu þar sem það táknar niðurlagskafla tónverks sem lýkur tónverkinu á skýran og áhrifaríkan hátt. Nafnið var valið vegna þess að það endurspeglar vel framkvæmd og markmið Coda Terminal.

Undirbúningur Coda Terminal hófst um mitt ár 2021 með forhönnun, samtali við hagsmunaaðila og vinnu við leyfisferla. Rannsóknarboranir fóru fram í janúar 2023 og í ágúst sama ár. Áætlað er að rekstur geti hafist árið 2027 og að Coda Terminal verði byggð upp í áföngum og verði fullbyggð árið 2032 en þá er áætlað að það geti tekið við og bundið varanlega um þrjár milljónir tonna af CO<sub>2</sub> árlega. Rannsóknir og eftirlit Carbfix á svæðinu munu halda áfram á framkvæmda- og rekstartíma.

Á mynd 1.1 má sjá framkvæmdasvæði Coda Terminal ásamt fyrirhugaðri staðsetningu borteiga, fyrirhugaðri legu lagna og vegslóða.



**MYND 1.1** Fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna ásamt vegslóða að þeim. Staðsetning borteiga, lagna og vegslóða kann að hliðrast til við endanlega hönnun þeirra. Framkvæmdasvæðið nær til þess svæðis sem mannvirki framkvæmdarinnar falla undir, en gert er ráð fyrir að svæði sem raskast muni að hámarki ná 15 m út fyrir miðlínu lagnabeltis og lóðir borteiga. Staðsetning geymslutanka er sýnd sem blár hringur. Kort: EFLA, 2024.

## 1.2 Mat á umhverfisáhrifum

### 1.2.1 Matsskylda framkvæmdar

Samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana fellur framkvæmdin undir tölulið 3.18, *niðurdælingarsvæði fyrir koltvísýring (CO<sub>2</sub>) í jörðu, sem og tölulið 10.19, vinnsla grunnvatns eða íveita vatns í grunnvatn með 300 L/s meðalrennsli eða meira á ári, í 1. viðauka laganna*. Þess konar framkvæmdir eru í flokki A sem þýðir að þær eru ávallt háðar mati á umhverfisáhrifum.

Matið er unnið samkvæmt lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 111/2021 og reglugerð um mat á umhverfisáhrifum nr. 1381/2021.

### 1.2.2 Umsjón með mati á umhverfisáhrifum

Framkvæmdaraðili er Coda Terminal hf. sem er í eigu Carbfix hf. Umsjón umhverfismats er í höndum EFLU. Verkefnisstjórn umhverfismats annast Ragnhildur Gunnarsdóttir fyrir hönd EFLU og Heiða Aðalsteinsdóttir fyrir hönd Carbfix. Yfirlit yfir aðila sem komu að matinu má sjá í töflu Tafla 1.1.

TAFLA 1.1 Verkefnisstjórn við mat á umhverfisáhrifum og aðrir aðilar sem komu að matinu.

AÐILAR	HLUTVERK	STARFSMENN	SÉRFRÆÐIPEKKING
Carbfix hf.	Verkefnastjóri framkvæmdaraðila	Heiða Aðalsteinsdóttir	Landslagsarkitekt M.A.
	Mat á áhrifum niðurdælingar CO <sub>2</sub> á geymslugeymi	Thomas Ratouis	Forðafræðingur M.Sc. M.E.
		Kjartan Marteinnsson	Eðlisfræðingur M.Sc.
		Benjamin Smith	M.Sc. í orkuvísindum
EFLA	Verkefnastjóri umhverfismats og ritstjóri	Ragnhildur Gunnarsdóttir	Umhverfisverkfræðingur Ph.D.
	Sérfræðingur í mati á umhverfisáhrifum og kortagerð	Halla Kristjánsdóttir	Skipulagsfræði M.Sc.
	Sérfræðingur í mati á umhverfisáhrifum	Tryggvi Þór Logason	Umhverfisverkfræðingur M.Sc.
	Sérfræðingur í mati á umhverfisáhrifum	Anna Rut Arnardóttir	Umhverfisverkfræðingur M.Sc.
	Mat á áhrifum á loftslag	Sigurður Loftur Thorlacius	Umhverfisverkfræðingur M.Sc.
		Stefán Þór Kristinsson	Efnaverkfræðingur M.Sc.
	Kortlagning vistgerða	Sigmar Metúsalemsson	Landfræðingur B.Sc.
	Mat á áhrifum á jarðmyndanir	Unnur Þorsteinsdóttir	Jarðfræði M.Sc.
	Mat á áhrifum á efnahag og ferðaþjónustu	Guðmundur Sigfinnsson	Hagfræðingur M.Sc.
	Mat á áhrifum á hljóðvist	Margrét Aðalsteinsdóttir	Umhverfis- og byggingarverkfræðingur M.Sc.
Mat á áhrifum á loftgæði	Nína Gall Jørgensen	Byggingarverkfræðingur M.Sc.	
Vatnaskil	Mat á áhrifum á grunnvatnskerfið	Eric M. Myer	Vatnajarðfræðingur M.Sc.
		Andri Arnaldsson	Efnafræðingur og forðafræðingur Ph.D.
		Jean-Claude Berthet	Eðlisfræðingur Ph.D.
		Hrólfur Ásmundsson	Eðlisfræðingur M.Sc.
		Sveinn Óli Pálmarsson	Umhverfis- og vatnsauðlindaverkfræðingur Ph.D.
ÍSOR	Mat á fýsileika CO <sub>2</sub> steinrenningar í geymslugeymi	Iwona Galeczka	Jarðefnafræðingur Ph.D.
	Mat á jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar	Egill Árni Guðnason	Jarðeðlisfræðingur M.Sc.
		Þorbjörg Ágústsdóttir	Jarðeðlisfræðingur Ph.D.
Mannvit/COWI	Mat á áhrifum snefilefna á vatnshlot	Katrín Ragnarsdóttir	Efnaverkfræðingur M.Sc.
		Þór Tómasson	Efnaverkfræðingur M.Sc.

### 1.2.3 Matsferlið

Matsáætlun var birt til kynningar um fjögurra vikna skeið, frá 8. nóvember til og með 6. desember 2022. Matsáætlun var auglýst í Fréttablaðinu 8. nóvember og var hún opin öllum til umsagnar. Alls bárust 15 umsagnir, þar af 11 frá lögbundnum umsagnaraðilum. Umsögnum var svarað og voru svör framkvæmdaraðila send Skipulagsstofnun til athugunar. Skipulagsstofnun gaf út ákvörðun um matsáætlun 27. janúar 2023.

Umhverfismatsskýrsla þessi hefur verið unnin í samræmi við matsáætlun og álit Skipulagsstofnunar. Umhverfismatsskýrsla er nú skilað til Skipulagsstofnunar til kynningar og mun Skipulagsstofnun óska eftir umsögnum. Umsagnaraðilum og almenningi gefst 6 vikna frestur til að skila inn umsögnum. Umsagnir skulu berast í gegnum Skipulagsgátt á [skipulagsgatt.is](http://skipulagsgatt.is). Einnig má senda umsagnir með tölvupósti á netfang Skipulagsstofnunar, [skipulag@skipulag.is](mailto:skipulag@skipulag.is), eða með bréfpósti til Skipulagsstofnunar, Borgartúni 7b, 104 Reykjavík.

Að kynningartíma loknum verður öllum umsögnum svarað. Skipulagsstofnun gefur út lokaálit sitt á mati á umhverfisáhrifum byggt á umhverfismatsskýrslu, umsögnum og svörum framkvæmdaraðila. Gert er ráð fyrir að álit Skipulagsstofnunar geti legið fyrir sumarið eða haustið 2024.

Aðferðinni sem beitt er við mat á umhverfisáhrifum er í samræmi við lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021 og reglugerð nr. 1381/2021. Matsferlið samkvæmt lögunum má sjá á mynd 1.2. Nánari upplýsingar um matsferlið má finna á vef Skipulagsstofnunar, [skipulag.is](http://skipulag.is).

#### 1.2.4 Breytingar og þróun frá matsáætlun

**Áhrif á menningarminjar:** Í matsáætlun var ekki gert ráð fyrir að áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar yrðu metin. Þá var gert ráð fyrir að þar sem nauðsynlega þyrfti að þvera ákveðnar fornleifar skildi þverunin framkvæmd í samráði við fornleifafræðing, að teknu tilliti til verndargildis fornleifar. Í umsögn Minjastofnunar við matsáætlun benti stofnunin m.a. á að mikilvægt væri að í umhverfismatsskýrslu kæmi fram hver áhrif framkvæmdarinnar á fornleifar yrðu og hvernig komið yrði í veg fyrir rask á fornleifum. Að teknu tilliti til umsagnar Minjastofnunar við matsáætlun var ákveðið að meta áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar en fjallað er um þau í kafla 8.4.5.

**Áhrif á verndarsvæði og náttúruminjar:** Í matsáætlun var ekki gert ráð fyrir að meta áhrif framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar. Í umsögn Náttúrufræðistofnunar Íslands við matsáætlun taldi stofnunin að gera þyrfti grein fyrir áhrifum vatnstöku og útstreymi ferskvatns í Straumsvík á ferskvatnstjarnir og lífríki þeirra. Að teknu tilliti til umsagnar Náttúrufræðistofnunar Íslands taldi Skipulagsstofnun í áliti sínu á matsáætlun að meta þyrfti áhrif framkvæmda á tjarnir innan verndarsvæðisins Straumsvíkur, svæði nr. 112 á náttúruminjaskrá, og lífríki þeirra. Vegna þessa var ákveðið að meta áhrif framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar en fjallað er um þau í kafla 8.3.6.

**Heitavatnsnotkun:** Ekki var fjallað um heitavatnsnotkun vegna Coda Terminal í matsáætlun en þörf er á allt að 123 L/s af heitu vatni til fasabreytingar á CO<sub>2</sub> þegar Coda Terminal er komið í fullan rekstur. Nánar er fjallað um heitavatnsnotkun í kafla 5.4.

**Notkun á köldu vatni og jarðsjó:** Áætluð kaldavatnsnotkun var samkvæmt matsáætlun 2.500 L/s en nú er áætluð vatnsnotkun framkvæmdarinnar allt að 2.923 L/s við full afköst Coda Terminal: Þar af er gert ráð fyrir að nýta allt að 1.996 L/s af ferskvatni og allt að 927 L/s af jarðsjó sem kæmi til niðurdælingar í fjórða áfanga verkefnisins. Nánar er fjallað um notkun á köldu vatni og jarðsjó í kafla 5.4.

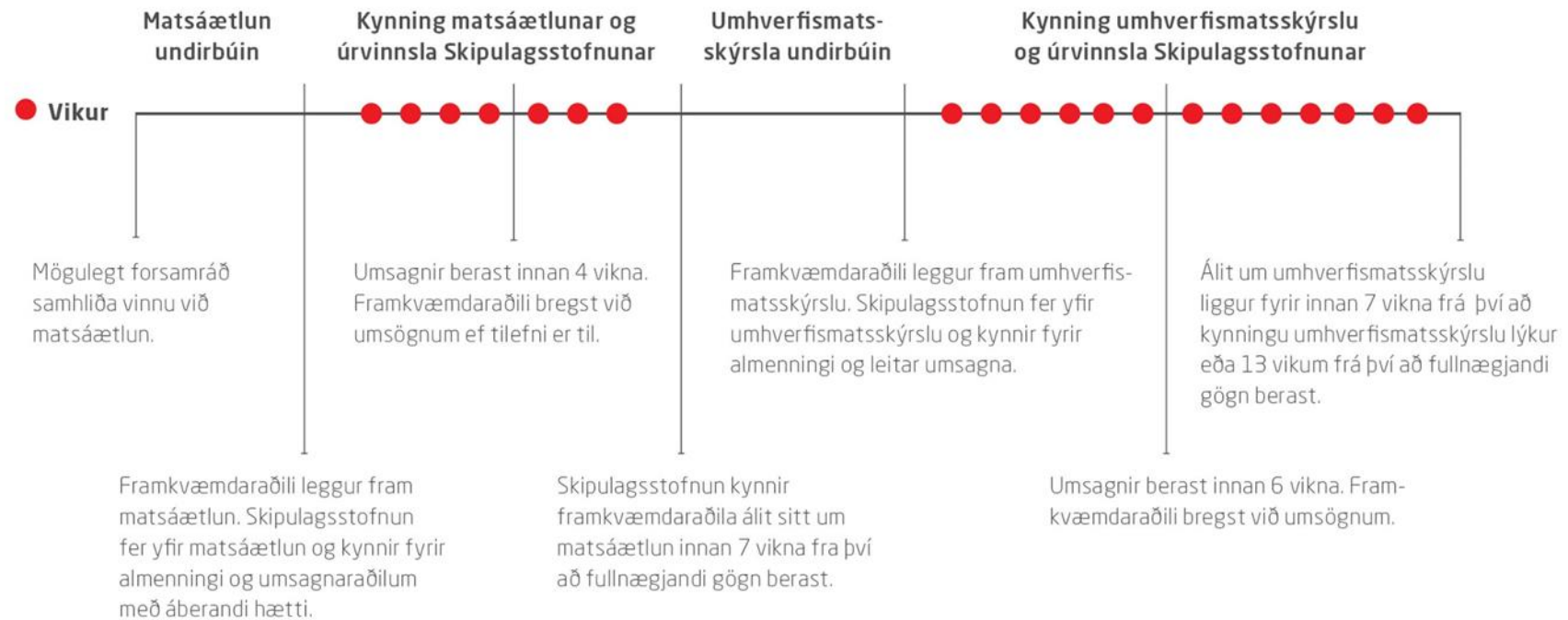
**Endurheimt og endurnýting á niðurdældu vatni:** Í matsáætlun var greint frá þeim möguleika að endurnýta niðurdælt vatn úr geymslugeyminum. Horfið var frá því á þessu stigi, því til þess að nýta

þennan valkost þyrftu vatnstökuholur sem næðu niður í geymslugeyminn að vera staðsettar töluvert frá núverandi borteigum. Fyrirhuguð framkvæmd gerir hins vegar ráð fyrir að allar vatnstökuholur verði staðsettar á sama borteig og niðurdælingarholurnar. Einnig gera líkanreikningar ráð fyrir að niðurdráttur næst vatnstökuholunum verði óverulegur, svo ekki er talin þörf á að bora vatnstökuholur dýpra en fyrirhuguð framkvæmd gerir ráð fyrir. Hins vegar er þeim möguleika enn haldið opnum að vatn til niðurdælingar komi úr djúpum vatnstökuholum sem næðu niður í geymslugeyminn frekar en í efri lög grunnvatnsins. Þetta myndi að öllum líkindum draga úr þrýstingsaukningu í geymslugeyminum en vegna mismunar á efnasamsetningu og hita vatns úr efri lögum grunnvatns miðað við vatn úr geymslugeyminum myndi þessi nálgun kalla á breytta niðurdælingaráætlun CO<sub>2</sub>.

**Móttökubygging:** Carbfix hefur ákveðið að víkja frá uppbyggingu móttökubyggingar á þessu stigi en útilokar ekki möguleika á slíkri uppbyggingu í framtíðinni. Því er ekki gert ráð fyrir móttökubyggingu í þessu umhverfismati. Nánar er fjallað um þetta í kafla 3.2.

**Áfangaskipting:** Í matsáætlun var gert ráð fyrir að uppbygging Coda Terminal færi fram í þremur áföngum. Ákveðið var að fjölga áföngum úr þremur í fjóra áfanga með það að markmiði að skala starfsemina upp í jafnari skrefum. Ein helsta mótvægisáðgerð vegna mögulegra áhrifa Coda Terminal á umhverfi sitt er að byggja verkefnið upp í fyrirfram skilgreindum og ákveðnum skrefum þar sem megináherslan er á að safna gögnum, greina, fá rekstrarreynslu og draga lærdóm af hverjum áfanga áður en sá næsti er gangsettur, m.a. með yfirgripsmikilli gagnasöfnun og vöktun (sjá kafla 10). Gert er ráð fyrir að skala starfsemina upp með u.þ.b. 18 mánaða millibili. Áætluð heildarafköst niðurdælingar hafa ekki breyst og eru enn 3 milljónir tonna á ári við fullan rekstur árið 2032. Nánar er fjallað um áfangaskiptingu í kafla 0.





**MYND 1.2** Ferli mats á umhverfisáhrifum samkvæmt lögum nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.



# 2

## Markmið og forsendur

## 2 MARKMIÐ OG FORSENDUR

### 2.1 Tilgangur og markmið

Sannað er að losun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum veldur loftslagsbreytingum. Samkvæmt nýjustu samantektarskýrslu Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsmál (e. IPCC) hefur þegar orðið 1,1°C hnattræn hlýnun umfram hitastig fyrir iðnbyltingu (1850-1900) [6]. Þá er, samkvæmt skýrslunni, búist við 2,1–3,4°C hnattrænni hlýnun árið 2100 umfram hitastig fyrir iðnbyltingu miðað við framkvæmdar stefnur aðildarríkja Sameinuðu þjóðanna (e. *implemented policies*) verði ekki gripið til aðgerða. Með aukinni losun gróðurhúsalofttegunda verða meðal annars tíðari ofsaveður, hækkun sjávarmáls og líffræðileg fjölbreytni minnkar vegna afleiðinga hækkandi hitastigs jarðar. Breytingar á loftslagi virða engin landamæri og því er þörf á ríkri samvinnu þjóða til að draga úr neikvæðum afleiðingum með því að draga úr losun CO<sub>2</sub> og um leið binda umtalsverðan hluta þess sem þegar hefur verið losað. Það birtist meðal annars í því að Ísland, sem er aðili að rammasamningi Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (Loftslagssamningurinn), tekur þátt í sameiginlegu markmiði Evrópuríkja um 55% samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda á tímabilinu 2021-2030. Þannig eru Ísland, Noregur og aðildaríki ESB með eitt sameiginlegt framlag gagnvart Parísarsamningum sem felur í sér skuldbindingu um að halda hnattrænni hlýnun undir 2°C og leitast við að takmarka hækkun hitastigs við 1,5°C. Til þess að þessi sviðsmynd nái fram að ganga þarf heimurinn að hafa náð kolefnishlutleysi árið 2050.

Öllum greiningaraðilum ber saman um að kolefnisföngun og -binding sé ótvíræður hluti þeirra lausna sem beita þarf til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu [7]. Til að mynda metur Alþjóðaorkumálastofnunin, (e. IEA), að kolefnisföngun og -binding verði að vera um 0,9-1,7 gíгатonn (Gt) á ári fyrir árið 2030 og um 5-8 gíгатonn (Gt) á ári fyrir 2050 svo loftslagsmarkmið heimsins náist.

Það er því ekki að ástæðulausu sem þjóðir heims, ekki síst nágrannþjóðir okkar, leggja nú stóraukna áherslu á uppbyggingu kolefnisföngunar- og bindingarverkefna. Þannig hefur framkvæmdastjórn ESB skilgreint að slík verkefni, í drögum sínum að nýrri löggjöf um kolefnishlutleysi (e. Net-Zero Industry Act), ættu að njóta ákveðins forgangs, m.a. við leyfisveitingar, í þágu markmiða um kolefnishlutleysi [8]. Þá byggir nýleg tillaga framkvæmdastjórnar ESB um loftslagsmarkmið fyrir árið 2040 á forsendum um að árleg niðurdæling á CO<sub>2</sub> í jörðu á EES-svæðinu þurfi að hafa náð a.m.k. 250 Mt á því ári, þ.e. 2040, en hún er hverfandi í dag, sem sýnir hve brýnt er að hefja þessa uppbyggingu hratt eigi

loftslagsmarkmiðin að nást [9]. Þá hefur Evrópusambandið tilgreint í ofangreindri löggjöf að kolefnisföngun- og binding verði að vera um 50 milljón tonn á ári fyrir 2030 [10]. Að sama skapi kemur fram í nýlegri yfirlýsingu framkvæmdastjórnar ESB um Industrial Carbon Management Strategy að uppbygging kolefnisföngunar og -bindingar á stórum skala sé algjörlega nauðsynleg til að ná markmiðum um kolefnishlutleysi og að „bráð þörf“ (e. urgent need) standi til þess að taka ný niðurdælingarsvæði í notkun fyrir árið 2030. Með hliðsjón af þessu hvetur framkvæmdastjórnin aðildarríkin í þessari yfirlýsingu til að styðja við uppbyggingu verkefna sem fela í sér föngun, flutning og niðurdælingu á CO<sub>2</sub> [11]. Ljóst er að kolefnisföngun- og binding eru viðurkenndar tæknilausnir sem beita þarf í baráttunni gegn loftslagsbreytingum. Dæmi um verkefni sem fela í sér kolefnisföngun, flutning og -geymslu erlendis eru t.d. Norðurljósaverkefnið (*The Northern Lights Project*) í Noregi [12], Porthos í Hollandi og Greensand í Danmörku [13].

Auknum árangri í loftslagsaðgerðum má ná með uppbyggingu móttöku- og geymslustöðva fyrir CO<sub>2</sub> þar sem aðstæður eru hentugar t.d. í Evrópu [14], Bandaríkjunum [15] og í Bretlandi [16]. Í því felst föngun á CO<sub>2</sub> úr útblæstri og uppbygging á skilvirku flutningskerfi fyrir CO<sub>2</sub> með skipum, lögnum og niðurdælingu þess í hentug jarðlög til að koma í veg fyrir áhrif þess á loftslag.

Tilgangur og markmið Coda Terminal í Straumsvík er að taka móti CO<sub>2</sub> sem flutt verður hingað til lands frá Evrópu, en jafnframt má binda það CO<sub>2</sub> sem fangað er beint úr andrúmslofti og frá íslenskum iðnaði. Það CO<sub>2</sub> sem til stendur að flytja verður fangað frá evrópskum iðnaði, ekki síst frá losun sem stafar frá iðnferlum á borð við framleiðslu á áli, stáli og sementi sem ekki er hægt að útrýma með orkuskiptum eða öðrum leiðum. Það CO<sub>2</sub> verður flutt í Coda Terminal og dælt í berggrunninn í Straumsvík til varanlegrar geymslu á allt að þremur milljónum tonna af CO<sub>2</sub> á ári og þannig komið í veg fyrir áhrif þess á loftslagið. Með uppbyggingu og rekstri Coda Terminal er sýnt fram á skölun Carbfix tækninnar frá tugþúsundum tonna í milljónir tonna af bindingu CO<sub>2</sub>, sem er ein ástæða þess að Nýsköpunarsjóður Evrópusambandsins veitti verkefninu styrk.

Kolefni er eitt algengasta frumefni jarðar og á sér náttúrulega hringrás þar sem það ferðast milli mismunandi geyma, t.d. milli lofthjúpsins og berggrunnsins og umbreytist úr til dæmis gasfasa í fast efni. Langmest kolefni heimsins er þegar bundið í berggrunni jarðar. Eins og kom fram í kafla 1.1 líkir aðferð Carbfix eftir þessum náttúrulegu ferlum en á mun styttri tíma.

Á Íslandi eru kjöraðstæður til varanlegrar og öruggrar kolefnisbindingar í bergi. Yfir 90% af berggrunni Íslands er úr basalti. Ungt og gropið basaltberg er hentugast til geymslu á CO<sub>2</sub> og er það að finna innan virka rekbeltisins sem þekur um þriðjung af flatarmáli Íslands [17]. Geymslugeta CO<sub>2</sub> í fersku basaltbergi er gríðarlega mikil en hægt er að geyma yfir 100 kg af CO<sub>2</sub> í einum rúmmetra af basalti [18] [19]. Sem dæmi er áætlað að niðurdæling á um 80.000 tonnum af CO<sub>2</sub> sem hefur átt sér stað á Hellisheiði síðan 2014, hafi nýtt minna en 0,01% af rúmmáli berggrunnsins á Húsmúlasvæðinu á Hellisheiði [20] [18]. Þá eru víða góð skilyrði á Íslandi til niðurdælingar á CO<sub>2</sub> fyrir hendi, svo sem mikil lekt jarðlaga og flaumur vatns.

Í nágrenni Straumsvíkur er ferskt basaltberg og öflugir grunnvatnsstraumar sem henta vel fyrir Carbfix tæknina sem nýtir vatn sem flutningsmiðil fyrir CO<sub>2</sub> (sjá nánari umfjöllun um niðurdælingu á CO<sub>2</sub> með Carbfix tækninni í kafla 2.3). Verkefnið er fyrsta sinnar tegundar á heimsvísu þar sem CO<sub>2</sub> er dælt niður til steindabindingar á stórum skala og leggur mikilvægan þekkingargrunn fyrir sambærileg verkefni erlendis en Carbfix áformar að koma á fót samskonar starfsemi í öðrum löndum í framtíðinni. Verkefnið

Coda Terminal styður aðgerðaráætlun stjórnvalda í loftslagsmálum með samstarfi sínu við álver Rio Tinto í Straumsvík, þar sem áhersla er lögð á föngun og bindingu kolefnis frá stóriðju á Íslandi og er jafnframt mikilvægt framlag til innlendrar og alþjóðlegrar kolefnisbindingar [21].

Framkvæmdin styður við eftirfarandi heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna:



## 2.2 Framkvæmdaraðili

Framkvæmdaraðili er Coda Terminal hf. sem er félag í eigu Carbfix hf. Carbfix varð til sem samstarfsverkefni milli Orkuveitu Reykjavíkur, Háskóla Íslands, CNRS í Toulouse og Earth Institute við Columbia háskóla árið 2006. Á fyrstu árum starfseminnar var megináhersla lögð á að besta Carbfix tæknina með tilraunum, rannsóknum og líkanagerð. Fyrsta tilraunaniðurdælingin fór fram árið 2012 á Hellisheiði. Nú hyggst Carbfix skala upp starfsemi sína á iðnaðarstig á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Coda Terminal við Straumsvík en verkefnið hlaut 115 milljón evra styrk frá Nýsköpunarsjóði Evrópusambandsins. Yfir 100 ritrýndar greinar hafa verið ritaðar og birtar um Carbfix tæknina í viðurkenndum fræðitímaritum, þ.m.t. *Science*, *Nature Reviews Earth & Environment*, *Nature Energy*, *Nature Communications* og *International Journal of Greenhouse Gas Control* [22].

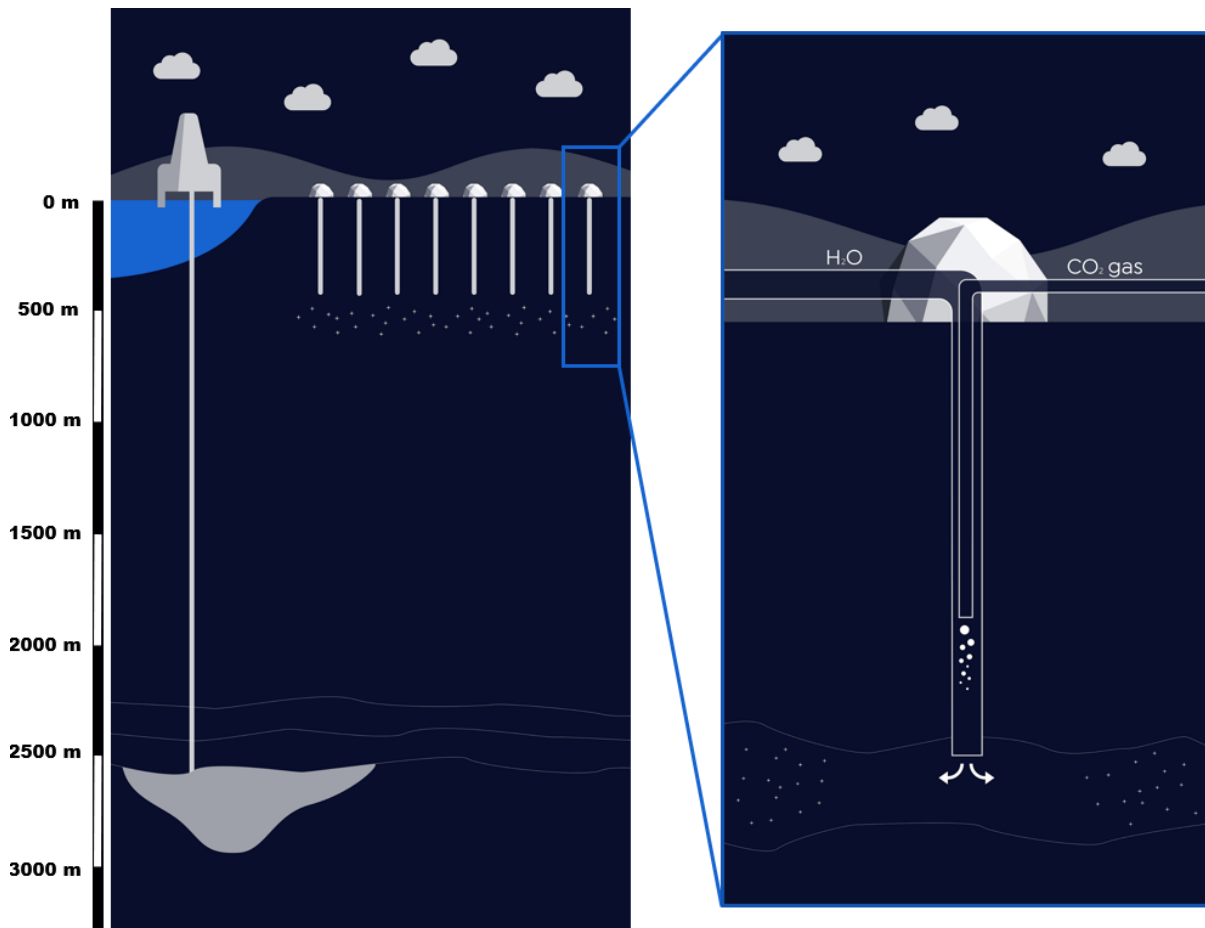
## 2.3 Niðurdæling CO<sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum

Mikið magn CO<sub>2</sub> er bundið náttúrulega í bergi og gengur Carbfix tæknin út á að herma og hraða þessu náttúrulega ferli kolefnisbindingar. Aðferðin hefur verið sannreynnd sem hagkvæm og umhverfisvæn leið til að binda CO<sub>2</sub> varanlega og koma þannig í veg fyrir áhrif þess á loftslagið [3], [1], [2].

Notast er við tvær megin aðferðir við niðurdælingu á CO<sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum á heimsvísu (mynd 2.1):

- Niðurdælingu á hreinu CO<sub>2</sub> til geymslu í setlögum þar sem CO<sub>2</sub> helst innan myndunar vegna stemmingsbindingar
- Niðurdælingu á CO<sub>2</sub> leystu í vatni til leysnibindingar og síðar steinrenningar, Carbfix tækninni, sem er til umfjöllunar í þessu umhverfismati





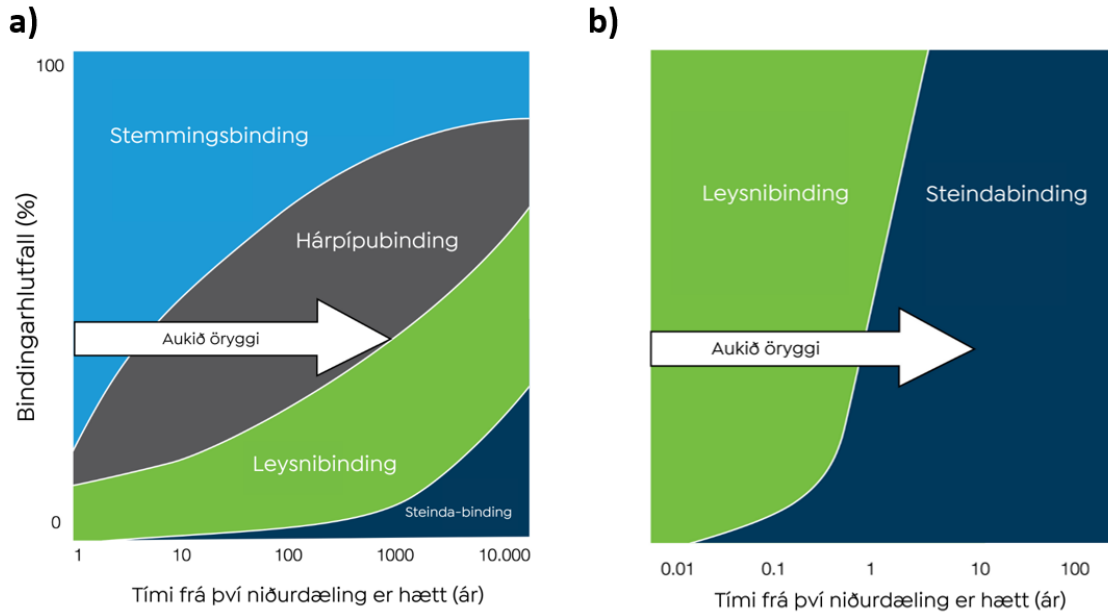
**MYND 2.1** Aðferðir til niðurdælingar á CO<sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum: Myndin vinstra megin sýnir samanburð á aðferðum hefðbundinnar niðurdælingar á hreinu CO<sub>2</sub> í setlög. Myndin hægra megin sýnir aðferð Carbfix fyrir niðurdælingu á CO<sub>2</sub> leystu í vatni til leysnibindingar og síðar steinrenningar í jarðlögum. Mynd: Carbfix.

Niðurdæling á hreinu CO<sub>2</sub> í vökva-, gas- eða yfirkítískum fasa hefur verið stunduð allt frá sjöunda áratug síðustu aldar, m.a. í tengslum við olíu- og gasvinnslu. Í því felst að hreinu CO<sub>2</sub> er dælt í setlög. Fyrir niðurdælingu á hreinu CO<sub>2</sub> eru fjögur ferli sem binda CO<sub>2</sub> og breytist vægi hvers þeirra með tíma, og öryggi bindingarinnar sömuleiðis, líkt og sýnt er á mynd 2.2a. Ferlin fjögur eru:

1. **Stemmingsbinding** (e. structural trapping): Áður en niðurdæling hefst er tryggt að þétt jarðlag, svokallað þakberg, loki af geymslugeyminn og komi í veg fyrir að CO<sub>2</sub>, sem er eðlisléttara en vatnið sem fyrir er í mynduninni, rísi aftur upp á yfirborðið.
2. **Hárpípubinding** (e. capillary trapping): Með tímanum sagnar hárpípukraftur vatn inn í hluta holrýmanna þannig að CO<sub>2</sub> einangrast og öryggi bindingarinnar eykst enn frekar.
3. **Leysnibinding** (e. solubility trapping): Smátt og smátt leysist hluti af CO<sub>2</sub> í vatni. Þannig binst CO<sub>2</sub> í einum fasa og því enginn uppdriftskraftur sem drífur það upp á yfirborðið. Öryggi bindingarinnar eykst þannig enn frekar.
4. **Steindabinding** (e. mineral trapping): Leysing CO<sub>2</sub> í vatni gerir vatnið hvarfgjarnt og það fer að leysa málma á borð við kalsíum, magnesíum og járn úr berginu sem það leikur um. Þessir málmar bindast CO<sub>2</sub> og mynda steindir og þannig steinrennur CO<sub>2</sub>. Þetta er öruggasta geymsluform CO<sub>2</sub>, og sú tækni sem Carbfix nýtir, enda steindir stöðugar í berggrunnum í milljónir ára.

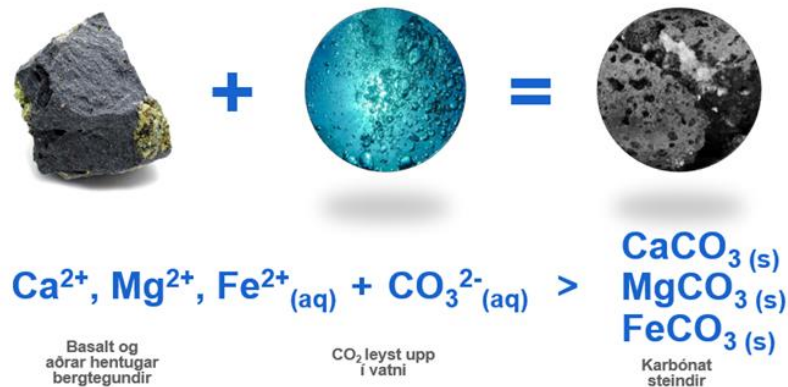
Örugg stemmingsbinding CO<sub>2</sub> er lykillinn að öruggri geymslu við niðurdælingu á hreinu CO<sub>2</sub> í setlög, enda er tímaskalinn sem það tekur að komast í öruggari ferli bindingar langur, og aðeins hluti þess CO<sub>2</sub> sem dælt er niður binst með öðrum ferlum (sjá mynd 2.2a). Við niðurdælingu á CO<sub>2</sub> sem leyst er í vatni til leysnibindingar og síðar steinrenningar, líkt og Carbfix tæknin byggir á, er þessum ferlum flýtt til að auka öryggi bindingarinnar hratt, líkt og sýnt er á mynd 2.2b.

1. Með því að leysa CO<sub>2</sub> í vatni er **leysnibindingu** náð á örfáum mínútum í stað ára til áratuga. Leysnibinding er annað öruggasta form kolefnisbindingar: Komið í veg fyrir uppdrifskraft CO<sub>2</sub>, og það leitar því ekki til yfirborðs. Því þarf ekki þakberg yfir geymslugeyminum.
2. Carbfix staðfestir leysnibindingu með mælingum á CO<sub>2</sub>- og vatnsstraumum þar sem gasbóluprýstingur er reiknaður í hverri einustu niðurdælingarholu. Gasbóluprýstingur er þrýstingurinn þar sem fyrsta gasbóla myndast við þrýstiléttingu á gashlöðnu vatni. Hann er reiknaður út með því að nota viðeigandi ástandsjöfnu og varmafræðilegar jöfnur, massaflæði vatns og uppleystra gasa, ásamt hitastigi niðurdælingarvatnsins. Þrýstingurinn er síðan borinn saman við þrýstinginn neðst í fóðringu niðurdælingarholunnar sem ákvarðaður er við upphaf niðurdælingar. Niðurdælingarkerfin eru hönnuð til að tryggja að gasbóluprýstingur CO<sub>2</sub>-hlaðna niðurdælingarvatnsins sé lægri en vatnsþrýstingur við botn fóðringar með því að tryggja rétt massahlutfall vatns og CO<sub>2</sub> sem dælt er niður. Gasbóluprýstingur er óháður heildarmassaflæði og eingöngu hlutfalli vatns og CO<sub>2</sub> strauma ásamt hitastigi vatns.
3. Vatn sem inniheldur uppleyst CO<sub>2</sub> er eðlisþyngra en það vatn sem fyrir er í berglögnum og hefur því tilhneigingu til þess að sökkva fremur en að leita upp á við. Auk þess hefur CO<sub>2</sub>-hlaðinn vökvi lágt pH gildi og leysir því málma tiltölulega hratt úr bergi á borð við basalt. Basalt inniheldur um 25% kalsíum, magnesíum og járn auk annarra tvígildra málma sem þarf til að steinrenna CO<sub>2</sub>.
4. Þegar styrkur málmanna er orðinn nægjanlegur í vatninu ganga þeir í efnasamband við CO<sub>2</sub> og falla út sem karbónatsteindir (sjá mynd 2.3). **Steindabinding** CO<sub>2</sub> hefur þá átt sér stað og það þannig tryggilega bundið í berggrunninum. Steinrunnið CO<sub>2</sub> er öruggasta geymsluform CO<sub>2</sub> en steindir eru stöðugar í berggrunninum í milljónir ára. Carbfix hefur sýnt fram á að yfir 95% af CO<sub>2</sub> sem dælt er niður steinrennur á innan við tveimur árum [4].



**MYND 2.2** Mismunandi ferli bindingar CO<sub>2</sub> í jarðlögum og bindingarhlutfall þeirra sem fall af tíma fyrir niðurdælingu a) Fjögur ferli bindingar til geymslu í setlögum (stemningsbinding, hárpípubinding, leysnibinding og steindabinding) og b) Tvö ferli bindingar til steinrenningar í basalti (leysnibinding og steindabinding). Öryggi bindingar eykst frá vinstri til hægri. Mynd: Carbfix.

Á mynd 2.3 eru efnafræðilegir ferlar Carbfix tækninnar sýndir. Á mynd 2.4 má sjá steinrunnið CO<sub>2</sub> í formi karbónatsteinda og á mynd 2.5 má sjá samanburð á basaltbergi þar sem engin útfelling steinda hefur átt sér stað, og basaltbergi þar sem steindir á borð við kalsít (kalsíumkarbónat) hafa fallið út í sprungum og holrýmum líkt og gerist við niðurdælingu CO<sub>2</sub> með Carbfix aðferðinni.



**MYND 2.3** Einfölduð efnafræðileg ferli Carbfix tækninni: CO<sub>2</sub> leyst í vatni og því dælt niður í berglög á borð við basalt þar sem það hvarfast við bergið og leysir út málma á borð við Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> og Fe<sup>2+</sup>. Þessir málmar ganga í efnasamband við CO<sub>2</sub> og falla út sem karbónatsteindir á borð við kalsít (CaCO<sub>3</sub>), magnesít (MgCO<sub>3</sub>) og síderít (FeCO<sub>3</sub>). Mynd: Carbfix.



**MYND 2.4** Steinrunnið  $\text{CO}_2$ , í formi karbónatsteinda (hvítar útfellingar) í basaltkjarna frá um 500 m dýpi á tilraunasvæði Carbfix í Prengslum). Mynd: Carbfix.



**MYND 2.5** Dæmi um basaltberg þar sem engar útfellingar steinda hafa átt sér stað (vinstra megin) og basaltberg þar sem steindir á borð við kalsít (kalsíumkarbónat) hafa fallið út í sprungum og holrýmum líkt og gerist við niðurdælingu  $\text{CO}_2$  með Carbfix aðferðinni. Mynd: Carbfix.

## 2.4 Rannsóknir í tengslum við framkvæmd

Carbfix hefur í aðdraganda fyrirhugaðrar framkvæmdar ráðist í ýmsar rannsóknir, sér í lagi í tengslum við bergfræðilega eiginleika geymslugeymisins, grunnvatn og vatnafar í Straumsvík, og mörk ferskvatns og jarðsjávar. Þá hefur Carbfix sett upp og rekið skjálftanet í Straumsvík í samstarfi við ÍSOR (kafla 8.4.1 og 10.4.5)

Við undirbúning framkvæmdarinnar voru boraðar rannsóknarborholur í þeim tilgangi að auka þekkingu á jarðlögum á svæðinu og kanna fýsileika svæðisins sem niðurdælingarsvæði. Eldri borholur hafa nýst til að meta eiginleika geymslugeymisins inn til landsins, en nær ströndinni voru engar djúpar holur (>100 m) sem hægt var að nýta í þessum tilgangi. ÍSOR var fengið til ráðgjafar um staðsetningu rannsóknarborhola og voru staðsetningar valdar með það að markmiði að fá sem fyllstar upplýsingar um geymslugeyminn. Í kjölfarið leiddi ÍSOR úrvinnslu á þeim gögnum sem aflað var við boranirnar. Boraðar voru þrjár holur:

- Borhola CSI-01, á 982 m dýpi. Borun hófst 29. nóvember og lauk þann 15. janúar 2023 [23].
- Borhola CSM-01, á 618 m dýpi. Borun hófst 22. júní 2023 og lauk þann 5. ágúst 2023 [24].
- Borhola CSM-02, borun hófst 1. september 2023 og verður boruð á a.m.k. 500 m dýpi en er ólokið [25].

Þá hafa verið boraðar fjórar grunnar vatnstökuholur á svæðinu (<100 m). Svarfsýnum var safnað úr holunum og þau greind m.a. með tilliti til bergfræði, lektar og ummyndunar. Valin svarfsýni voru svo send í XRD-greiningar til að ákvarða steindasamsetningu bergsins og XRF-greiningar til að ákvarða heildarefnasamsetningu þess. Auk þess voru borholumælingar gerðar. Mældur var hiti og þrýstingur auk þess sem framkvæmdar voru jarðlagamælingar (viðnám, gamma- og nifteindamælingar), holusjármælingar og flæðimælingar. Þá voru framkvæmd ádælingarpróf auk þess sem stutt ferilefnapróf var framkvæmt í holu CSI-01 til að varpa betur ljósi á lekt og flæði í jarðlögum. Ádælingarpróf eru framkvæmd þannig að vatni er dælt á holu og viðtaka hennar mæld. Þannig er hægt að áætla niðurdælingargetu hennar. Auk þess eru oft framkvæmdar mælingar á meðan ádælingu stendur, m.a. flæðimælingar sem sýna helstu lekasvæði í holunni, hvar vatnið flæðir úr holunni og hvernig það dreifist milli mismunandi lekasvæða í holunni. Þessi gögn voru m.a. notuð fyrir jarðlagagreiningar, greiningar á lektarstrúktúrum, hitafari og ummyndun.

Jarðlög í holunum samstanda mestmegnis af hraunlögum, glerjuðu basalti með set- og kargalögum á milli. Ummyndun bergs er lítil en dálítið er um geislasteina, kalsedón og leirskán í blöðrum. Jarðlögin í efstu 180 m bera með sér að þau hafi hlaðist upp í strandumhverfi utan gosbeltisins á Reykjaneskaga, sem sjá má af setlögum og glerríkum breksíum, en neðar eru hraunlög einkennandi. Töluverð lekt er í holunum. Mesti hiti í holu CSI-01 mældist 74°C í holubotni. Áætluð dýpt niður á blandlag milli ferskvatnslinsu og jarðsjávar í holunni var u.þ.b. 100 m [23]. Mesti hiti í holu CSM-01 mældist 49°C í holubotni. Áætluð dýpt niður á blandlag milli ferskvatnslinsu og jarðsjávar í holunni var u.þ.b. 360 m.

Borun CSM-02 lauk ekki á gagnasöfnunartímabili umhverfismatsins af ófyrirséðum og óviðráðanlegum ástæðum. Þegar eldsumbrot rétt utan við Grindavík hófust í desember 2023 voru öll tiltæk bortæki á landinu kölluð í Árnarétt í Garði til að bora fyrir köldu vatni fyrir neyðarvatnsból fyrir sveitarfélögin á Reykjanesi. Borinn fór út á Reykjanes þegar dýpi holunnar var um 200 m og var staðsettur í Árnarétt þar til eftir að gagnasöfnun verkefnisins lauk. Borun verður þó framhaldið og allar greiningar og



mælingar framkvæmdar sem til stóð og gögn úr henni nýtt inn í líkön. Upplýsingar úr efstu 200 m holunnar benda til svipaðrar steindasamsetningar og sjást í holu CSM-01.

Á mynd 2.6 má sjá staðsetningar rannsóknarhola.



**MYND 2.6** Staðsetningar rannsóknarhola (rauðir ferhyrningar fyrir rannsóknarborholur og bláir punktar fyrir vatnstökuholur) sem boraðar voru til að afla upplýsinga um geymslugemyi á framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) ásamt fyrirhuguðum staðsetningum borteiga.

Til að varpa betur ljósi á mörk jarðsjávar og ferskvatns við Straumsvík leiddi ÍSOR yfirborðsviðnámsmælingar á svæðinu [26]. Þá var vatnssýnum safnað úr tjörnum við Straumsvík, við strandlínuna, og úr borholum Carbfix á svæðinu. Sýnin voru send í heildarefnagreiningu á aðal- og snefilefnum til að varpa betur ljósi á grunnástand svæðisins. Vatnsborðsmælingar voru jafnframt framkvæmdar á tímabilinu maí til ágúst 2023 í borholum CSI-01 og CSM-01 auk vatnstökuholum CSW-02 og CSW-03, og fylgst var með árstíðarbundinni sveiflu vatnsborðs í tjörnum.

Til að meta grunnástand jarðskjálftavirkni á svæðinu setti Carbfix upp Coda skjálftanetið árið 2022 í samstarfi við ÍSOR [27]. Síðan þá hafa jarðskjálftagögnum verið safnað. Coda skjálftanetið samanstendur af þremur jarðskjálftamælum, en til stendur að fjölga þeim í fimm samhliða þróun verkefnisins, auk þess sem nýtt eru gögn úr öðrum jarðskjálftanetum á svæðinu (sjá nánar í kafla 8.4.1 og 10.4.5).

Þau gögn sem aflað var á rannsóknartímanum, auk fyrirliggjandi gagna úr fyrri rannsóknum á svæðinu voru notuð til að þróa jarðfræðilíkan og hugmyndalíkan af framkvæmdasvæðinu og nærumhverfi þess

[28]. Jarðfræðilíkan auk gagna um mörk jarðsjávar og ferskvatns voru notuð til að þróa reiknilíkön af svæðinu til að meta áhrif niðurdælingar CO<sub>2</sub> í Straumsvík á grunnvatn og geymslugeyminn (viðauki I). Þá voru efnagreiningar notaðar til að framkvæma efnavarmafræðilega útreikninga á samspili basalts, CO<sub>2</sub> og vatns í geymslugeyminum til að meta fýsileika hans fyrir steindabindingu CO<sub>2</sub> [29].





3

Valkostir

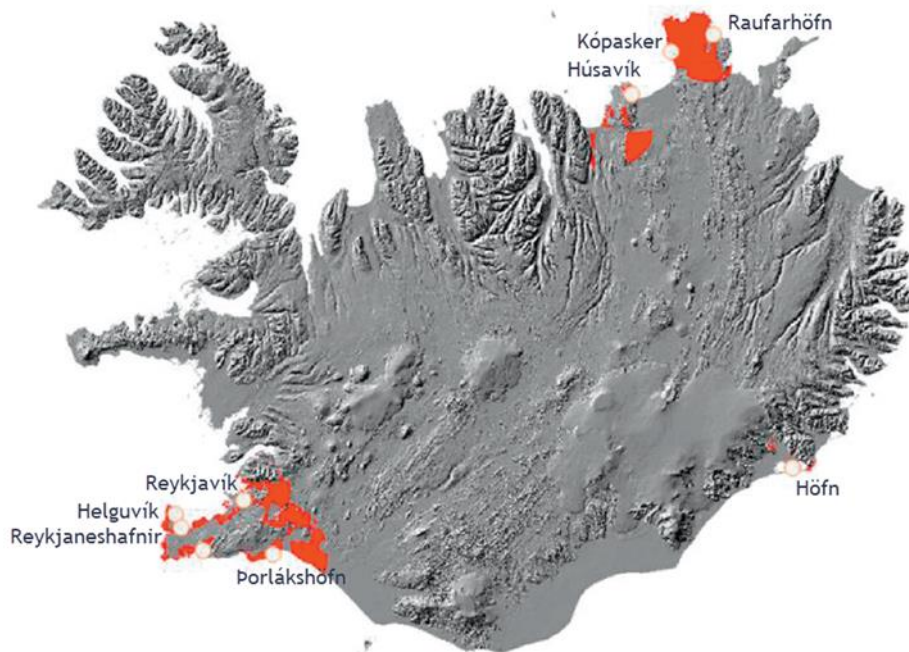
## 3 VALKOSTIR

### 3.1 Staðsetning

Áætlað er að hægt sé að geyma um 400 gíгатonn (Gt) af CO<sub>2</sub> í fersku basalti innan gosbeltisins á Íslandi [30]. Rannsóknir hafa sýnt fram á að í Straumsvík eru kjöraðstæður fyrir starfsemi Coda Terminal þar sem m.a. hafnarmannvirki og dreifikerfi raforku og varma eru til staðar innan 30 km fjarlægðar [17]. Öflugir grunnvatnsstraumar og ferskt og gropið basaltberg er fyrir hendi en einnig var horft til fleiri þátta við valkostagreiningu á staðsetningu Coda Terminal. Forkönnun á skjálftahættu hefur þegar farið fram og benda niðurstöður hennar til þess að hætta á finnanlegri skjálftavirkni á svæðinu sé óveruleg (sjá kafla 8.4.1).

Fyrsta nálgun valkostagreiningar fór fram árið 2014 [17]. Staðsetningar sem komu til greina voru innan við 30 km frá hafnaraðstöðu sem gætu hentað fyrir innflutning á CO<sub>2</sub> og innan rekbeltisins þar sem er að finna ung og gropin basaltbergög (yngri en 0,8 milljón ára) [17]. Horft var til þátta á borð við flutningsleiðir fyrir CO<sub>2</sub> á láði og legi, nálægðar við starfsemi sem losar CO<sub>2</sub>, og fjarlægð frá þéttbýli. Við staðsetningarval voru íbúðabyggð, vatnsverndarsvæði, friðlýst svæði, náttúru- og menningarminjar, þjóðgarðar og almenningsgarðar undanskilin.

Þau svæði sem uppfylltu sett skilyrði spönnuðu í heildina um 2.390 km<sup>2</sup> eða um 2% af landinu (mynd 3.1). Þessi svæði voru í nálægð við hafnaraðstöðu á eftirfarandi stöðum: Höfuðborgarsvæðið (þar með talið Straumsvík), Húsavík, Kópasker, Raufarhöfn, Höfn í Hornafirði, Reykjaneshöfnum, Helguvík, Grindavík og Þorlákshöfn.



**MYND 3.1** Niðurstöður fyrstu valkostagreiningar fyrir staðsetningu móttöku- og geymslustöðva fyrir CO<sub>2</sub> á Íslandi [17]. Rauð svæði tákna svæði sem eru innan við 30 km frá hentugum höfnum og innan rekbeltis þar sem er að finna ung basaltberglög (yngri en 0,8 milljón ára). Hvítir punktar tákna hafnir [17].

Í undirbúningsferli móttöku- og geymslustöðvarinnar Coda Terminal var ákveðið að einskorða staðsetningarval hennar við Suðvesturhorn landsins til að vera í nágrenni við starfstöðvar Carbfix og fyrri verkefni, svo nýta mætti áunna jarðfræðipækkingu, sérfræðipækkingu starfsfólks og stunda viðeigandi vettvangsrannsóknir. Stóð því valið á milli þriggja staðsetninga: Þorlákshafnar, Straumsvíkur og Helgúvíkur.

Endanleg staðsetning Coda Terminal byggðist að lokum á þrepagreiningu þessara valkosta (e. *Analytic Hierarchy Process*) þar sem frumskilyrðum verkefnisins voru gefin ákveðið vægi. Greiningin byggðist á átta frumskilyrðum sem talið var nauðsynlegt að uppfylla til að tryggja framgang verkefnisins. Þessi skilyrði voru eftirfarandi:

1. Tæknilega fýsilegur valkostur út frá skilgreiningum Evrópusambandsins (e. *Technology Readiness Level*) fyrir Carbfix tæknina
2. Nálægð við aðila sem losar mikið CO<sub>2</sub> (aðili á svæðinu eða í nágrenni við svæðið sem gæti nýtt sér innviðina)
3. Aðgengi að vatni til niðurdælingar
4. Lítil hætta á örvaðri skjálftavirkni
5. Aðgengi að raforku (dreifikerfi)
6. Jarðfræðipækking til staðar
7. Flutningsleiðir fyrir CO<sub>2</sub>, bæði á sjó og landi
8. Skilgreint iðnaðarsvæði á skipulagi

Straumsvík hlaut flest stig í valkostagreiningunni, Helgúvík þar á eftir en Þorlákshöfn fæst stig. Í Straumsvík eru sem dæmi öflugir grunnvatnsstraumar og gott aðgengi að fersku vatni. Í Helgúvík og Straumsvík er jarðsjór og þegar valkostagreining var unnin var niðurdæling á CO<sub>2</sub> leystu í sjó ekki hafin



og því enn óvissa um fýsileika aðferðarinnar. Tilraunaniðurdæling hófst á seinni hluta árs 2023 og eru fyrstu niðurstöður jákvæðar. Gert er ráð fyrir að nýta jarðsjó til niðurdælingar í fjórða áfanga uppskölunar Coda verkefnisins.

Í Straumsvík er aðgengi að aðila sem losar mikið af CO<sub>2</sub> sem býður upp föngun frá þeirri starfsemi þegar fram líða stundir. Enginn slíkur aðili er hins vegar í Helguvík og Þorlákshöfn í dag. Mat á hættu á örvaðri skjálftavirkni hafði áhrif á ákvörðun á vali endanlegrar staðsetningar og þar kom Straumsvík best út, enda skjálftavirkni á svæðinu lítil, sjá nánar kafla 8.4.1.

Að tæknilegum þáttum undanskildum var litið til umhverfisáhrifa svo sem nálægðar við iðnaðarsvæði og skipulagðra iðnaðarlóða. Þar skoraði Helguvík hæst en Straumsvík þar á eftir. Með því að horfa til iðnaðarsvæða var litið svo á að hægt væri að lágmarka jarðrask. Þróun hönnunar með tilliti til endanlegra útfærslu borteiga, niðurdælingarhola og skýla yfir þær og annarra bygginga tók mið af niðurstöðum rannsókna, lágmarkun rasks og ásýndaráhrifa, og neikvæðra áhrifa á lífríkið.

### 3.2 Valkostagreining

Í matsáætlun voru settir fram valkostir varðandi lagnir og vegi, útlit geymslutanka fyrir CO<sub>2</sub>, staðsetningu geymslutanka, staðsetningu móttökubyggingar, afmörkun framkvæmdasvæðis og staðsetningu borteiga. Tekin hefur verið ákvörðun um þessi atriði og eru rökin eftirfarandi:

**Lagnir og vegir:** Til skoðunar var að hafa lagnir annað hvort ofan- eða neðanjarðar. Ákveðið hefur verið að hafa lagnir neðanjarðar og er það aðallega gert af öryggis- og rekstrarlegum ástæðum, en jafnframt til að lágmarka áhrif á ásýnd. Með því að hafa lagnirnar neðanjarðar er umtalsvert minni hættu á því að þær verði fyrir skemmdum auk þess sem hitastig þeirra helst jafnara. Að auki voru valkostir varðandi legu lagna og vega skoðaðir en vegir munu liggja samsíða lögnum. Við hönnun á legu lagna og vega var leitast eftir að nýta vegi sem nú þegar eru fyrir á framkvæmdasvæðinu. Til að lágmarka jarðrask er gert ráð fyrir að nýta núverandi vegi sem liggja að borteigum. Vegna borteiga sem ná lengra út í óraskað hraun þarf að leggja nýja vegslóða að hluta til, en gert er ráð fyrir að nýta vegslóða sem eru þar fyrir nú þegar auk þess sem til skoðunar var að leggja vegi og lagnir innan helgunarsvæðis fyrirhugaðra háspennulína. Nánari umfjöllun um lagnir og vegi má sjá í kafla 5.3.

**Útlit geymslutanka fyrir CO<sub>2</sub>:** Til skoðunar voru valkostir varðandi útlit geymslutanka fyrir fljótandi CO<sub>2</sub> sem staðsettir verða á nýrri landfyllingu vegna stækkunar Straumsvíkurhafnar og sneru valkostirnir að stærð, lögun og láréttri eða lóðréttri stöðu þeirra. Ákveðið hefur verið að geymslutankar verði í láréttri stöðu til að lágmarka sjónræn áhrif þeirra. Endanlegri hönnun tanka er ólokið en heildarrúmmál þeirra verður að hámarki 30.000 m<sup>3</sup>. Líklegt er að tankarnir verði að minnsta kosti sex talsins en að hámarki 20, staðsettir hlið við hlið. Heildarrúmmál tankanna verður því alltaf það sama (30.000 m<sup>3</sup>) þó svo að þeir verði fleiri og minni (20 talsins) eða stærri og færri (sex talsins). Í umhverfismatinu er miðað við alls sex tanka vegna þess að búast má við meiri ásýndaráhrifum af þeirri útfærslu en af 20 tönkum. Endanlegar stærðir og fjöldi munu ráðast af þeim tilboðum sem berast frá birgjum.

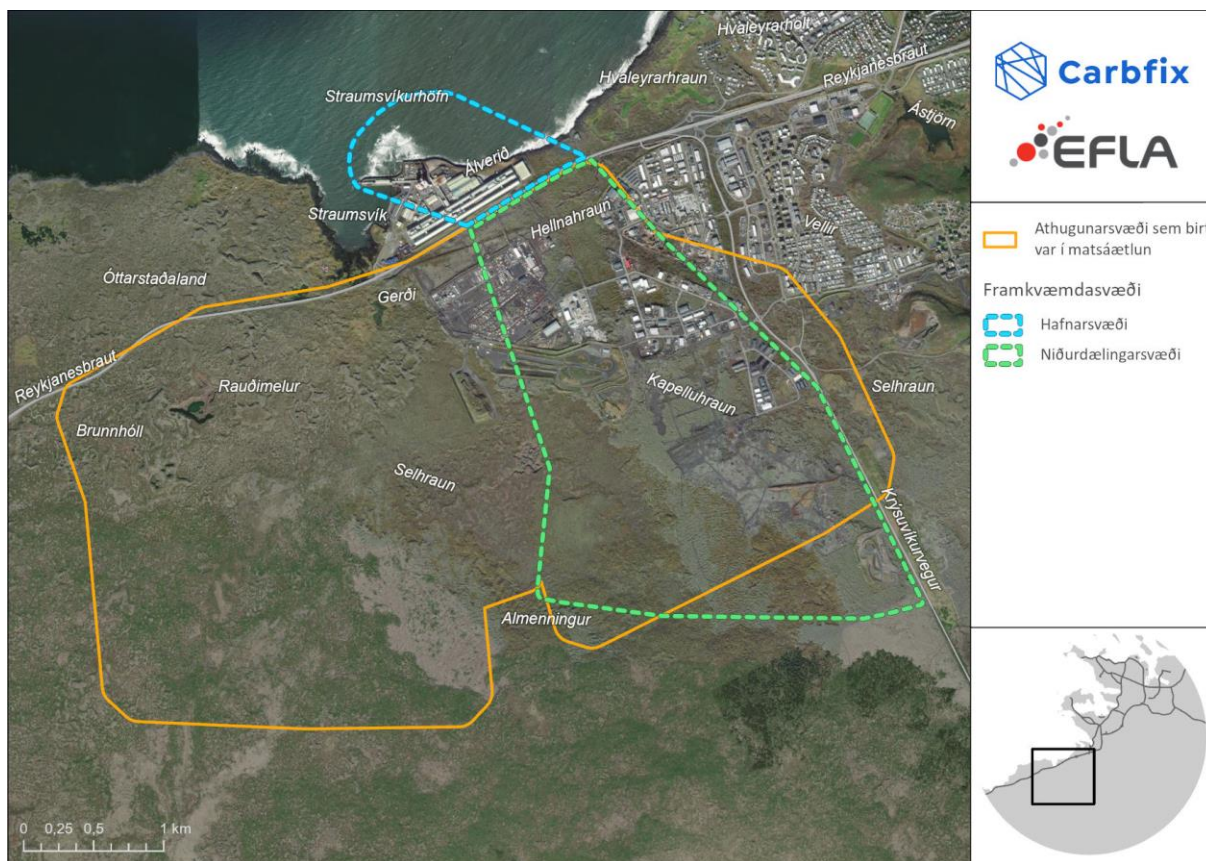
**Staðsetning geymslutanka:** Upphaflega stóð til að staðsetja geymslutanka á landfyllingu við núverandi höfn. Í kjölfarið var gerð greining á dreifingu CO<sub>2</sub> ef til leka úr geymslutönkum kæmi (sjá kafla 8.4.2.). Sem mótvægisáðgerð við dreifingu á mögulegum leka hafa geymslutankar verið færðir norðar á sömu

landfyllingu, nær aðstöðu til affermingar CO<sub>2</sub> á stækkaðri Straumsvíkurhöfn. Með þessu hafa möguleg áhrif af leka frá geymslutönkum verið milduð enn fremur.

Til skoðunar voru einnig valkostir um affermingu og flutning geymslutanka frá Straumsvíkurhöfn að upphaflegri staðsetningu sem krafðist verulegra breytinga á gatnakerfi. Með nýrri staðsetningu geymslutanka verður hægt að afferma geymslutankana frá viðlegukanti Straumsvíkurhafnar sem fyrirhugaður er í 1. áfanga stækkun hafnarinnar og flytja þá beint á endanlega staðsetningu þeirra á lóð Carbfix á nýrri landfyllingu hafnarinnar. Þessi breyting krefst engra breytinga á gatnakerfi.

**Staðsetning móttökubyggingar:** Í matsáætlun var greint frá því að þrír valkostir varðandi staðsetningu móttökubyggingar fyrir Coda Terminal væru til skoðunar. Móttökubyggingin átti að hafa það hlutverk að taka á móti gestum með fræðslu um Coda Terminal. Carbfix hefur ákveðið að víkja frá uppbyggingu móttökubyggingar á þessu stigi en útilokar ekki möguleika á slíkri uppbyggingu í framtíðinni. Því er ekki gert ráð fyrir móttökubyggingu í þessu umhverfismati. Ef af slíkri uppbyggingu verður mun Carbfix miða við að staðsetja móttökubyggingu á nú þegar röskuðu svæði, á skipulagðri lóð nálægt framkvæmdasvæði Coda Terminal. Í stað móttökubyggingar verða borteigar til að byrja með útfærðir á upplýsandi hátt og áfram verður tekið á móti gestum í sýningarsal Carbfix sem hluti af Jarðhitasýningunni í Hellisheiðarvirkjun.

**Afmörkun framkvæmdasvæðis:** Upphaflega var gert ráð fyrir að meta áhrif af þremur útfærslum varðandi dreifingu borteiga innan athugunarsvæðisins, þ.e. það svæði sem upphaflega var til skoðunar og var birt í matsáætlun. Athugunarsvæðið sem var til umfjöllunar í matsáætlun ásamt núverandi framkvæmdasvæði Coda Terminal má sjá á mynd 3.2 og grófar útfærslur að dreifingu borteiga um athugunarsvæðið sem voru til skoðunar má sjá á mynd 3.3.



**MYND 3.2** Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) og athugunarsvæði sem var til umfjöllunar á matsáætlunarstigi (táknað með appelsínugulrí línu). Kort: EFLA, 2024.



**MYND 3.3** Athugunarsvæði sem var til umfjöllunar í matsáætlun (appelsínugul útlína) og grófar, óútfærðar tillögur að dreifingu borteiga fyrir valkost 1, 2 og 3 innan þess (rauðir punktar).

Í kjölfar ítarlegri greininga á athugunarsvæðinu, svo sem á vistgerðum, menningarminjum og vernd, auk rannsókna á geymslugeyminum og vatnajarðfræði svæðisins var tekin ákvörðun um að afmarka framkvæmdasvæðið við austurhluta athugunarsvæðisins. Þar er nú þegar skipulagt svæði undir margvíslega landnotkun, þar með talið iðnað, athafnasvæði, akstursíþróttasvæði, efnistöku/haugsetningu, háspennulínur og tengivirki svo fátt eitt sé nefnt. Að auki hefur stórum hluta hrauns austast á athugunarsvæðinu verið raskað, en eftir því sem vestar dregur er hraunið minna raskað og verndargildi vistgerða hærra. Þá eru þéttari fornminjar á vestanverðu athugunarsvæðinu og meiri nálægð við önnur vernduð svæði, svo sem svæði á náttúruminjasrá. Vegna þessa má búast við minni áhrifum á umhverfispættina jarðmyndanir, vistgerðir, menningarminjar, og verndarsvæði og náttúruminjar en verið hefði við að staðsetja framkvæmdasvæðið á vesturhluta athugunarsvæðisins.

Gert er ráð fyrir að nýta aðeins ferskvatn til niðurdælingar CO<sub>2</sub> í fyrstu þremur áföngum Coda Terminal, og bæði jarðsjó og ferskvatn til niðurdælingar CO<sub>2</sub> í fjórða áfanga. Niðurstöður úr rannsóknarholum nyrst á athugunarsvæðinu sýndu að mörk jarðsjávar og ferskvatns liggja grynna nyrst á athugunarsvæðinu en dýpka eftir því sem sunnar dregur. Niðurstöður rannsóknarborana sýndu fram á að fýsilegast væri staðsetja borteiga fyrir fyrstu áfanga framkvæmdarinnar tiltölulega sunnarlega á athugunarsvæðinu en að síðari áfangar verkefnisins sem m.a. nýta jarðsjó verði staðsettir innan núverandi iðnaðarsvæða og nær strandlínunni. Vert er að taka fram að Carbfix stundar um þessar mundir rannsóknir á niðurdælingu með jarðsjó í Helguvík og mun reynslan af þeirri niðurdælingu verða nýtt á síðari stigum framkvæmdarinnar þegar niðurdæling með jarðsjó hefst.

Í kjölfar þessara niðurstaða hefur svæðið sem var til athugunar verið minnkað úr 1574 ha í 733 ha, eða um 841 ha og miðast endanleg afmörkun framkvæmdasvæðisins nú við umrædda staðsetningu borteiga eftir ítarlega valkostagreiningu á fjölda og dreifingu þeirra um framkvæmdasvæðið, sjá umfjöllun hér að neðan.

**Staðsetning borteiga:** Við staðsetningu borteiga innan framkvæmdasvæðisins var farið eftir gögnum úr rannsóknarborholum ásamt niðurstöðum úr rannsóknum sem framkvæmdar voru í tengslum við umhverfismatið. Þá var horft til landfræðilegra gagna, svo sem aðalskipulags Hafnarfjarðarbæjar, helgunarsvæðis háspennulína, vistgerðarkortlagningar sem unnin var fyrir umhverfismatið og landfræðilegra upplýsinga um menningarminjar. Við endanlega staðsetningu borteiga var leitast við að lágmarka rask á umhverfisþætti þar sem búast má við beinu raski s.s. vistgerðir, jarðmyndanir og menningarminjar. Einnig var tekið mið af verndargildi vistgerða og leitast við að staðsetja borteiga á vistgerðum sem búa yfir lágu eða engu verndargildi. Þar sem nauðsynlegt var að staðsetja borteiga á vistgerð sem býr yfir háu verndargildi þ.e. kjarrskógavist, var litið til krónuþekju vistgerðarinnar. Nánar er fjallað um áhrif á vistgerðir í kafla 8.3.5. Einnig var tekið tillit til áætlaðrar þykktar ferksvatnslinsu á hverjum stað. Við staðsetningarval borteiga var einnig horft til þess að fyrir liggja áform Hafnarfjarðarbæjar um stækkun athafna- og iðnaðarsvæðis til suðurs. Nánar er fjallað um skipulag í kafla 6. Borteigarnir voru auk þess staðsettir með tilliti til þess að halda skilgreindri fjarlægð á milli þeirra þar sem gert er ráð fyrir allt að átta stefnuboruðum niðurdælingarholum á hverjum borteig og þarf því víska fjarlægð á milli þeirra til þess að holuferlar niðurdælingarhola skarist ekki.

Vegna þessara rannsókna og valkostagreiningar eru umhverfisáhrif metin út frá einum valkosti fyrir fjölda og dreifingu borteiga (aðalvalkostur, sjá mynd 1.1) og núllkosti.





# 4

## Staðhættir

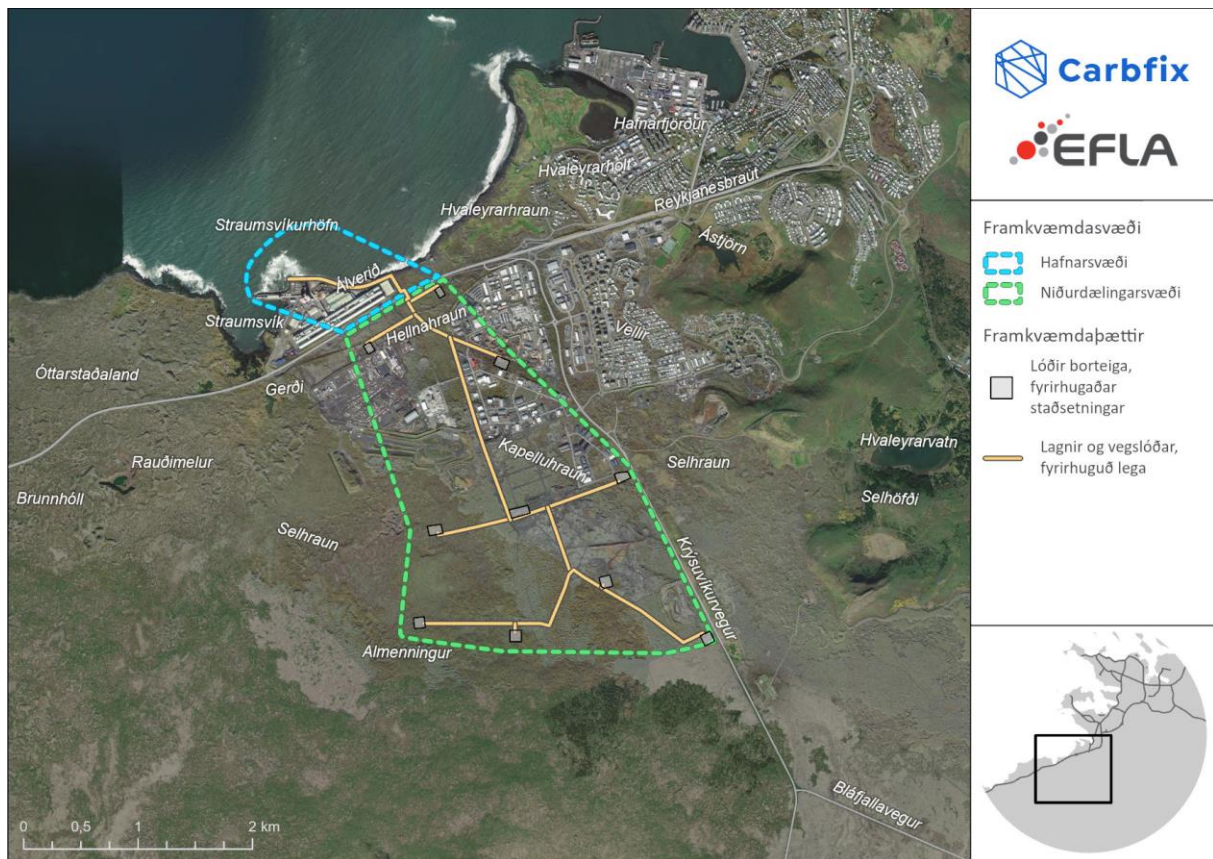
## 4 STAÐHÆTTIR

### 4.1 Framkvæmdasvæði

Framkvæmdasvæði Coda Terminal er staðsett í jaðri Hafnarfjarðar, í nálægð við Straumsvík (mynd 4.1). Álver Rio Tinto er staðsett í Straumsvík og er þar með hafnaraðstöðu. Sunnan álversins liggur Reykjanesbraut og sunnan hennar er athafna- og iðnaðarsvæði Hafnarfjarðar í Kapelluhrauni og Hellnahrauni. Til suðvesturs einkennist svæðið af mosagrónum hraunum á jafnsléttu sem þekja meirihluta Reykjanes. Til norðurs er útsýni yfir Faxaflóa. Sterkur grunnvatnsstraumur rennur úr suðaustri og kemur fram í tjörnum við Straumsvík. Nokkur hraun hafa runnið til sjávar í Straumsvík og næsta nágrenni á nútíma, og njóta þau sérstakrar verndar samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd. Straumsvík og strandlengjan sunnan Straumsvíkur eru auk þess á náttúruminjaskrá [31]. Austan álversins í Straumsvík eru íbúðahverfi Hafnarfjarðar, Hvaleyrarholt og Vellirnir. Þar er einnig golfvöllur Keilis, Hvaleyrarvöllur.

Framkvæmdasvæðið samanstendur af þegar röskuðu, manngerðu landi, kjarrskóga- og lynghraunavist og stendur á nútímahrauni. Framkvæmdin mun breyta landnotkun framkvæmdasvæðis að hluta úr óbyggðu svæði og athafnasvæði í iðnaðarsvæði þar sem mannvirki Coda Terminal verða á skilgreindum iðnaðarreitum í samræmi við breytingu á aðalskipulagi, sjá nánar í kafla 6.1.5.

Framkvæmdasvæði Coda Terminal skiptist í tvo hluta, annars vegar hafnarsvæði og hins vegar niðurdælingarsvæði (mynd 4.1). Mannvirki s.s. geymslutankar, lykilbygging, lagnir fyrir CO<sub>2</sub> frá lykilbyggingu að niðurdælingarsvæði og annar búnaður t.d. affermingarbúnaður og dælustöð verða staðsett á hafnarsvæði. Á niðurdælingarsvæðinu verða allt að 10 borteigar. Lagnir sem flytja CO<sub>2</sub> að borteigum verða niðurgrafnar. Núverandi vegir verða nýttir þar sem lagnir liggja meðfram þeim, að öðru leyti er gert ráð fyrir að leggja þurfi nýja vegslóða meðfram lögnum. Nánar er fjallað um framkvæmdaþætti Coda Terminal í kafla 5.



**MYND 4.1** Fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna ásamt vegslóða að þeim. Staðsetning borteiga, lagna og vegslóða kann að hliðrast til við endanlega hönnun þeirra. Framkvæmdasvæðið nær til þess svæðis sem mannvirki framkvæmdarinnar falla undir, en gert er ráð fyrir að svæði sem raskast muni að hámarki ná 15 m út fyrir miðlínu lagnabeltis og lóðir borteiga. Kort: EFLA, 2024.

Framkvæmdasvæðið er alls 733 ha og nær til þess svæðis sem mannvirki framkvæmdarinnar falla undir en ekki er gert ráð fyrir að allt framkvæmdasvæðið muni raskast í kjölfar framkvæmdarinnar. Búast má við raski sem nemur að hámarki 15 m út frá miðlínu lagna og lóðamörkum borteiga sem er um 44 ha svæði eða 6% af framkvæmdasvæðinu. Mynd 4.1 sýnir ekki endanlegar staðsetningar framkvæmdaþátta en staðsetning borteiga, lagna og vegslóða kann að hliðrast til við endanlega hönnun þeirra. Á mynd 4.2 og mynd 4.3 má sjá ljósmyndir af framkvæmdasvæðinu.





**MYND 4.2** Horft yfir framkvæmdasvæðið, í suðausturátt frá álverinu í Straumsvík. Við sjóndeildarhringinn má sjá Bláfjöll  
Mynd: EFLA, 2023.



**MYND 4.3** Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík með útsýni yfir Faxaflóa. Mynd: EFLA, 2023.



## 4.2 Áhrifasvæði framkvæmdar

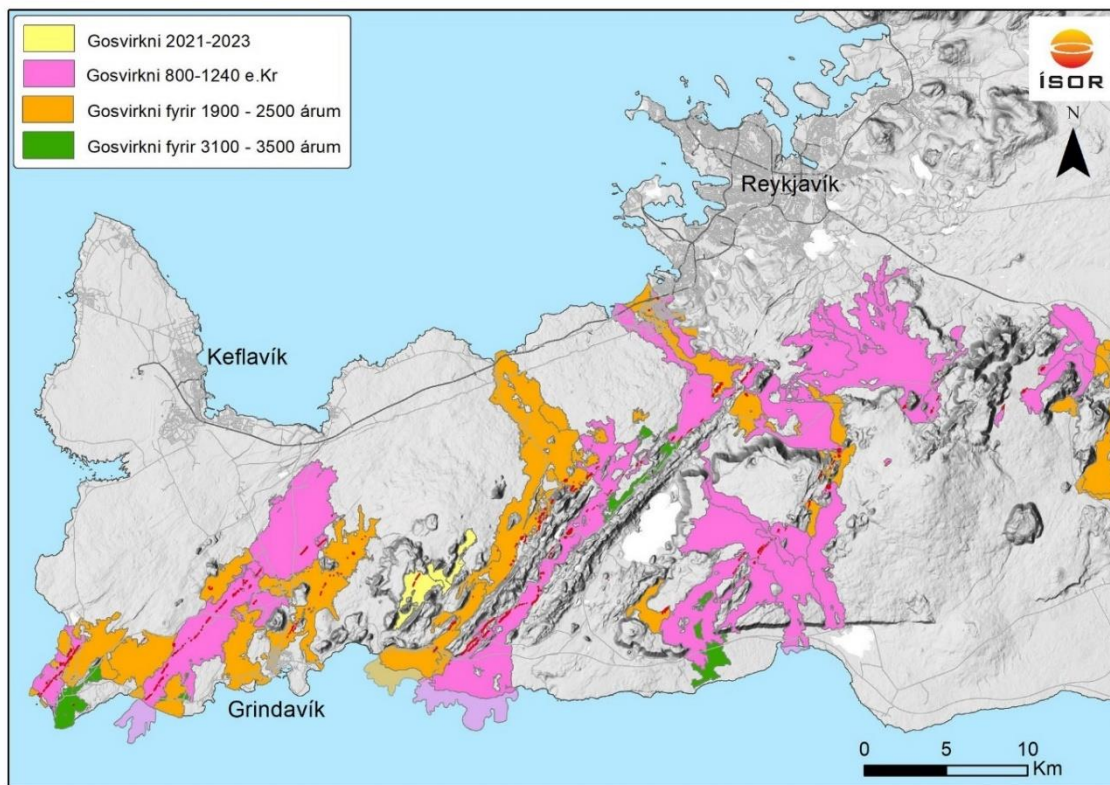
Við mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar var tekið mið af áhrifasvæði framkvæmdarinnar á hvern umhverfisþátt. Áhrifasvæði framkvæmdarinnar er svæði þar sem ætla má að áhrifa af völdum framkvæmdarinnar gæti, bæði á framkvæmdatíma og rekstartíma. Áhrifasvæði framkvæmdarinnar er mismunandi eftir hverjum umhverfisþætti. Sem dæmi má nefna að áhrifasvæðið vegna áhrifa framkvæmdarinnar á umhverfisþættina vistgerðir, jarðmyndanir og menningarminjar kemur til með að takmarkast við það svæði þar sem vænta má að rask verði á yfirborði en áhrifasvæðið vegna áhrifa á loftslag er hnattrænt. Afmörkun áhrifasvæðisins fyrir umhverfisþættina grunnvatn og geymslugeyminn getur náð út fyrir það svæði sem verður fyrir beinu raski ofanjarðar og byggir á líkanreikningum. Fjallað er um áhrifasvæði fyrir hvern umhverfisþátt í kafla 8.

## 4.3 Náttúruvá á Reykjanesi

Möguleg náttúruvá á geymslusvæði Coda Terminal tengist helst eldgosum og jarðskjálftum enda er Reykjanes virkt eldgosa- og jarðskjálftasvæði. Tímabil eldgosa, gliðunarahreyfinga og sniðgengishreyfinga á Reykjaneskaga eru á um 600-800 ára fresti [32].

Á Reykjaneskaga eru eftirfarandi eldstöðvakerfi: Reykjaneskerfið, Svartsengi, Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll og Hengill. Gosið hefur í kerfunum á Reykjaneskaga á um þúsund ára fresti en núverandi gostímabil hófst árið 2021 með eldgos í Fagradalsfjalli [33]. Hraun renna úr gossprungum sem hafa orðið allt að 12 km langar og hafa hraun þakið allt að 40-50 km<sup>2</sup> svæði. Gosvirkni er ekki nærri Straumsvík en hins vegar hafa hraun runnið þangað alloft á nútíma (þ.e. síðustu 11.500 ár), sjá mynd 4.4. Úr kerfunum á Reykjaneskaga eru mestar líkur á hraungosum [34].

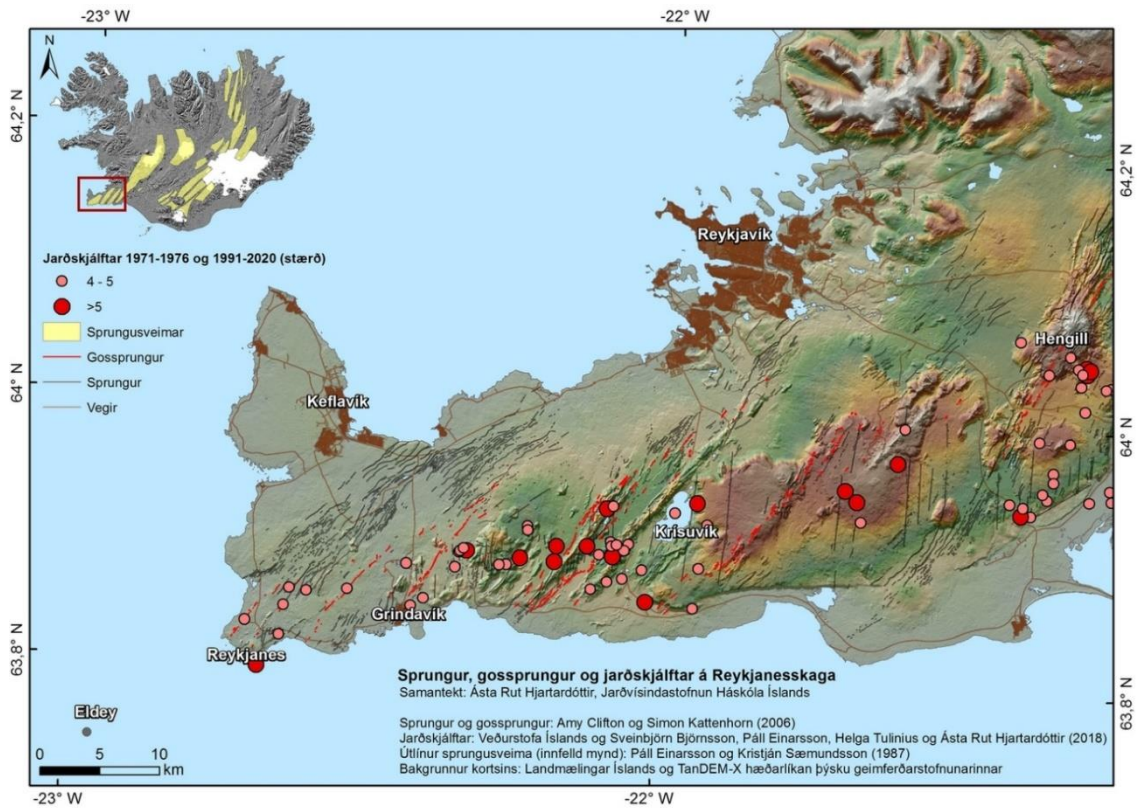
Líklegir farvegir hraunrennslis að Straumsvík eru frá Krýsuvík og Brennisteinsfjöllum [34], [35]. Í ljósi gossögunnar er ekki útilokað að hraun renni til sjávar sunnan Hafnarfjarðar en alls er óvíst hvenær það gæti orðið og engar vísbendingar eru um að slíkt verði í náinni framtíð. Hættumat Veðurstofu Íslands og Almannavarna um mögulega goshættu í byggð er væntanlegt vorið 2024 og verður þá metið hvort þörf sé á varnargörðum til verndar byggðar í Hafnarfirði.



**MYND 4.4** Hraunflæði á Reykjaneskaga í tengslum við gosvirkni fyrir 3100-3500 árum, fyrir 1900-2500 árum, á árunum 8900-1240 og á árunum 2021-2023. Kort: ÍSOR.

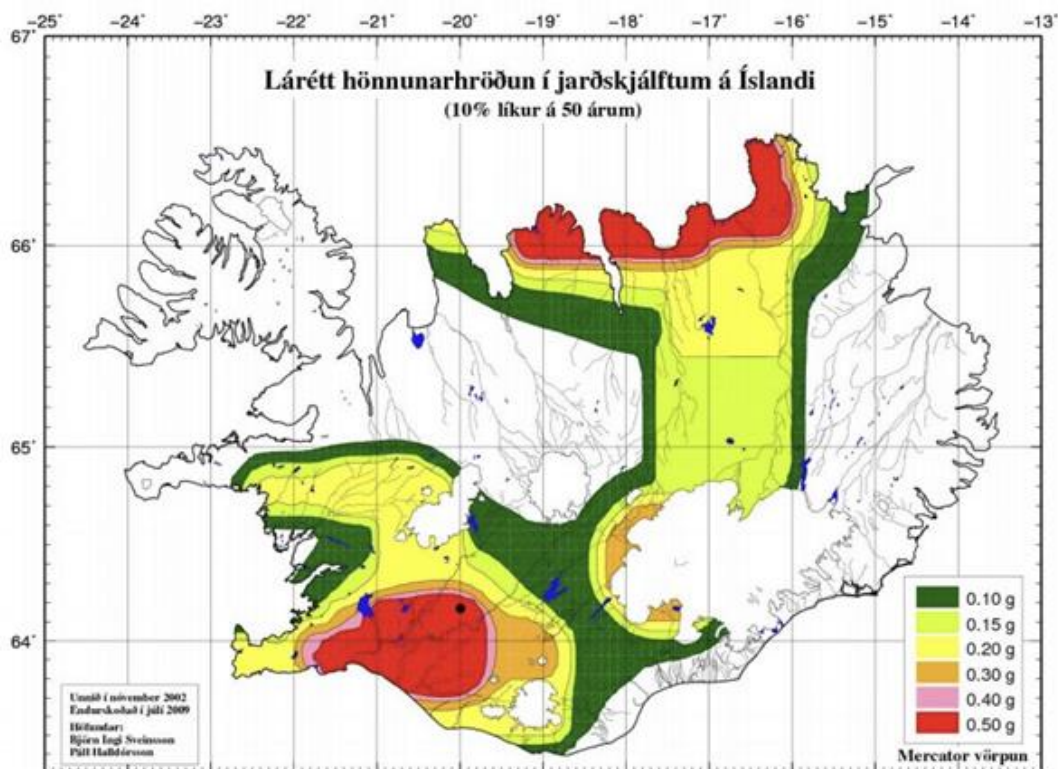
Jarðskjálftavirkni í Straumsvík hefur verið lítil sem engin frá því að jarðskjálftamælingar á Reykjaneskaga hófust [36]. Það er einna helst vegna þess að Straumsvík liggur utan virkra sprungna- og jarðskjálftasvæða en jarðskjálftavirknin er helst bundin við þau svæði [33]. Engin aukin jarðskjálftavirkni hefur mælst í Straumsvík í tengslum við nýliðna atburði í grennd við Grindavík.

Mynd 4.5 sýnir útbreiðslu kortlagðra jarðskjálftaupptaka (>4) á Reykjaneskaga á árunum 1971-1976 og svo 1991-2020 [37]. Þar sést að dreifing þeirra er mest innan gliðnunarbelteisins sem liggur frá Reykjanesi og að Hengli, í stefnu austur-vestur. Stórir jarðskjálftar hafa átt sér stað á þessu belt, m.a. í Brennisteinsfjöllum og við Kleifarvatn en einnig í nágrenni Grindavíkur og Keilis. Það sem orsakar þessa miklu skjálfta eru sniðgengishreyfingar á Suðurlandsbrotabeltinu sem gengur inn á skagann úr austri og svo sniðrekbelti Reykjaneskaga sem kemur á land úr vestri. Skjálftar geta því verið nokkuð stórir í nágrenni framkvæmdasvæðisins en fáar sprungur í nágrenni framkvæmdasvæðisins gefa það til kynna að lítið hnik hefur átt sér stað á síðustu 7000 árum.



**MYND 4.5** Skjálftaupptök >4 að stærð á Reykjaneskaga á árunum 1971-1976 og 1991-2020 [38].

Til að leggja mat á áhrif stórra jarðskjálfta á mannvirki í nágrenni Straumsvíkur var litið til gagna um grunngildi hröðunar á landinu öllu miðað við 10% líkur á 50 árum. Íslandi er skipt upp í fimm svæði m.t.t. lárétts grunngildis hröðunar fyrir stöðugleikagreiningu mannvirkja (mynd 4.6). Framkvæmdasvæði Coda Terminal fellur innan svæðis með 0.15-0.20 g sem þýðir að það séu 10% líkur á jarðskjálfta á næstu 50 árum sem veldur láréttri hröðun sem er 15-20% af þyngdarhröðun Jarðar á þessu svæði og verða byggingar á svæðinu því að taka mið af því.



**MYND 4.6** Kort sem sýnir gildi grunnhröðunar jarðskjálfta á landinu öllu. Gildin miða við að 10% líkur eru á slíkum atburði á næstu 50 árum [37].

Samkvæmt áætlunum IPCC má gera ráð fyrir 0,4-0,6 m sjávarmálshækkun að jafnaði á þessari öld í heiminum og fer hækkunin eftir því hversu mikil hlýnun verður í heiminum [39]. Við hækkaða sjávarstöðu eykst hætta á sjávarflóðum. Horft hefur verið til mögulegrar hækkunar sjávarmáls vegna loftslagsbreytinga og aukinnar hættu á sjávarflóðum í tillögu að breytingu á Aðalskipulagi Hafnarfjarðarbæjar vegna aðstöðu og aðkomu að Straumsvíkurhöfn, umferðarskipulagi og efnistöku [40]. Í rannsókn VSÓ Ráðgjafar á hættusvæðum vegna sjávarflóða var miðað við 4 m sjávarflóð miðað við hæðarkerfi Reykjavíkurborgar og nágrennis [41]. Landfyllingin í Straumsvík mun liggja í um 4,2 m hæð samkvæmt hæðarkerfi Reykjavíkur og því á 4 m sjávarflóð ekki að hafa áhrif á hana.

#### 4.4 Eignarhald

Framkvæmdasvæðið er í eigu þriggja aðila: Rio Tinto, Hafnarfjarðarbæjar og Lands og Skógar (Ríkissjóðs Íslands). Landeigendur eru upplýstir og samþykkir því að land þeirra sé tekið fyrir í umhverfismati.

Í desember 2022 undirrituðu Carbfix, Coda Terminal, Hafnarfjarðarbær og Rio Tinto viljayfirlýsingu um uppbyggingu Coda Terminal. Hluti fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis er í landi Skógræktarinnar (nú Lands og Skógar) í Straumi. Carbfix og Skógræktin (nú Land og Skógar) vinna bæði með sjálfbærni að leiðarljósi og telja að samstarf um nýtingu á umræddu landsvæði falli vel að markmiðum beggja aðila og styðji við sameiginleg áform í loftslagsmálum. Carbfix og Skógræktin (nú Land og Skógar) hafa saman gefið út viljayfirlýsingu um samstarf um umhverfis- og loftslagsvæna landnotkun á landi Skógræktarinnar (nú Lands og Skógar) í Straumi og var hún undirrituð í september 2023.





**5**

**Coda Terminal**

## 5 CODA TERMINAL

Coda Terminal er móttöku- og geymslustöð fyrir CO<sub>2</sub> sem fangað er úr útblæstri frá iðnaði í Evrópu og flutt á fljótandi formi með skipum til Straumsvíkur þar sem því er dælt í geymslutanka á landfyllingu við Straumsvíkurhöfn. Þaðan er því umbreytt í gas og veitt um lagnir að niðurdælingarholum þar sem því er dælt niður í jarðlög. Auk þess er gert ráð fyrir að hægt verði að nýta innviði Coda Terminal til að dæla niður CO<sub>2</sub> sem er fangað frá innlendri stóriðjustarfsemi og CO<sub>2</sub> beint úr andrúmslofti.

Innviðir sem byggja þarf upp fyrir starfsemina eru geymslutankar fyrir CO<sub>2</sub>, affermingarbúnaður og lykilbygging á hafnarsvæði, ásamt stjórnbyggingum og niðurdælingarholum á borteigum. Niðurdælingarholur verða allt að átta saman á borteig og varanlegt skýli yfir hverri borholu. Þá verða lagðir þjónustuvegir að hverjum borteig og lagnir sem munu flytja CO<sub>2</sub> frá höfninni að borteigum.

Coda Terminal verður byggð upp í áföngum. Undirbúningur framkvæmdarinnar hófst um mitt ár 2022 með forhönnun, samtali við hagaðila, vinnu við leyfisferla og skipulagsvinnu. Áætlað er að hefja rekstur árið 2027 og er gert ráð fyrir að Coda Terminal verði fullbyggð árið 2032 og geti þá dælt niður allt að 3 milljónum tonna af CO<sub>2</sub> á ári. Gert verður grein fyrir rekstrartímabili í starfsleyfi til geymslu CO<sub>2</sub>.

Í töflu 5.1 má sjá yfirlit yfir helstu kennistærðir Coda Terminal.

TAFLA 5.1 Helstu kennistærðir fyrirhugaðrar Coda Terminal í fullum rekstri.

	FRAMKVÆMDAÞÆTTIR	KENNISTÆRÐIR
Á hafnarsvæði	<b>Geymslutankar fyrir CO<sub>2</sub>, (u.þ.b. 6 – 20, láréttir)</b>	
	Heildarrúmmál	30.000 m <sup>3</sup>
	Stærð	Fer eftir stærð og fjölda tanka. Áætlað innan við 16 m á hæð, 12 m á breidd og 70 m á lengd
	Geymsluþrýstingur CO <sub>2</sub>	5-18 bör
	<b>Lykilbygging</b>	Allt að 2.100 m <sup>2</sup>
	<b>Efnisþörf vegna fyllingar fyrir lóð Carbfix</b>	20-25.000 m <sup>3</sup> , aðflutt efni
Á niðurdælingarsvæði	<b>Borteigar, allt að 10</b>	
	Stærð meðan á borun stendur	1-1,2 ha, háð stærð lóðar
	Stærð að borun lokinni	0,6-0,7 ha, háð stærð lóðar
	Efnisþörf	Allt að 120.000 m <sup>3</sup> , þ.a. um 20.000 m <sup>3</sup> úr skeringum
	Stjórnbyggingar	102 m <sup>2</sup> , ein á hverjum borteig
	<b>Niðurdæling CO<sub>2</sub></b>	
	Gasþrýstingur á holutoppi	25 bör
	Vatnsþrýstingur	≤ 20 bör*
	<b>Niðurdælingarholur, allt að 8 á hverjum borteig</b>	
	Dýpt	Allt að 1000 m**
Skýli, eitt yfir hverri holu	6 m í þvermál, 3 m á hæð	
Aðrir framkvæmdaþættir	<b>Lagnir</b>	
	Heildarlengd lagnaskurða	Um 11 km
	Vídd CO <sub>2</sub> lagna	200 og 450 mm
	Hitastig gass í lögnum	25°C
	Efnisþörf	Um 45.000 m <sup>3</sup> , aðflutt efni
	<b>Nýir vegslóðar</b>	
	Heildarlengd vegslóða	Um 8 km
	Breidd	3,5-4 m
	Efnisþörf	75.000 m <sup>3</sup> , þ.a. um 30.000 m <sup>3</sup> úr skeringum
	<b>Varmaorka</b>	Allt að 32 MW <sub>th</sub> ***
	<b>Aflþörf</b>	Allt að 16,5 MWe***
	<b>Vatnsnotkun</b>	
	Kaldavatnsnotkun til niðurdælingar	Allt að 1.996 L/s***
	Jarðsjór (4. áfangi) til niðurdælingar	Allt að 927 L/s***
	Heitavatnsnotkun til uppgösunar	Allt að 123 L/s***

\* Vatnsþrýstingur kemur til með að ráðast af eiginleikum og viðtöku bergsins á hverjum stað.

\*\* Dýpt niðurdælingarholu fer eftir niðurdælingargetu hverrar holu og viðtöku bergsins.

\*\*\* Stærðir miðast við full afköst Coda Terminal (4. áfangi). Í tafla 5.2 er gerð grein fyrir áfangaskiptingu framkvæmdarinnar.

## 5.1 Áfangaskipting

Coda Terminal verður byggð upp í fjórum áföngum þar sem heildarniðurdælingargetan er aukin með 18 mánaða millibili og tekur umhverfismatið til allra fjögurra áfanganna. Áætlað er að hefja rekstur 1. áfanga árið 2027 og er áætlað að niðurdælingargetan verði þá allt að 0,7 milljón tonn af CO<sub>2</sub> árlega. Í 2. áfanga verður niðurdælingargetan aukin í allt að 1,4 milljón tonn af CO<sub>2</sub> árlega, í 3. áfanga verður niðurdælingargetan allt að 2,1 milljón tonn af CO<sub>2</sub> árlega og í 4. áfanga, sem áætlað er að gangsetja árið 2032 verður niðurdælingargetan allt að 3 milljónir tonna af CO<sub>2</sub> árlega.

Áður en starfsemi hefst í fyrsta áfanga verða holur boraðar og prófaðar til að meta afköst þeirra sem og geymslugeymisins. Holum verður bætt við þangað til heildarniðurdælingargeta fyrsta áfanga næst, eða um 0,7 milljón tonn á ári. Við borun hverrar holu eykst skilningur á eðli geymslugeymisins sem nýtist til að staðfesta holustaðsetningar fyrir næstu áfanga verkefnisins. Þegar fullri niðurdælingargetu fyrir hvern áfanga er náð hefst vinna við að undirbúa næsta áfanga, m.a. með borun niðurdælingarhola, með það að markmiði að geta hafið niðurdælingu fyrir næsta áfanga að 18 mánuðum liðnum. Þannig er gert ráð fyrir að geta hafið reksturs hvers áfanga í fullum afköstum með 18 mánaða millibili.

Unnið er að því að staðsetja holur fyrir fyrsta og annan áfanga verkefnisins. Þegar fyrsti áfangi verður gangsettur verður fjöldi og staðsetning hola í öðrum áfanga endurskoðuð eftir þörfum í samræmi við viðbrögð geymslugeymisins við niðurdælingu. Sama á við um niðurdælingarmagn á hverjum borteig og hverja holu en hægt verður að stilla magnið að einhverju leiti þegar starfsemi hefst. Rekstrarreynsla sem fæst í hverjum áfanga verður þannig nýtt til að skipuleggja fyrirkomulag niðurdælingar í þeim áföngum sem á eftir koma.

Megináhersla þess að byggja Coda Terminal upp í fyrirfram skilgreindum og ákveðnum skrefum er að safna gögnum og greina, fá rekstrarreynslu og draga lærdóm af hverjum áfanga áður en sá næsti er gangsettur. Þessi áfangaskipting ásamt yfirgrípsmikilli vöktun (sjá kafla 10) eru saman ein helsta og mikilvægasta mótvægisáðgerð hugsanlegra áhrifa framkvæmdarinnar á umhverfi sitt. Áfangaskiptingin er jafnframt skipulögð í takt við uppbyggingarhraða innviða á hafnarsvæðinu í Straumsvík, aðgengi að skipum til flutnings á CO<sub>2</sub>, og hugsanlegum hraða á uppbyggingu niðurdælingarkerfisins.

Í fyrsta áfanga er gert ráð fyrir u.þ.b. 1 kg/s af CO<sub>2</sub> og 28 kg/s af vatni í hverja holu þar sem holutoppsprýstingur á vatnshlið getur orðið allt að 20 bar-g og á gashlið allt að 25 bar-g. Þegar nýjar holur eru teknar í rekstur verður vatnsáðæling aukin í skrefum þangað til rekstrarprýstingi á holutoppi er náð. Þegar ákjósanlegu vatnsflæði og þrýstingi er náð er opnað fyrir CO<sub>2</sub> og því hleypt inn í vatnsstrauminn. Afkastageta borhola verður nokkuð breytileg þar sem jarðfræðilegir eiginleikar hverrar holu ráða viðtöku og því er fjöldi borhola ekki fastákveðinn að svo stöddu en verður þó að hámarki 24 í 1. áfanga. Ádælingarpróf verður framkvæmt í borlok fyrir hverja niðurdælingarholu. Gögn úr þessum prófunum verða notuð til að ákvarða niðurdælingargetu. Niðurdælingargeta við upphaf 1. áfanga verður 0,7 milljón tonn CO<sub>2</sub> á ári, sem tekur mið af flutningsgetu skipa að Coda Terminal. Gert er ráð fyrir að nota ferskvatn fyrir niðurdælingu í fyrstu þremur áföngunum og jarðsjó í þeim fjórða. Í fyrsta áfanga Coda Terminal er gert ráð fyrir að borteigar verði allt að þrír, og verða borteigar allt að tíu talsins þegar fullum afköstum verður náð.



Í töflu 5.2 er áfangaskipting Coda Terminal sýnd fyrir niðurdælinguna og aðra tengda þætti.

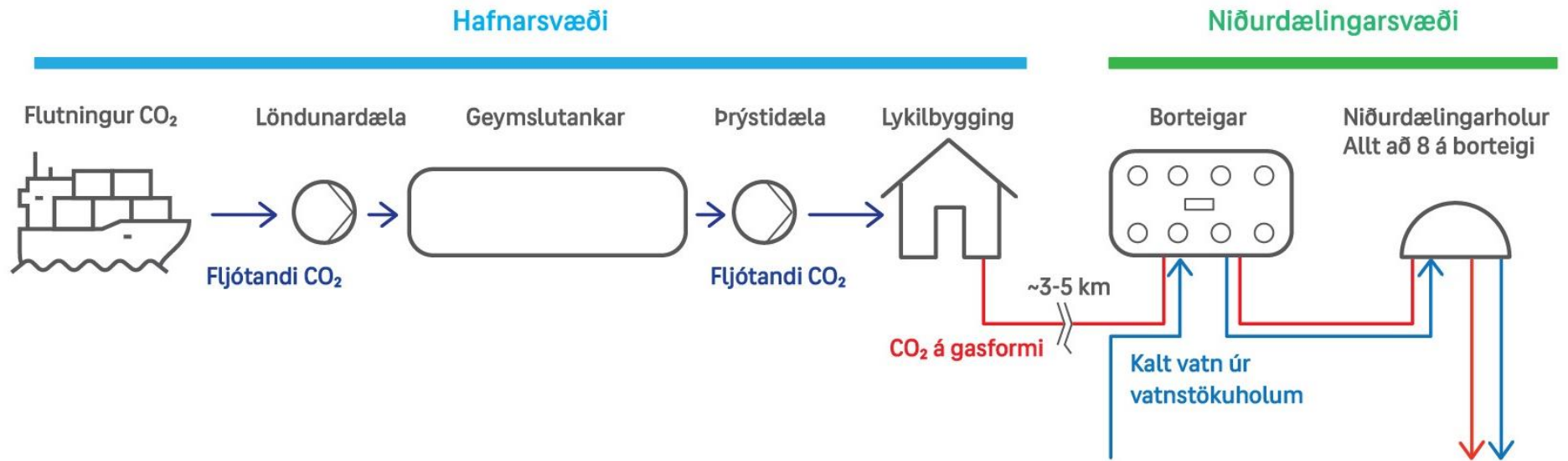
**TAFLA 5.2** Áfangaskipting uppbyggingar Coda Terminal.

	1. ÁFANGI	2. ÁFANGI	3. ÁFANGI	4. ÁFANGI
Upphafsrar uppbyggingar	2027	2029	2030	2032
Aukning CO <sub>2</sub>		0,7 milljón tonn	0,7 milljón tonn	0,9 milljón tonn
Niðurdæling alls (CO <sub>2</sub> /ári)	0,7 milljón tonn	1,4 milljónir tonna	2,1 milljónir tonna	3 milljónir tonna
Borteigar alls	3	6	7	10
Niðurdælingarholur alls	24	48	56	Allt að 80
Vatnstökuholur alls	Um 12	Um 18	Um 28	Allt að 32
Kaldavatnsnotkun til niðurdælingar (L/s)	Um 665	Um 1.331	Um 1.996	Allt að 1.996*
Jarðsjór til niðurdælingar (L/s)	0	0	0	Allt að 927*
Heitavatnsnotkun til uppgösunar (L/s @ 80°C)	26	51	82	123
Varmaorka (MW <sub>th</sub> )	7,93	15,86	23,80	31,72
Aflþörf (MWe)	4	7,5	11	16,5

\*Miðað við að jarðsjór sé notaður til niðurdælingar í 4. áfanga verkefnisins

## 5.2 Niðurdælingarferli Coda Terminal

Á mynd 5.1 má sjá einfaldaða skýringarmynd af ferli niðurdælingar Coda Terminal.



MYND 5.1 Einfölduð skýringarmynd af ferli niðurdælingar á CO<sub>2</sub> í Coda Terminal.

## 5.2.1 Hafnarsvæði

### 5.2.1.1 Flutningur CO<sub>2</sub> og afferming

CO<sub>2</sub> verður fangað frá stóriðju í Evrópu og flutt með tankskipum til Íslands. Gert er ráð fyrir að skipin leggist að við nyrsta hluta fyrirhugaðrar stækkunar Straumsvíkurhafnar. Mögulega staðsetningu tankskipa má sjá á mynd 5.2 og mynd 5.3. Afferming fer fram með affermingarörmum sem settir verða upp við þann viðlegukant hafnarinnar sem eingöngu verður ætlaður til affermingar á CO<sub>2</sub>. Við affermingu er fljótandi CO<sub>2</sub> dælt úr tankskipum í gegnum einangrað lagnakerfi með löndunardælu að geymslutönkum sem staðsettir verða á landfyllingu á hafnarsvæðinu.

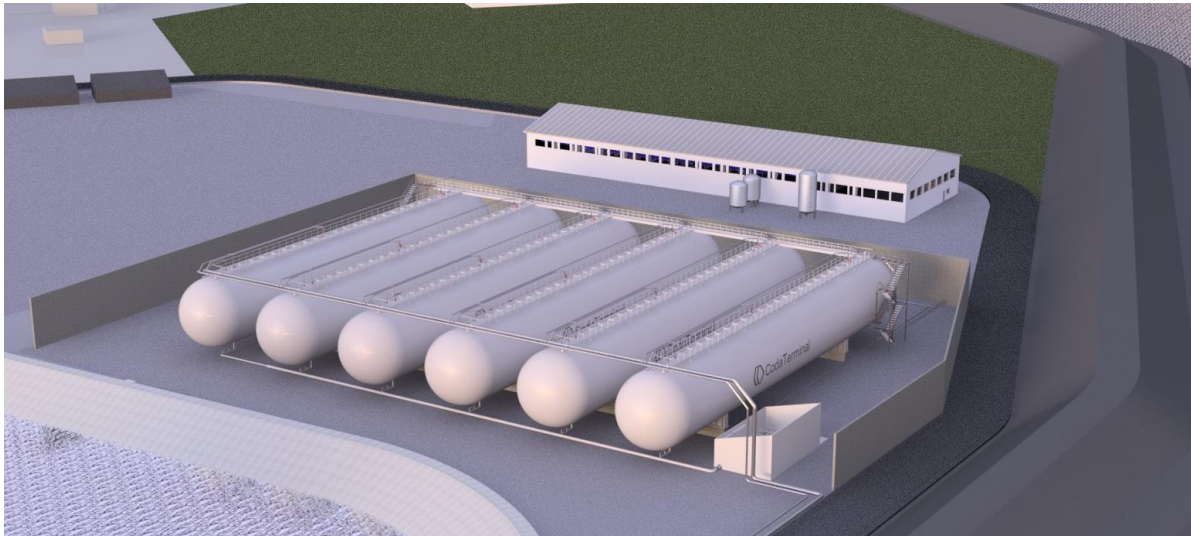
Í fyrstu áföngum verkefnisins munu skipin flytja CO<sub>2</sub> við meðalþrýsting, þ.e.a.s. við 12-19 bör. Í síðari áföngum er mögulegt að tekið verði á móti lágþrýstum skipum sem flytja CO<sub>2</sub> við 5-7 bör. CO<sub>2</sub> straumurinn verður á vökvaformi og því undir frostmarki eða um -35°C fyrir skip á meðalþrýstingi eða um -55°C á lágþrýstum skipum.

### 5.2.1.2 Geymslutankar CO<sub>2</sub>

Geymslutankar CO<sub>2</sub> á hafnarsvæðinu verða staðsettir hlið við hlið á landfyllingu við Straumsvíkurhöfn. Geymslutankarnir verða að minnsta kosti sex talsins og að hámarki 20. Samtals munu þeir rúma um 30.000 m<sup>3</sup> af CO<sub>2</sub> og þurfa allir tankar að rúmast innan 1,5 ha svæðis. Endanlegar stærðir og fjöldi munu ráðast af þeim tilboðum sem berast frá birgjum. Umhverfismatið tekur mið af forhönnun þar sem reiknað er með a.m.k. sex geymslutönkum. Gert er ráð fyrir að tankarnir verði sívalningslaga og í láréttri legu. Geymslutankarnir koma til með að standa á söðlum sem verða boltaðir í annan endann niður í steipt undirlag. Áætlað er að hámarksrúmmál hvers tanks verði 5.000 m<sup>3</sup> og er þá gert ráð fyrir að stærð þeirra verði innan við 12 m á breidd og allt að 70 m að lengd. Áætlað er að heildarhæð tanks verði undir 16 m en fordæmi eru fyrir mun hærra mannvirkjum á svæðinu. Sem dæmi eru súrálssíló Rio Tinto í Straumsvík 54 m og 57 m á hæð og hæsti hluti álversins er 69 m á hæð. Dæmi um uppsetningu geymslutanka má sjá á mynd 5.2 og mögulega staðsetningu þeirra á landfyllingu má sjá á mynd 5.3.

Geymslutankarnir verða allir teknir í notkun frá og með 1. áfanga. Geymslutankarnir eru ætlaðir til að jafna sveiflur á birgðum CO<sub>2</sub> sem verða við sjóflutninga. Flæðið úr tönkunum verður jafnt þó flæðið inn í þá ráðist af skipaferðum, en áætlað er að skip sé affermt á innan við 18 klukkustundum.

Þrýstingur tankanna getur verið allt frá 5 börum ef tekið verður á móti lágþrýstum skipum og upp í 19 bör fyrir meðalþrýst skip og hitastig á bilinu -55°C til -25°C. Hönnunarþrýstingur og -hitastig er aftur á móti 22 bör og -80°C til að auka öryggi hönnunarinnar. Ef svo ólíklega vill til að þrýstingur í tönkunum fari upp í hönnunarþrýsting eru þeir einnig varðir með öryggislokum sem koma í veg fyrir yfirþrýsting. Tankarnir verða einangraðir og klæddir veðurkápu en tilgangur einangrunarinnar er að lágmarka varmaflutning til umhverfisins og að sama skapi auka öryggi starfsfólks við umgengni enda er vökvinn mjög kaldur.



**MYND 5.2** Dæmi um uppsetningu tanka á hafnarsvæðinu. Tankarnir á myndinni eru um 14 m á hæð, 10 m á breidd og 70 m langir sem þykir líkleg stærð. Söðlar eru á báðum endum tankanna sem verða boltaðir við steipta undirstöðu. Lykilbyggingin á myndinni er um 26 m á lengd og 84 m á breidd.

Umhverfis tankana verða veggir sem opnir eru til sjávar og er tilgangur þeirra að vernda starfsfólk og nærliggjandi iðnað ef upp kæmi leki á tanksvæðinu (mynd 5.2). Að auki verða gasmælar í rýminu og kemur starfsfólk einnig til með að bera gasmæla. Áætlað er að veggirnir verði innan við 10 m á hæð en það er byggt á núverandi hermunum á gasdreifingu sem gæti breyst lítillega þegar endanleg lögung og staðsetning tankanna liggur fyrir. Nánar er gerð grein fyrir niðurstöðum hermana á gasdreifingu í kafla 8.4.2.

Innan varnarveggjanna verður dælustöð sem flytur fljótandi CO<sub>2</sub> úr geymslutönkunum í uppgösun sem fer fram í lykilbyggingu. Dælurnar munu auka þrýsting CO<sub>2</sub> straumsins frá geymsluþrýstingnum upp í 30-40 bör eftir því hver ákjósanlegur niðurdælingarþrýstingur verður. Dæluaðstaðan mun liggja neðar en neðsti punktur tankanna og því sennilegt að henni verði komið fyrir í gryfju innan byggingar. Er það gert af öryggisástæðum þar sem CO<sub>2</sub> er eðlisþyngra en andrúmsloft og myndi því leita niður í gryfjuna ef leki yrði úr geymslutönkunum.

#### 5.2.1.3 Lykilbygging

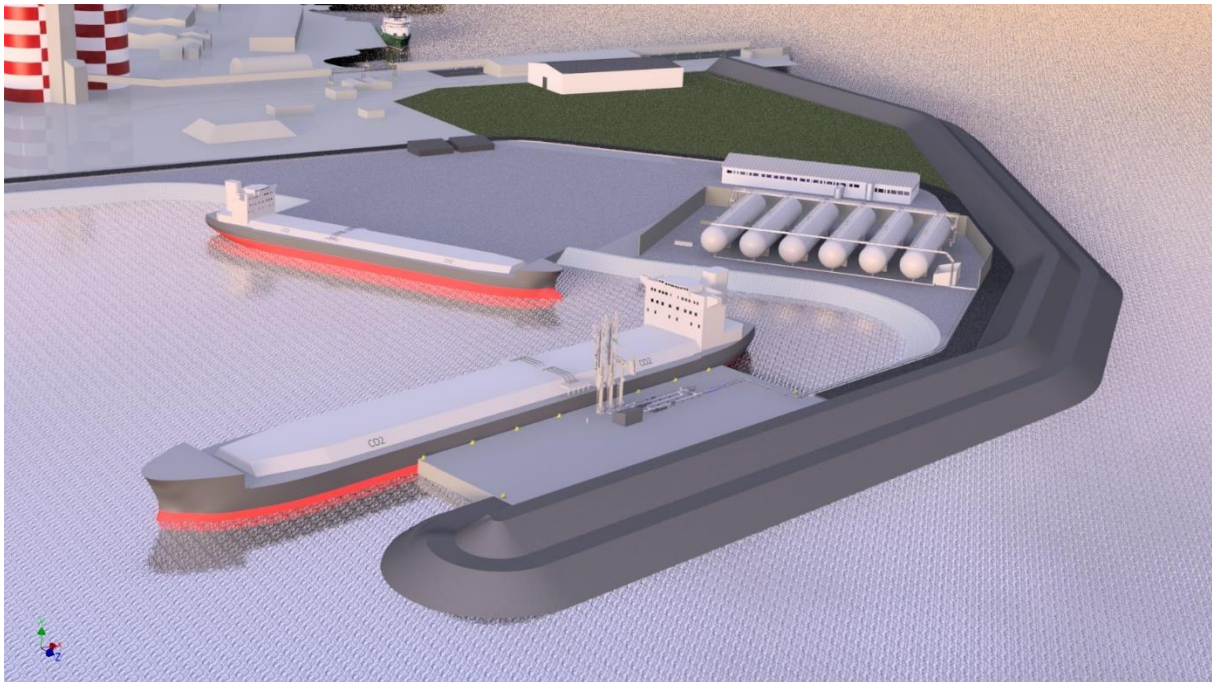
Frá geymslutönkunum verður CO<sub>2</sub> straumi dælt með þrýstiaukadælu upp í um 30-40 bör yfir í lykilbyggingu. Þar verður CO<sub>2</sub> straumnum umbreytt úr vökvaformi yfir í gasfasa og hann yfirhitaður upp í um 18 °C áður en hann er fluttur eftir lögnum til niðurdælingar til þess að lágmarka líkur á því að það þéttist aftur yfir á vökvaformi á lagnaleiðinni frá lykilbyggingu að borteigum. Fasabreytingin er nauðsynleg svo hægt sé að dæla niður CO<sub>2</sub> á gasformi, en tekið er við CO<sub>2</sub> þegar það kemur til landsins á vökvaformi og er hitastig þess þá um -35°C til -55°C.

Fasabreytingin á sér stað með aðstoð eininga sem samanstanda af varmaskiptum (uppgufara, yfirhitara) og glýkól-hringrásarkerfi. Einingunum verður fjölgað eftir því sem niðurdælingargeta eykst, frá tveimur til þremur einingum í 1. áfanga upp í allt að átta þegar fullum afköstum er náð í 4. áfanga en byggingin verður frá upphafi byggð til að rúma allar átta einingar. Heitt vatn verður notað til að hita



upp glýkól í um 25°C og verður það notað til flutnings á varmaorku úr heita vatninu yfir í CO<sub>2</sub> strauminn í lokaðri hringrás. Gert er ráð fyrir að nota 80°C vatn frá hitaveitu til upphitunar, en einnig er stefnt að því að nýta glatvarma frá nálægum iðnaði gerist þess kostur og þannig draga úr þörf á heitu vatni úr hitaveitukerfinu. Heita vatninu verður hringrásað yfir glýkól hitarana til að auka nýtingu vatnsins og nýta varma eins og hægt er. Þá er reiknað með að heita vatnið verði nýtt niður í 5-10°C. Gert er ráð fyrir að heitavatnspörf verði um 27 L/s í 1. áfanga, 53 L/s í 2. áfanga, 82 L/s í 3. áfanga og 123 L/s við full afköst árið 2032. Nánar er fjallað um heitavatnsnotkun framkvæmdarinnar í kafla 5.4.

Í lykilbyggingu verður að auki verkstæðisaðstaða, lagerrými, tæknirými, rafmagnsrými og stjórnrymi ásamt starfsmannaaðstöðu. Áætlað er að um stálgrindarhús verði að ræða, byggt á steiptum grunni og að mestu leyti á einni hæð fyrir utan milliloft sem nýtt verður fyrir starfsmannaaðstöðu og stjórnrymi. Gert er ráð fyrir að byggingin verði með stálklæðningu. Áætlað að byggingin verði innan við 2.500 m<sup>2</sup> að grunnfleti, um 26 m á breidd og um 84 m á hæð. Á mynd 5.3 má sjá hugsanlega staðsetningu lykilbyggingar á landfyllingu, ásamt mögulegri staðsetningu tankskipa og geymslutanka. Áætluð efnispörf vegna fyllinga fyrir byggingar er 20-25.000 m<sup>3</sup> og gert ráð fyrir að það efni verði aðflutt, en sú framkvæmd er hluti af umhverfismati stækkunar hafnarsvæðisins í Straumsvík.



**MYND 5.3** Yfirlitsmynd af fyrirhugaðri staðsetningu geymslutanka og lykilbyggingar við stækkaða höfn í Straumsvík. Til hægri á mynd sést tankskip liggja við viðlegukant ætlaður Carbfix, en til hægri má sjá skip á nýjum viðlegukanti sem er fyrirhugaður hjá Hafnarfjarðarhöfn en tengist ekki starfsemi Carbfix. Í bakgrunni sést álverið í Straumsvík.

#### 5.2.1.4 Samsetning efnisstraums

CO<sub>2</sub> straumurinn mun samanstanda af a.m.k. 99,81% CO<sub>2</sub>. Það er í samræmi við tilskipun Evrópusambandsins um geymslu koltvísýrings í jörðu (e. *Carbon dioxide capture and geological storage (CCS) directive*) [42] og 11. gr. reglugerðar 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu. Gert er ráð fyrir að CO<sub>2</sub> straumurinn geti innihaldið snefilefni úr uppsprettunni, framleiðsluferlinu og/eða fönguninni í samræmi við framangreint regluverk og er svo háttáð í sambærilegum verkefnum sem snúa að föngun og geymslu CO<sub>2</sub>. Við niðurdælingu verður alþjóðlegri og innlendri löggjöf framfylgt, svo sem 33. gr. laga

nr. 7/1998 um mengunarvarnir og hollustuhætti, sem fjallar um geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu, lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011, reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun og reglugerðum nr. 796/1999 og nr. 797/1999 um varnir gegn mengun vatns og grunnvatns.

Verkefni er snúa að föngun, flutningi og geymslu koldíoxíðs eru í stöðugri og hraðri þróun og eru mörg sameiginleg verkefni í gangi með það að leiðarljósi að þróa staðla, þ.m.t. staðal fyrir samsetningu CO<sub>2</sub> straums auk aðferða við mælingar á hreinleika hans. Í alþjóðlega staðlinum ISO/TC 265 um föngun, flutning og geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu (e. *Carbon dioxide capture, transportation and geological storage*) er gert ráð fyrir að CO<sub>2</sub> straumurinn innihaldi ≥95 mól%. Það má þó reikna með að gerðar verða strangari kröfur til hreinleika CO<sub>2</sub> sem flutt er á vökvaformi, bæði til þess að fyllsta öryggis sé gætt og til að fyrirbyggja tæringu flutningsmiðla.

Northern Lights verkefnið í Noregi gaf í febrúar 2024 út uppfærða forskrift fyrir samsetningu CO<sub>2</sub> straums sem tekið verður á móti og dælt niður í setlög í Norðursjó. Forskriftn hefur verið í þróun um nokkurra ára skeið, með aðkomu um 75 sérfræðinga, og fellur vel að markmiðum Coda Terminal verkefnisins bæði hvað varðar hverfandi neikvæð umhverfisáhrif og búnað sem nýttur er til móttöku og niðurdælingar CO<sub>2</sub>. Carbfix mun því fylgja henni fyrir Coda Terminal verkefnið þar til leiðbeiningar Evrópusambandsins um efnasamsetningu CO<sub>2</sub> straums til geymslu í jörðu lítur dagsins ljós.

Efnasamsetning CO<sub>2</sub> straumsins verður skilgreind í umsókn um starfsleyfi sem unnin verður á grundvelli laga nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og reglugerðar nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu.

Líkt og fram kemur í kafla 10 um vöktun og stýringu mun Carbfix mun gera kröfu um afhendingu efnagreiningar CO<sub>2</sub> straums fyrir affermingu í Straumsvík. Að auki mun Carbfix mæla hreinleika CO<sub>2</sub> straums fyrir dælingu í geymslutanka Coda Terminal, til að ganga úr skugga um að hann uppfylli kröfur um samsetningu í samræmi við skilgreiningu í starfsleyfi til geymslu.

Í töflu 5.3 má sjá möguleg snefilefni og hámarksstyrk þeirra í CO<sub>2</sub> straumi.

**TAFLA 5.3** Viðmiðunargildi fyrir hámarksstyrk efna í gasi til niðurdælingar í Coda Terminal byggt á forskrift Northern Lights verkefnisins sem hefur verið í þróun sl. ár með aðkomu um 75 sérfræðinga, en forskriftn var birt í febrúar 2024 [43].

EFNI	EINING	HÁMARKSSTYRKUR
Koldíoxíð (CO <sub>2</sub> )	mól-%	Jafnvægi (>99,81%)
Vatn (H <sub>2</sub> O)	ppm-mól	≤30
Súrefni (O <sub>2</sub> )	ppm-mól	≤10
Vetni (H <sub>2</sub> )	ppm-mól	≤50
Metan (CH <sub>4</sub> )	ppm-mól	≤100
Nitur (N <sub>2</sub> )	ppm-mól	≤50
Argon (Ar)	ppm-mól	≤100
Kolmónoxíð (CO)	ppm-mól	≤100
Köfnunarefnisoxíð/-díoxíð (NO <sub>x</sub> )	ppm-mól	≤1,5
Brennisteinsoxíð (SO <sub>x</sub> )	ppm-mól	≤10
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	ppm-mól	≤9
Ammoníak (NH <sub>3</sub> )	ppm-mól	≤10
Amín	ppm-mól	≤10

EFNI	EINING	HÁMARKSSTYRKUR
Formaldehýð (CH <sub>2</sub> O)	ppm-mól	≤20
Acetaldehýð (CH <sub>3</sub> CHO)	ppm-mól	≤20
Metanól (CH <sub>3</sub> OH)	ppm-mól	≤30
Etanól (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	ppm-mól	≤1
Mónó-Etýlen Glýkól (MEG)	ppm-mól	≤0,005
Önnur VOC <sup>1</sup>	ppm-mól	≤10
BTEX <sup>2</sup>	ppm-mól	≤0,5
Vetniskolefni (C <sub>3</sub> - C <sub>9</sub> ) <sup>3</sup>	ppm-mól	≤1100
Etan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	ppm-mól	≤75
Etýlen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	ppm-mól	≤0,5
Sýaníð (HCN)	ppm-mól	≤100
Kvikasilfur (Hg)	ppm-mól	≤0,0003
Kadmíum (Cd) + Þalíum (Pb)	ppm-mól	≤0,03
Agnir á föstu formi	µm	≤1

- 1) Heildarmagn rokgjarna lífræna efnasambanda (VOC) annarra en þau sem eru skráð sérstaklega (þ.e. Metanól, etanól, formaldehýð, acetaldehýð, vetniskolefni og BTEX).
- 2) BTEX eru eftirfarandi efnasambönd: Bensen, Tólúen, Etýlbensen og Xýlen.
- 3) Hámarksstyrkur fyrir einstaka hópa eru: C<sub>3</sub> < 1100 ppm-mól, C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> < 815 ppm-mól, C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub> < 75 ppm-mól, C<sub>8</sub>-C<sub>9</sub> < 8 ppm-mól. C<sub>10</sub>+ eru ekki leyfð.

## 5.2.2 Niðurdælingarsvæði

### 5.2.2.1 Borteigar

Frá lykilbyggingunni fer CO<sub>2</sub> straumurinn í sérhannað og niðurgrafið lagnakerfi sem flytur hann að borteigum í stjórnbyggingar og þaðan að niðurdælingarholum. Innan hvers borteigs verða:

- Allt að átta niðurdælingarholur
- Allt að fjórar vatnstökuholur
- Stjórnbygging sem mun hýsa dælubúnað, stýringar og annan vélbúnað til dreifingar og mælinga á CO<sub>2</sub> og nauðsynlegu magni vatns innan borteigs að niðurdælingarholum.

Borteigar verða í heildina allt að tíu talsins þegar fullum afköstum Coda Terminal verður náð. Fyrirkomulag og útlit borteiga mun taka mið af umhverfinu í kring. Þannig er gert ráð fyrir að frágangur þeirra og útlit verði breytilegt eftir því hvort þeir eru staðsettir á þegar byggðu svæði eða á opnu svæði. Gert er ráð fyrir að nýta meðal annars staðbundið efni í frágang þeirra og að efnisval taki mið að umhverfinu í kring. Þannig verður leitast við eftir fremsta megni að láta þá falla vel að umhverfi sínu, líkt og lýst er nánar í kafla 5.8 um frágang og niðurrif. Á mynd 5.4 má sjá hugmynd að fyrirkomulagi borteigs og uppröðun niðurdælingarhola á iðnaðarsvæði annars vegar og opnu svæði hins vegar.



**MYND 5.4** Hugmynd að fyrirkomulagi og útliti borteigs, annars vegar á iðnaðarsvæði (t.v.) og hins vegar opnu svæði (t.h.) Á borteig má sjá skýli yfir niðurdælingarholum auk stjórnbyggingar í tveimur útfærslum, þ.e. annars vegar með ljósum skýlum og hins vegar með dökkum. Ákvörðun um endanlegt útlit mannvirkja verður tekin við hönnun þeirra. Myndir: Nordic Office of Architecture, 2023.

Áætlað er að athafnasvæði á framkvæmdatíma verði um 1-1,2 ha á hverjum borteig, þ.e. það svæði sem þarf undir bor og svarfþró fyrir frárennsli frá boruninni, gáma fyrir spennu, starfsmannaaðstöðu, fleti undir borstangir, dælur og loftpressur og annan búnað sem nauðsynlegur er til borverkefna. Stefnt er á að knýja bor og jaðartæki (s.s. þjöppur og dælur) með rafmagni. Borverktaki mun fylgja sértækum starfsleyfisskilyrðum sem sett verða í starfsleyfi við gerð og vinnu við jarðborun. Ekki er gert ráð fyrir því að farið verði með borinn lengra en 40-50 m frá lóðarmörkum borteiga meðan á borun stendur.

Umhverfis hverja niðurdælingarholu verður útbúið 8x8 m<sup>2</sup> svæði fyrir búnað á framkvæmdatíma og verður þar jarðvegsskipt. Að framkvæmdum loknum er gert ráð fyrir að endanleg stærð borteiga verði í kringum 0,6-0,7 ha og verður hver borteigur á skilgreindri iðnaðarlóð í skipulagi. Gengið verður frá raski að borunum loknum og umhverfi borteigsins komið í fyrra horf. Nánar er fjallað um frágang á borteigum í kafla 5.6. Áætluð efnisþörf vegna borteiga er um 120.000 m<sup>3</sup> þar af um 84.000 m<sup>3</sup> aðflutt efni, annað efni verður tekið úr skeringum á staðnum.

#### 5.2.2.2 Niðurdælingarholur

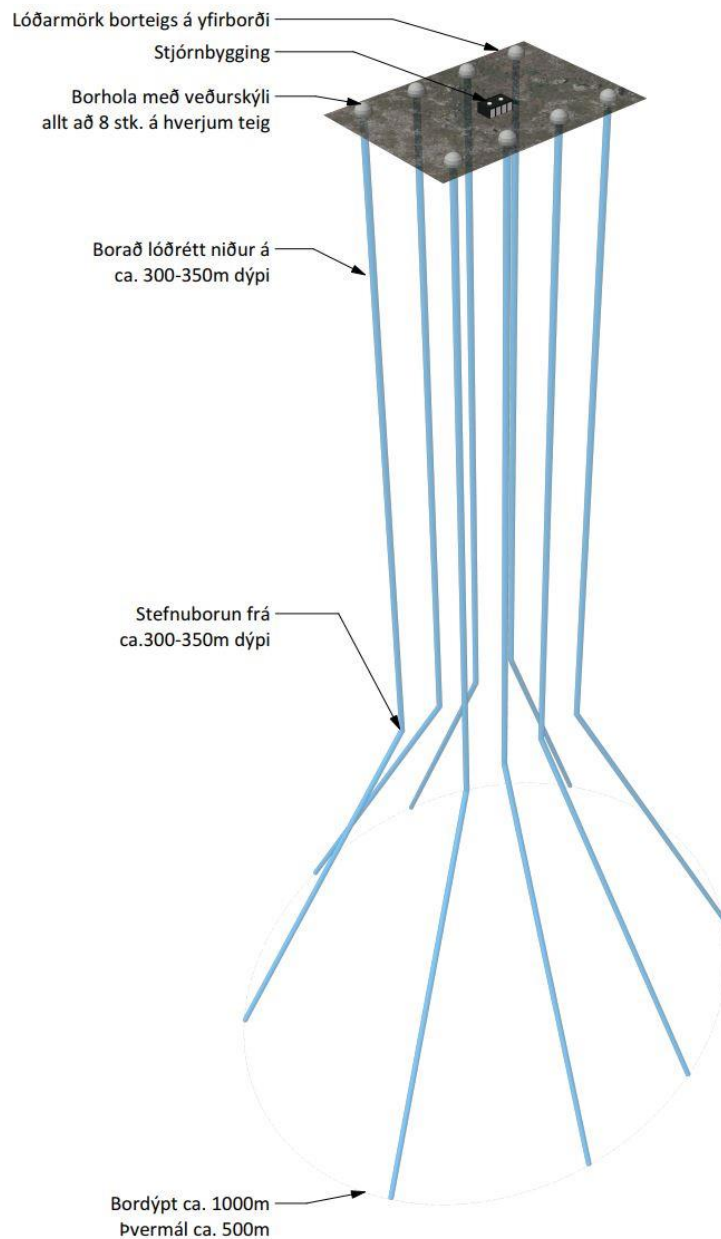
CO<sub>2</sub> straumnum er dælt í gasfasa frá lykilbyggingu, eftir lögnum, að borteigum til niðurdælingar. Á borteigum er CO<sub>2</sub> dælt í jarðlög um allt að átta niðurdælingarholur, til að hámarka plássnýtingu og afköst. Endanlegur fjöldi niðurdælingarhola innan hvers borteigs verður háður afköstum þeirra, þ.e. hve góðir viðtakar þær reynast. Við full afköst Coda Terminal verkefnisins er áætlað að niðurdælingarholur verði í heildina allt að 80 talsins.



Hver niðurdælingarhola verður tengd við niðurdælingarkerfi sem tryggir stöðugt massaflæði CO<sub>2</sub> sem og vatnsflæði. Skýli verða yfir hverri niðurdælingarholu og verða þau um 6 m í þvermál og um 3 m á hæð. Til að tryggja leysnibindingu verða allar niðurdælingarholur fóðraðar niður í allt að 350 m. Gert er ráð fyrir að niðurdælingarholur verði allt að 800-1000 m djúpar. Nákvæmt fóðringardýpi og lokadýpi niðurdælingarhola er háð jarðfræðilegum aðstæðum hverju sinni.

Vídd hverrar niðurdælingarholu verður 320 mm. Fóðring niðurdælingarholanna verður úr tæringarþolnu efni (ryðfrítt eða samsett plastefni (e. *composite*) vegna lágs pH gildis niðurdælingarvökvans. Því er ekki gert ráð fyrir neinni tæringu á líftímanum en ef vart verður við skemmdir í fóðringum verður hola annað hvort endurfóðruð eða tekin úr notkun með tilheyrandi frágangi. Auk þess verður ljósleiðari í einhverjum tilfellum steypur í fóðringuna til vöktunar. Niðurdælingarholur verða stefnuboraðar, en með því eykst rúmmál þess bergs sem CO<sub>2</sub> getur hvarfast við (mynd 5.5).

Áætlaður líftími niðurdælingarhola er a.m.k. 30 ár en sérstök vöktun verður á fóðringunni á 5 ára fresti (sjá kafla 10 um vöktun og stýringu). Ekki er gert ráð fyrir að ádælingarstuðull í borholum muni minnka á 30 árum þar sem niðurdælingarvatn verður undirmettað með tilliti til frumsteinda í berginu og helstu ummyndunarsteinda, og því ekki hættu á neinum útfellingum í niðurdælingarholum og næsta nágrenni þeirra. Farið verður eftir reglum um skráningu, hönnun og frágang borhola og skil á upplýsingum um borholur til Orkustofnunar [44].

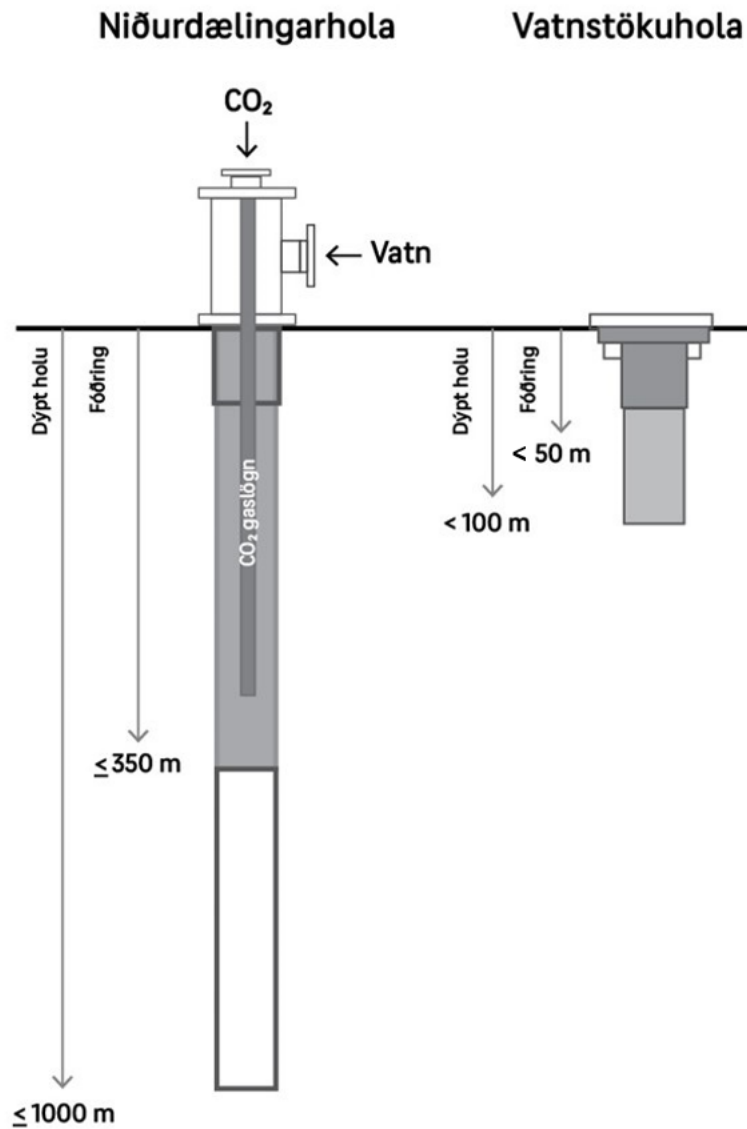


**MYND 5.5** Möguleg útfærsla borteigs með alls átta niðurdælingarholum. Myndin sýnir dýpi þeirra og stefnu undir yfirborði. Mynd: EFLA, 2024.

### 5.2.2.3 Vatnstökuholur

Gert er ráð fyrir allt að fjórum vatnstökuholum á hverjum borteig og áætlað er að heildarfjöldi þeirra í fjórða og síðasta áfanga Coda Terminal verði allt að 36. Vatnslagnir munu liggja frá vatnstökuholunum að niðurdælingarholum með viðkomu í stjórnbyggingu innan sama borteigs og þannig er lagt upp með að hver borteigur verði sjálfbær þegar kemur að vatnsöflun til niðurdælingar.

Dýpi vatnstökuhola á borteigum 1-7 þar sem ferskvatn verður notað til niðurdælingar verður allt að 100 m og fóðringardýpi allt að 50 m (mynd 5.6). Dýpi vatnstökuhola á borteigum 8-10 verða dýpri (>100 m) með það að markmiði að dæla upp jarðsjó neðan blandlags. Vídd vatnstökuhola verður 500 mm og fóðring þeirra úr stáli.



**MYND 5.6** Hönnun niðurdælingar- og vatnstökuhola Coda Terminal. Grunnar vöktunarholur eru hannaðar á sama hátt og vatnstökuholur.

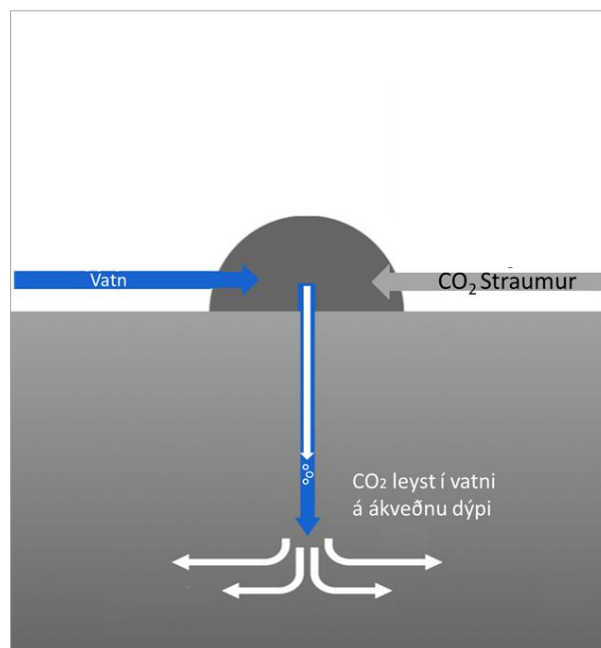
#### 5.2.2.4 Niðurdæling á CO<sub>2</sub> í geymslugeymi

Geymslugeymirinn eru þau jarðlög þar sem varanleg geymsla CO<sub>2</sub>, bæði leysnibinding og síðar steindabinding, fer fram, og eru þau neðan efstu grunnvatnslaga og afmarkast af fóðringarenda niðurdælingarhola. Samkvæmt lögum um geymslu koldíoxíðs í jörðu nr. 7/1998 er geymslugeymirinn skilgreindur sem geymslusvæðið, þ.e. jarðmyndanir þess og allt sem getur haft áhrif á öryggi og áreiðanleika geymslu koldíoxíðs á svæðinu.

Vatni, annaðhvort ferskvatni eða jarðsjó, er dælt á holutopp (mynd 5.7) en vatnið er hvort tveggja flutningsmiðill og leysir fyrir CO<sub>2</sub> strauminn tryggir örugga niðurdælingu og bindingu þess (sjá kafla 2.3). Gaslögn með CO<sub>2</sub> er leidd niður í fóðraða hluta holunnar. Á enda gaslagnarinnar er dreifistútur sem brýtur CO<sub>2</sub> upp í litlar gasbólur til að auka yfirborðsflatarmál gassins og þar með snertiflötinn við vatnið. Hraði vatnsniðurdælingar er stilltur þannig að hann yfirvinnur uppdrifskraft CO<sub>2</sub> gasbóla sem streyma þ.a.l. niður á meðan leysing í vatni á sér stað innan fóðringar. Þrýstingur vatnssúlunnar notaður til að

leysa CO<sub>2</sub> í vatninu. Til þess þarf að tryggja að allt CO<sub>2</sub> sé að fullu leyst í vatni þarf hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í gashlaðna niðurdælingarvökvanum að vera lægri en vatnsþrýstingur í vatnssúlunni þar sem vökvinn streymir út í geymslugeyminn. Sem dæmi þarf u.þ.b. 250 m vatnssúlu til að tryggja að CO<sub>2</sub> haldist uppleyst í vökva þar sem hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> er 25 bör. Miðað er við 50 m öryggismörk innan fóðringar áður en CO<sub>2</sub>-hlaðni niðurdælingarvökvinn streymir út í berggrunninn. Þannig er leysnibinding CO<sub>2</sub> tryggð og komið í veg fyrir að CO<sub>2</sub> leiti upp í efri lög.

Dýpt hverrar holu mun ráðast af niðurdælingargetu hverrar holu og viðtöku geymisins en vökvinn mun geta streymt út í berggrunninn hvar sem lekt er að finna fyrir neðan fóðringarenda. Gasþrýstingur CO<sub>2</sub> við niðurdælingu verður að allt að 25 bör á holutoppi. Vatnsþrýstingur ræðst af eiginleikum og viðtöku bergsins í hverri niðurdælingarholu fyrir sig, en verður þó aldrei yfir 20 börum við holutopp. Fyrir hvern borteig eru mestu mögulegu afköst niðurdælingar 12 kg/s af CO<sub>2</sub>.



**MYND 5.7** Carbfix niðurdælingartækni Coda Terminal þar sem hreint CO<sub>2</sub> er leyst í vatni í borholum og dælt í geymslugeyminn. Mynd: Carbfix.

#### 5.2.2.5 Vöktunarholur

Vöktunarholur verða nýttar til vöktunar á breytingum hita, þrýstings, seltu og efnasamsetningu vökva vegna vatnstöku og niðurdælingar, í grunnvatni og vatni í geymslugeyminum. Ásamt þessu munu vöktunarholur verða notaðar til að fylgjast með þeim efnaferlum sem eiga sér stað í geymslugeyminum.

Vöktunarholur verða staðsettar bæði nálægt niðurdælingarsvæðum sem og lengra frá, í áætlaðri flæðistefnu frá niðurdælingarholum. Á mynd 5.8 má sjá staðsetningar vöktunarhola. Vöktunarholur eru hér flokkaðar í þrjá flokka eftir tilgangi þeirra:

- 1) Djúpar vöktunarholur geymslugeymis (*e. reservoir monitoring well*) eru hannaðar til að fylgjast með þeim efnaþvörfum sem verða neðanjarðar við niðurdælingu CO<sub>2</sub> og þurfa því að vera nógu djúpar til að vakta geymslugeyminn, eða allt að 1000 m. Þessar holur verða fóðraðar niður á



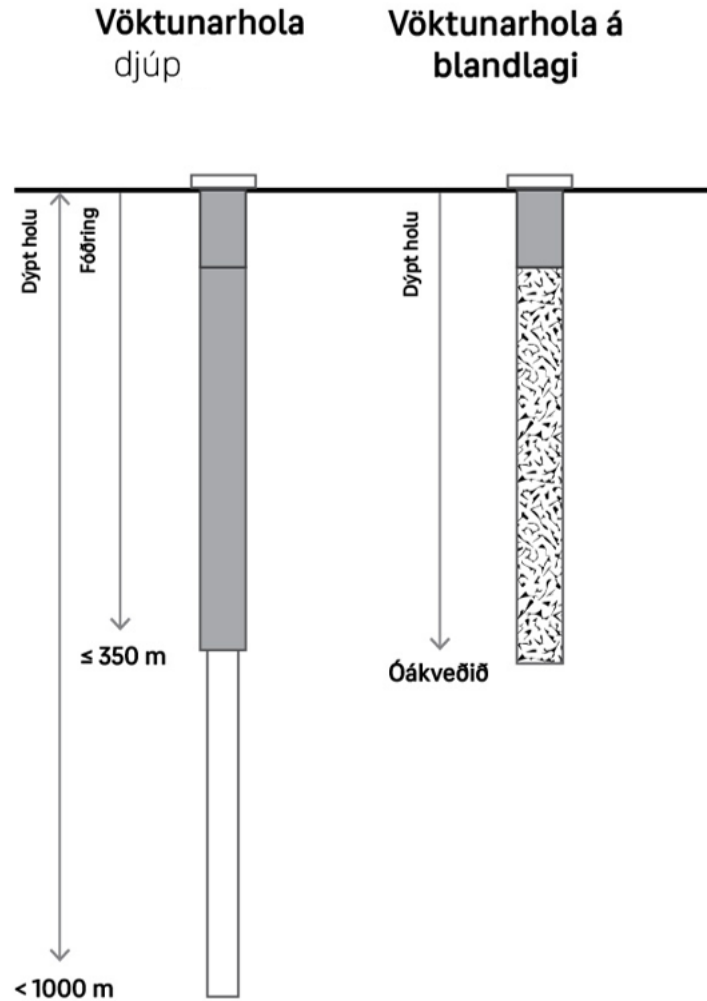
allt að 350 m dýpi. Fjöldi djúpra vöktunarhola mun fara eftir þörfum, m.a. eftir áætlaðri dreifingu CO<sub>2</sub> og til að áætla magn steinrennds CO<sub>2</sub> neðanjarðar, og aðstæðum í geymslugeyminum en gert er ráð fyrir a.m.k. 16 holum og allt að 25 holum.

- 2) Grunnar vöktunarholur grunnvatns (e. *groundwater monitoring well*) eru hannaðar til að fylgjast með þeim breytingum sem gætu orðið á grunnvatni, s.s. breytingum á flæði, vatnsborði og efnasamsetningu. Þessar vöktunarholur verða í mesta lagi 100 m djúpar og verða fóðraðar á allt að 50 m dýpi. Gert er ráð fyrir að bora nýjar holur en einnig verður kannað hvort hægt sé að nýta borholur sem þegar eru á svæðinu til vöktunar. Áætlað er að hafa fimm til átta slíkar vöktunarholur. Auk þess er gert ráð fyrir að vatnstökuholur á borteigum verði jafnframt notaðar í vöktun.
- 3) Vöktunarholur blandlags milli ferskvatns og jarðsjávar (e. *interface monitoring well*) eru hannaðar til vöktunar á mögulegum breytingum á mörkum ferskvatns og jarðsjávar sem gætu orðið vegna niðurdælingar. Næst yfirborði verða holurnar fóðraðar en neðan fóðringar verður gataður leiðari. Þessar vöktunarholur verða boraðar niður á blandlag milli ferskvatns og jarðsjávar og því verður dýpi þessara hola breytilegt eftir staðsetningu. Áætlað er að bora þrjár til fimm slíkar vöktunarholur á blandlagi.

Vöktunarholur verða boraðar eftir því sem þörf krefur fyrir hvern áfanga í senn. Allar vöktunarholur verða fóðraðar með svörtu stáli. Snið af vöktunarholum Coda Terminal má sjá á mynd 5.9.



**MYND 5.8** Staðsetningar vöktunarhola vegna Coda Terminal. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Djúpar vöktunarholur eru merktar sem grænar stjörnur, vöktunarholur blandlags eru merktar sem bláir fimmhyrningar, grunnar vöktunarholur eru merktar sem fjólubláir þríhyrningar.



MYND 5.9 Hönnun djúpra vöktunarhola og vöktunarhola fyrir blandlag í Coda Terminal.

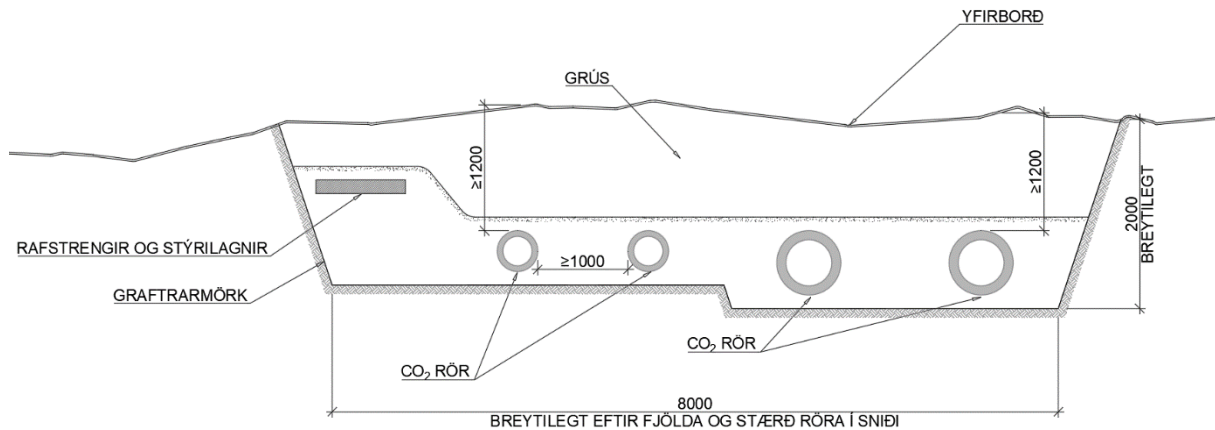
### 5.3 Lagnir og vegir

Flutningslagnir CO<sub>2</sub> í gasfasa liggja frá lykilbyggingu á hafnarsvæði að borteigum sunnan Straumsvíkurhafnar og verða þær fjórar talsins. Lagnirnar verða niðurgrafnar en þannig er líkur á skemmdum minnkaðar og hitastig þeirra helst jafnara.

Frá hafnarsvæðinu verða lagnirnar lagðar undir Reykjanesbraut við austurenda álversins. Fyrir liggur leyfi Vegagerðarinnar vegna þessa. Lagnirnar munu allar liggja innan sama helgunarsvæðis fyrsta hluta lagnaleiðarinnar en dreifast þaðan að niðurdælingarsvæðum. Tvær flutningslagnir munu flytja CO<sub>2</sub> að öllum borteigum.

Gasið verður leitt að niðurdælingarholum í einangruðum lögnum, sambærilegum hitaveitulögnum. Áætlað er að vídd lagna verði 200-450 mm. Gróflega hefur verið áætlað að heildarlengd lagnaskurða verði 11 km. Á borteigum verður vatn auk þess leitt frá vatnstökuholum að niðurdælingarholum. Gaslagnir verða síðan leiddar niður í holurnar á allt að 300-350 m dýpi þar sem blöndun gass og vatns á sér stað.

Þörf er á um 45.000 m<sup>3</sup> af aðfluttu efni í lagnaskurði, þ.e. sandi (um 35.000 m<sup>3</sup>) og burðarhæfu fyllingarefni (um 15.000 m<sup>3</sup>). Uppgröft úr skurðum verður hægt að nýta t.d. í vegfláa og landmótun, en gert er ráð fyrir að um 20.000 m<sup>3</sup> af uppgreftri verði flutt af svæðinu. Dæmi um lagnaskurð má sjá á mynd 5.10.



**MYND 5.10** Dæmi um þversnið af lagnaskurði Coda Terminal.

Þörf er á rafstrengjum og ljósleiðaralögnum til þess að fæða og stýra lokabúnaði, lekaleitarbúnaði og öðrum rafstýrðum búnaði. Þessar lagnir verða lagðar í jörðu samhliða lagningu gaslagna fyrir CO<sub>2</sub> og verða innan helgunarsvæðis þeirra svo lágmarka megi rask vegna framkvæmda. Ákvarðanir varðandi hönnun og endanlegan frágang raflagna og gagnaflutningsstrengja eru á forsjá HS-Veitna annars vegar og ljósleiðarafyrirtækjanna hins vegar og verða teknar af þeim aðilum þegar staðsetning og endanlegt fyrirkomulag borteiga liggur fyrir. Gera má ráð fyrir að lengd þessara lagna verði svipuð og þeirra lagna er flytja CO<sub>2</sub> frá athafnasvæði Carbfix við höfnina að borteigum.

Gert er ráð fyrir að allt að fjórum vatnsdælum á hverjum borteig, einni fyrir hverja vatnstökuholu. Lagnir munu liggja frá vatnstökuholum að stjórnbyggingu og þaðan út að niðurdælingarholum. Þvermál vatnslagna ákvarðast af afkastagetu dælubúnaðar.

Flutningslagnir ásamt dreifilögnum inn að borteigum verða einangraðar og grafnar í jörðu og því ekki sýnilegar. Lagnir innan borteiga geta verið að hluta til ofanjarðar þótt leitast verði við eins og kostur er hafa þær í jörðu.

Meðfram öllum CO<sub>2</sub> lögnum þarf að vera akfært vegna reksturs og viðhalds. Þar sem borteigar verða staðsettir innan núverandi iðnaðarsvæðis verður hægt að nýta nærliggjandi gatnakerfi að þeim. Í öðrum tilfellum er gert ráð fyrir að leggja akfæra slóða. Gróflega hefur verið áætlað að heildarlengd nýrra slóða verði um 8 km. Breidd nýrra vegaslóða sem leggja þarf verður um 3,5-4 m.

Nú þegar liggja malarvegir um framkvæmdasvæðið, t.d. þjónustuvegur vegna Suðurnesjalínu 1. Til skoðunar er að nýta þessa vegi sem þjónustuvegi fyrir Coda Terminal. Mögulega þarf að styrkja ákveðna vegi sem eru nú þegar innan framkvæmdasvæðisins.

Áætlað hefur verið að efnisþörf fyrir alla áfanga vegna vegagerðar sé um 75.000 m<sup>3</sup> og gert ráð fyrir að þar af verði hægt að nýta um 30.000 m<sup>3</sup> úr skeringum, annað verði aðflutt.

## 5.4 Aflþörf og vatnsnotkun

Carbfix tæknin krefst vatns sem fengið er úr vatnstökuholum á hverjum borteig og er nýtt til að leysa upp CO<sub>2</sub> og tryggja örugga niðurdælingu. Við full afköst Coda Terminal er vatnsnotkun framkvæmdarinnar áætluð allt að 1.996 L/s af ferskvatni og allt að 927 L/s af jarðsjó. Þessi vatnsnotkun miðast við massastreymi CO<sub>2</sub> sem verður allt að 108 kg/s, að allt að 10 borteigum. Fyrir fyrirhugað massastreymi CO<sub>2</sub> að hverjum borteig er að hámarki 12 kg/s, og er þörf á allt að 300-400 L/s af vatni, en hlutfall vatns fer eftir því hvort notað verði ferskvatni eða jarðsjó. Við þróun Coda Terminal var lögð rík áhersla á áfangaskiptingu verkefnisins og að nýta rekstrarreynslu hvers áfanga áður en til þess næsta kæmi (sjá kafla 5.1). Í töflu 5.2 í kafla 0 má sjá áætlaða vatnsnotkun framkvæmdarinnar eftir áföngum.

Að auki er þörf á varmaorku sem fengin er, í það minnsta til að byrja með, úr 80°C heitu vatni úr dreifikerfi Veitna ohf. til fasabreytingar á CO<sub>2</sub> í lykilbyggingu (sjá nánar í kafla 5.2.1.3). Fyrirhuguð varmaorka vegna fasabreytingar er 32 MW<sub>th</sub> við full afköst Coda Terminal sem samsvarar 123 L/s af 80°C heitu vatni og mun hönnun og tenging heimlagar Coda Terminal við dreifikerfi Veitna ohf. taka mið af því. Tafla 5.2 í kafla 0 sýnir áætlaða varmanotkun framkvæmdarinnar eftir áföngum.

Áætlað er að tenging Coda Terminal við dreifikerfi Veitna muni kalla á aukna framrásarþörf hitaveituvatns og aukningu í varmaafli ef allir áfangar Coda Terminal nýta varmaorku úr veitukerfi Veitna. Veitur hafa þegar hafið vinnu við að hanna og teikna nauðsynlega stækkun og mögulegar breytingar á dreifikerfi hitaveitu í Hafnarfirði, m.a. vegna fyrirsjáanlegrar aukningar á eftirspurn eftir heitu vatni í takt við íbúapróun og uppbyggingaráform innan Hafnarfjarðar. Meðfram þróun verkefnisins mun Carbfix halda áfram að skoða aðrar lausnir við varmaorkuöflun, m.a. nýtingu glatvarma frá nálægum iðnaði.

Fyrirhuguð aflþörf vegna niðurdælingar, vatnstöku og bygginga er 16,5 MWe miðað við full afköst Coda Terminal. Þess utan verður þörf á afli vegna landtengingar skipa Coda Terminal við Straumsvíkurhöfn sem stefnt er að frá 1. áfanga Coda Terminal. Sú framkvæmd er á ábyrgð hafnaryfirvalda og haft verður samráð við Landsnet vegna hennar.

Gert er ráð fyrir að raforka sé keypt af markaði og aflþörf vegna niðurdælingar Coda Terminal því til staðar í raforkukerfinu og að ekki sé þörf á frekari uppbyggingu kerfisins vegna framkvæmdarinnar.

Útfærsla á dreifikerfi raforku verður unnin samhliða áframhaldandi hönnun Coda Terminal. Öll dreifing raforku verður með jarðstrengjum sem verða lagðir í jörðu undir götur eða göngustíga, við hlið þeirra og/eða í vegköntum. Jarðrask vegna þeirra verður því minniháttar. Til að lágmarka rask á yfirborði enn frekar verður reynt að nýta sömu lagnaleið og fyrir gaslagnir sem flytja CO<sub>2</sub> eins og hægt er.

Ein heimtaug verður að hverjum borteig og þar verða staðsettir 11/0,4 kV spennar. Spennir verður staðsettur í afmörkuðu rými í stjórnbyggingu. Jarðstrengir munu jafnframt liggja frá stjórnhúsi að vatnstökuholum sem staðsettar verða innan hvers borteigs. Jafnframt verður þörf á spennni við hafnarbakkann. Mögulegt er að þörf verði á aðveitustöð til að flytja afl inn á svæðið og yrði sú bygging um 240-360 m<sup>2</sup>. Aðveitustöð er á svæðinu sem mun flytja afl inn á fyrstu þrjá borteigana.



## 5.5 Efnisþörf

Í framkvæmdina þarf efni í fyllingar í lagnaskurði, í burðarlög og slitlög fyrir borteiga og vegi. Fjallað er um efnisþörf vegna fyllingar fyrir lóð Coda Terminal í umhverfismati vegna stækkunar hafnarinnar í Straumsvík.

Verkið verður boðið út og er krafa um að bjóðendur geri grein fyrir því hvar efnistaka muni eiga sér stað. Skilyrði er að efnistaka fari fram í námum sem hafa viðeigandi leyfi fyrir slíkri starfsemi. Efnistakan er einnig háð því að mat á umhverfisáhrifum hennar hafi verið framkvæmt en efnistaka fellur undir tl. 2.01–2.04 í 1. viðauka laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana. Stórar námur með tilskilin leyfi eru í rekstri í nágrenni framkvæmdasvæðisins, svo sem Vatnskarðsnáma, þaðan sem efnistaka fyrir framkvæmdirnar er möguleg. Í töflu 5.1 má sjá efnisþörf eftir framkvæmdaþáttum.

## 5.6 Frágangur og niðurrif

Eins og kom fram í kafla 5.2.2.1 er áætlað að athafnasvæði á borteigum á framkvæmdatíma verði um 1-1,2 ha á hverjum borteig, þ.e. það svæði sem kann að raskast á framkvæmdatíma. Einnig má búast við raski vegna lagna og vegagerðar á svæði sem nær að hámarki 15 m út frá miðlínu lagnaleiðar. Þó verður leitast við að takmarka rask á lagnaleiðinni eins og kostur er og því líklegt að á stærstum hluta lagnaleiðarinnar verði rask á svæði sem nær minna en 15 m út frá miðlínu lagnaleiðar.

Við frágang á borteigum og lagnaleiðum verður megináhersla lögð á landgræðslu og endurheimt raskaðra svæða með staðbundnu efni. Framkvæmdaraðili býr yfir þekkingu og reynslu á frágangi vegna fyrri verkefna á Hellisheiði og Nesjavöllum með góðum árangri [45]. Stuðst verður við sömu aðferðir við frágang á borteigum Coda Terminal. Þá verður staðbundið efni varðveitt við framkvæmdir, s.s. gróðurtorfur, hraun og grjót. Að framkvæmdum loknum verður efnið flutt aftur að framkvæmdasvæðinu og nýtt til frágangs. Að auki er mögulegt að notast við fræslægjur, þ.e. þegar villtur gróður í nágrenni rasksins er sleginn að hausti, eftir að fræþroska er náð og slægjunni er dreift strax á svæðið sem á að græða upp þar sem við á [46]. Rask vegna lagnaskurða verður grætt upp annað hvort með því að rista gróðurtorfur ofan af lagnastæðinu eða með því að geyma hraun og grjót sem af því kemur og leggja aftur ofan á skurðinn að framkvæmdum loknum. Gengið verður frá vatnstöku- og vöktunarholum í rekstri með skýli sem hlífir holutoppi, mæli- og stjórnbúnaði. Skýlin verða ekki manngeng og eru allt að 1 metri á hæð og allt að 1-2 m<sup>2</sup> að stærð.

Á mynd 5.11 og mynd 5.12 má sjá árangur Orku náttúrunnar, systurfélags Carbfix, í landgræðslu á Hellisheiði.



**MYND 5.11** Dæmi um frágang framkvæmdasvæðis á Nesjavöllum og árangur landgræðslu. Fyrir (t.v.) og eftir (t.h.). Myndir: Magnea Magnúsdóttir/Orka náttúrunnar.



**MYND 5.12** Dæmi um frágang og aðlögun borstæðis að umhverfi og árangur uppgræðslu á Hellisheiði. Fyrir (t.v.) og eftir (t.h.).  
Myndir: Magnea Magnúsdóttir/Orka náttúrunnar.

Við frágang borteiga verður tekið mið af umhverfinu í kring og verður frágangur og útlit borteiga því breytilegt eftir því hvar þeir eru staðsettir. Þannig verður ásýnd borteigs á þegar byggðu svæði önnur en ásýnd borteigs sem er á óbyggðu svæði. Þá er ekki gert ráð fyrir að girða lóðir borteiga af. Þvert á móti er gestum og gangandi velkomið að fara leiða sinna inn á og í gegnum borteiga. Þannig getur Coda Terminal stutt við annars konar nýtingu á svæðinu, svo sem skógrækt og útivist, því með tilkomu borteiga og vegslóða að þeim opnast jafnframt fyrir tækifæri til fjölnýtingar á svæðinu í umhverfi sem er í dag oft á tíðum erfitt yfirferðar. Mögulegt er að tengja slóða sem lagðir eru út vegna Coda Terminal við aðrar áætlanir svo sem Græna stíginn, sem er samfelldur útivistarstígur sem nær allt frá Hafnarfirði til Esjunnar. Gert er ráð fyrir að á völdum borteigum verði hægt að setjast niður á bekkjum auk þess sem settar verða fram upplýsingar um Coda Terminal verkefnið á auðskilinn hátt. Hér að neðan eru nokkur dæmi um mögulegt útlit borteiga á mismunandi svæðum innan framkvæmdasvæðis Coda Terminal (mynd 5.13 – mynd 5.14).



**MYND 5.13** Tvær mismunandi útfærslur af frágangi borteiga innan þegar uppbyggðra iðnaðarsvæða (neðri mynd) og á mörkum þegar byggðra og óbyggðra svæða (efri mynd). Myndir: Nordic Office of Architecture, 2024.





**MYND 5.14** Tvær mismunandi útfærslur af frágangi borteiga í óbyggðu landi, annars vegar þar sem gróðursnauð hraun einkenna landslagið í kring (efri mynd) og hins vegar þar sem meira er um gróður og kjarr innan um hraunið (neðri mynd). Myndir: Nordic Office of Architecture, 2024.

Eftir líftíma fyrirhugaðs verkefnis verður tekin ákvörðun um áframhald niðurdælingar eða niðurrif.

Niðurrif verkefnisins felst í því að eftirfarandi mannvirki Coda Terminal verði fjarlægð og endurunnin eins og kostur er:

- Allt lagnakerfi, ofan- og neðanjarðar
- Skýli yfir niðurdælingarholum og holutoppsbúnaður, þ.e. allur yfirborðsbúnaður niðurdælingarhola
- Stjórnbyggingar á borteigum
- Geymslutankar og dælustöð á hafnarsvæði ásamt varnarveggjum
- Lykilbygging á hafnarsvæði

Frágangur við holutopp niðurdælingar-, vatnstöku og vöktunarhola verður á þann hátt að borholum verði lokað og allur yfirborðsbúnaður verður fjarlægður á þann hátt að einungis standi eftir fóðring, flangs, lok og mælíbúnaður. Því næst verður umhverfinu komið til fyrra horfs með þeim aðferðum sem



fjallað er um hér á undan. Mögulegt er að fjarlægja lagnir neðanjarðar með því að rista gróðurtorfum ofan af lagnastæðinu og leggja þær svo aftur ofan á skurðinn þegar lagnir hafa verið fjarlægðar.

Eftirfarandi efni verður eftir tilfellum endurunnið í brotajárn eða endurnýtt:

- Stálgrind geymslutanka, lykilbyggingar og stjórnbygginga
- Stálklæðning varmaskipta
- Allur búnaður sem er að mestu leyti stál af ýmsum gerðum
- Stálkára allra lagna
- Efni úr skýlum yfir niðurdælingarholum

Eftirfarandi efni verður urðað (grófur úrgangur):

- Einangrun geymslutanka, lagna og stjórnbygginga
- Steinull úr varmaskiptum

Leitast verður við að endurnýta alla steypu úr mannvirkjum framkvæmdarinnar, s.s. úr lykilbyggingu, stjórnbyggingum, varnarveggjum og undirstöðum geymslutanka. Við niðurrif verður stefnt að því að mala steypuna og nýta hana sem fyllingarefni í nýja steypu ef kostur gefst, að öðru leyti verður hún nýtt í landfyllingu.

## 5.7 Lokunaráætlun

Þegar niðurdælingarholur eru teknar úr notkun verður vatni án uppleysts CO<sub>2</sub> dælt á holuna í eitt ár eftir að niðurdælingu CO<sub>2</sub> er hætt. Að niðurdælingu lokinni verður þétt lok með hitastigs- og þrýstímæli sett á flangs holufóðringar og allur niðurdælingarbúnaður fjarlægður. Hægt verður að taka lokið af flangsinum fyrir jarðlagamælingar í holu eða til að safna vatnssýnum ef ástæða þykir til í rannsóknaskyni. Í samræmi við reglugerð 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu er gert ráð fyrir vöktun eftir lokun að lágmarki í 20 ár nema öll tiltæk gögn bendi til þess að CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum sé fullkomlega og varanlega aflokað.

Vöktun felst m.a. í:

- Sýnatöku á vatni úr vöktunarholum í geymslugeyminum
- Uppfærslu á forðafræðilíkönunum
- Sýnatöku á vatni úr grunnvatnsholum
- Mælingum á flæði CO<sub>2</sub> um yfirborð
- Álestri á toppþrýstingi og hitastigi í aflögðum niðurdælingarholum
- Sjónrænni skoðun á ástandi búnaðar á yfirborði

Tíðni vöktunar verður í samræmi vöktunaráætlun, sjá nánari umfjöllun í kafla 10.

## 5.8 Tengdar framkvæmdir

### Föngun á CO<sub>2</sub>

Hröð þróun á sér stað í tækni til föngunar á CO<sub>2</sub>, bæði úr andrúmslofti og útblæstri frá iðnaði. Í Coda Terminal er fyrirhugað að dæla niður CO<sub>2</sub> sem fangað er úr útblæstri frá iðnaði í N-Evrópu og flutt verður á fljóttandi formi til Straumsvíkur. Carbfix á í viðræðum við losendur sem falla undir iðnað þar sem losun CO<sub>2</sub> er illviðráðanleg (e. hard-to-abate), s.s framleiðsla á sementi, stáli og ýmsum efnaiðnaði þar sem losun stafar frá iðnaðarferlunum sjálfum og er því ekki hægt að útrýma með orkuskiptum. Vegna samkeppnissjónarmiða verður ekki greint frá um hvaða losendur er að ræða á þessu stigi, en nefna má að Nýsköpunarsjóður Evrópusambandsins leggur ríka áherslu á að verkefni sem hlotið hafa styrk úr sjóðnum, eins og þann sem Coda Terminal hlaut, vinni saman þvert á virðiskeðjur að föngun og geymslu og bindingu koldíoxíðs. Carbfix á meðal annarra í viðræðum við aðila sem einnig hafa hlotið styrk Nýsköpunarsjóðs Evrópusambandsins til föngunar á útblæstri CO<sub>2</sub> úr sínum iðnaðarferlum. Sjóðurinn hefur birt list yfir öll verkefni sem hlotið hafa styrk og má finna á vefsíðu hans [47]. Föngun þessara aðila á CO<sub>2</sub> er ekki hluti af þessu umhverfismati, þ.e. ekki er lagt mat á möguleg áhrif föngunar á þá umhverfisþætti sem eru til skoðunar í umhverfismatinu, t.d. loftslagsáhrif eða samfélag. Þannig er eingöngu lagt mat á það sem snýr að áhrifum niðurdælingar á geymslugeyminn í Straumsvík enda er það hluti af framkvæmd Carbfix.

Mikill áhugi er einnig hjá innlendum aðilum á samstarfi við Carbfix um niðurdælingu á CO<sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum. Carbfix, ríkisstjórn Íslands og stóriðjan á Íslandi undirrituðu viljayfirlýsingu þann 18. júní 2019 þess efnis að kanna hvort tæknilega og efnahagslega hagkvæmt sé að nýta Carbfix tæknina til að draga úr losun CO<sub>2</sub> frá iðnaði á Íslandi [48]. Yfirstandandi er þróun á tækni til föngunar á CO<sub>2</sub> frá álverinu í Straumsvík og kemur álverið til með að geta nýtt sér uppbyggingu niðurdælingarkerfis Coda Terminal þegar útfærsla á tæknilausn til föngunar liggur fyrir. Sömuleiðis vinnur Elkem Ísland að þróun á föngun CO<sub>2</sub> frá sinni starfsemi og hefur verið undirrituð viljayfirlýsing við Carbfix þess efnis. Meðal annars kemur til greina að fangað CO<sub>2</sub> verði flutt til niðurdælingar í Straumsvík. Þá er jafnframt gert ráð fyrir að Coda Terminal geti tekið við og dælt niður CO<sub>2</sub> frá þriðja aðila sem hyggur á föngun á svæðinu, hvort sem um er að ræða lofthreinsiver eða iðnaðarferla svo fátt eitt sé nefnt. Forsenda niðurdælingar CO<sub>2</sub> frá þriðja aðila er að Coda Terminal geti tekið við efnustraumnum eins og hann verður skilgreindur í starfsleyfi til geymslu.

Hér skal tekið fram að þriðji aðili sem hyggur á föngun CO<sub>2</sub> til afhendingar og niðurdælingar í Coda Terminal er sjálfur ábyrgur fyrir viðeigandi málsmeðferð fyrir sína framkvæmd í samræmi við lög nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana, sem og önnur leyfismál eftir því sem við á. Sem dæmi falla mannvirki sem hafa þann tilgang að fanga CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu úr andrúmslofti eða frá iðjuverum ávallt í flokk B, þ.e. eru háð fyrirspurn um matskyldu, og í sumum tilfellum í flokk A, þ.e. ávallt háð umhverfismati, samkvæmt 1. viðauka laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana. Sama gildir um leiðslur til flutnings CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu nái þær tilsettum skilyrðum sem sett eru fram í 1. viðauka sömu laga.

### Sjóflutningar

Sjóflutningar vegna flutnings á CO<sub>2</sub> til Straumsvíkurhafnar geta haft áhrif á ásýnd að höfninni, hljóðvist og loftgæði á svæðinu, og mögulega aukið hættu á mengun í sjó og á nálægum strandsvæðum.

CO<sub>2</sub> er fangað frá iðnaði í Evrópu þar sem það er hreinsað og meðhöndlað og flutt á fljótandi formi til Straumsvíkur. Samið er um ábyrgð á flutningum CO<sub>2</sub> milli losara og flutningsaðila og mun framkvæmdaraðili taka ábyrgð frá og með affermingararmi á hafnarbakka. Sjóflutningar með CO<sub>2</sub> eru afar sérhæfðir. Carbfix hlaut styrk frá Nýsköpunarsjóði Evrópusambandsins í félagi við Dan-Unity, sérhæfðu sjóflutningafyrirtæki sem einblínir á flutninga á fönguðu CO<sub>2</sub>. Dan-Unity var stofnað af tveimur dönskum skipafyrirtækjum, Evergas (nú Seapeak) og Ultragas sem hvoru tveggja eru leiðandi á sviði sjóflutninga á gasi og vökvum, með það að markmiði að einfalda gasflutninga og tryggja öryggi þeirra. Auk Dan-Unity koma önnur sérhæfð fyrirtæki til greina sem hafa reynslu og leyfi til sjóflutninga CO<sub>2</sub>.

Sérútbúin tankskip verða notuð til flutninganna og leitast verður við að þau verði rekin á eins umhverfisvænan hátt og kostur er. Þar hefur grænt metanól verið nefnt sem álitlegur kostur en aftur á móti er framleiðslugeta á grænu metanóli mjög takmörkuð á heimsvísu og ekki er gert ráð fyrir að það verði í boði á Íslandi á næstu árum. Álitlegur kostur væri að nota tví-eldsneytis vélar (e. dual fuel) sem geta gengið hvoru tveggja á skipaolíu og metanóli eða skipaolíu og LNG. Þá væri mögulegt að keyra að stærstum hluta á umhverfisvænum orkugjafa (95%) og einungis að litlum hluta á skipaolíu (Low Sulphur Marine Gas Oil, LSMGO) (5%) ef framboð eykst í framtíðinni.

Frá og með janúar 2024 hefur losun gróðurhúsalofttegunda frá skiparekstri verið hluti af viðskiptakerfi (e. *trading system*) Evrópusambandsins um losunarheimildir (e. *European Union Emission Trading System* eða *EU ETS*) [49]. Þetta lögboð hefur í för með sér auknar kröfur og nýjar reglugerðir sem munu hafa veruleg áhrif á skipaeigendur og rekstraraðila skipa um allan heim. ETS er grundvallarbreyting á því hvernig nálgun að sjálfbærni er í skiparekstri. ETS mun í byrjun ná til losunar CO<sub>2</sub> en verður víkkað út til að ná yfir metan og nituroxíð frá og með 2026 [50]. Fyrstu skipin til sjóflutninga á CO<sub>2</sub> til Coda Terminal verða hönnuð og smíðuð með hliðsjón af nýjustu tækniþróun til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda.

Vistferilsgreining var gerð á fyrstu stigum hönnunar framkvæmdarinnar þar sem kolefnisspor Coda Terminal í CO<sub>2</sub> ígildum var reiknað. Sjóflutningur CO<sub>2</sub> til landsins er stærsti hluti kolefnisspors framkvæmdarinnar, um 77% eða 3,15 milljón tonn CO<sub>2</sub> ígilda en í greiningunni var gert ráð fyrir skipum sem keyra á gasolíu. Samkvæmt vistferilsgreiningunni er kolefnisspor sjóflutninganna um eða undir 4% af því CO<sub>2</sub> sem verður bundið í jörðu með Coda Terminal, en nákvæm tala fer eftir eldsneytisgerð. Nánar er fjallað um niðurstöður vistferilsgreiningar í kafla 8.3.1 um áhrif framkvæmdanna á loftslag.

Við flutninga er CO<sub>2</sub> í vökvaformi geymt í tönkum undir fremur lágum þrýstingi og hitastigi þannig að eðlismassi CO<sub>2</sub> sé hár. Áætlaður geymsluþrýstingur í geymslutönkum í skipum verður á bilinu 7 – 18 bör og hitastig á bilinu -50 °C til -35 °C. CO<sub>2</sub> verður dælt úr skipunum með sérstökum affermingarbúnaði sem mun samanstanda af krana, rörum og tengibúnaði, og staðsettur verður á nýjum hafnarbakka stækkaðrar Straumsvíkurhafnar. Í 1. áfanga Coda Terminal er áætlað að eitt skip sjái um flutning á CO<sub>2</sub> til Straumsvíkurhafnar og er gert ráð fyrir að það komi til hafnar 26-27 sinnum á ári. Fjöldi viðkoma ræðst af staðsetningu lestunarhafnar og endanlegri stærð skipa. Í 2. áfanga er áætlað að tvö skip sjái um flutning á CO<sub>2</sub> og mun hvert um sig koma til hafnar allt að 26-27 sinnum á ári. Í 3. áfanga er áætlað að þriðja skipið bætist við og mun hvert um sig koma til hafnar allt að 26-27 sinnum á ári. Við full afköst Coda Terminal er áætlað að fimm skip sjái um flutning á CO<sub>2</sub> og er gert ráð fyrir að skip komi til Straumsvíkurhafnar 92-130 sinnum á ári en fjöldi skipa og skipakoma er eins og áður segir háð staðsetningu lestunarhafnar og endanlegri stærð skipa. Áætlað hefur verið að stærð skipa geti orðið

allt að 24.000 m<sup>3</sup>. Hvert skip mun liggja við bryggju í einn til tvo daga í senn. Strax í 1. áfanga er gert ráð fyrir að skipin verði komin með landtengingu.

Sem hluti af mati á áhrifum Coda Terminal á landslag og ásýnd hafa ásýndaráhrif vegna skipa í höfninni verið metin. Skipin, eins og ráðgert er að þau líti út, hafa verið færð inná ljósmyndir og ásýndaráhrifin þannig metin (sjá kafla 8.4.4).

Sjóflutningum fylgir einnig hættu á slysum sem valdið geta mengun, t.d. olíumengun. Í gildi eru lög nr. 32/1986 um varnir gegn mengun sjávar og reglugerð nr. 586/2017 um innleiðingu viðauka við alþjóðasamning um varnir gegn mengun frá skipum, 1973, með breytingum samkvæmt bókun 1978 (MARPOL-samningur). Við sjóflutninga verður þessum lögum og reglugerð fylgt.

### **Stækkun hafnar í Straumsvík**

Hafnarfjarðarhöfn og Hafnarfjarðarbær vinna sem stendur að umhverfismati fyrir stækkun Straumsvíkurhafnar og kemur sú stækkun til með að nýtast þeim flutningaskipum sem flytja munu CO<sub>2</sub> hingað til lands til niðurdælingar. Framkvæmdir við stækkun hafnarinnar eru á forræði Hafnarfjarðarhafnar og Hafnarfjarðarbæjar og eru ekki hluti af þessu umhverfismati. Hér er því aðeins fjallað um framkvæmdina sem tengda framkvæmd.

Skv. lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021 er framkvæmdin háð fyrirspurn um matsskyldu. Fyrirspurn um matsskyldu vegna 1. áfanga stækkunarinnar, ásamt efnistöku, var tilkynnt til Skipulagsstofnunar þann 15. mars 2023. Þann 19. september 2023 lá ákvörðun Skipulagsstofnunar fyrir og var niðurstaðan sú að framkvæmdin sé háð mati á umhverfisáhrifum.

Fyrirhugað er að stækkun Straumsvíkurhafnar fari fram í þremur áföngum. Í 1. áfanga verður hafnarsvæðið stækkað um 11 ha. Þar af eru um 4 ha í landfyllingu sem verður staðsett norðan við núverandi hafnargarð sem mun rúma geymslutanka fyrir CO<sub>2</sub>, lykilbyggingu og aðra starfsemi Coda Terminal ásamt viðlegubakka fyrir tankskip sem flytja CO<sub>2</sub>. Samhliða landfyllingu verður byggður brimvarnargarður. Auk þess verður aðkomuvegur að hafnarsvæðinu mótaður og efnistökusvæði við Rauðamel í Hafnarfirði afmarkað. Í 2. og 3. áfanga verður hafnarsvæðið stækkað, grjótvörn bætt við og byggðir verða tveir viðlegukantar til viðbótar. Umfang stækkunar í 2. áfanga er um 8 ha og 3. áfanga um 2 ha. Starfsemi Coda Terminal mun rúmast innan 1. áfanga stækkunarinnar. Stefnt er að því að framkvæmdir við fyrsta áfanga hefjist undir lok ársins 2024.

Efnisþörf fyrir framkvæmdirnar er um 2.060.000 m<sup>3</sup>. Efni vegna framkvæmdanna verður aðallega fengið úr Rauðamelnámu en einnig úr öðrum námum með viðeigandi leyfum.

Stækkun hafnarinnar ásamt tankskipum sem flytja CO<sub>2</sub> koma til með að breyta ásýnd hafnarsvæðisins. Sem hluti af mati á áhrifum Coda Terminal á landslag og ásýnd hefur hafnarsvæðið, geymslutankarnir og fyrirhuguð hafnarmannvirki sem tengjast Coda Terminal verið færð inná ljósmyndir, sjá kafla 8.4.4.

### **Breikkun Reykjanesbrautar**

Vegagerðin áformar breikkun Reykjanesbrautar frá Krýsuvíkurvegi að Hvasshrauni í Hafnarfirði. Áformað er að breikka veginn í núverandi vegstæði í 2+2 aðskildar akreinar. Hluti af þeirri framkvæmd er breyting á mislægum vegamótum við Straumsvík og gerð tengibrautar sem þjónusta mun iðnaðarsvæðin í Kapelluhrauni og Hellnahrauni. Þessi vegamót og tengibraut koma til með að nýtast á



framkvæmda- og rekstartíma Coda Terminal og greiða fyrir flutningum milli Straumsvíkurhafnar og framkvæmdasvæðisins sunnan Reykjanesbrautar. Vegna Coda Terminal verður Reykjanesbrautin þveruð með ídráttarrörum samhliða framkvæmdum við breikkun hennar. Ídráttarrör munu liggja undir Reykjanesbraut við austurenda álversins og hefur hönnun farið fram í samráði við Vegagerðina. Jafnframt liggur fyrir leyfi Vegagerðarinnar vegna þessa. Að öðru leyti munu framkvæmdir vegna Coda Terminal ekki ná inn á veghelgunarsvæði Reykjanesbrautar. Umhverfismati vegna breikkunar Reykjanesbrautar er lokið og hefur verksamningur vegna framkvæmda verið undirritaður. Stefnt að því að framkvæmdum ljúki í júní 2026.

### Ísallínur 3 og 4

Tvær 220 kV loftlínur, Ísallína 1 og 2, liggja yfir skipulagssvæðið að tengivirki við austurenda álversins. Loftlínunum fylgir helgunarsvæði og innan þess er byggingarbann. Allar framkvæmdir innan þess svæðis eru háðar leyfi frá Landsneti sem rekur línurnar. Samkvæmt kerfisáætlun Landsnets er áformað að leggja nýjar línur, Ísallínur 3 og 4, milli tengivirkis í Hamranesi og álversins og leggja niður Ísallínur 1 og 2. Unnið er að umhverfismati Ísallína 3 og 4. Ekki liggur fyrir samþykkt á þeim framkvæmdum. Endanleg lega línanna liggur ekki fyrir en samkvæmt tillögum að legu skarast lóðir Coda Terminal ekki við helgunarsvæði línanna. Samráð verður haft við Landsnet varðandi framkvæmdir innan helgunarsvæðis loftlína.

### Dreifikerfi hitaveitu

Líkt og fjallað var um í kafla 5.4 þarf Coda Terminal allt að 32 MW<sub>th</sub> af varmaorku til fasabreytingar á CO<sub>2</sub> straumnum áður en hann fer til niðurdælingar. Coda Terminal gerir ráð fyrir að kaupa þessa varmaorku í formi hitaveituvatns af Veitum ohf., fyrir að minnsta kosti fyrstu áfanga starfseminnar, en leita jöfnum höndum annarra kosta til að afla varmaorku fyrir verkefnið. Veitur hafa þegar tekið Coda Terminal inn í forsendur fyrirhugaðrar stækkunar á dreifikerfi hitaveitu í Hafnarfirði, en ljóst er að burtséð frá áformum Coda Terminal er þörf á slíkri stækkun til að halda í við íbúapróun og uppbyggingaráform Hafnarfjarðarbæjar. Staðsetning Coda Terminal í Hafnarfirði hefur í för með sér þá kosti að aukið rennsli hitaveituvatns til stórnotanda eins og Coda Terminal skilar sér í minni flutnings- og dreifitöpum í veitukerfinu og þar með hærra orkuinnihaldi til almennra notanda. Hönnunarstærðir hitaveitulagna taka mið af áætlaði flutningsþörf yfir hönnunarlíftíma þeirra, bæði til að lágmarka varmatöp og til að tryggja ásættanlega flutningsgetu. Með því að gera ráð fyrir Coda Terminal við sverun lagna myndast möguleiki á því að byggja strax dreifikerfi sem ber íbúaaukningu og uppbyggingaráform til langrar framtíðar, þar sem Coda Terminal nýtir til að byrja með varmaorku sem fer ekki til almennrar dreifingar. Síðar meir, þegar forsendur skapast til að minnka frumorkunotkun varma með aukinni nýtingu glatvarma frá öðrum iðnaði eða öðrum kostum, verður mögulegt að uppfylla þarfir Hafnfirðinga til varmaorku án þess að þurfa að leggja í kostnaðarsamar framkvæmdir við frekar uppbyggingu innviða hitaveitu. Vert er að taka fram að þar sem Coda Terminal telst stórnotandi er lítil hættu á að starfsemin hafi í för með sér afhendingarþrest til hins almenna notanda, þar sem stórnotandi er ávallt á skerðanlegu afli.



# 6

## Skipulag og leyfi

## 6 SKIPULAG OG LEYFI

### 6.1 Fyrirliggjandi skipulagsáætlanir og aðrar opinberar stefnur

Samkvæmt skipulagslögum nr. 123/2010 er landið allt skipulagsskytt og skulu framkvæmdir vera í samræmi við gildandi skipulagsáætlanir. Þannig skal framkvæmdaleyfi vera í samræmi við aðalskipulag, deiliskipulag og samþykkt byggingarleyfi eftir því sem við á. Framkvæmdaleyfi skal enn fremur vera í samræmi við svæðisskipulag þar sem það liggur fyrir.

#### 6.1.1 Aðgerðaráætlun í loftslagsmálum

Áform um niðurdælingu CO<sub>2</sub> í Coda Terminal og varanleg binding þess í bergi styður við aðgerð H1 í aðgerðaráætlun íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum [21]. Aðgerðin felur í sér að kanna hvort stóriðjufyrirtæki á Íslandi geti markvisst fangað CO<sub>2</sub> frá starfsemi sinni. Með Coda Terminal verða til innviðir til niðurdælingar aðflutts CO<sub>2</sub> frá Evrópu og geta innviðir þessir nýst innlendum stóriðjufyrirtækjum þegar föngun á CO<sub>2</sub> hefst.

#### 6.1.2 Landsskipulag

Leiðarljós Landskipulagsstefnu 2015-2026 um sjálfbæra þróun, seiglu og sveigjanleika, lífsgæði og samkeppnishæfni ríma öll ágætlega við fyrirætlanir Carbfix um að þróa leiðir til þess að dæla niður CO<sub>2</sub> frá innlendra og erlendra starfsemi á landi sem að stærstum hluta er raskað [51]. Með þeim hætti er dregið úr hlýnun jarðar, lífsgæði íbúa til lengri tíma aukin og samkeppnishæfni landsins bætt. Auk þess rúmast starfsemin vel innan um fjölbreytta starfsemi, s.s. iðnað eða útivist og að loknum líftíma verkefnisins er auðvelt að fjarlægja mannvirki og nýta landið fyrir aðra starfsemi án þess að skipta þurfi um jarðveg eða gera aðrar ráðstafanir eins og oft vill verða þegar hefðbundinn iðnaður á í hlut.

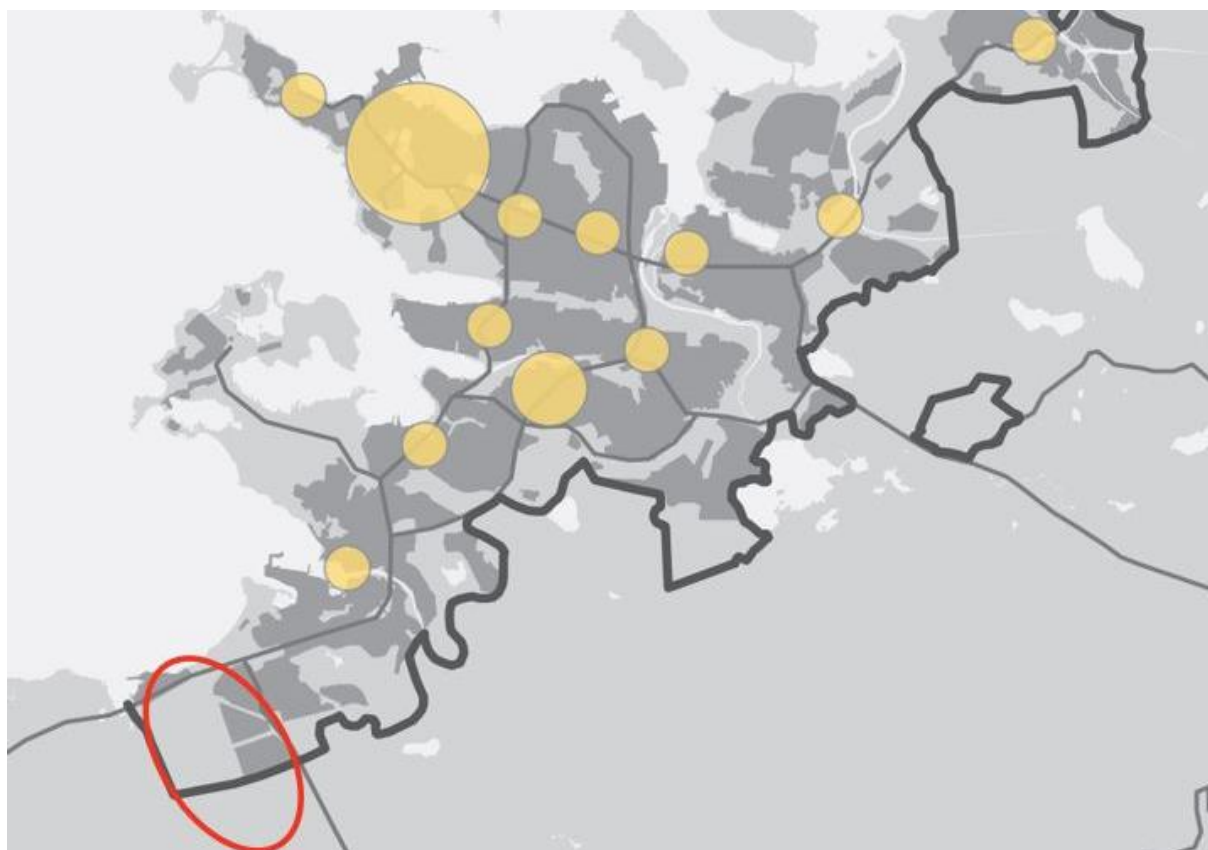
Í Landsskipulagsstefnu er stefna um samkeppnishæf samfélög og atvinnulíf: „Skipulag byggðar og landnotkunar stuðli að samkeppnishæfni og eflingu samfélags og atvinnulífs.“ Verkefni Carbfix er frumkvöðlastarfsemi og ný atvinnugrein á heimsvísu sem stuðlar að samkeppnishæfi Íslands og Hafnarfjarðar.

Í Landsskipulagsstefnu er jafnframt mörkuð stefna um skipulag með tilliti til náttúruvár og umhverfisbreytinga þar sem segir að „við skipulagsgerð sveitarfélaga verði hugað að því hvernig megi með skipulagsaðgerðum draga úr losun gróðurhúsalofttegunda“.

Landsskipulagsstefna tekur að öðru leyti ekki til þátta sem snerta uppbyggingu Coda Terminal.

### 6.1.3 Svæðisskipulag

Fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal er bæði innan og utan skilgreindra þéttbýlismarka samkvæmt svæðisskipulagi Höfuðborgarsvæðisins (mynd 6.1). Uppbygging Coda Terminal er í samræmi við stefnu svæðisskipulags Höfuðborgarsvæðisins um aukna alþjóðlega samkeppnishæfni og að „grunnur að aukinni samkeppnishæfni höfuðborgarsvæðisins [fái] með því að beina fjárfestingum í innviði sem auka við fjölbreytta uppbyggingu atvinnulífsins“ og að sérstök áhersla sé „lögð á nýsköpun og þekkingaruppbyggingu“. Verkefnið er mjög vel til þess fallið að auka þekkingu og nýsköpun í lands- og/eða svæðiskjörnum.



**MYND 6.1** Vaxtarmörk svæðisskipulags Höfuðborgarsvæðisins (grá lína) og miðkjarnar (gulir hringir) þar sem gert er ráð fyrir megin vexti byggðar [52]. Rauður hringur táknar framkvæmdasvæðið.

### 6.1.4 Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins

Í loftslagsstefnu höfuðborgarsvæðisins er fjallað um þær aðgerðir sem gripið hefur verið til vegna m.a. staðbundinnar orkunotkunar og iðnaðar og er þá fjallað um Carbfix tæknina og niðurdælingu á CO<sub>2</sub> [53].



### 6.1.5 Aðalskipulag

Borteigar Coda Terminal og mannvirki framkvæmdarinnar á yfirborði þurfa að vera innan skilgreinds iðnaðarsvæðis. Tveir borteigar eru á skilgreindu iðnaðarsvæði þar sem heimilt er að dæla niður CO<sub>2</sub> en greint var frá því í breytingu á aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025 dagsett apríl 2023 [40].

Aðrir borteigar, sem ekki eru á skilgreindu iðnaðarsvæði samkvæmt núgildandi aðalskipulagi, krefjast breytingar á aðalskipulagi þar sem gerð verður grein fyrir nýjum iðnaðarsvæðum. Vinna er hafin við breytingu á aðalskipulagi Hafnarfjarðar vegna þessa [54]. Með breytingu á aðalskipulagi verða skilgreindir iðnaðarsvæðisreitir fyrir borteiga og í greinargerð verða gerðar breytingar sem þarf til þess að heimila niðurdælingu á borteigum og tryggja samræmi við nauðsynlegar deiliskipulagsáætlanir, en nánar er fjallað um deiliskipulag í tengslum við Coda Terminal í næsta kafla.

Aðalskipulag Hafnarfjarðarbæjar hefur verið breytt í tengslum við aðstöðu og aðkomu að Straumsvíkurhöfn, umferðarskipulag og efnistöku [40]. Forsenda skipulagsbreytinganna er að bæta hafnaraðstöðu við Straumsvíkurhöfn þannig að byggja megi upp umhverfisvænan nýsköpunariðnað á svæðinu, og einnig til að bæta veltengingar milli hafnar- og iðnaðarsvæðis í Straumsvík og iðnaðarsvæða sunnan við Reykjanesbraut.

Í aðalskipulagsbreytingu, dagsett 13. desember 2021, er gert ráð fyrir mislægum gatnamótum á Reykjanesbraut við Straumsvík og tengibraut sem þjónusta mun iðnaðarsvæðin í Kapelluhrauni og Hellnahrauni [55].

Fyrir liggja áform Hafnarfjarðarbæjar um stækkun athafna- og iðnaðarsvæðis til suðurs í heildarendurskoðun aðalskipulags.

### 6.1.6 Deiliskipulag

Deiliskipulagsáætlanir vegna Coda Terminal verða auglýstar samhliða aðalskipulagsbreytingu vegna framkvæmdarinnar.

Tveir borteigar eru áætlaðir á svæði þar sem aðalskipulag heimilar niðurdælingu, á deiliskipulagi iðnaðarsvæðis í Kapelluhrauni sem var samþykkt þann 8. nóvember 2023 [56].

Tveir borteigar eru áætlaðir á svæði þar sem er í gildi samþykkt deiliskipulag 3. áfanga Hellnahrauns, staðfest 2007 með síðari breytingum [57]. Gerð verður breyting á þessu deiliskipulagi. Lóðum verður breytt, gerð grein fyrir lagnaleiðum og heimildir fyrir borteiga með niðurdælingu skilgreindar.

Einn borteigur er á mörkum samþykks deiliskipulags 2. áfanga Hellnahrauns, staðfest 2011 með síðari breytingum [58]. Unnin verður breyting á deiliskipulagi 2. áfanga Hellnahrauns þar sem mörkum verður breytt, skilgreind ný lóð fyrir borteig með niðurdælingu og gerð grein fyrir lagnaleiðum.

Einn borteigur er áætlaður á svæði þar sem unnið er að deiliskipulagi athafnasvæðis í Kapelluhrauni á reit AT4 samkvæmt aðalskipulagi [59]. Til skoðunar er að koma borteig fyrir á því deiliskipulagi á meðan það er í vinnslu, að öðru leyti þarf að breyta deiliskipulagi eftir á.

Ný deiliskipulagsáætlun verður unnin fyrir fjóra borteiga en nálægt þeim er samþykkt deiliskipulag akstursíprótta við Krýsuvíkurveg [60].

### 6.1.7 Vatnaáætlun

Fyrsta vatnaáætlun Íslands var staðfest í apríl 2022 á grundvelli laga um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Markmið laganna er „að vernda vatn og vistkerfi þess, hindra frekari rýrnun vatnsgæða og bæta ástand vatnavistkerfa til þess að vatn njóti heildstæðrar verndar. Jafnframt er lögunum ætlað að stuðla að sjálfbærri nýtingu vatns og langtímavernd vatnsauðlindarinnar“. Í vatnaáætlun er sett fram aðgerðaráætlun og vöktunaráætlun og er það hlutverk sveitarfélaga, í samvinnu við heilbrigðisnefndir, að framfylgja þeim kröfum sem þar koma fram.

Athugunarsvæði Coda Terminal er innan svæðis sem í vatnaáætlun er flokkað sem grunnvatnshlot, nánar tiltekið Straumsvíkurstraumur (nr. 104-265-G) og er ástand grunnvatnshlotsins skilgreint sem *ekki í hættu*. Nánar er fjallað um áhrif framkvæmdarinnar á vatnshlot í kafla 8.3.3.

## 6.2 Leyfi sem framkvæmdin er háð

Framkvæmdin er háð eftirfarandi leyfum:

- Framkvæmdaleyfi Hafnarfjarðarbæjar, samkvæmt 14. gr. skipulagslaga nr. 123/2010 og reglugerð um framkvæmdaleyfi nr. 772/2012.
- Byggingarleyfi byggingarfulltrúa Hafnarfjarðarbæjar, samkvæmt 9. gr. laga um mannvirki nr. 160/2010 og byggingarreglugerð nr. 112/2012.
- Starfsleyfi Umhverfisstofnunar samkvæmt 33. c gr. laga nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir á grundvelli reglugerðar nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu.
- Starfsleyfi sem Heilbrigðiseftirlit Garðabæjar, Hafnarfjarðar, Kópavogs, Mosfellsbæjar og Seltjarnarness veitir samkvæmt 6. gr. laga nr. 7/1998, um hollustuhætti og mengunarvarnir og 5. gr. reglugerðar nr. 550/2018, um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit, samanber X. viðauka, lið 10.7, um tímabundinn atvinnurekstur vegna aðstöðu fyrir verktaka og starfsmenn á framkvæmdatíma.
- Leyfi Minjastofnunar Íslands, ef við á, vegna fornleifa samkvæmt 21. gr. laga nr. 80/2012 um menningarmínjar.
- Nýtingarleyfi Orkustofnunar, vegna nýtingar á grunnvatni samkvæmt lögum nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu á auðlindum úr jörðu.
- Losunarleyfi Umhverfisstofnunar, samkvæmt lögum nr. 70/2012 um loftslagsmál.
- Leyfi Vegagerðarinnar, vegna leiðslu og vinnu á vegstæði meðfram Reykjanesbraut. Leyfið liggur fyrir.



# 7

## Aðferðafræði mats á umhverfisáhrifum

## 7 AÐFERÐAFRÆÐI MATS Á UMhverfisáhrifum

Í þessum kafla er fjallað um tilgang umhverfismats, forsendur þess og þá aðferðafræði sem beitt er við mat á umhverfisáhrifum. Jafnframt er gerð grein fyrir þeim þáttum framkvæmdarinnar sem kunna að valda umhverfisáhrifum.

### 7.1 Tilgangur mats á umhverfisáhrifum

Mat á umhverfisáhrifum er ferli þar sem á kerfisbundinn hátt eru metin þau áhrif sem framkvæmd kann að hafa á umhverfið, áður en tekin er ákvörðun um hvort umrædd framkvæmd skuli leyfð. Mat á umhverfisáhrifum er unnið í samræmi við lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021. Matinu er ætlað að tryggja að umhverfisáhrif framkvæmda séu innan ásættanlegra marka. Markmið laganna eru:

- a. sjálfbær þróun, heilnæmt umhverfi og umhverfisvernd sem vinna skal að með umhverfismati framkvæmda og áætlana sem eru líklegar til að hafa umtalsverð umhverfisáhrif,
- b. skilvirkni við umhverfismat framkvæmda og áætlana,
- c. að almenningur hafi aðkomu að umhverfismati framkvæmda og áætlana og samvinna aðila sem hafa hagsmuna að gæta eða láta sig málið varða vegna umhverfismats framkvæmda og áætlana.

### 7.2 Forsendur og aðferðafræði við mat á umhverfisáhrifum

Forsendur mats á umhverfisáhrifum byggja á eftirfarandi meginþáttum:

- Viðmiðum í lögum og reglugerðum, stefnumótun stjórnvalda og skuldbindingum á alþjóðavísu.
- Gildandi skipulagsáætlunum.
- Greiningum sérfræðinga á einkennum áhrifa á einstaka umhverfisþætti á áhrifasvæðinu.
- Umsögnum lögboðinna umsagnaraðila, hagsmunaaðila og almennings.

Mat á umhverfisáhrifum er unnið samkvæmt lögum nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana og reglugerð nr. 1381/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana. Einnig er stuðst við leiðbeiningar Skipulagsstofnunar, annars vegar um mat á umhverfisáhrifum [61] og hins vegar um flokkun umhverfisþátta, viðmið, einkenni og vægi umhverfisáhrifa [62]. Við mat á vægi áhrifa á einstaka



umhverfisþætti er litið til tiltekinna viðmiða s.s. stefnumörkun stjórnvalda, laga og reglugerða, og alþjóðasamninga.

Töflur 7.1 og 7.2 hér að neðan gefa yfirlit yfir hugtök sem notuð eru við mat á einkennum og vægi umhverfisáhrifa.

**TAFLA 7.1** Skilgreiningar á einkennum umhverfisáhrifa.

EINKENNI ÁHRIFA	SKÝRING
Bein áhrif	Bein áhrif sem gera má ráð fyrir að framkvæmd muni hafa á tiltekna umhverfisþætti.
Óbein áhrif	Áhrif á umhverfisþætti sem ekki eru bein afleiðing framkvæmdar. Áhrifin geta komið fram í tiltekinni fjarlægð í tíma og/eða rúmi og verið afleiðing samspils mismunandi þátta sem þó má rekja til framkvæmdarinnar. Óbeinum áhrifum er einnig hægt að lýsa sem afleiddum áhrifum.
Jákvæð áhrif	Áhrifa framkvæmdar sem talin eru til bóta fyrir umhverfið á beinan eða óbeinan hátt eða auka umfang núverandi áhrifa að því marki að þau séu talin verða til bóta.
Neikvæð áhrif	Áhrif framkvæmdar sem talin eru skerða eða rýra gildi tiltekins eða tiltekinna umhverfisþátta á beinan eða óbeinan hátt eða auka umfang núverandi áhrifa að því marki að þau valda ónæði, óþægindum, heilsutjóni eða auknu raski.
Varanleg áhrif	Áhrif sem talið er að framkvæmd muni hafa til frambúðar á tiltekna umhverfisþætti, þ.e. með tilliti til æviskeiðs núlifandi manna og komandi kynslóða.
Tímabundin áhrif	Áhrif sem talið er að framkvæmd muni hafa tímabundið á tiltekna umhverfisþætti, þ.e. í nokkrar vikur, mánuði eða ár.
Afturkræf áhrif	Áhrif framkvæmdar á tiltekna umhverfisþætti, sem líta má á að séu þess eðlis að áhrifanna hætti að gæta eftir tiltekinn tíma og að raunhæft sé eða unnt að gera ráð fyrir að hægt sé að færa í sama eða svipað horf og áður en kom til framkvæmda. Gera verður ráð fyrir að áhrifin séu afturkræf á a.m.k. tímaskala núlifandi manna en afturkræf áhrif geta einnig verið háð því að ummerki séu fjarlægð innan ákveðins tíma, t.d. ef um er að ræða áhrif á lífríki.
Óafturkræf áhrif	Áhrif sem í eðli sínu fela í sér að tilteknir umhverfisþættir verða fyrir varanlegri breytingu eða tjóni vegna framkvæmdar sem ekki er raunhæft eða unnt að afturkalla.
Samlegðaráhrif	Hér er hugtakið samlegðaráhrif bæði notað um svokölluð samvirk og sammögnuð áhrif, þ.e. um áhrif mismunandi þátta framkvæmdar sem hafa samanlagt tiltekin umhverfisáhrif eða sem jafnvel magnast upp yfir tiltekið tímabil. Þetta getur einnig varðað áhrif sem fleiri en ein framkvæmd hafa samanlagt eða sammagnað á tiltekinn umhverfisþátt eða tiltekið svæði.
Umtalsverð umhverfisáhrif	Veruleg óafturkræf umhverfisáhrif eða veruleg spjöll á umhverfinu sem ekki er hægt að fyrirbyggja eða bæta úr með mótvægisáðgerðum.

TAFLA 7.2 Hugtök yfir vægi áhrifa sem stuðst er við þegar lagt er mat á umhverfisáhrif framkvæmda.

VÆGI ÁHRIFA / VÆGISEINKUNN	SKÝRING
Veruleg jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti bæta hag mikils fjölda fólks og/eða hafa jákvæð áhrif á umfangsmikið svæði. Sú breyting eða ávinningur sem hlýst af framkvæmdinni/áætluninni er oftast varanleg.</li> <li>Áhrifin eru oftast á svæðis-, lands- og/eða heimsvísu en geta einnig verið staðbundin.</li> <li>Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Talsverð jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti taka ekki til umfangsmikils svæðis, en svæðið kann að vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja.</li> <li>Áhrifin geta verið jákvæð fyrir svæðið og/eða geta verið jákvæð fyrir fjölda fólks.</li> <li>Áhrifin geta verið varanleg og í sumum tilfellum afturkræf.</li> <li>Áhrif geta verið stað-, svæðisbundin og/eða á landsvísu.</li> <li>Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Nokkuð jákvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti taka ekki til umfangsmikils svæðis, og svæðið er ekki talið vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja.</li> <li>Áhrifin geta verið jákvæð fyrir hluta svæðis og/eða fyrir takmarkaðan hóp fólks.</li> <li>Áhrifin geta verið varanleg og í sumum tilfellum afturkræf.</li> <li>Áhrifin eru að mestu stað-, og svæðisbundin.</li> <li>Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Óveruleg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti eru minniháttar, með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum, ásamt fjölda fólks sem verður fyrir áhrifum.</li> <li>Áhrifin eru í mörgum tilfellum tímabundin og að mestu afturkræf.</li> <li>Áhrif eru oftast stað-, eða svæðisbundin.</li> <li>Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Nokkuð neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti taka ekki til umfangsmikils svæðis, og svæðið er ekki talið vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja.</li> <li>Áhrifin geta verið neikvæð fyrir hluta svæðis og/eða fyrir takmarkaðan hóp fólks.</li> <li>Áhrifin geta verið varanleg og í sumum tilfellum óafturkræf.</li> <li>Áhrifin eru að mestu stað-, og svæðisbundin.</li> <li>Áhrifin samræmast ákvæðum laga og reglugerða, almennri stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Talsverð neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfispátt/-þætti taka ekki til umfangsmikils svæðis, en svæðið kann að vera viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja.</li> <li>Áhrifin geta verið neikvæð fyrir svæðið og/eða geta valdið fjölda fólks ónæði eða óþægindum.</li> <li>Áhrifin geta verið varanleg og í sumum tilfellum óafturkræf.</li> <li>Áhrif geta verið stað-, svæðisbundin og/eða á landsvísu.</li> <li>Áhrifin geta að einhverju leyti verið í ósamræmi við ákvæði laga og reglugerða, almenna stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamninga sem Ísland er aðili að.</li> </ul>

VÆGI ÁHRIFA / VÆGISEINKUNN	SKÝRING
Veruleg neikvæð	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áhrif framkvæmdar eða áætlunar á umhverfisþátt/-þætti skerða umfangsmikið svæði og/eða svæði sem er viðkvæmt fyrir breytingum, m.a. vegna náttúrufars og fornminja, og/eða rýra hag mikils fjölda fólks. Sú breyting eða tjón sem hlýst af framkvæmdinni er oftast varanleg og yfirleitt óafturkræft.</li> <li>Áhrif eru oftast á svæðis-, lands- og/eða heimsvísu en geta einnig verið staðbundin.</li> <li>Áhrifin eru í ósamræmi við ákvæði laga og reglugerða, almenna stefnumörkun stjórnvalda eða alþjóðasamningum sem Ísland er aðili að.</li> </ul>
Engin áhrif	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engin áhrif af framkvæmd eða áætlun á umhverfisþátt/-þætti.</li> </ul>
Óvissa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekki er vitað um eðli eða umfang umhverfisáhrifa á tiltekna umhverfisþætti, m.a. vegna skorts á upplýsingum, tæknilegra annmarka eða skorts á þekkingu. Það getur verið unnt að afla upplýsinga um áhrifin með frekari rannsóknnum eða markvissri vöktun.</li> </ul>

Í kafla 8 er lagt mat á umhverfisáhrif þeirra umhverfisþátta sem hugsanlega geta orðið fyrir umtalsverðum umhverfisáhrifum vegna framkvæmdarinnar. Um þessa þætti var fjallað í matsáætlun sem Skipulagsstofnun féllst á með athugasemdum sem fram komu í áliti, útgefnu 27. janúar 2023. Við ákvörðun um hvaða þætti bæri að athuga voru fyrirliggjandi gögn skoðuð og mið tekið af kröfum í lögum og reglugerðum.



# 8

## Mat á umhverfisáhrifum



## 8 MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM

### 8.1 Áhrifaþættir framkvæmdar

Þeir framkvæmdaþættir sem geta haft í för með sér umhverfisáhrif á geymslusvæði Coda Terminal í Straumsvík eru eftirfarandi:

#### Niðurdæling CO<sub>2</sub>

Áhrif niðurdælingar verða í borholum og í jarðlögum undir yfirborði. Gert er ráð fyrir að CO<sub>2</sub> verði dælt niður í borholur til geymslu í jarðlögum í Straumsvík. CO<sub>2</sub> verður fangað frá iðnaði í Evrópu og flutt í Straumsvík með þar til gerðum skipum. Auk þess verður mögulegt að dæla niður CO<sub>2</sub> frá iðnaði í nágrenni Coda, eða lofthreinsiverum sem fanga CO<sub>2</sub> úr andrúmslofti.

Niðurdæling vökva í jörðu getur mögulega leitt til spennubreytinga þegar CO<sub>2</sub>-hlaðið vatn streymir frá niðurdælingarholum í geymslusvæðinu, og er metið hvort þær geti valdið örvaðri skjálftavirkni á svæðinu. Þá er metið hvort hætta sé á að CO<sub>2</sub> leki út í andrúmsloftið frá niðurdælingarkerfi.

#### Geymsla CO<sub>2</sub> í jarðlögum

Carbfix tæknin felst í 1) leysnibindingu þar sem CO<sub>2</sub> leystu í vatni er dælt niður í basaltbergglög. Tryggt er að aðstæður við niðurdælingu séu á þann veg að CO<sub>2</sub> haldist að fullu uppleyst þegar það flæðir út í basaltberggrunninn. Enginn uppdrifskraftur er til staðar og CO<sub>2</sub> því bundið í niðurdælingarvökvanum á öruggan hátt. 2) CO<sub>2</sub>-hlaðni vökvinn leysir málma úr basaltinu sem ganga í efnasamband við CO<sub>2</sub> og falla út sem karbónat steindir í basaltinu og fylla upp í porur og holrými í berginu. Þannig er steindabindingu náð sem er öruggasta geymsluform CO<sub>2</sub>.

#### Byggingar

Byggingar sem tengjast framkvæmdinni, þ.e. skýli yfir borholur og stjórnbyggingar á borteigum, og lykilbygging, ásamt geymslutönkum og dælustöð sem staðsett verða á hafnarsvæðinu, koma til með að valda raski á yfirborði á framkvæmdatíma. Í einhverjum tilvikum er land þegar raskað. Byggingarnar munu einnig hafa áhrif á landslag og áskýnd.

## Borholur

Borteigar koma til með að valda raski á yfirborði á framkvæmdatíma. Átta borteigar af tíu eru staðsettir í annað hvort þegar röskuðu landi eða landi sem þegar hefur verið skipulagt undir starfsemi. Borholur og borteigar munu hafa áhrif á landslag og ásýnd.

## Lagnir

Gaslagnir sem munu liggja frá hafnarsvæðinu að niðurdælingarsvæðinu verða niðurgrafnar og munu því valda raski á yfirborði á framkvæmdatíma. Við flutning á CO<sub>2</sub> er jafnframt skoðað hvort möguleiki sé á leka út í andrúmsloftið. Vatnslagnir verða lagðar frá vatnstökuholum að niðurdælingarholum innan sama borteigs.

## Vatnsöflun fyrir niðurdælingu á CO<sub>2</sub>

Niðurdæling á CO<sub>2</sub> kallar á vatnsöflun og getur sú vatnsöflun haft áhrif á grunnvatnsstreymi á svæðinu og jafnvægi milli ferskvatns og jarðsjávar. Vatnstökuholurnar verða almennt staðsettar innan hvers borteigs og verður vatn úr þeim nýtt til niðurdælingar á CO<sub>2</sub>.

## Vegagerð

Lagning þjónustuvega að borteigum kemur til með að valda raski á landi og mun jafnframt hafa áhrif á landslag og ásýnd.

## 8.2 Umhverfisþættir

Í upphafi matsvinnu var metið hvaða þættir umhverfisins væru líklegir til að verða fyrir áhrifum vegna framkvæmdarinnar. Í matsáætlun var gerð grein fyrir þessum þáttum og tilgreint hvernig staðið yrði að mati fyrir hvern og einn þátt. Í samræmi við matsáætlun er áhersla lögð á eftirfarandi þætti:

### Náttúrufar

- Loftslag
- Geymslugeymir
- Grunnvatn
- Jarðmyndanir
- Vistgerðir
- Verndarsvæði og náttúruminjar

### Samfélags- og hagfræðilegir þættir

- Jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar
- Heilbrigði og öryggi
- Loftgæði
- Landslag og ásýnd
- Menningarminjar
- Efnahagur og ferðaþjónusta

Í eftirfarandi köflum er fjallað um þá umhverfisþætti sem talið er að geti orðið fyrir umhverfisáhrifum vegna framkvæmdarinnar. Lagt er mat á einkenni og vægi áhrifa út frá viðeigandi viðmiðum sem lögð eru til grundvallar og grunnástandi umhverfisþáttarins. Lagðar eru til viðeigandi mótvægisáðgerðir og/eða áætlanir um vöktun ef þurfa þykir.

## 8.3 Áhrif á náttúrufer

### 8.3.1 Loftslag

#### 8.3.1.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Þeir framkvæmdaþættir sem geta valdið áhrifum á umhverfisþáttinn loftslag eru kjarnastarfsemi Coda Terminal, niðurdæling CO<sub>2</sub>, binding og geymsla þess í berggrunni, auk byggingu og orkuþarfar stöðvarinnar.

Áhrifasvæði framkvæmdarinnar vegna umhverfisþáttarins loftslags nær um heiminn allan en loftslagsbreytingar eru hnattrænt vandamál og öll losun og binding gróðurhúsalofttegunda, óháð staðsetningu, hefur áhrif á loftslagið. Afleiðingar loftslagsbreytinga verða sömuleiðis um allan heim.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á loftslag eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna um aðgerðir í loftslagsmálum
- Græni sáttmálinn (e. Green Deal), loftslagsmarkmið Evrópusambandsins
- Loftslagsráðstefna Sameinuðu þjóðanna (e. *Conference of Parties*)
- Aðgerðaáætlun íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum
- Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á loftslag er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Vistferilsgreining fyrir Coda Terminal, unnin af EFLU verkfræðistofu árið 2022 fyrir Carbfix
- Nýjustu skýrslur Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (*IPCC*), AR6
- Ritryndar vísindagreinar Carbfix

#### 8.3.1.2 Grunnástand

Losun gróðurhúsalofttegunda heldur áfram að aukast á heimsvísu. Samkvæmt nýjustu samantektarskýrslu Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsmál (*IPCC*) hefur þegar orðið 1,1°C hnattræn hlýnun umfram hitastig fyrir iðnbyltingu (1850-1900) [6]. Samkvæmt skýrslunni er búist við 2,1–3,4°C hnattrænni hlýnun árið 2100 umfram hitastig fyrir iðnbyltingu miðað við framkvæmdar lögfestar stefnur aðildarríkja Sameinuðu þjóðanna (e. *implemented policies*), sé ekki gripið til frekari aðgerða. Umfang hlýnunar er í beinu hlutfalli við uppsafnaða losun CO<sub>2</sub> og annarra gróðurhúsalofttegunda. Samfara hlýnun verða aftakaatburðir í veðri algengari, til að mynda meiri öfgar í hitabylgjum, þurrkum og ofsarigningum [6]. Þörf er á ríkri samvinnu þjóða sem birtist meðal annars í því að Ísland, sem er aðili að rammamningi Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (Loftslagssamningurinn), tekur þátt í sameiginlegu markmiði Evrópuríkja um 55% samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda á tímabilinu 2021-2030. Ísland, Noregur og aðildaríki ESB eru þannig með eitt sameiginlegt framlag gagnvart Parísarsamningum sem felur í sér skuldbindingu um að halda hnattrænni hlýnun undir 2°C og leitast við að takmarka hækkun hitastigs við 1,5°C. Til að sú sviðsmynd nái fram að ganga þarf heimurinn að hafa náð kolefnishlutleysi árið 2050.

Föngun og binding CO<sub>2</sub> (e. *carbon capture and storage, CCS*) er hluti af lausnamenginu sem dregið er fram í skýrslu IPCC [6]. Föngun og binding CO<sub>2</sub> er skilgreind sem ómissandi lausn (e. *critical mitigation*

*option*) í orkugeiranum, sementsframleiðslu, og efnaiðnaði samkvæmt skýrslu IPCC. Einnig kemur fram að núverandi hagnýting föngunar og bindingar á heimsvísu sé langt undir því sem þyrfti samkvæmt þeim sviðsmyndum sem takmarka hnattræna hlýnun við 1,5°C eða 2,0°C árið 2100 [6]. Þær sviðsmyndir IPCC þar sem næst að stöðva hnattræna hlýnun við 1,5°C eða 2,0°C er reiknað með að föngun og förgun/binding CO<sub>2</sub> árið 2050 sé á bilinu 0 – 13 Gt CO<sub>2</sub> á ári með miðgildi í kringum 3 Gt CO<sub>2</sub> á ári [63]. Þá hefur Alþjóðaorkumálastofnunin (*IEA*) sett fram vegvísi um hvernig megi ná alþjóðlegu kolefnishlutleysi árið 2050 en í þeirri sviðsmynd er þörf á föngun og bindingu á 1,7 Gt af CO<sub>2</sub> á ári, árið 2030 og 7,6 Gt af CO<sub>2</sub> á ári, árið 2050 [64].

### 8.3.1.3 Lýsing á áhrifum

Vistferilsgreining var framkvæmd á fyrstu stigum hönnunar fyrir Coda Terminal fyrir 30 ára líftíma verkefnisins til að fá frummat á helstu áhrifaþætti framkvæmdar og rekstur stöðvarinnar (sjá viðauka V). Coda Terminal mun taka við CO<sub>2</sub> gasi sem hefur verið fangað í iðnaði eða orkuvinnslu erlendis, þétt á vökvaform og flutt til landsins. Sjóflutningar CO<sub>2</sub> til Coda Terminal eru ekki hluti af framkvæmd þessari en fjallað er um flutningana í kafla um tengdar framkvæmdir (sjá kafla 5.8). Engu að síður ná kerfismörk vistferilsgreiningarinnar utan um sjóflutninga CO<sub>2</sub> til Coda Terminal, og að auki affermingu, tímabundna geymslu í tönkum, dælingu, umbreytingu CO<sub>2</sub> í gas, flutning CO<sub>2</sub> um lagnir, niðurdælingu um borholur og bindingu CO<sub>2</sub>, auk byggingu og reksturs bygginga og helstu innviða. Helstu þættir ofar í virðiskeðju sem voru undanskildir eru þeir sem eiga sér stað erlendis, þ.e. föngun CO<sub>2</sub>, þétting á vökvaform og starfsemi á hafnarsvæði erlendis. Þá var líka undanskilin uppbygging hafnarsvæðis í Straumsvík. Tímarammi greiningarinnar er 30 ár. Til þess að leggja fram niðurstöður á skýran hátt er vistferilsstigum skipt í fernt:

- Ferlar ofar í virðiskeðju (*e. upstream processes*)
  - Ekki innifaldir í vistferilsgreiningu: Iðnferlar eða orkuvinnsla, föngun, forvinnsla og þétting CO<sub>2</sub> og hafnarstarfsemi erlendis.
  - Innifaldir í vistferilsgreiningu: Sjóflutningur CO<sub>2</sub> til Coda Terminal.
- Kjarnastarfsemi
  - Framleiðsla byggingarefna, uppbygging og rekstur á Coda Terminal, þar á meðal borun, byggingar, innviðir (höfn undanskilin), lagnir og búnaður.
- CO<sub>2</sub> leki
  - Í vistferilsgreiningu var gert ráð fyrir 1% leka CO<sub>2</sub> í virðiskeðjunni.
- Geymsla CO<sub>2</sub>
  - Varanleg binding á CO<sub>2</sub> með leysnibindingu og síðar steinrenningu

Heildarniðurstaða vistferilsgreiningarinnar er nettó samdráttur í losun um 72,1 milljón tonn (Mt) CO<sub>2</sub> ígildi yfir líftíma greiningarinnar. Coda Terminal og starfsemi hennar er því til verulegra hagsbóta fyrir loftslagið. Þessi mikli samdráttur er vegna varanlegrar bindingar CO<sub>2</sub> sem dregur úr losun um 76,2 Mt CO<sub>2</sub> yfir líftíma starfseminnar. Á móti kemur losun vegna kjarnastarfsemi Coda Terminal (159 þúsund tonn (kt) CO<sub>2</sub> ígildi yfir líftíma verkefnisins) og þeim 1% CO<sub>2</sub> leka sem var gert ráð fyrir (770 kt CO<sub>2</sub>). Auk þess valda sjóflutningar losun sem nemur 3,15 Mt CO<sub>2</sub> ígilda en þeir eru, sem fyrr hefur komið fram, ekki hluti af framkvæmdinni.

Niðurstöður vistferilsgreiningar og skipting á milli þessara þátta má sjá í töflu tafla 8.1 ásamt nettó samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda, með og án sjóflutninga.



**TAFLA 8.1** Binding og losun gróðurhúsalofttegunda samkvæmt niðurstöðum vistferilsgreiningar sem framkvæmd var á fyrstu stigum hönnunar fyrir Coda Terminal fyrir 30 ára líftíma verkefnisins. Sjóflutningar CO<sub>2</sub> til Straumsvíkur eru tengd framkvæmd og því birtir til hliðar (grámerkt í töflunni). Losun vegna orkunotkunar við föngun CO<sub>2</sub> erlendis var ekki tekin með í greiningu. Sjá nánar í viðauka V.

ÞÁTTUR VISTFERILSGREININGAR	BINDING/LOSUN*	MT CO <sub>2</sub> ÍGILDI
Geymsla CO <sub>2</sub>	Binding	-76,2
Kjarnastarfsemi Coda Terminal	Losun	0,16
1% leki CO <sub>2</sub> **	Losun	0,77
Sjóflutningar***	Losun	3,2
<b>Nettó samdráttur í losun CO<sub>2</sub> (án sjóflutninga)</b>	<b>Binding</b>	<b>-75,3</b>
<b>Nettó samdráttur í losun CO<sub>2</sub> (með sjóflutningum)</b>	<b>Binding</b>	<b>-72,1</b>

\* Í töflunni er losun sýnd sem plústala en binding sem mínustala.

\*\*1% leki er varfærið mat gert á fyrstu stigum hönnunar. Fjallað er um helstu mótvægisáðferðir sem miða að því að minnka og/eða koma í veg fyrir þennan leka í kafla 8.4.2.4.

\*\*\*Sjóflutningar eru ekki hluti af Coda Terminal sjálfri og því ekki hluti af þessu umhverfismati en losun vegna þeirra er sýnd hér til hliðar þar sem um tengda framkvæmd er að ræða.

Stærsti einstaki losunarpáttur í greiningunni er losun vegna sjóflutninga CO<sub>2</sub> til stöðvarinnar sem var metin upp á **3,15 Mt CO<sub>2</sub> ígilda**. Sá framkvæmdapáttur er sem fyrr segir ekki hluti af þessu umhverfismati en fjallað er um flutning á CO<sub>2</sub> í kafla 5.8 um tengdar framkvæmdir.

Heildarlosun kjarnastarfsemi Coda Terminal var metin upp á samtals **159 kt CO<sub>2</sub> ígilda**. Þar af er um 76% vegna orkuþarfar í rekstri og aðeins 24% vegna byggingu hennar og byggingarefnis. Bygging Coda Terminal tekur tillit til allra boranna og framleiðslu á öllum eignum sem þarf í lagnir og búnað. Orkuþörf felst aðallega í varma sem þarf til upphitunar á vökvagerðu CO<sub>2</sub>.

Í greiningunni var gert ráð fyrir 1% CO<sub>2</sub> leka en það veldur losun upp á um **770 kt CO<sub>2</sub> ígilda**. Þá er átt við uppsafnaða leka sem geta átt sér stað í allri virðiskeðjunni. Á þessu stigi er erfitt að meta hvert væri líklegt umfang leka og því var gert ráð fyrir að 1% af því CO<sub>2</sub> sem væri flutt til landsins myndi leka einhversstaðar í virðiskeðjunni, sem er talið vera nokkuð varfært val. Leki gæti t.d. orðið við sjóflutninga, affermingu, um gat á lögnum eða við brest á lögnum eða geymslutönkum eða við niðurdælingu. Fjallað er um helstu mótvægisáðgerðir sem miða að því að minnka þennan CO<sub>2</sub> leka í kafla 8.4.2.4.

Eins og fram hefur komið er heildarniðurstaða vistferilsgreiningarinnar nettó samdráttur í losun um **72,1 Mt CO<sub>2</sub>** yfir líftíma verkefnisins. Þetta samsvarar því að fyrir hver 1.000 kg af CO<sub>2</sub> sem er dælt niður er komið í veg fyrir nettó 946 kg CO<sub>2</sub> losun. Miðað við rekstrarskilyrði 1. áfanga tæki um 30 daga fyrir Coda Terminal að jafna út neikvæð áhrif af byggingu, orkuþörf og mögulegum lekum á því tímabili. Taka ber fram að losun vegna föngunar CO<sub>2</sub> erlendis var ekki tekin með í vistferilsgreiningu en það er orkukrefjandi ferli og losunin fer að miklu leyti eftir því hvernig orka er notuð.

Til að setja heildaráhrif stöðvarinnar í samhengi má horfa til framreikninga Umhverfisstofnunar á losun Íslands fyrir óbreytta sviðsmynd (með núverandi aðgerðum). Samkvæmt þeirri sviðsmynd er gert ráð að losun Íslands (án landnotkunar) lækki nánast línulega úr u.þ.b. 4,5 Mt CO<sub>2</sub> ígildi á ári niður í 3 Mt CO<sub>2</sub> ígildi árið 2050 [65]. Samtals uppsöfnuð losun Íslands (án landnotkunar) yfir næstu 30 ár samkvæmt þessari er því um 110 Mt CO<sub>2</sub>. Nettó binding Coda Terminal stöðvarinnar á 30 ára líftíma hennar (72 Mt CO<sub>2</sub>) samsvarar því 65% af uppsafnaðri losun Íslands (án landnotkunar) á sama tímabili.

Allt bendir til þess að loftslagsmarkmið Parísarsamkomulagsins muni ekki nást án stórfelldrar kolefnisföngunar og -förgunar (þ.m.t. bindingar) á CO<sub>2</sub> (e. Carbon Capture and Storage, CCS). Umfang slíkra aðgerða á heimsvísu er í dag aðeins um 43 Mt CO<sub>2</sub> á ári [66]. Þegar rekstur Coda Terminal stöðvarinnar verður kominn í fulla virkni er áætlað að stöðin bindi 3 Mt CO<sub>2</sub> á ári og hún myndi því fela í sér um 7% aukningu á umfangi kolefnisföngunar og förgunar/bindingar á heimsvísu. Í þeim sviðsmyndum IPCC þar sem hnattræn hlýnun er stöðvuð við 1,5°C eða 2,0°C hlýnun þarf árlegt umfang CCS árið 2050 að verða orðið um 3.000 Mt CO<sub>2</sub> eða 70-falt meira en núverandi umfang [63]. Því er bráð þörf á því að taka ný niðurdælingarsvæði í notkun fyrir 2030. Í heildina kemur framkvæmdin til með að hafa bein áhrif á loftslag og koma áhrifin til með að vera jákvæð, þar sem komið er í veg fyrir losun CO<sub>2</sub> og heildarmagn í andrúmslofti er minnkað. Sýnt hefur verið fram á að með Carbfix tækninni er leysnibindingu náð nánast samstundis eða áður en gashlaðna vatnið yfirgefur holuna og að CO<sub>2</sub> steinrennist á innan við tveimur árum og er því varanlega bundið í bergi [1], [2], [3].

Coda Terminal stuðlar að verulegum samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunduna og styður við heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna nr. 13 um aðgerðir í loftslagsmálum, þ.e. að grípa til bráðra aðgerða gegn loftslagsbreytingum og áhrifum þeirra [67]. Coda Terminal styður við aðgerðaráætlun Íslands í loftslagsmálum bæði beint og óbeint. Muni álverið í Straumsvík hefja föngun á CO<sub>2</sub> frá sinni starfsemi myndi Coda Terminal stöðin nýttast til að dæla niður og binda þá losun, sem myndi styðja beint við aðgerð „H.1 Föngun kolefnis frá stóriðju [á Íslandi]“ [21]. Tæknin sem Coda Terminal mun nýta gæti líka gagnast við bindingu kolefnis frá annarri stóriðju á Íslandi. Þá má segja að Coda Terminal styðji óbeint við ETS kerfið sem slíkt og þar með við aðgerð „H.2 Hertar reglur í viðskiptakerfi með losunarheimildir (ETS)“ þar sem að iðnaði í Evrópu mun gefast sá kostur að binda fangað CO<sub>2</sub> í jarðlögum á Íslandi. Coda Terminal styður einnig við nýjasta samkomulag loftslagsráðstefnu Sameinuðu þjóðanna (COP28, e. *Conference of Parties*) þar sem eitt af markmiðunum er að „hraða [...] [þróun á] kolefnisbindingartækni, svo sem kolefnisföngun og notkun og geymsla, sérstaklega í geirum sem erfitt er að draga úr losun (e. *hard-to-abate*)“ [68]. Þá er kolefnisbindingartækni orðin að mikilvægum þætti í evrópska græna sáttmálanum og ýmissi annarri löggjöf hjá Evrópusambandinu og þar er m.a. fjallað um þörfina á CO<sub>2</sub> innviðum þvert á landamæri (e. *cross-border CO<sub>2</sub> infrastructure deployment needs*) [69].

Framkvæmdin er fyrsta sinnar tegundar í heiminum og gæti því haft viðameiri áhrif á heimsvísu ef unnt verður að koma á fót samskonar starfsemi á fleiri stöðum um heiminn. Áhrif framkvæmdarinnar á loftslag eru því metin **verulega jákvæð**.

#### 8.3.1.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Þeir þættir framkvæmdarinnar sem helst geta valdið losun gróðurhúsalofttegunda eru orkunotkun og mögulegir lekar. Tengdar framkvæmdir sem valda losun gróðurhúsalofttegunda eru sjóflutningar CO<sub>2</sub> til Straumsvíkur.

Mótvægisáðgerðir við gróðurhúsaáhrifum tengdra framkvæmda, þ.e. sjóflutninga, eru að nýta skip sem nota umhverfisvænna eldsneyti en hér er gert ráð fyrir. Skipavélar sem seldar eru í dag eru oftast sveigjanlegar gagnvart eldsneyti sem þær nota. Þróun hefur verið hröð þar á undanförunum áratug og er búist við á móta þróun næsta áratuginn. Það er því ekki líklegt að skip sem flytur CO<sub>2</sub> til Íslands verði rekin á skipagasolíu allan 30 ára líftímann eins og áætlað var í vistferilsgreiningunni.

Almennar öryggisráðstafanir, sem og vel skilgreindar verklagsreglur, vöktun og viðbragðsáætlanir eru bestu mótvægisáðgerðir gegn leka, en í því felst að fylgja vel skilgreindum starfsferlum, fylgjast með ef lagnir eða búnaður þarfnast viðhalds og bregðast við þegar þarf á að halda. Nánar má lesa um vöktun í kafla 10.

#### **Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á loftslag**

Áhrif Coda Terminal á loftslag eru bein og varanleg, þar sem geymsla CO<sub>2</sub> í berggrunnum er varanleg. Fyrir hver 1000 kg af CO<sub>2</sub> sem bundin eru í jörðu minnkar magn CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu um 946 kg. Er það því mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á loftslag verði **veruleg jákvæð**.

### 8.3.2 Geymslugeymir

#### 8.3.2.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Sá framkvæmdaþáttur sem getur valdið áhrifum á umhverfisþáttinn geymslugeymi er niðurdæling á CO<sub>2</sub> leystu í vatni og geymsla CO<sub>2</sub> í jarðlögum.

Áhrifasvæði framkvæmdarinnar vegna umhverfisþáttarins geymslugeymis bæði ofan- og neðanjarðar má sjá á mynd 8.1. Áhrifasvæði ofanjarðar afmarkast af borteigum þar sem niðurdæling CO<sub>2</sub> fer fram og af lögnum að borteigum (afmörkun er sýnd innan grænnar og blárrar punktalínu á mynd 8.1). Áhrifasvæði geymslugeymisins neðanjarðar, þar sem áhrifa niðurdælingar CO<sub>2</sub> gætir er afmarkað með gráum fláka á mynd 8.1. Stærð þess svæðis er áætlað út frá líkanútreikningum af hámarksdreifingu uppleysts CO<sub>2</sub> neðanjarðar vegna niðurdælingar framkvæmdaraðila. Áhrifasvæðið á mynd 8.1 miðast við þessa hámarksdreifingu.



**MYND 8.1** Áhrifasvæði geymslugeymis neðanjarðar áætlað út frá hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> án áhrifa efnahvarfa, þ.m.t. steinrenningu (grá þekja), auk framkvæmdasvæðis ofanjarðar (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á geymslugeyminn eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2009/31/EB um geymslu koltvísýrings í jörðu.
- Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998.
- Reglugerð um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit nr. 550/2018.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á geymslugeyminn á svæðinu er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Rannsóknarboranir og mælingar í rannsóknarborholum, s.s. hitamælingar, þrýstingsmælingar, seltumælingar, holusjármælingar og svarfgreiningar.
- Yfirborðsmælingar á svæðinu, s.s. viðnámsmælingar.
- Ádælingarpróf í rannsóknarborholum.
- Jarðfræðikortlagningu og jarðfræðilíkan af svæðinu unnið af ÍSOR [28] (viðauki III)
- Efnagreiningar á vökva og svarfi úr rannsóknarborholum og hermanir á samspili CO<sub>2</sub>, vökva og bergs
- Sérfræðiskýrslu um möguleg áhrif framkvæmdar á grunnvatn unna af Vatnaskilum (viðauki I)
- Sérfræðiskýrslu um líkangerð og hermun á niðurdælingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminn (viðauki II)
- Jarðefnafræðilegt líkan af geymslugeymi Coda Terminal unnið af ÍSOR (viðauki III)



- Sérfræðiskýrslu um möguleg áhrif framkvæmdar á skjálftavirkni á svæðinu unna af ÍSOR (viðauki IV)

Jarðfræðigögn af svæðinu voru notuð til að útbúa jarðfræði- og hugmyndalíkön fyrir geymslugeyminn (mynd 8.3, mynd 8.4). Þau voru svo notuð sem grunnur að reiknilíkani með það að markmiði að endurspegla náttúrulegt ástand geymslugeymisins.

Reiknilíkonin voru notuð til að herma áhrif vegna fyrirhugaðrar niðurdælingar CO<sub>2</sub> í geymslugeyminn. Þessi líkön voru sérstaklega hönnuð til að meta þrjár lykilstærðir, 1) hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum, 2) dreifingu eðlisþyngdar vökva á svæðinu, og 3) stöðugleika CO<sub>2</sub>-leysnibindingar í geymslugeyminum. Líkonin voru ekki látin herma áhrif efnahvarfa á dreifingu CO<sub>2</sub>, þar með talið steinrenningu CO<sub>2</sub>, og því sýna þau áætlaða hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> á svæðinu (sjá viðauka II).

Efnafræðilegir eiginleikar berggrunnins í Straumsvík, þ.m.t. fyrir steinrenningu CO<sub>2</sub> og bindigetu, voru metnir út frá efnavarmafræðilegum hermireikningum sem studdust við efnagreiningar og önnur jarðfræðigögn á svæðinu (sjá viðauka III).

### 8.3.2.2 Grunnástand

Geymslugeymirinn samanstendur af hraunlagasýrpum frá hlýskeiðum, móbergi og glerjuðu basalti. Bergfræðileg einkenni og steindasamsetning bergsins sýna að um basalt er að ræða, ríkt af frumsteindum á borð við plagióklas, pýroxen og í minna mæli ólivín. Lághitaummýndunarsteindir á borð við smektít og zeólíta eru til staðar neðan 400 metra.

Engin skýr merki eru um sprungur eða misgengi á Straumsvíkursvæðinu, hvorki á yfirborði né í borholugögnum. Lekt í efstu 1000 m jarðlagastafans er að mestu bundin við jarðlagamót milli hraunlaga og er lárétt lekt ríkjandi á svæðinu. Ádælingarpróf í rannsóknarborholum CSI-01 og CSM-01 sýna mestu lekt á 300-450 m dýpi og benda borholugögn til þess að hún tengist jarðlagamótum [70].

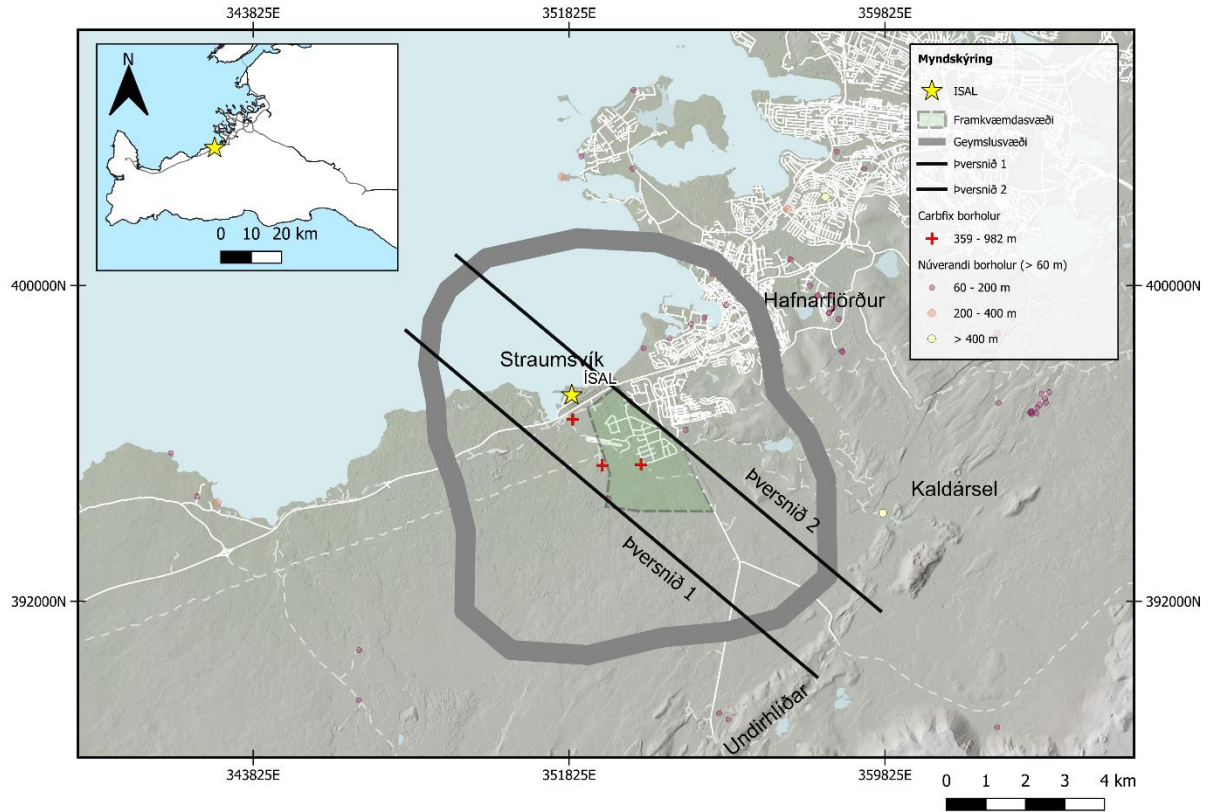
Inn til landsins er vökvinn í geymslugeyminum ferskt grunnvatn, en nær ströndinni er einnig jarðsjór til staðar. Þar sem jarðsjór er til staðar er ísalt blandlag milli ferskvatns og jarðsjávar (mynd 8.3). Niðurstöður viðnámsmælinga benda til að lítill jarðsjór sé í austurhluta geymslugeymisins. Hitamælingar í CSI-01 og CSM-01 benda til þess að hitastigull í geymslugeyminum sé á bilinu 80–90°C/km.

Hermireikningar fyrir náttúrulegt ástand geymslugeymisins voru gerðir með tilliti til þrýstings, hita, seltu, og eðlisþyngdar vökvans (mynd 8.5, mynd 8.6, mynd 8.7). Niðurstöður hermireikninga, bornar saman við fyrirbyggjandi gögn af svæðinu sýna að líkanið hermir náttúrulegt ástand svæðisins á fullnægjandi hátt og því er hægt að nota það til að herma ýmsar sviðsmyndir fyrir niðurdælingu og vatnstöku á svæðinu. Lega líkanþversniða á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði er sýnd á mynd 8.2.

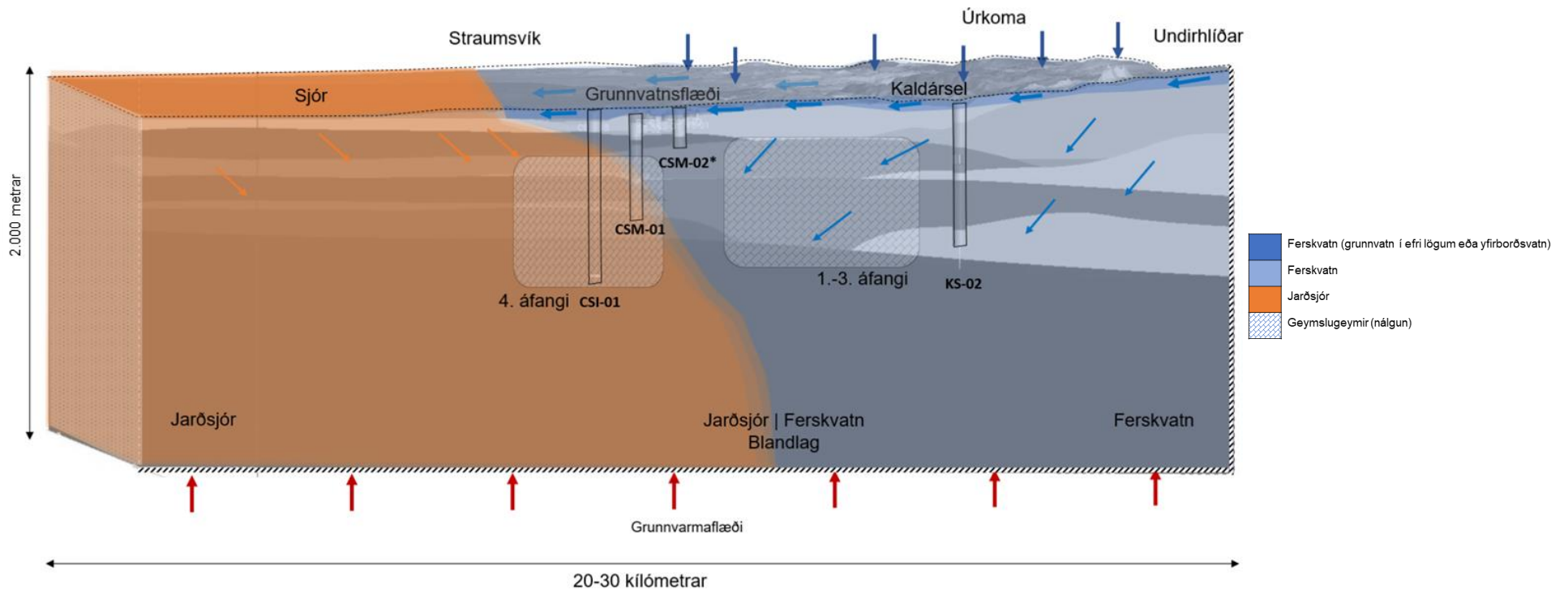
Reiknilíkanið sýnir mikið grunnvatnsrennsli nálægt yfirborði, innan úr landi í átt að sjó (mynd 8.8) og að innflæði jarðsjávar í dýpri vatnslög er aðeins nálægt ströndinni og fyrst og fremst vestan Straumsvíkur, og nær ekki lengra en 1-2 km inn í land, fyrst og fremst við og austan Straumsvíkur (mynd 8.9).

Líkanið sýnir jafnframt að geymslugeymirinn er í þrýstingssambandi við yfirborð og að hiti er á bilinu 20 - 100 °C, sem er í samræmi við niðurstöður úr rannsóknarholum. Á þeim stöðum sem fyrirhugað er

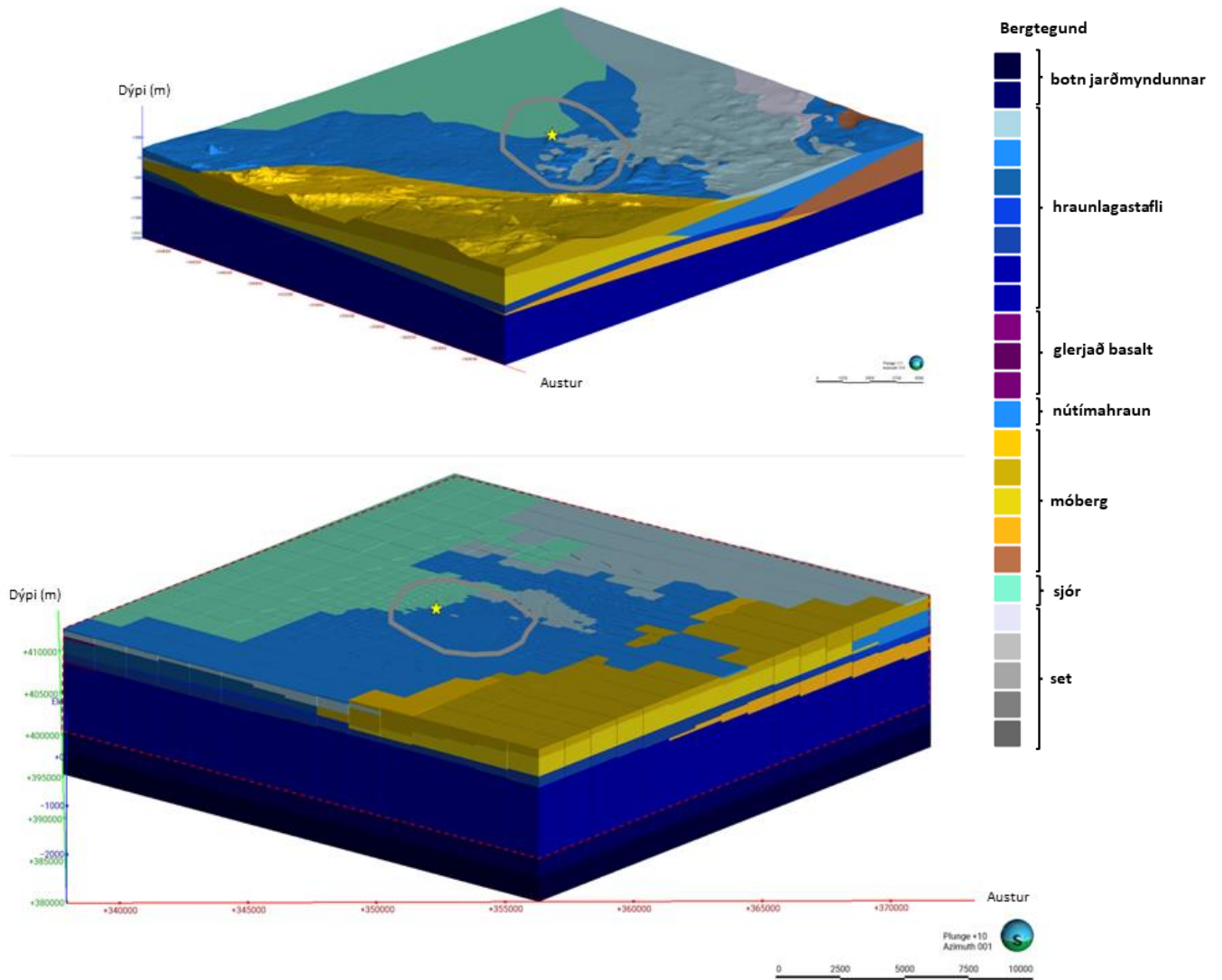
að dæla niður CO<sub>2</sub> með ferskvatni sýnir líkanið að ferskvatn er nú þegar til staðar í geymslugeyminum. Jarðsjór og ísalt vatn eru einnig til staðar í þeim hluta geymslugeymisins sem notaður verður fyrir fjórða áfanga framkvæmdarinnar, þar sem stendur til að dæla niður CO<sub>2</sub> með jarðsjó. Geymslugeymirinn hefur hagstæða eðlisþyngdardreifingu fyrir leysnibindingu og steinrenningu CO<sub>2</sub> miðað við áformaða niðurdælingu.



**MYND 8.2** Kort af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði (græn skygging), og geymslusvæði (dökkgrár ferill) ásamt líknanþversniðum sem sýnd eru á myndum 8.7 og 8.10. Staðsetningar rannsóknarborhola eru táknaðar með rauðum krossum. Staðsetning álvers Rio Tinto/ÍSAL er sýnd sem gul stjarna. Mynd: Carbfix, 2024.

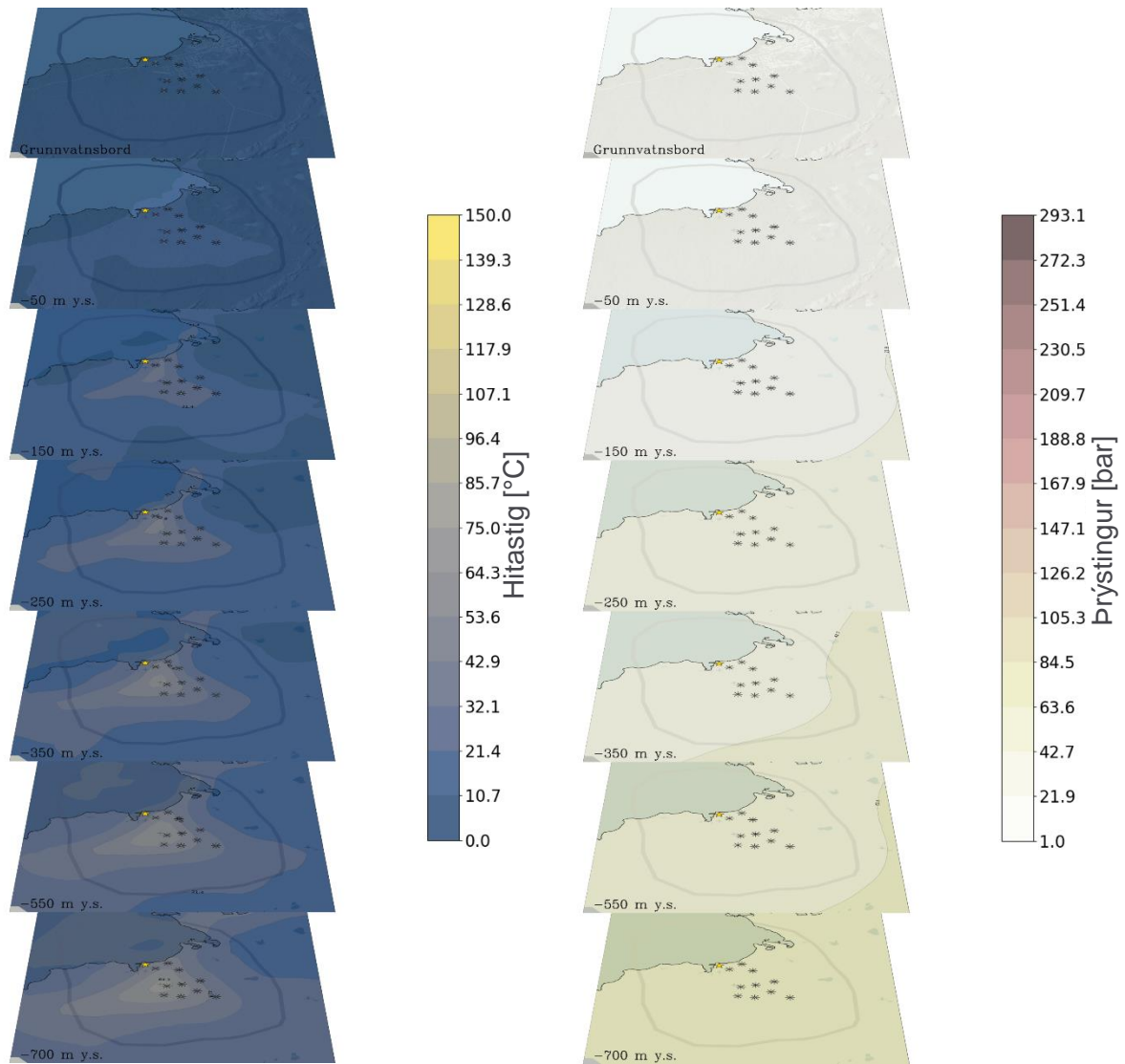


**MYND 8.3** Hugmyndalíkan af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Coda Terminal. Myndin sýnir skil milli ferskvatns (bláir litir) og jarðsjávar (brúnir litir) ásamt flæði frá landi til sjávar. Borholur á svæðinu eru merktar inn á myndina auk áfangaskiptingar verkefnisins. Mynd: Carbfix, 2024.

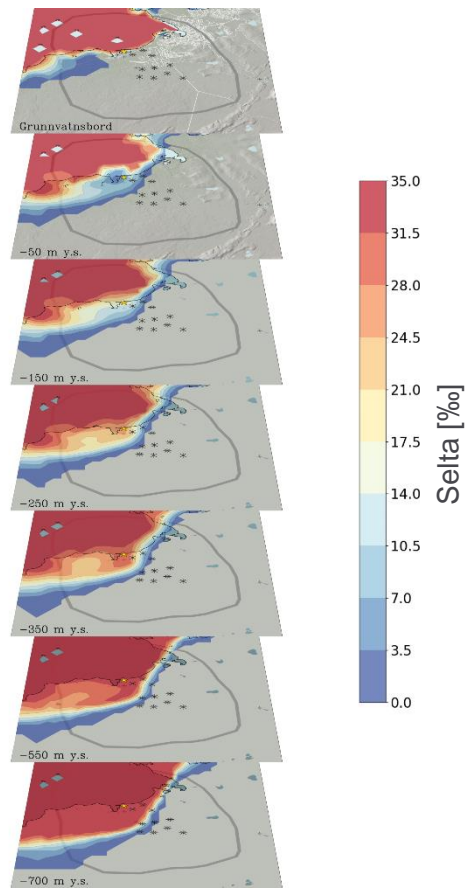


**MYND 8.4** Jarðmyndanir í jarðfræði- (efri mynd) og reiknilíkönun (neðri mynd). Geymslugeymir neðanjarðar (grár fláki á yfirborði) og staðsetning Rio Tinto/ÍSAL (gul stjarna) við Straumsvík eru merkt inn á myndirnar. Mynd : Carbfix, 2024.

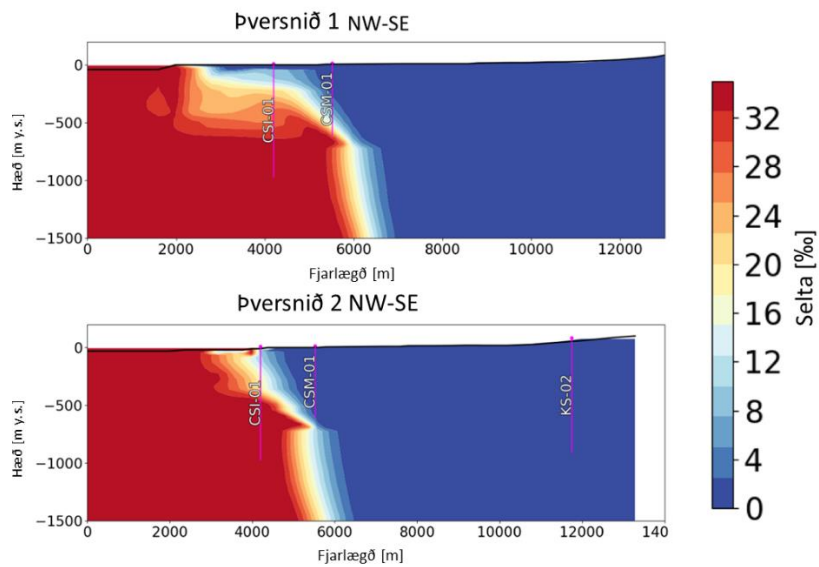




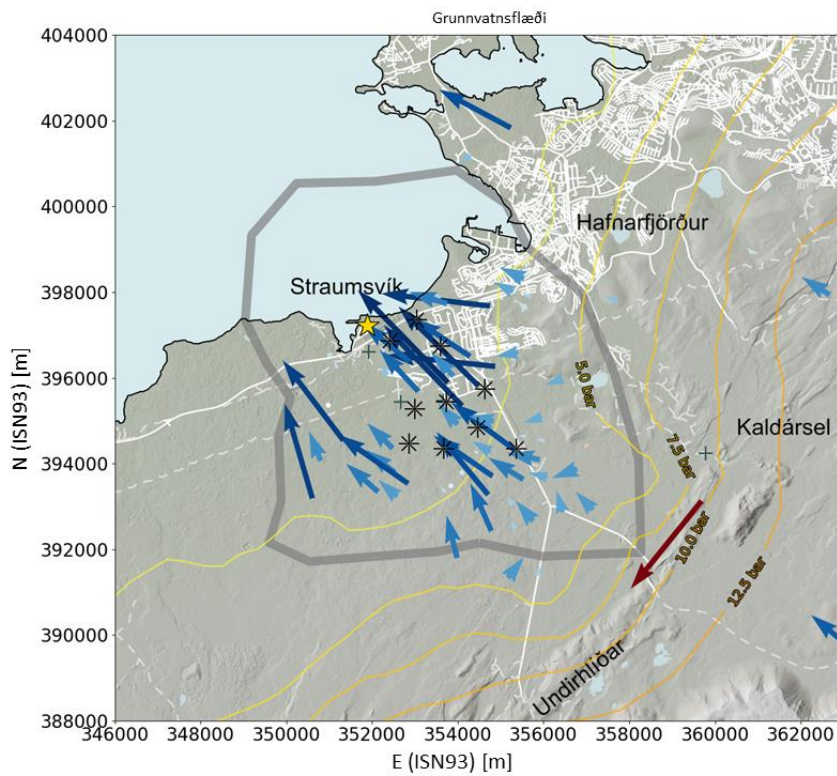
**MYND 8.5** Áætlað náttúrulegt ástand hitastigs (til vinstri) og þrýstings (til hægri) með dýpi í geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu samkvæmt reiknilíkani. Myndi til vinstri sýnir að hiti er hærri í fyrirhuguðum geymslugeymi miðað svæðin í kring. Mynd til hægri sýnir að þrýstingur eykst með dýpi og inn til landsins. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Mynd: Carbfix, 2024.



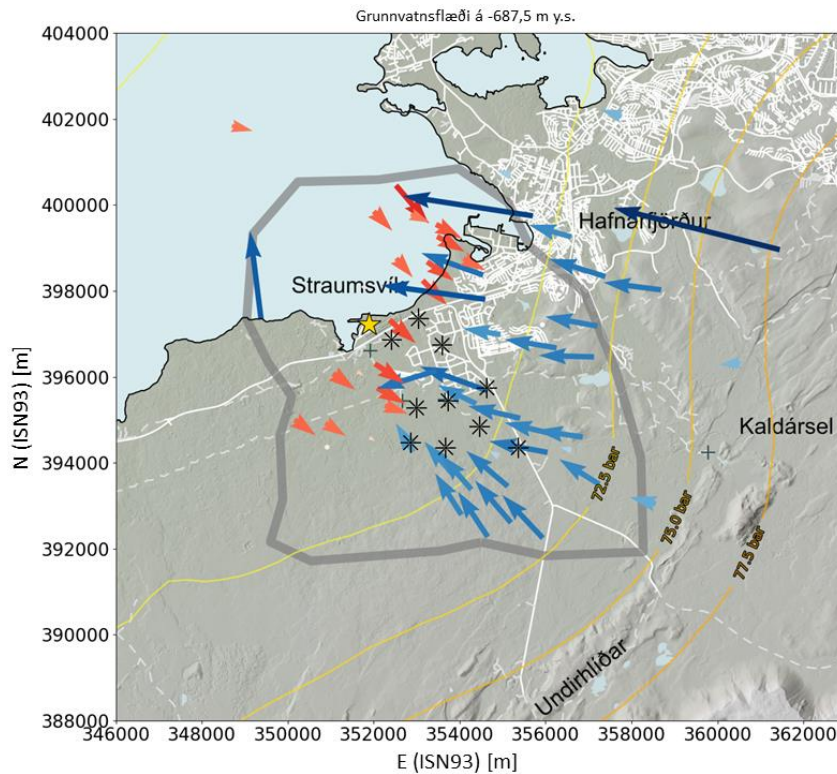
**MYND 8.6** Áætlað náttúrulegt ástand seltu með dýpi í geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu samkvæmt reiknilíkani. Myndin sýnir innflæði sjávar nálægt og vestur af Straumsvík. Jarðsjó er ekki að finna inn til landsins og í austurátt. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Mynd: Carbfix, 2024.



**MYND 8.7** Þverskurður af seltudreifingu geymslugeymis samkvæmt reiknilíkani. Myndin sýnir að ferskvatnslinsa þykkar eftir því sem innar dregur í land, og að jarðsjó og ísalt vatn er að finna hjá rannsóknarholum Carbfix, CSI-01 og CSM-01. Legu þversniða má sjá á mynd 8.2. Mynd: Carbfix, 2024.



**MYND 8.8** Áætlað grunnvatnsrennsli við vatnsborð (0 - 100 m u.s.) samkvæmt reiknilíkani. Lengd og litur örva sýna magn flæðis, þ.e. lengri og dekkri örvar tákna meira flæði. Bláar örvar sýna flæði með ríkjandi grunnvatnsstraumi, þ.e.a.s. frá landi til sjávar. Rauðar örvar sýna flæði á mót þessum straumi. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.



**MYND 8.9** Áætlað rennsli í geymslugeymi samkvæmt reiknilíkani á -687,5 m y.s. Lengd og litur örva sýna magn flæðis, þ.e. lengri og dekkri örvar tákna meira flæði. Bláar örvar sýna flæði með ríkjandi grunnvatnsstraumi, þ.e.a.s. frá landi til sjávar. Rauðar örvar sýna flæði á mót þessum straumi. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.

### 8.3.2.3 Lýsing á áhrifum

Líkanreikningar voru gerðir til að áætla 1) hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum, 2) stöðugleika CO<sub>2</sub>-leysnibindingar í geymslugeyminum, og 3) dreifingu eðlisþyngdar vökva á svæðinu. Líkönin voru ekki látin herma áhrif efnahvarfa á dreifingu CO<sub>2</sub>, og sýna þau því áætlaða hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> á svæðinu byggt á þeim forsendum.

Niðurstöður reiknilíkana sýna að geymslugeymirinn í Straumsvík er fýsilegur kostur fyrir niðurdælingu á CO<sub>2</sub> leystu í vatni á stórum skala (Mt). Hermanir sýna einnig að umhverfisáhrif á geymslugeyminum, geymslusvæðið og nærliggjandi myndanir eru takmörkuð. Niðurstöður reiknilíkana fyrir hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum sýna að allt niðurdælt CO<sub>2</sub> helst örugglega bundið innan geymslusvæðisins á líftíma verkefnisins, og að ekkert CO<sub>2</sub> nær upp í efri lög grunnvatnskerfisins (< 100 m u.s., mynd 8.10, mynd 8.11, mynd 8.12). Þar af leiðandi telst hætta vegna leka og/eða afgösunar á CO<sub>2</sub> óveruleg á líftíma verkefnisins.

Niðurstöður reiknilíkana sýna að framkvæmdin hefur óveruleg áhrif á hitastig á svæðinu (mynd 8.13). Þrýstingur gæti aukist um allt að 25 bör í geymslugeyminum á 300-1000 m u.s. dýpi vegna niðurdælingar vatns. Litlar þrýstingsbreytingar verða í efri lögum grunnvatns á svæðinu og líkön sýna að þrýstingsaukning í geymslugeymi hefur ekki í för með sér að CO<sub>2</sub> berist í efri lög grunnvatns á svæðinu.

Niðurstöður reiknilíkana sýna að framkvæmdin hefur áhrif á seltumagn í geymslugeyminum, en aðeins minniháttar seltubreytingar sjást í efri lögum grunnvatnskerfisins á svæðinu (mynd 8.14).



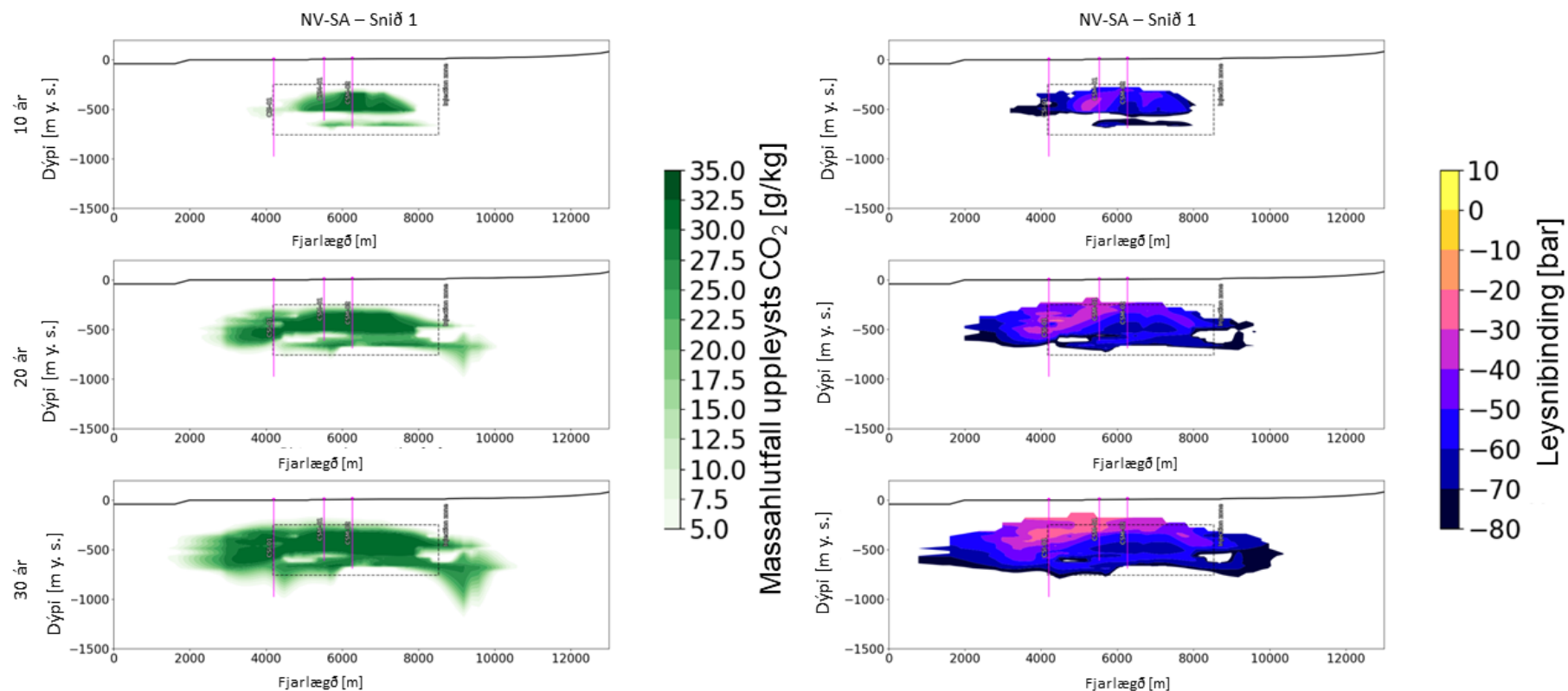
Einnig voru líkön látin herma stöðu kerfisins í 100 ár eftir að niðurdælingu vegna framkvæmdar er hætt á svæðinu. Hermanir sýndu að svæðið stefnir í átt að langtíma stöðuleika (mynd 8.15). Líkön sýndu einnig að flæði vatns með leystu CO<sub>2</sub> á svæðinu minnkar, en heldur samt sem áður að dreifast lárétt og niður á við frá niðurdælingarholum. Samhliða þessu þynnist styrkur CO<sub>2</sub> í vatni út.

Vert er að taka fram að gögn um niðurdælingu CO<sub>2</sub> í basalt sýna að CO<sub>2</sub> steinrennur hratt, og því má leiða að því líkur að meirihluti uppleysts CO<sub>2</sub> í geymslugeymi muni steinrenna og að styrkur CO<sub>2</sub> leystu í vatni verði mun lægri en niðurstöður líkanreikninga. Reiknilíkön voru ekki látin herma efnahvörf og sýna því ekki steinrenningu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum.

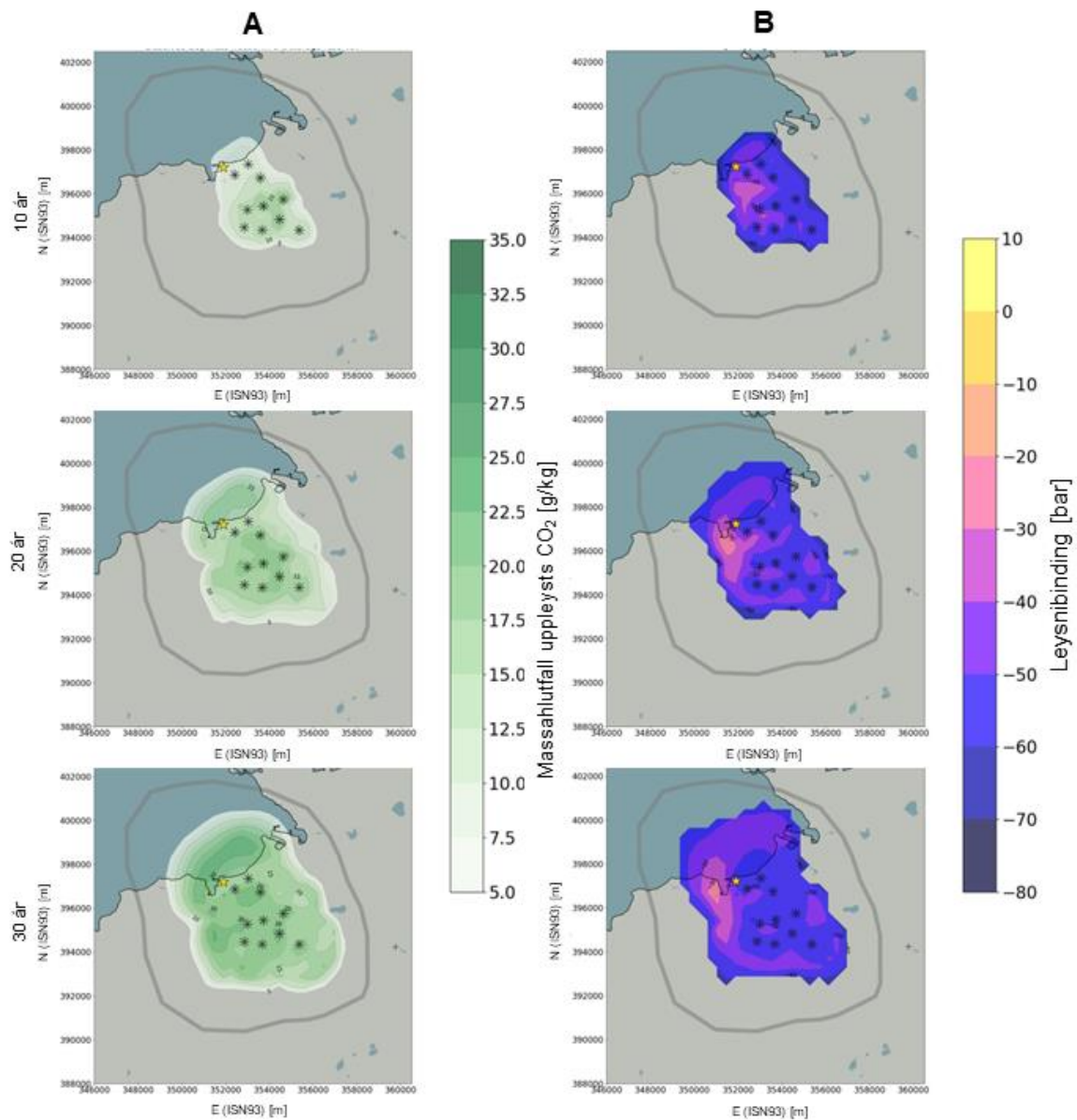
Lengd þess tíma mun fara eftir náttúrulegu vatnsflæði og varmaflæði á svæðinu sem enn sem komið er ríkir óvissa um nákvæm gildi þess. Líkanareikningar benda til þess að þrýstingsbreytingar gangi að mestu til baka eftir 100 ár, en breytingar á hita eru mun hægari vegna takmarkaðs náttúrulegs hitaflæðis á svæðinu. Þá benda líkanreikningar til þess að selta breytist einnig í átt að náttúrulegu ástandi, en hafi ekki náð því eftir 100 ár.

Hægt er að meta heildarrýmd geymslugeymisins m.t.t. steinrenningar CO<sub>2</sub> út frá áætluðu rúmmáli poruhluta jarðlaga á áhrifasvæði niðurdælingarinnar. Varfærið mat á geymslugetu geymslugeymis er reiknað á þann hátt að steinrenning CO<sub>2</sub> með myndun kalsíts (CaCO<sub>3</sub>) fylli í allt að 10% af þeim porum sem eru til staðar í jarðlögum geymslugeymis. Fyrirhugaður geymslugeymir í Straumsvík nær yfir svæði sem er u.þ.b. 99 km<sup>2</sup> að flatarmáli, og nær yfir dýptarbil sem samsvarar um 900 m. Reikningar sýna því miðað við þessar forsendur væri hægt að steinrenna allt að 1.100 milljón tonn (Mt) af CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum (viðauki II). Miðað við þessar forsendur myndi Coda Terminal nýta minna en 1% af geymslugetu geymslugeymisins á líftíma verkefnisins.

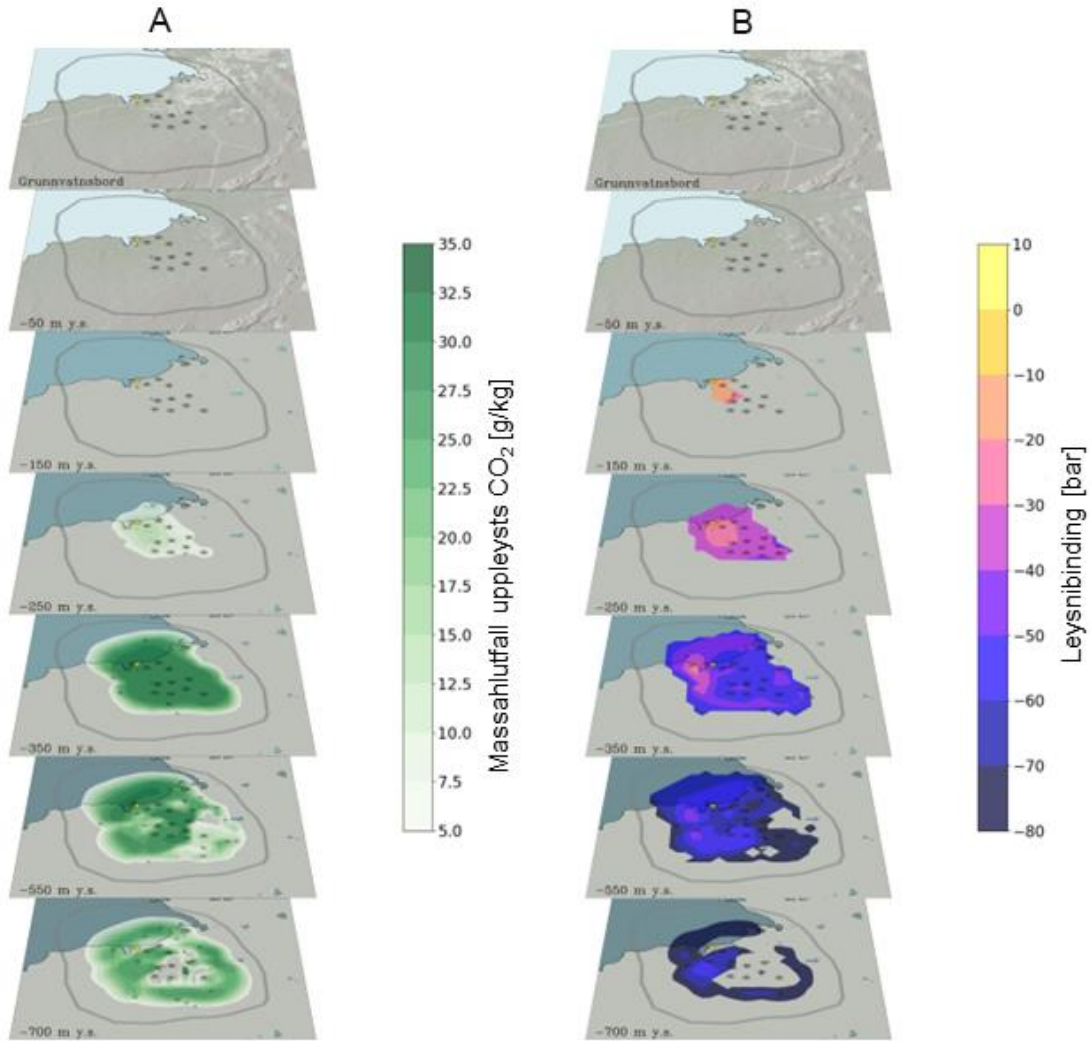
Efnagreiningar og önnur jarðfræðigögn voru notuð til að gera efnavarmafræðilega útreikninga fyrir niðurdælingu á CO<sub>2</sub> leystu í vatni í basaltberggrunninn í Straumsvík (sjá viðauka III). Niðurstöður staðfesta mikla bindigetu berggrunnsins í Straumsvík og sýna fram á að allt að 100% af því CO<sub>2</sub> sem dælt er niður steinrenni sem kalsít (CaCO<sub>3</sub>).



**MYND 8.10** NV-SA þversnið sem sýnir magn CO<sub>2</sub> (vinstri) og leysnibindingu CO<sub>2</sub> (hægri) eftir 10 ár (efsta mynd), 20 ár (mynd fyrir miðju) og 30 ár (neðsta mynd) af starfsemi í Coda Terminal ef gert er ráð fyrir að ekkert CO<sub>2</sub> steinrennist. Mynd til vinstri sýnir að ekkert CO<sub>2</sub> berst upp í efri lög grunnvatns á svæðinu. Mynd til hægri sýnir að CO<sub>2</sub> er uppleyst á svæðinu, þ.e.a.s. ekkert CO<sub>2</sub> er í gasfasa. Legu þversniða má sjá á mynd 8.2. Mynd: Carbfix, 2024.

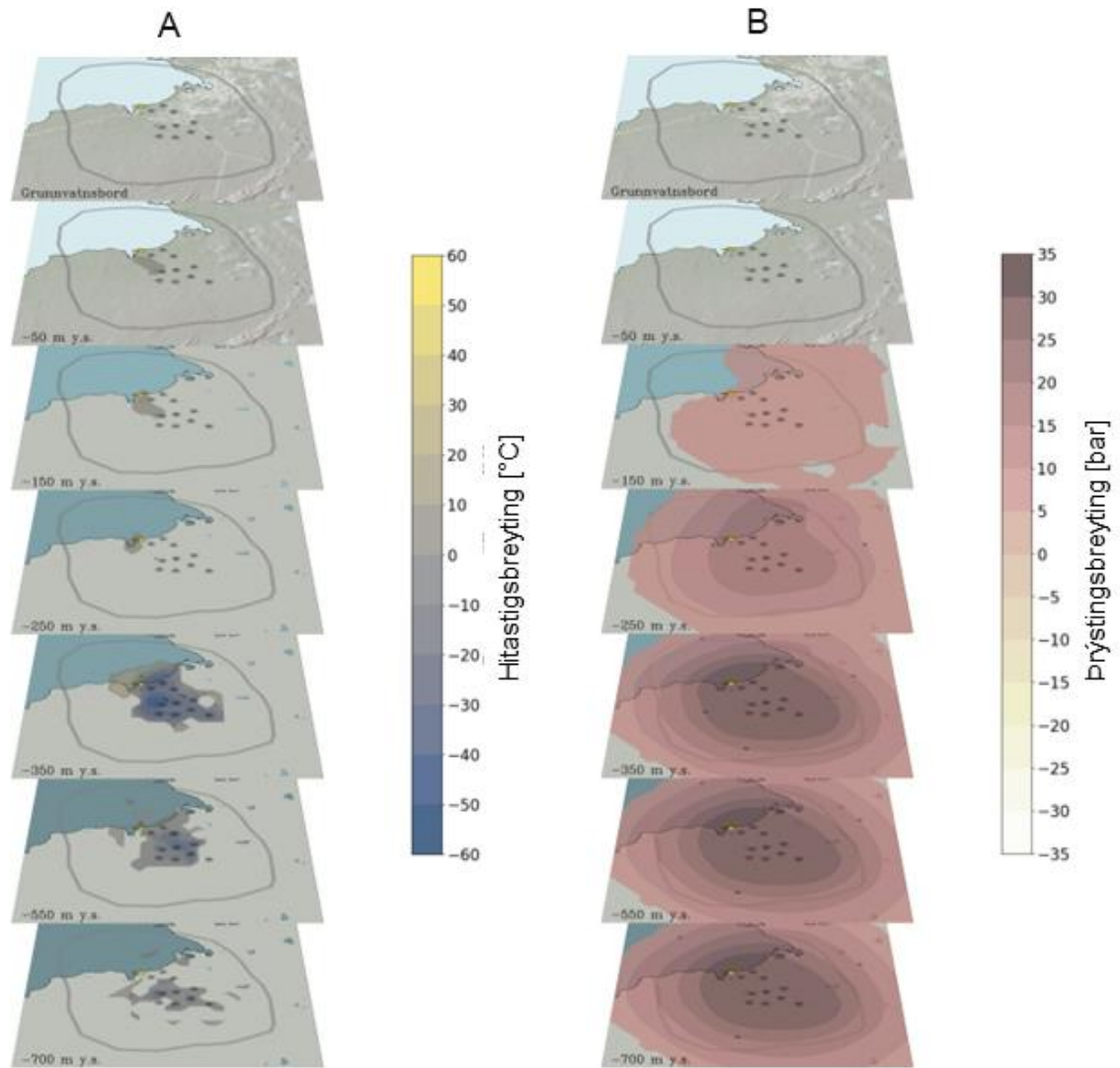


**MYND 8.11** Áætluð hámarksdreifing uppleysts CO<sub>2</sub> (A) ásamt leysnibindingu (B) í geymslugeyminum (300 - 1200 m u.s.) eftir niðurdælingu í 10 ár (efsta mynd), 20 ár (mynd fyrir miðju) og 30 ár (neðsta mynd) ef gert er ráð fyrir að ekkert CO<sub>2</sub> steinrennist. Mynd A sýnir að allt niðurdælt CO<sub>2</sub> helst innan geymslusvæðis yfir 30 ára líftíma verkefnisins. Mynd B sýnir að CO<sub>2</sub> helst uppleyst í vatni alls staðar í geymslugeyminum. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.

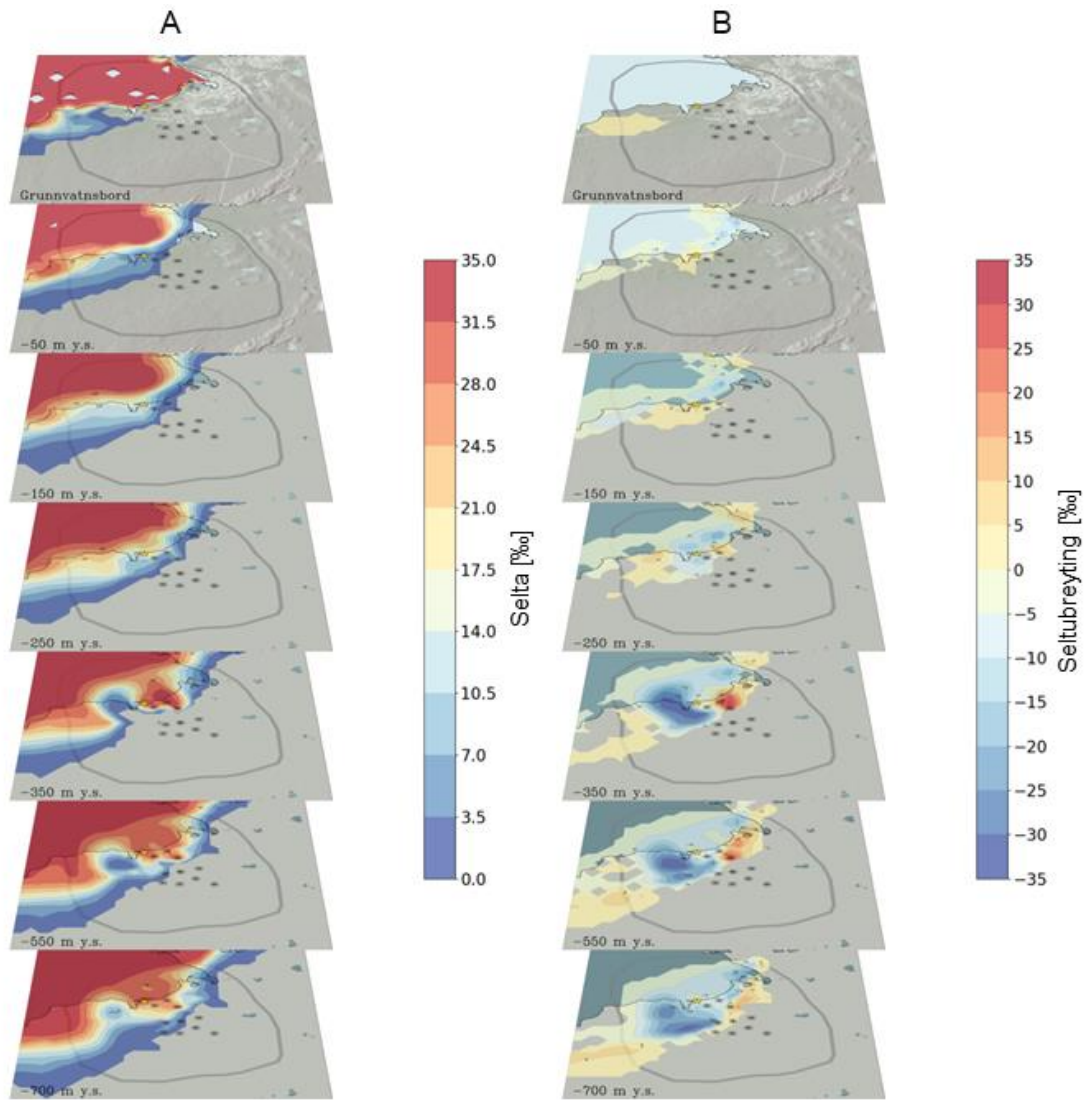


**MYND 8.12** Áætluð dreifing uppleysts CO<sub>2</sub> (A) ásamt leysnibindingu (B) með dýpi á geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu eftir 30 ár af niðurdælingu ef gert er ráð fyrir að ekkert CO<sub>2</sub> steinrennist. Mynd A sýnir að allt niðurdælt CO<sub>2</sub> helst innan geymslusvæðis yfir 30 ára líftíma verkefnisins. Einnig er ekkert CO<sub>2</sub> í efri lögum grunnvatnsins. Mynd B sýnir að CO<sub>2</sub> helst uppleyst í vatni alls staðar í geymslugeyminum. Stjörnurnar tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ISAL. Mynd: Carbfix, 2024.

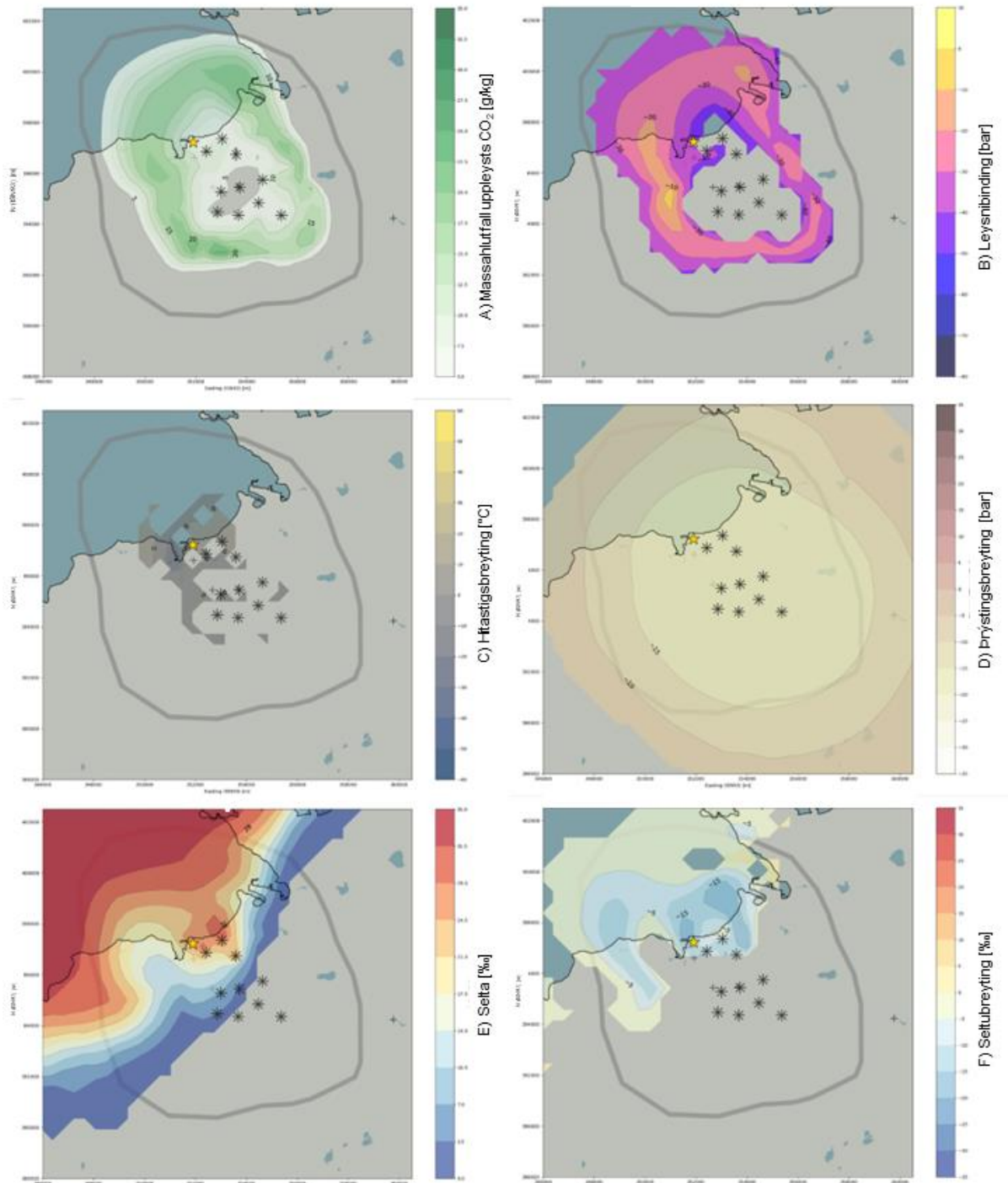




**MYND 8.13** Áætluð breyting á hitastigi (A) og þrýstingi (B) með dýpi á geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu miðað við náttúrulegt ástand eftir 30 ár af niðurdælingu. Mynd A sýnir að staðbundin kæling á sér stað í kringum niðurdælingarholur í geymslusvæðinu. Einnig er minniháttar ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ) kæling í efri lögum grunnvatns suðaustur af Straumsvík. Mynd B sýnir 25 bara þrýstingsaukningu í geymslugeyminum. Enginn þrýstingsaukning kemur fram í efri lögum grunnvatnsins. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.



**MYND 8.14** Áætluð seltudreifing (A) og breyting á seltu (B) á geymslusvæðinu og í efri lögum grunnvatns á svæðinu eftir 30 ár af niðurdælingu. Myndirnar sýna að selta minnkar til vestur af niðurdælingarholum og eykst til austurs. Takmarkaðar seltubreytingar eru til staðar á yfirborði. Stjörnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.



**MYND 8.15** (A) Meðaldreifing CO<sub>2</sub>-hlaðins vökva, (B) leysnibinding CO<sub>2</sub>, (C) hitabreyting, (D) þrýstingsbreyting, (E) meðalseltu og (F) seltubreyting í geymslugeyminum 100 árum eftir að niðurdælingu framkvæmdaraðila á svæðinu er hætt, ef gert er ráð fyrir að ekkert CO<sub>2</sub> steinrennist. Breytingar eru sýndar nálægt niðurdælingardýpi í geymslugeyminum og miða við stöðu kerfisins rétt eftir stöðvun niðurdælingar. Myndir A og B sýna að CO<sub>2</sub> helst innan geymslugeymis, og helst uppleyst í vatni, 100 árum eftir að niðurdælingu er hætt. Myndir C, D, E og F sýna að þrýstingur, hiti og selta á svæðinu stefnir í átt að náttúrulegu ástandi eftir að niðurdælingu er hætt. Stjórnur sýna fyrirhugaða borsteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.

## 8.3.2.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Helstu niðurstöður mats á umhverfisáhrifum á geymslugueyminn vegna niðurdælingar CO<sub>2</sub> eru eftirfarandi:

- Reiknilíkanið sýnir mikið grunnvatnsrennsli nálægt yfirborði, innan úr landi í átt að sjó. Innrennsli jarðsjós er aðeins nálægt ströndinni og fyrst og fremst vestan Straumsvíkur, og nær ekki lengra en 1-2 km inn í land.
- Þar sem fyrirhugað er að dæla niður CO<sub>2</sub> með ferskvatni sýnir líkanið að ferskvatn er til staðar í geymslugueyminum. Jarðsjór og ísalt vatn eru einnig til staðar í þeim hluta geymslugueymisins sem notaður verður fyrir fjórða áfanga framkvæmdarinnar, þar sem stendur til að dæla niður CO<sub>2</sub> með jarðsjó.
- Umhverfisáhrif á geymslugueyminn, geymslusvæðið og nærliggjandi myndanir vegna niðurdælingar CO<sub>2</sub> í geymslugueymi í Straumsvík eru óveruleg. Niðurstöður reiknilíkana fyrir hámarksdreifingu CO<sub>2</sub> í geymslugueyminum sýna að allt niðurdælt CO<sub>2</sub> helst örugglega bundið innan geymslusvæðisins yfir 30 ára líftíma verkefnisins og í a.m.k. 100 ár eftir að niðurdælingu á svæðinu er hætt.
- Niðurstöður líkansins sýna að hætta vegna leka og/eða afgösunar á CO<sub>2</sub> í geymslugueyminum er óveruleg. Ef líkanreikningar benda til hættu á afgösun úr geymslugueyminum verður hlutfall niðurdælingarvatns á móti CO<sub>2</sub> hækkað í viðeigandi holum. Slík breyting lækkar gasbóluprýsting í vatninu sem veldur minni hættu á afgösun. Ef það dugar ekki til verða viðeigandi holur annað hvort fóðraðar dýpra eða niðurdælingu í þær hætt og beint í aðrar holur.
- Litlar þrýstingsbreytingar verða í efri lögum grunnvatns á svæðinu og líkön sýna að þrýstingsaukning í geymslugueymi, sem getur verið allt að 25 bör, hefur ekki í för með sér að CO<sub>2</sub> berist í efri lög grunnvatns á svæðinu. Þrýstingsaukning á svæðinu gengur að mestu leyti til baka eftir að niðurdælingu er hætt á svæðinu.
- Niðurdæling CO<sub>2</sub> hefur áhrif á seltumagn í geymslugueyminum, en aðeins minniháttar seltubreytingar sjást í efri lögum grunnvatnskerfisins á svæðinu (sjá einnig kafla 8.3.3 um grunnvatn). Hermanir sýna að selta breytist í átt að náttúrulegu ástandi eftir að niðurdælingu er hætt. Hins vegar ríkir óvissa um hversu lengi það muni taka seltu að ná aftur náttúrulegri stöðu.
- Niðurstöður efnavarmafræðilegra útreikninga á samspili vatns, CO<sub>2</sub> og basaltbergs í geymslugueymi í Straumsvík staðfesta mikla bindigetu berggrunnsins og sýna fram á að nánast allt CO<sub>2</sub> sem dælt er niður steinrenni sem kalsít.
- Reikningar sýna að fræðilega væri hægt að steinrenna allt að 1.100 milljón tonn (Mt) af CO<sub>2</sub> í geymslugueyminum. Það er miðað við að kalsít (CaCO<sub>3</sub>) vegna steinrenningar CO<sub>2</sub> gæti fyllt allt að 10% af poruhluta jarðlaga í geymslugueyminum.
- Miðað við þessar forsendur myndi Coda Terminal nýta minna en 1% poruhluta í jarðlögum geymslugueymisins vegna steinrenningar CO<sub>2</sub> á líftíma verkefnisins og er það bundið varanlega eftir að því lýkur.
- Líkön sýna að breytingar á þrýstingi, hita og seltu á svæðinu vegna áhrifa af niðurdælingu framkvæmdaraðila stefna í átt að náttúrulegu ástandi svæðisins, þó óvíst er hversu langan tíma það tekur.



Framkvæmdaraðili tilgreinir þrjár megin mótvægisáðgerðir til að koma til móts við möguleg áhrif framkvæmdarinnar á geymslugeyminn. Þær eru:

1) Minnkun óvissu á lykilstærðum í geymslugeyminum með frekari rannsóknum. Samhliða því verða líkön af svæðinu uppfærð með nýjustu upplýsingum til að minnka óvissu á niðurstöðum hermana, sem og til að betrubæta áhættumat af geymslugeyminum vegna framkvæmdarinnar. Einnig verða efnahvörf, s.s. steinrenning CO<sub>2</sub>, hermd samhliða flæði í líkönum af svæðinu, sem mun enn frekar minnka óvissu á niðurstöðum hermana af niðurdælingu á svæðinu. Slíkar upplýsingar, ásamt uppfærðum líkönum, verða notaðar til grundvallar til að stýra niðurdælingu á svæðinu. Einnig verður farið í næmnisgreiningu og óvissugreiningu á líkönum, til að afmarka betur hvar helstu óvissupunktur í hermunum liggja.

2) Gerð nákvæmrar vöktunaráætlunar fyrir geymslusvæðið og nágrenni, þar sem meðal annars verður fylgst með breytingum á þrýstingi, hitastigi, seltu og leysni CO<sub>2</sub>. Vöktun á niðurdælingu og rekstrarreynsla af svæðinu munu jafnframt nýtast svo hægt sé að bregðast við breytingum sem kunna að verða og mun áfangaskipting verkefnisins jafnframt taka mið af því. Vöktunaráætlun á svæðinu vegna niðurdælingar framkvæmdaraðila liggur fyrir, sjá kafla 10. Einnig mun slík vöktun nýtast til að sannreyna niðurstöður líkana af svæðinu, og hjálpa þannig við uppfærslur þeirra.

3) Loks mun fyrirhugað geymslusvæði vera byggt upp í jöfnum skrefum með góðu millibili. Þannig gefst tími til að safna gögnum og meta þau áður en næstu áfangar koma inn og nýta reynsluna af fyrri áföngum inn í þá seinni.

Rannsóknir sem áætlað er að fara í samhliða framkvæmdum á svæðinu eru:

- Kortlagning á jarðlögum og vökva á geymslusvæðinu og nágrenni þess, m.a. með yfirborðsmælingum á viðnámi, sem og leiðnimælingar í borholum, til að kortleggja frekar dýpi blandlags ferskvatns og jarðsjávar á svæðinu ásamt jarðlagarannsóknum í nýjum borholum á svæðinu til fá betri sýn á tengingu jarðlaga milli svæða.
- Könnun á vatna- og jarðfræðilegum aðstæðum á svæðinu, m.a. með frekari borholumælingum í nýjum borholum s.s. með holusjá og hita- og þrýstingsmælum, og með holuprófunum til að meta dýpi vatnsæða sem og áætla ádælingarstuðla í nýjum holum.
- Mat á aðstæðum í geymslugeymi, þ.m.t. mat á tengingum milli borhola á svæðinu. Aðstæður verða kannaðar m.a. með dæluprófunum á einstaka holum þar sem fylgst verður með þrýstingi og/eða vatnsborði í nálægum holum, með gerð ferilefnaprófana á svæðinu og með borholumælingum í holum á svæðinu með því að mæla leiðni, hita og þrýsting. Mat á hraða steinrenningar CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum m.a. með frekari leysnitilraunum á svarfi úr nýjum borholum á svæðinu, sem og með upplýsingum frá fyrirhugaðri tilraunaniðurdælingu CO<sub>2</sub> á svæðinu. Þá verður CO<sub>2</sub> leyst í vatni og dælt í niðurdælingarholu yfir ákveðið tímabil ásamt ferilefnum og sýnum safnað úr vöktunarholum sem nýtast til að varpa betra ljósi á rennislíleiðir og lektarstrúktúra auk hraða og umfangs efnahvarfa í geymslugeyminum.

**Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á geymslugeyminn**

Framkvæmdin kemur til með að hafa bein, varanleg áhrif á poruhluta jarðlaga (e. porosity) í geymslugeymi vegna útfellingar karbónatsteinda sem binda CO<sub>2</sub>. Hins vegar er áætlað að minna en 1% af porum í jarðlögum geymslugeymisins gætu fyllst vegna steinrenningar CO<sub>2</sub> á líftíma verkefnisins og er það bundið varanlega eftir að því lýkur. Þá mun framkvæmdin hafa tímabundin og afturkræf áhrif á geymslugeyminn í formi aukins styrks uppleysts CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum innan geymslusvæðisins, lækkunar á hitastigi í geymslugeyminum og aukins þrýstings innan geymslusvæðisins. Framkvæmdin mun að auki hafa óbein áhrif á seltu innan geymslusvæðisins, bæði aukningu og minnkun. Að teknu tilliti til umfangs áhrifa og mótvægisáðgerða er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á geymslugeymi verði **óveruleg**.

## 8.3.3 Grunnvatn

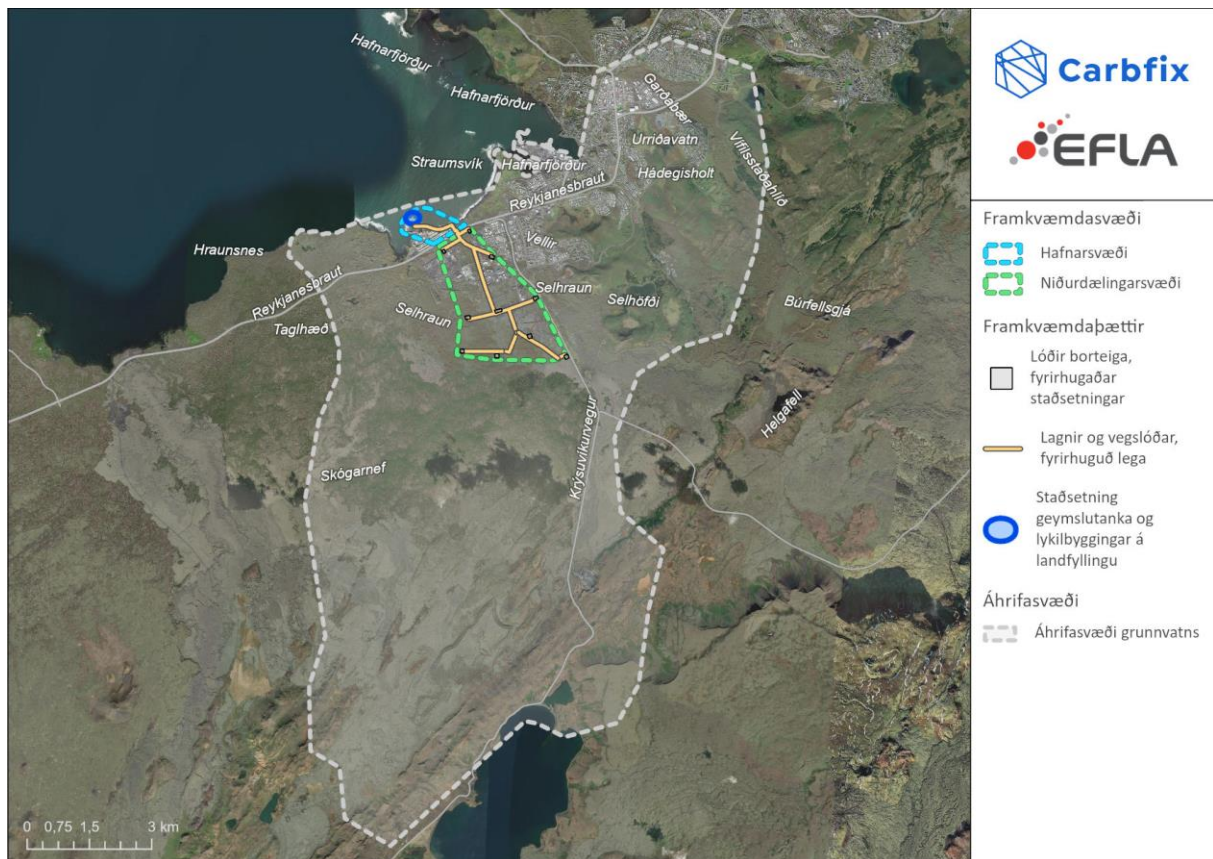
## 8.3.3.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Þeir framkvæmdaþættir sem geta valdið áhrifum á umhverfispáttinn grunnvatn eru:

- 1) Vatnsöflun úr grunnnum (<100 m) vatnstökuholum fyrir ferskvatn eða dýpri sjótökuholum (100 – 300 m) fyrir jarðsjó. Við niðurdælingu er CO<sub>2</sub> leyst í vatni og kallar framkvæmdin því á vatnsöflun. Fyrir hvert tonn af CO<sub>2</sub> sem dælt er niður þarf allt að 30 tonn af ferskvatni eða allt að 32,5 tonn af jarðsjó. Gert er ráð fyrir að nota ferskvatn í fyrstu þremur áföngum verkefnisins, og jarðsjó í fjórða áfanga.
- 2) Niðurdæling ferskvatns með uppleystu CO<sub>2</sub> sem aflað er úr vatnstökuholum, og jarðsjós með uppleystu CO<sub>2</sub> sem aflað er úr sjótökuholum í dýpri jarðlög (300-1000 m dýpi).

Lagt er mat á áhrif vatnsöflunar og niðurdælingar m.t.t. magnstöðu og efnafræðilegs ástands yfirborðsvatnshlota og grunnvatnshlota.

Áhrifasvæði umhverfispáttarins grunnvatns má sjá á mynd 8.16.



**MYND 8.16** Áhrifsvæði umhverfispáttarins grunnvatns (grá þekja), auk framkvæmdasvæðis ofanjarðar (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á grunnvatn eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Lög nr. 36/2011 um stjórn vatnamála
- Reglugerðir nr. 796/1999 og 797/1999 um varnir gegn mengun vatns og grunnvatns.
- Reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.
- Vatnaáætlun 2022-2027
  - Gæðabættir sem vatnshlot þurfa að uppfylla til að standast umhverfismarkmið sín í samræmi við Vatnaáætlun 2022-2027 [71], sér í lagi varðandi efnafræðilegt ástand (samkvæmt viðmiðum í reglugerð nr. 535/2011) og magnstöðu yfirborðsvatnshlota og grunnvatnshlota.
  - Umhverfismarkmið allra grunnvatnshlota er að efnafræðilegt ástand sé gott og magnstaða þeirra góð [71].
  - Umhverfismarkmið allra yfirborðsvatnshlota er að vistfræðilegt og efnafræðilegt ástand sé gott [71].

Nánar er fjallað um viðmið fyrir vatnshlot í Vatnaáætlun 2022-2027 [71].

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á grunnvatn er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Grunnvatnslíkan Vatnaskila af athugunarsvæði ásamt sérfræðiskýrslu, unnið fyrir Carbfix. (viðauki I)

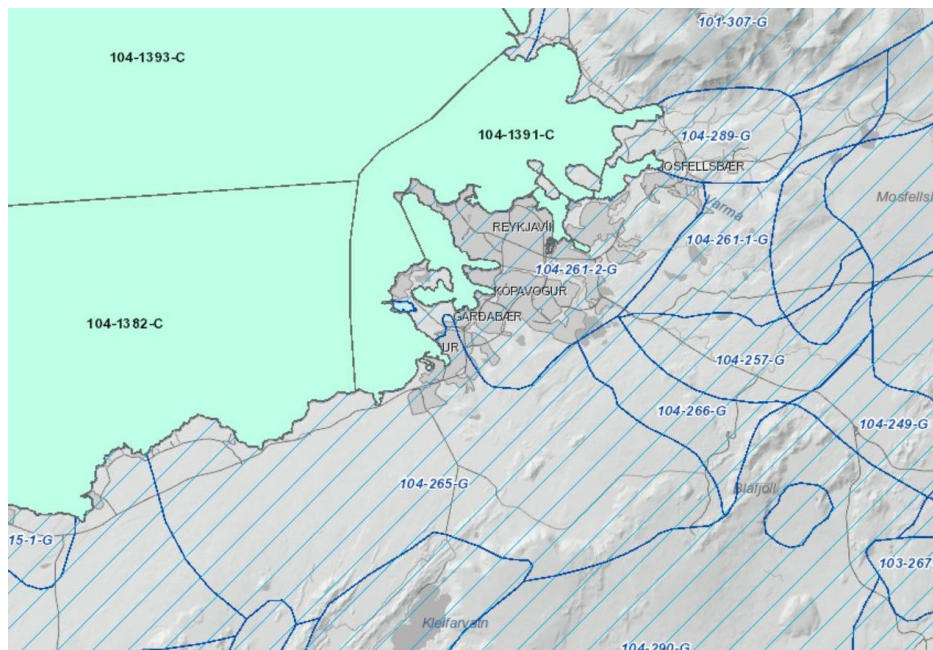
- Jarðfræðikortlagningu og jarðfræðilíkan af svæðinu unnið af ÍSOR [28]
- Gögn úr núverandi borholum á svæðinu og reynsla af rekstri þeirra.
- Gögn úr rannsóknarborholum Carbfix við og á framkvæmdasvæðinu, sjá kafla 2.4.
- Yfirborðsmælingar á svæðinu, s.s. viðnámsmælingar og vatnsborðsmælingar.
- Minnisblað Mannvits (COWI) um mat á áhrifum snefilefna í CO<sub>2</sub> straumi á grunnvatn [43]
- Vatnsborðsgögn og efnagreiningar sem safnað var úr vatnstökuholum, tjörnum og við strandlínu í Straumsvík í nágrenni við framkvæmdarsvæði.

### 8.3.3.2 Grunnástand

Allar framkvæmdir og skipulagsáætlanir eiga að vera í samræmi við stefnumörkun um vatnsvernd í vatnaáætlun og lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Samkvæmt fyrirliggjandi skilgreiningu á vatnshlotum er framkvæmdasvæði Coda Terminal á svæði grunnvatnshlotsins Straumsvíkurstraums (nr. 104-265-G)

- Straumsvíkurstraumur (nr. 104-265-G) tekur til alls grunnvatns sem streymir til sjávar frá Breiðagerðisvík á Vatnsleysuströnd og norður fyrir Hafnarfjörð, sjá mynd 8.17.

Einnig er framkvæmdasvæðið í tengslum við strandsjávarhlotið Straumsvík-Kjalarnes (nr. 104-1391-C). Á svæðinu við Straumsvík eru einnig tjarnir þar sem gætir flóðs og fjöru og eru þær á náttúruminjaskrá en flokkast ekki sem sér vatnshlot. Nánari umfjöllun um tjarnirnar er í kafla 8.3.6. Vatn sem verður notað við niðurdælinguna er tekið úr Straumsvíkurstraumi á minna en 100 m dýpi fyrir fyrstu þrjá áfangana þegar fyrirhugað er að nýta ferskvatn til niðurdælingar, og niður á dýpi jarðsjós, hugsanlega 100-300 m dýpi, í fjórða áfanga þegar fyrirhugað er að nýta jarðsjó til niðurdælingar. Þessu vatni verður dælt niður í neðri hluta grunnvatnskerfis á um 300-1000 m dýpi.



MYND 8.17 Vatnshlotið Straumsvíkurstraumur, nr. 104-265-G. Úr vatnavefsja [72].

Einn af þeim þáttum sem skilgreindur er sem umhverfismarkmið grunnvatnshlota er að magnstaða sé góð og efnifræðilegt ástand gott. Samkvæmt Vöktunaráætlun Vatnaáætlunar 2022-2027 eru vatnshlot



á framkvæmdarsvæði Coda Terminal ekki talin í hættu eða í óvissu um að ná umhverfismarkmiðum sínum.

### **Magnstaða grunnvatns**

Efri lög grunnvatns á svæðinu einkennast af flæði í gegnum nútímahraun umhverfis Straumsvík. Þessi nútímahraun eru 40–70 m þykk og hafa mikla lekt. Vatnasviðið er stórt og berst vatn víða að, þ.m.t. um Kaldárbotna ofan Hafnarfjarðar á leið sinni frá Heiðmörk og Bláfjöllum. Mikil úrkoma er á vatnasviðinu, um 1000 mm á ári nærri Straumsvík og yfir 3000 mm á ári á mörkum þess, nærri Bláfjöllum. Hin mikla lekt í hraunum á yfirborði veldur því að bróðurparturinn af úrkomu á svæðinu seytlar niður í grunnvatnsstrauminn. Þessar aðstæður valda því að mikið magn ferskt grunnvatns rennur til sjávar í Straumsvík og nágrenni. Áætlað hefur verið að eftir strandlengjunni á þessu svæði streymi að jafnaði 8–10 m<sup>3</sup>/s af ferskvatni til sjávar (sjá viðauka I). Dýpra einkennist grunnvatnskerfi í berggrunni aðallega af hraunlagasýrpum, en mest lekt þar er talin vera á mótum einstakra hraunlaga.

Nærri ströndinni við Straumsvík rennur sjór inn undir land. Við það myndast náttúruleg lagskipting ferskvatns og jarðsjós. Hún lýsir sér í því að efst í grunnvatninu myndast ferskvatnslag sem flýtur ofan á jarðsjónum. Á mörkum ferskvatns og jarðsjávar myndast síðan blandlag með ísöltu vatni. Þykkt ferskvatnslagsins er breytilegt, en það eykst eftir því sem lengra er farið inn í land. Mælingar á svæðinu gefa til kynna að jarðsjó sé aðeins að finna 1–2 km inn til lands. Næst strandlengjunni er grunnvatnshæð að langmestu leyti stjórnað af sjávarstöðu, en eftir því sem lengra er farið inn í land dvína þessi áhrif: Hálfdagssveiflur í grunnvatnsstöðu vegna sjávarfalla eru um tveir metrar næst strandlengjunni við Straumsvík (ÍSÖR, 2010), um 65 cm við Carbfix holu CSW-02 (500 m inn í land) og hálfdagssveiflur eru innan við 10 cm við Carbfix holu CSW-03 (1,5 – 2, 0 km inn í landi).

Um 2 km frá ströndinni einkennist grunnvatnshæð af árstíðabundnum sveiflum frekar en sjávarföllum. Í borholu VB-01, sem er um það bil 3 km inn í landi mælast árstíðarbundnar sveiflur í kringum 3–4 m.

Rio Tinto hefur unnið ferskvatn úr grynri vatnstökuholum rétt sunnan Reykjanesbrautar í rúmlega fimm áratugi (sjá mynd 8.18), en sú vinnsla hefur verið tiltölulega lítil miðað við magn grunnvatns sem talið er vera þar á ferðinni. Vinnsla Rio Tinto hefur aukist í skrefum frá upphafi vatnsöflunar, en s.l. 25 ár hefur hún haldist nokkuð stöðug í kringum 300 L/s, sem samsvarar u.þ.b. um 3–4% af heildargrunnvatnsstreyminu á svæðinu. Áhrif af vatnstöku Rio Tinto á hæð grunnvatnsborðs eru talin lítill vegna mjög hárrar lektar nútímahrauns sem vatnsvinnslan fer fram í. Ekki liggja fyrir mælingar til staðfestingar á því, en samkvæmt grunnvatnslíkani Vatnaskila hefur núverandi vinnsla þegar valdið u.þ.b. 5–10 cm niðurdrætti á nærsvæði vatnstökuhola (innan við 300 m fjarlægð frá þeim) en mun minni niðurdrætti utan þess svæðis. Mælingar á efnainnihaldi vinnsluvatns Rio Tinto seinustu áratugi gefa til kynna að vinnsla hafi ekki haft í för með sér aukningu á seltu nálægt vatnstökuholunum, en þær sýna að vatn úr holunum hefur haldist ferskt. Því má telja ólíklegt að núverandi vinnsla Rio Tinto hafi haft mikil áhrif á magn eða gæði grunnvatns á Straumsvíkursvæðinu.

Ekki er vitað um fleiri vinnsluaðila grunnvatns á Straumsvíkursvæðinu, en næsta þekkta vatnstökusvæði á aðrennslissvæði Straumsvíkur er vatnsbólið í Kaldárbotnum, sem aflar neysluvatns fyrir Hafnarfjarðarbæ. Grunnvatnsvinnsla þar hefur staðið yfir síðan 1989 og s.l. 25 ár hefur vinnslan haldist nokkuð stöðug í kringum 190 L/s. Eðli málsins samkvæmt hefur sú vinnsla dregið úr grunnvatnsstraumnum sem rennur til sjávar við Straumsvík, en þó mjög lítið miðað við

heildargrunnvatnsstreymið. Talið er að núverandi ástand grunnvatnsauðlindar sé í góðu jafnvægi og nærri því sem telja megi náttúrulegt ástand hennar.

### Efnafræðilegt ástand grunnvatns

Til að meta efnafræðilegt grunnástand grunnvatns á og í nágrenni framkvæmdarsvæðis Coda Terminal í Straumsvík var stuðst við efnagreiningar á yfirborðsvatni og úr borholum á svæðinu. Carbfix safnaði vatnssýnum úr rannsóknarborholum Coda Terminal (mynd 8.18), tjörnum við Straumsvík og við strandlínu Straumsvíkur. Sýni voru efnagreind meðal annars m.t.t. aðalefna og snefilefna auk þess sem hitastig, leiðni, og pH var mælt. Meginniðurstöður efnagreininga á vatnssýnum af svæðinu má sjá í töflu 8.2. Auk þess er fjallað ítarlega um vatnsýnatöku af svæðinu í kafla 2.4.

Lífræn klórefni, BTEX, PAH, varnarefni og önnur efni sem eru varhugaverð í drykkjarvatni skv. Reglugerð 536/2001 um neysluvatn, mældust undir greiningarmörkum í öllum sýnum. Sýni úr rannsóknarborholunni CSI-01 sýndu mikla blöndun við sjó. Holan er 992 m djúp og fóðruð niður á 328 m dýpi og er um 500 m frá strandlengjunni.



**MYND 8.18** Staðsetningar rannsóknarhola sem boraðar voru til að afla upplýsinga um geymslugeymi á framkvæmdarsvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Byggt á gögnum frá Orkustofnun. Kort: EFLA, 2024.

Auk vatnssýna sem safnað var af Carbfix á rannsóknartíma var gögnum aflað um efnainnihald vatnssýna úr vatnstökuholum Rio Tinto við Straumsvík. Sýni úr vatnstökuholum Rio Tinto sýna mjög sambærilega efnasamsetningu og sýni úr rannsóknarborholunni CSW-02, og úr Gerðistjörn [73]. Þetta staðfestir að sami grunnvatnsstraumur flæðir um þessa staði. Enn fremur eru gildi úr Gerðistjörn

sambærileg gildum úr sýnum sem tekin voru árið 2020 í Gerðistjörn, Brunntjörn og Straumstjörnum [74]. Niðurstöður þeirra gagna sem aflað var um efnafræðilegt grunnástand grunnvatns á framkvæmdarsvæðinu staðfesta að:

1. Efnafræðilegt ástand vatnshlotsins er almennt gott sé horft til greininga á efnum sem varhugaverð eru í drykkjarvatni, en þau eru öll undir greiningarmörkum;
2. Sjávaráhrifa gætir í sýnum sem safnað hefur verið úr CSI-01 sem er djúp rannsóknaborhola um 500 metra frá strandlínu.

Fylgst verður með efnafræðilegu ástandi vatnshlotsins samkvæmt vöktunaráætlun í kafla 10.

**TAFLA 8.2** Meginniðurstöður efnagreininga á vatnsýnum af svæðinu. Auk þess er fjallað ítarlega um vatnsýnatöku af svæðinu í kafla 2.4. Mismunandi greiningarmörk tengjast greiningaraðferðum vegna mismunandi seltuinnihalds vatnssýna. Svipuð efnasamsetning er á vatni úr CSW-02 og Gerðistjörn, sem gefur til kynna að grunnvatn flæði út í tjörnina. Vatnssýni úr CSI-01 og CSM-01 eru ísalt vatn.

	MÆLIEINING	CSI-01	CSM-01	CSW-02	GERÐISTJÖRN
Fóðringardýpi	m	328	223	25	Yfirborð
Ca	mg/L	1800	11,7	4,9	4,87
Fe	mg/L	0,214	0,000586	0,0294	0,00141
K	mg/L	66,6	3,15	0,635	0,708
Mg	mg/L	162	0,158	1,85	2,02
Na	mg/L	5750	196	12,3	12,6
Si	mg/L	2,97	30,5	6,64	6,8
Al	µg/L	12	23,9	17	17,6
As	µg/L		2,76	0,0643	0,0688
Ba	µg/L	6,21	0,191	0,0834	0,107
Cd	µg/L	<0,05	<0,01	<0,002	<0,002
Co	µg/L	0,0791	<0,005	0,0115	<0,005
Cr	µg/L	<0,1	0,0269	1,31	1,09
Cu	µg/L	3,4	<0,1	0,112	0,122
Hg	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mn	µg/L	178	0,335	0,846	0,0699
Mo	µg/L	23,7	15,9	0,181	0,274
Ni	µg/L	<0,5	<0,05	0,059	<0,05
P	µg/L	<40	1,33	30,6	35,5
Pb	µg/L	<0,3	0,0286	<0,01	<0,01
Sr	µg/L	3910	19,7	6,68	7,25
Zn	µg/L	4,07	<0,2	0,824	<0,2
V	µg/L		15,1	25,6	28,5
Ti	µg/L	0,118			
B	µg/L	890			
Harka	°dH		1,68	1,11	1,15
Tritium ( <sup>3</sup> H)	Bq/L		<10	<10	<10
Summa xýlena (M1)	µg/L		<0,150	<0,150	<0,150
Brómöt	µg/L		<5,0	<5,0	<5,0
Heildar Sýaníð	mg/L		<0,0010	<0,0010	<0,001
Nítrít sem N	mg/L		<0,002	<0,002	<0,002
COD-Mn	mg/L		<0,50	<0,50	<0,50

	MÆLIEINING	CSI-01	CSM-01	CSW-02	GERÐISTJÖRN
Ammoníak og ammóníum jónir sem N	mg/L		<0,040	<0,040	<0,040
Ortófósfat sem P	mg/L		<0,013	0,022	0,022
Nítrat sem N	mg/L		<0,10	<0,10	<0,10
Flúoríð	mg/L	0	6,47	<0,50	<0,50
Klóríð	mg/L	11734,9	202	9,29	9,28
Brennisteinn sem SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	1431,3	49,5	3,18	3,31
Mælihitastig pH	°C	20,2	20,9	20,7	20,7
Grugg	FNU		<0,20	6,78	<0,20
Leiðni	µS/cm	39000	960	98	98
pH	-	8,35	10,4	8,6	8,0
Basavirkni	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L		89,3	36,1	36,3

### 8.3.3.3 Lýsing á áhrifum

Líkt og fram kemur hér að ofan er mat lagt á áhrif vatnsöflunar og niðurdælingar á CO<sub>2</sub> vegna framkvæmdarinnar á magnstöðu og efnafræðilegt ástand yfirborðsvatnshlota og grunnvatnshlota, og hvort heildaráhrif framkvæmdarinnar komi í veg fyrir að markmið um góða magnstöðu og gott efnafræðilegt ástand náist.

Til að meta áhrif framkvæmdarinnar á grunnvatn á framkvæmdasvæði og nærliggjandi svæði, svo sem á Straumsvíkurtjarnir og vatnstökusvæði Rio Tinto, var verkfræðistofan Vatnaskil fengin til að útbúa grunnvatnslíkan til að reikna út möguleg áhrif á magnstöðu, seltu- og hitastig grunnvatns (sjá viðauka I). Grunnvatnslíkanið verður uppfært eftir því sem þörf krefur skv. Vöktunaráætlun í kafla 10.4.1. Þá var Mannvit (COWI) fengið til að meta efnafræðileg áhrif á grunnvatn vegna mögulegra snefilefna í CO<sub>2</sub>-straumnum sem dælt er niður [43].

#### Magnstaða grunn- og yfirborðsvatns

Á myndum 8.19-8.22 má sjá breytingar á grunnvatnsborði samkvæmt líkanreikningum frá fyrsta áfanga til þess fjórða þegar hámarksáhrifum framkvæmdarinnar er náð. Vatnstaka úr jarðlögum leiðir til þrýstihækkunar í jarðlögum og þar með lækkunar grunnvatnsborðs (niðurdráttar). Niðurdæling vatns í jarðlögum leiðir til þrýstihækkunar og þar með hækkunar grunnvatnsborðs. Samkvæmt líkanreikningum verður niðurdráttur grunnvatnsborðs vegna starfsemi Coda Terminal mestur innan vatnstöku- og niðurdælingarsvæðis Coda Terminal, og reiknast niðurdráttur rúmlega 10 cm í fyrsta áfanga en niðurdráttur er hæstur u.þ.b. 20 cm við vatnstökuholurnar að loknum fjórða áfanga. Fylgst verður með magnstöðu yfirborðs skv. Vöktunaráætlun í kafla 10.4.1.

Við vatnstökuholur Rio Tinto reiknast niðurdráttur allt að 7 cm miðað við núverandi ástand við lok fjórða áfanga verkefnisins. Reiknaður niðurdráttur við vatnstökuholur Rio Tinto er talinn ólíklegur til að valda neikvæðum áhrifum á vinnslugetu þeirra, en þó fer það eftir núverandi vinnslufyrirkomulagi og ástandi vatnstökuhola fyrirtækisins. Við Brunntjörn, Brunntjörnina (Þorbjarnarstaðatjarnir) og Gerðistjarnir reiknast 2-4 cm niðurdráttur að loknum fjórða áfanga, samanborið við núverandi ástand. Vert er að hafa í huga að þegar niðurdráttur reiknast minni en 5 cm í grunnvatnslíkaninu má reikna

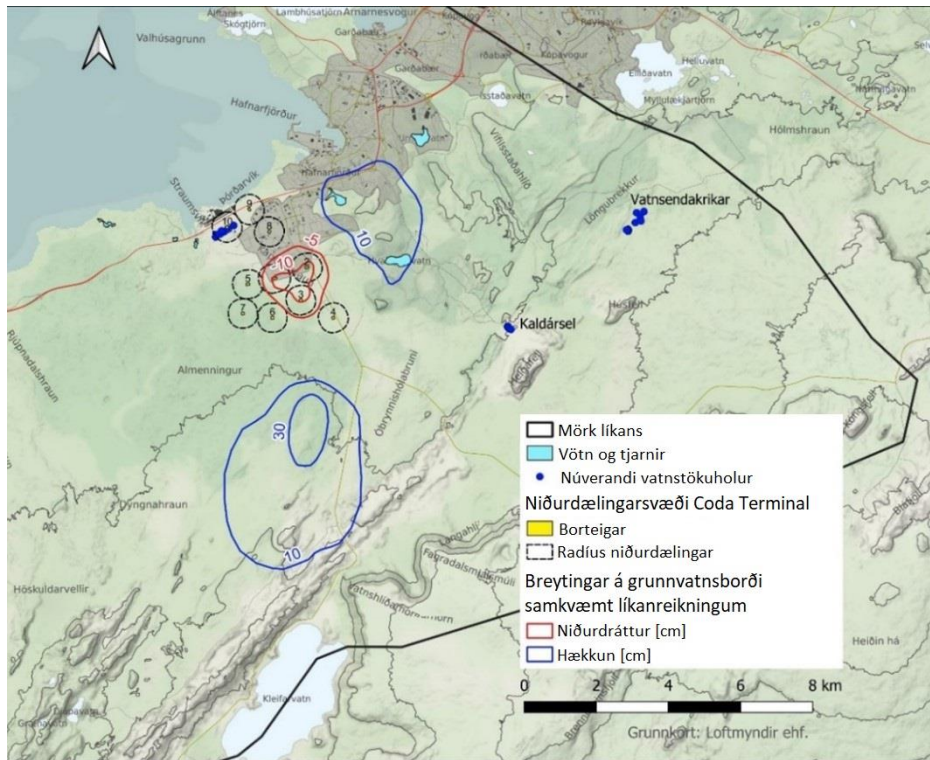


með að niðurdráttur geti verið á bilinu 0-5 cm og verður því fylgst með magnstöðu yfirborðs í tjörnunum skv. Vöktunaráætlun í kafla 10.4.1. Tölurnar hér að ofan miðast við lok fjórða áfanga verkefnisins, en líkan sýnir að niðurdráttur á svæðinu er minni í lok fyrri áfanga.

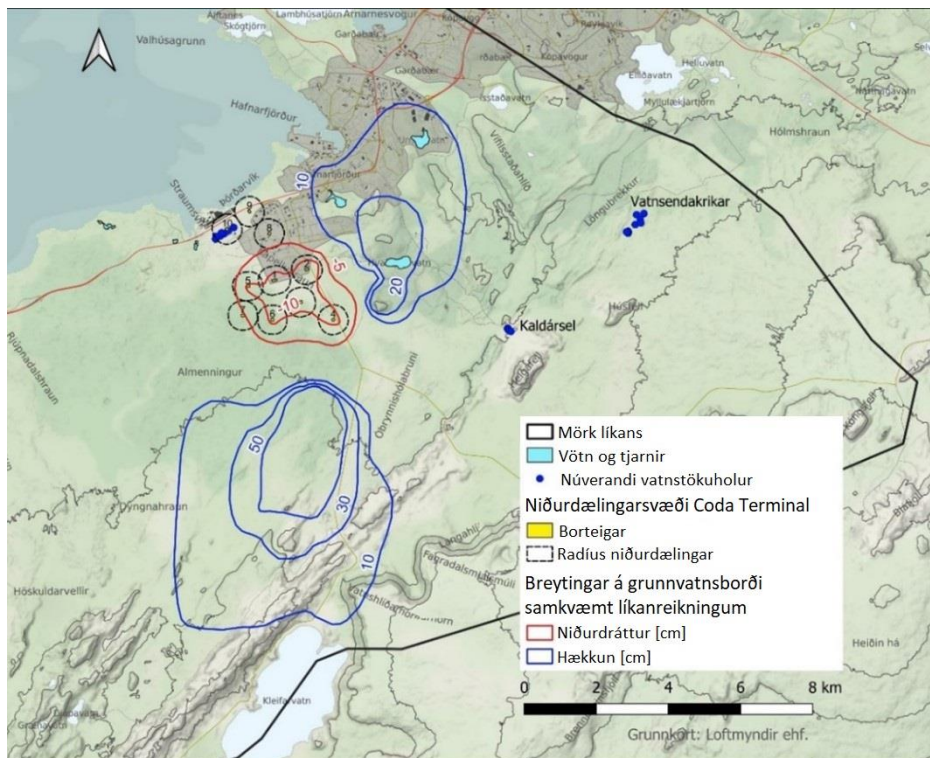
Hækkun grunnvatnsborðs austan við vatnstökusvæðið reiknast allt að 10 cm í lok fyrsta áfanga og allt að 40 cm við lok fjórða áfanga. Þrjú vötn eru á svæðinu sem kunna að verða fyrir áhrifum vegna þessa, þar á meðal Ástjörn, Hvaleyrarvatn og Urriðavatn. Öll vötnin þrjú hafa einhver tengsl við grunnvatn og því er mögulegt að hækkun grunnvatnsborðs í grennd þeirra geti leitt til aukins innrennslis (lindarrennslis) í þau. Náttúrulegt yfirfall í vötnunum stýrir hins vegar útrennsli úr þeim, sem gerir það að verkum að breytingar á vatnsstöðu vatnanna dempast og takmarkar hámarksvatnshæð í þeim. Ólíklegt má því telja að reiknuð hækkun grunnvatnsborðs valdi verulegum áhrifum á vatnsstöðu í vötnunum þótt gegnumrennsli í þeim gæti aukist. Engu að síður er ráðlagt að vakta vatnsborð í vötnunum sem og grunnvatnshæð við þau á uppbyggingartíma Coda Terminal í Straumsvík.

Á svæðinu umhverfis Ástjörn liggur grunnvatnsborð á um 5-10 m dýpi en þar reiknast allt að 25 cm hækkun grunnvatnsborðs. Hvort sú hækkun hafi áhrif á mannvirki á svæðinu, m.a. uppbyggingu Hauka, fer eftir grundun bygginga og hvort þær nái niður fyrir grunnvatnsborð. Samkvæmt loftmyndum virðast flest mannvirkin á svæðinu vera grunduð á jarðvegspúðum sem líklega eru byggðir á hraunlagi. Í því tilviki hefur hækkun grunnvatnsborðs engin áhrif. Að öðru leyti gæti hækkun grunnvatnsborðs valdið lækun á virkum spennum í jarðvegi og þar með lækun á burðarþoli jarðvegs, valdið þrýstingi undir botnplötum í kjöllum ef þær ná niður fyrir grunnvatnsborð og valdið lekamálum í kjöllum sem hafa ekki verið þéttir með dúk eða ef ekki er dren við þá. Þessi áhrif eru þó talin óveruleg, þar sem Vallahverfið og iðnaðarhverfið eru byggð upp úr aldamótum og því samkvæmt þeim reglum og stöðlum sem eru meira og minna í gildi í dag. Gera má því ráð fyrir að lagt sé dren í kringum öll mannvirki sem spornar gegn leka inn í kjallara og að gert sé ráð fyrir óvissu í burðarþoli jarðvegs í öryggisstuðlum bygginga. Einnig er berggrunnurinn á svæðinu almennt gljúpur svo vatnið er líklegra að leita til annarra átta en að byggja upp þrýsting við botnplötur bygginga.

Líkanreikningar gefa til kynna allt að 30 cm hækkun grunnvatns til suðurs af svæðinu við enda fyrsta áfanga framkvæmdarinnar. Við enda fjórða áfanga er reiknuð grunnvatnsborðshækkun á þessum stað allt að 1 m. Hækkun á grunnvatnsborði á þessum stað er ekki talin varhugaverð þar sem náttúrulegt grunnvatnsborð á þessum stað er að meðaltali 100 metra undir yfirborði. Einnig er töluverð óvissa í jarðfræði- og reiknilíkönunum á þessu svæði, vegna skorts á djúpum borholum og mælingum. Grunnvatnslíkaninu var beitt til að greina hvort áhrif vegna starfsemi Coda Terminal væru öðruvísi við lága grunnvatnsstöðu (þ.e. í þurrkatíð) samanborið við meðalgrunnvatnsstöðu eins og gert var ráð fyrir í grunntilfellinu. Niðurstaðan af þeirri greiningu var að mjög lítt munur reyndist af reiknuðum áhrifum við þessar mismunandi grunnvatnsaðstæður eins og sjá má í kafla 5.4 í viðauka I.

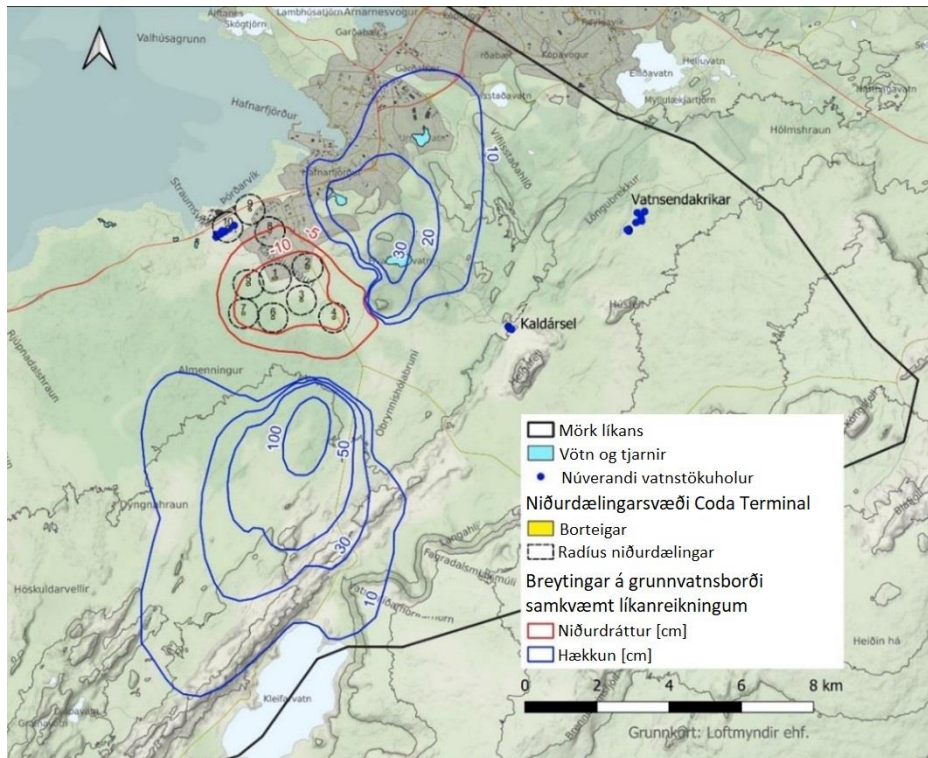


**MYND 8.19** Breytingar á grunnvatnsborði í 1. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 10 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þótt gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).

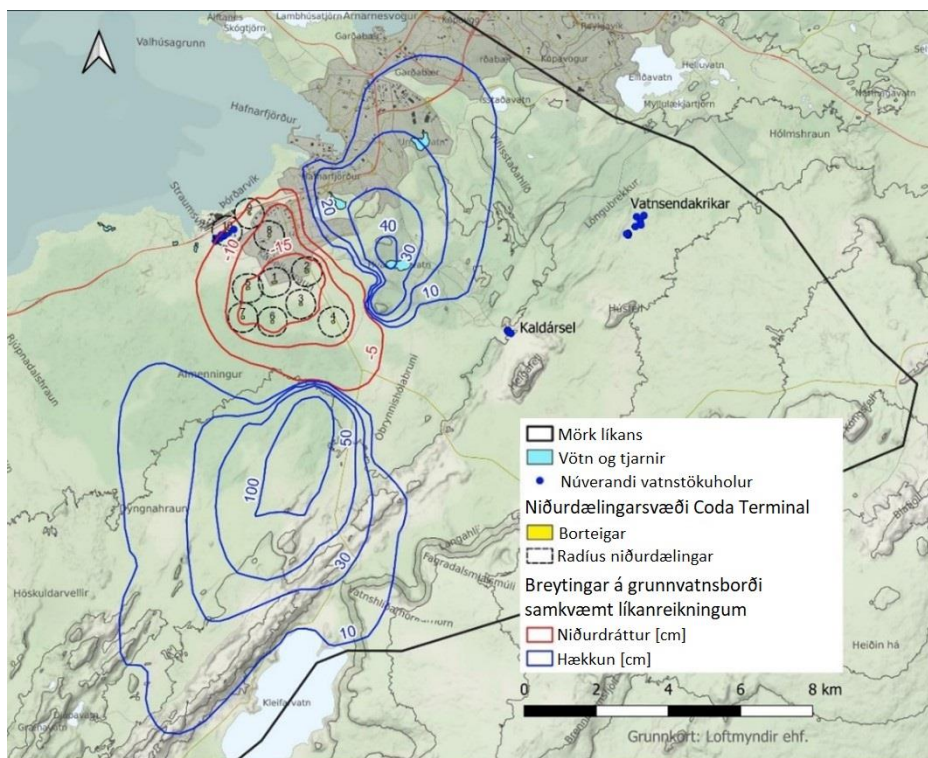


**MYND 8.20** Breytingar á grunnvatnsborði í 2. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 10–20 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).





**MYND 8.21** Breytingar á grunnvatnsborði í 3. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10–15 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 20–30 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).



**MYND 8.22** Breytingar á grunnvatnsborði í 4. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 15–20 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 30–40 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).

## Efnafræðilegt ástand grunn- og yfirborðsvatns

### Seltu- og hitastigsbreytingar

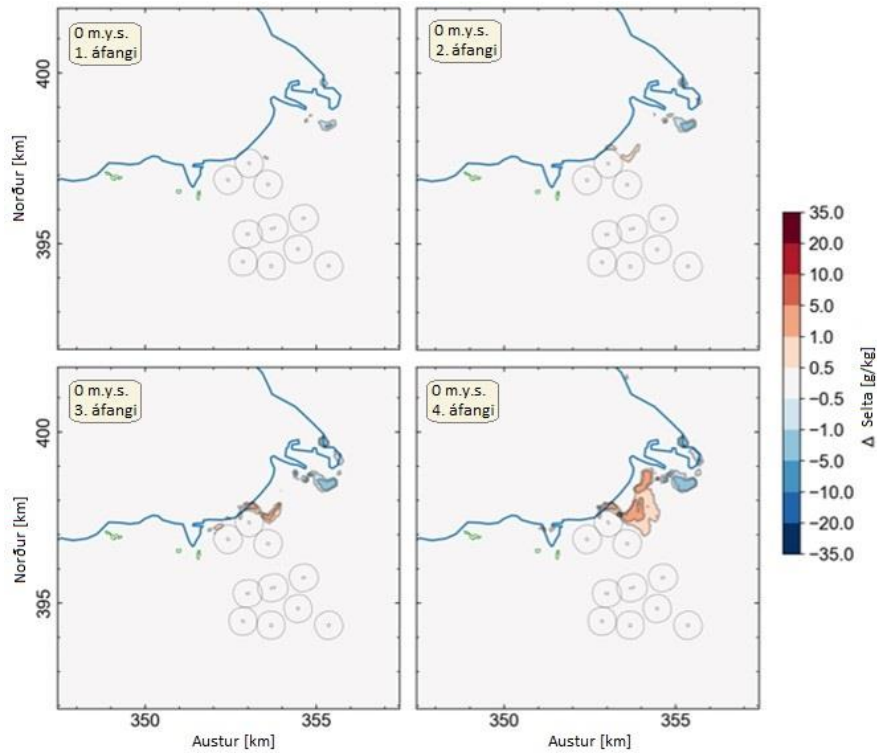
Niðurstöður líkanreikninga fyrir seltubreytingar í grunnvatni vegna framkvæmdarinnar eru sýndar á myndum 8.23-8.25. Líkanreikningar sýna að mesta seltubreyting vegna vatnstöku og niðurdælingar Coda Terminal (eftir 4. áfanga) reiknast neðan u.þ.b. 50 m u.s. og niður á um 600 m u.s. dýpi. Breytingar ofar eru minni en valda þó einhverri seltuaukningu við grunnvatnsborð, þar á meðal allt að 0,4 g/kg seltuaukningu við Straumsvíkurtjarnirnar og allt að 0,5 g/kg seltuaukningu við vatnstökuholur Rio Tinto. Til viðmiðunar, segir reglugerð um neysluvatn að leyfilegur hámarksstyrkur seltu í neysluvatni sé 0,4 g/kg. Hafa ber þó í huga að breyting í seltu eykst með dýpi, þ.e.a.s. að á 20 m u.s. dýpi reiknast seltubreyting nærri 1 g/kg, á 30 m u.s. dýpi nærri 5 g/kg og á 50 m u.s. dýpi nærri 20 g/kg. Niðurstöður eru næmar fyrir óvissu á lóðréttri lekt á svæðinu, óvissu á seltudreifingu á svæðinu, sem og óvissu á öðrum jarðfræðilegum eiginleikum skilgreindum í líkaninu. Óvíst er því hvort seltuaukning geti valdið neikvæðum áhrifum á tjarnirnar, en reiknuð breyting upp á 0,4 g/kg í fullferskum tjörnum mun ekki breyta þeirri flokkun innan ramma neysluvatnsreglugerðar. Niðurstöður líkanareikninga gefa því til kynna að vægar seltubreytingar gætu átt sér stað í efri hluta grunnvatnsins. Fylgst verður með mögulegum seltubreytingum með sýnatöku á grunnvatni sem og með borun sérstakra vöktunarhola skv. Vöktunaráætlun í kafla 10.4.1. Mögulegar breytingar sem gætu takmarkað vatnsvinnslu á fersku vatni hjá öðrum aðilum á afmörkuðum svæðum vestan og austan við niðurdælingarsvæði Coda Terminal ætti að vakta m.t.t. mögulegra seltubreytinga.

Jafnframt eru niðurstöður reiknilíkana næmar fyrir staðsetningu vatnstöku og niðurdælingar á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði. Vegna óvissu á dreifingu seltu á svæðinu er ekki vitað með vissu hversu þykk ferskvatnslinsan er undir öllum borteigum. Ef niðurdæling ferskvatns er aðeins staðsett suðaustast á svæðinu, þar sem líkan sýnir að ferskvatnslagið er einna þykkast, eru áhrif niðurdælingar á seltu mun minni en ef dælt er á svæðum þar sem ísalt vatn eða jarðsjór er til staðar.

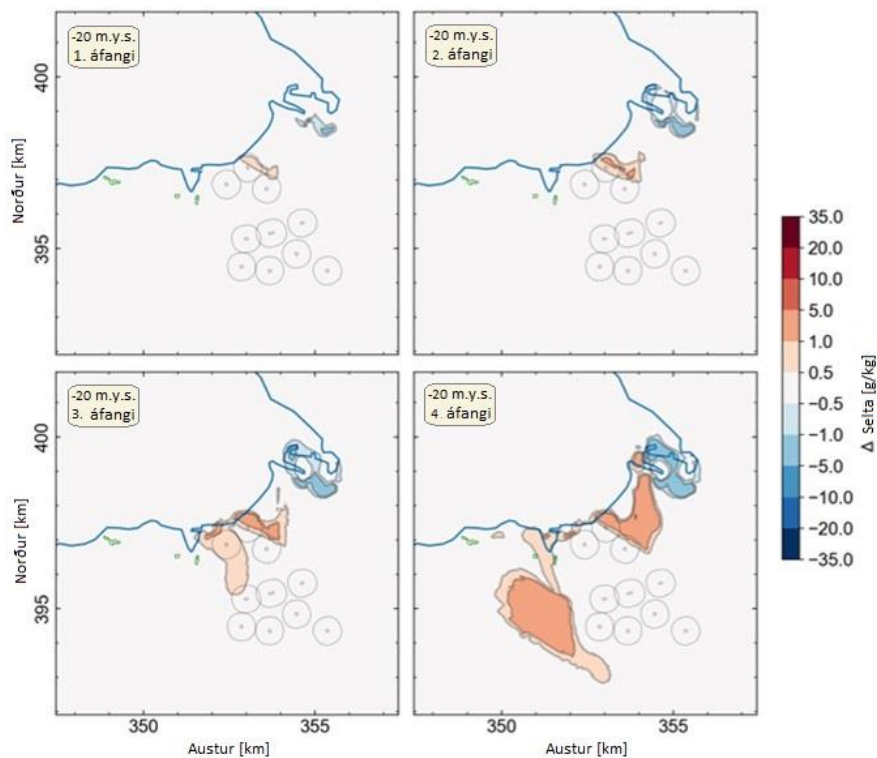
Líkanreikningar sýna að mesta hitabreyting vegna vatnstöku og niðurdælingu framkvæmdaraðila reiknast í dýpri hluta grunnvatnskerfisins. Breytingar í efri lögum grunnvatns eru minni en valda þó lítillægri hitaaukningu, allt að 1 °C hækkun við Straumsvíkurtjarnirnar og allt að 1,3 °C hækkun við vatnstökuholur Rio Tinto. Óvíst er hvort hitaaukning af þessari stærðargráðu geti valdið neikvæðum áhrifum á tjarnirnar, en vert er að vakta hitastig tjarnanna, m.a. til að kortleggja náttúrulegan breytileika í þeim. Einnig er óvíst hvort hitastigsaukning af þessari stærðargráðu geti valdið merkjanlegum neikvæðum áhrif á notkun vatnsöflun Rio Tinto.

Hætta á CO<sub>2</sub>-leka vegna flæðis, eða afgösunar, á uppleystu CO<sub>2</sub> er talin hverfandi eins og nefnt er í kafla 8.3.2.3. og í kafla 7.2.6.1 viðauka II. Þar af leiðandi er ekki talið að framkvæmdin muni hafa áhrif á sýrustig grunnvatns á svæðinu. Hins vegar er æskilegt að fylgst sé með sýrustigi grunnvatns á svæðinu, til að ganga úr skugga um að engar sýrustigsbreytingar eigi sér stað yfir líftíma verkefnisins.

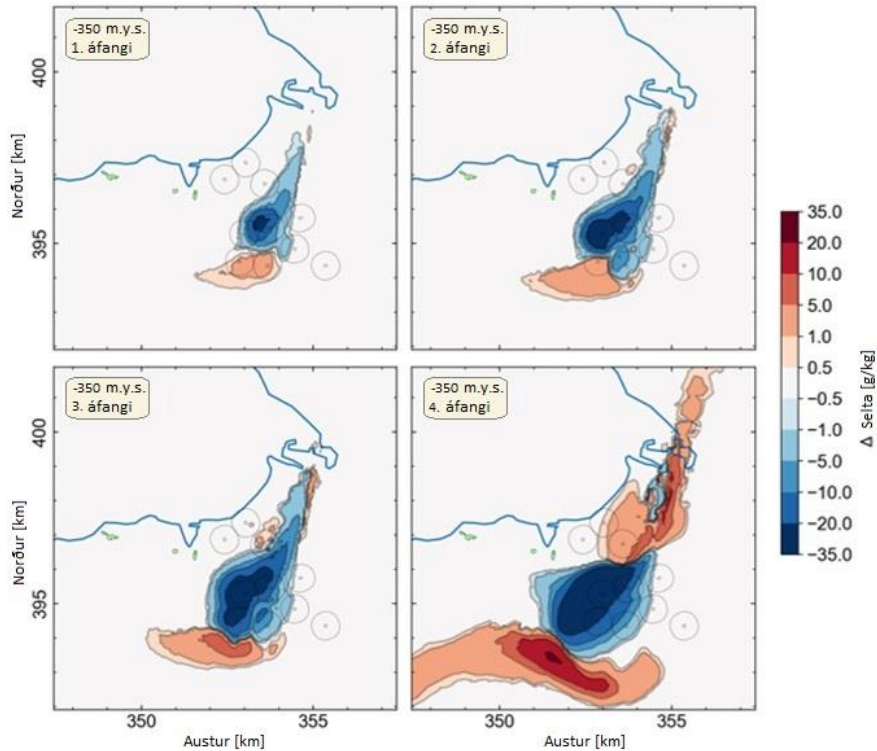




**MYND 8.23** Seltubreyting í grunnvatni við 0 m.y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá seltuaukningu rétt til austurs af framkvæmdarsvæðinu og seltuminnkun enn lengra til austurs. Stærð seltubreytinga eykst með líftíma verkefnisins, og eru smávægileg eftir fyrsta áfanga. Í þriðja áfanga má sjá seltuaukningu nálægt vatnstökuholum Rio Tinto. Mynd: Vatnaskil, 2024.



**MYND 8.24** Seltubreyting í grunnvatni við -20 m.y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá seltuaukningu austast á framkvæmdarsvæðinu og seltuminnkun austan þess eftir alla áfanga. Einnig má sjá seltuhækkun vestur af svæðinu eftir 4. áfanga. Stærð seltubreytinga eykst með líftíma verkefnisins. Í 3. og 4. áfanga má sjá seltuaukningu nærri vatnstökuholum Rio Tinto. Mynd: Vatnaskil, 2024.



**MYND 8.25** Seltubreyting í grunnvatni við -350 m.y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá að selta minnkar undir framkvæmdarsvæðinu en eykst til suðurs. Stærð seltubreytinga eykst með líftíma verkefnisins. Eftir 4. áfanga má sjá seltuaukningu til norðausturs. Mynd: Vatnaskil, 2024.

### Áhrif snefilefna í CO<sub>2</sub> á grunnvatn

Styrkur CO<sub>2</sub> í straumnum sem tekið verður á móti er að lágmarki 99,81%. Yfirlit yfir hámarksstyrk snefilefna sem geta verið til staðar í CO<sub>2</sub> straumnum má sjá í töflu 5.3 í kafla 5.2.1.4. Efni sem geta verið í snefilmagni í CO<sub>2</sub> straumnum eru auðleysanlegar gastegundir, torleystar ólífrænar gastegundir, auðleysanleg lífræn efni, torleystar lífrænar gastegundir og efnasambönd og önnur ólífræn efni.

Niðurstöður áhrifamats gefa til kynna að miðað við hámarksstyrk snefilefna séu áhrif þeirra í flestum tilvikum hverfandi og hafa ekki áhrif á vatnshlotið [43]. Lífræn efni sem leysast vel í vatni taka hratt upp súrefni og brotna því auðveldlega niður. Efnagreiningar benda til þess að nægilegt súrefni sé til staðar í niðurdælingarvatni í slík ferli fyrir mikinn hluta efnanna. Helst er hætta á að styrkur hægt niðurbrjótanlegra lífrænna efna (vetniskolefnis) geti hækkað í grunnvatni geymslugeymis ef slík efni verða til staðar í CO<sub>2</sub> straumnum. Líklegt er að þau brotni þó niður enda mjög mikill vatnsmassi til staðar í geymslugeyminum. Fylgst verður með styrk snefilefna í CO<sub>2</sub> straumnum og í vöktunarholum samkvæmt vöktunaráætlun í kafla 10.4.1.

Þau efnahvörf sem Carbfix tæknin byggir á, þar sem CO<sub>2</sub>-hlaðinn vökvi með lágt sýrustig leysir málma úr basalti sem ganga í efnasambönd við CO<sub>2</sub> og falla út sem karbónöt, taka einnig til þungmálma sem gætu verið til staðar í grunnvatni: Þessir málmar taka þátt í ummyndunarferlinu og falla út sem karbónöt eða aðrar ummyndunarsteindir og bindast þannig í steindabindingarferlinu. Þessi binding hefur sést í basalti við veðrun, eldvirkni, og jarðhitavirkni á Íslandi [75], [76], [77], [78]. Fylgst verður með styrk málma í vöktunarholum skv. vöktunaráætlun í kafla 10.4.1.

## Áhrif á umhverfismarkmið vatnshlota

Grunnvatnslíkan Vatnaskila var notað til að leggja mat á áhrif Coda Terminal á grunnvatnshlotið Straumsvíkustraum (nr. 104-265-G) sem og nærliggjandi grunnvatnshlot innan áhrifasvæðis framkvæmdarinnar. Niðurstöður útreikninga Vatnaskila voru einnig nýttar til að meta óbein áhrif á strandsjávarhlotið Straumsvík-Kjalarnes (nr. 104-1391-C). Niðurstöður Vatnaskila sýna að búast megi við lágum niðurdrætti grunnvatnsborðs samanborið við heildarstærð grunnvatnsgeymisins og flæði grunnvatns um hann. Stafar það af mikilli lekt berggrunnins þar sem grunnvatnsgeymirinn liggur en einnig vegna þrýstings af völdum niðurdælingar sem vegur upp á móti þrýstingstapi við vatnsöflun, þar sem öllu vatni sem dælt er úr vatnshlotinu er skilað aftur í sama geymi. Grunnvatnið er í raun flutt úr grynri grunnvatnsgeymi niður í dýpri kerfi og þrýstingi þannig viðhaldið. Það er því talið ólíklegt að framkvæmdin muni hafa áhrif á strandsjávarvatnshlotið Straumsvík-Kjalarnes, þar sem streymi grunnvatns út í það er viðhaldið.

Að auki sýndi grunnvatnslíkanið engar breytingar á grunnvatnsstöðu við næsta vatnsverndarsvæði við framkvæmdasvæði Coda Terminal, Kaldárbotna (sjá viðauka I). Búist er við mjög litlum niðurdrætti við fjórða áfanga framkvæmdanna á vatnsyfirborði ferskvatnstjarna í Straumsvík og engum niðurdrætti í fyrsta áfanga (sjá nánari umfjöllun um tjarnirnar í kafla 8.3.6 og viðauka I). Niðurstöður líkanreikninga gera ráð fyrir hækkun grunnvatnsborðs við nálægar tjarnir austan við framkvæmdasvæðið, Ástjörn, Hvaleyrarvatn og Urriðavatn. Það er því ekki talið að framkvæmdin sé til þess fallin að umhverfismarkmið grunnvatnshlotsins um áframhaldandi góða magnstöðu náist ekki.

Líkanútreikningar sýna fram á lítillegar hitastigs- og seltubreytingar í efri hluta ferskvatnsgeymis (sjá viðauka I). Mögulegur hámarksstyrkur snefilefna í CO<sub>2</sub> straumnum er lágur og áhrif þeirra á grunnvatn verður því í flestum tilfellum hverfandi [43]. Þar af leiðandi eru einnig hverfandi líkur taldar á því að snefilefni í CO<sub>2</sub> straumnum hafi áhrif á strandsjávarhlotið. Helst er hætta á því að styrkur lífrænna efna sem brotna hægt niður (vetniskolefni) aukist í neðri grunnvatnslögum, ef slík efni eru í CO<sub>2</sub> straumnum sem dælt er niður. Eftir því sem nær dregur sjó minnka þessi áhrif þó, líklega vegna þess að þar er súlfat til staðar sem getur lagt örverum til súrefni til að brjóta niður þessi efni.

Með vöktun mögulegra áhrifa CO<sub>2</sub> straums á efnafræðilegt ástand vatnshlota er framkvæmdin ekki talin til þess fallin að hafa þau áhrif að umhverfismarkmið grunnvatnshlotsins um gott efnafræðilegt ástand náist ekki. Nánar má lesa um vöktun grunnvatns í kafla 10.4.1.

### 8.3.3.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Niðurstöður benda til að fyrirhuguð vatnstaka og niðurdæling vatns valdi beinum áhrifum sem verða varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar, en eru afturkræf þegar vatnstöku og niðurdælingu yrði hætt eða fyrirkomulagi breytt.

Áhrif á grunnvatnsborð eru talin óveruleg þar sem breytingar verða svæðisbundnar og líklega tiltölulega litlar auk þess sem tiltölulega fáir aðilar verða fyrir áhrifum. Þótt fjarsvæðið þar sem vatnsborðshækkun reiknast sé ólíklegt til að vera sérstaklega viðkvæmt fyrir slíkum breytingum, verður að teljast líklegt að svæðið í næsta nágrenni þar sem ferskvatnstjarnirnar liggja geti verið viðkvæmt fyrir breytingum í vatnsborði. Þar sem vísbendingar eru um mögulegan minniháttar niðurdrátt grunnvatnsborðs við Straumsvíkurtjarnirnar þarf samhliða uppbyggingarfasa Coda Terminal að vakta tjarnirnar nánar með hliðsjón af tengingu þeirra við grunnvatn. Vakta þarf vatnsborð og vatnsgæði

tjarnanna, m.a. með tilliti til hitastigs og seltu, svo bregðast megi við ef möguleg áhrif framkvæmdar verða meiri en er metið að framan. Lesa má nánar um tjarnirnar og áhrif framkvæmdanna á þær í kafla 8.3.6.

Hugsanleg hækkun grunnvatnsborðs í grennd stöðuvatna austan við framkvæmdasvæðið gæti haft áhrif á gegnumrennsli í þeim en er ólíklegt til að hafa veruleg áhrif á vatnstöðu. Ástæða er engu að síður til þess að vakta vatnshæð í vötnunum sem og grunnvatnshæð við þau á framkvæmdartíma verkefnisins.

Ekki liggja fyrir forsendur til mats á mögulegum áhrifum reiknaðs niðurdráttar við vatnstökusvæði Rio Tinto því gögn um vinnslufyrirkomulag og ástand vatnstökuhola liggja ekki fyrir.

Fyrirhuguð grunnvatnsvinnsla í Coda Terminal mun valda beinum áhrifum á seltustig og hita sem verða varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar, en áhrifin verða afturkræf ef vatnsöflun og niðurdælingu yrði hætt (þó á lengri tímaskala heldur en hæð grunnvatnsborðs). Áhrifin eru talin óveruleg þar sem breytingarnar taka til umfangsmikils svæðis, en mjög lítill hluti þess virðist viðkvæmur fyrir breytingum með hliðsjón af mögulegum afleiðingum, og ber þar helst efsti hluti ferskvatnsgeymisins. Til viðbótar verða einungis fáir aðilar fyrir áhrifum.

Óvissa er um hvort reiknaðar seltu- og hitabreytingar geta haft neikvæð áhrif á tjarnir í Straumsvík en með hliðsjón af reiknaðri seltuaukningu í neðri grunnvatnslögum, tiltölulega nálægt tjörnunum og næmni niðurstaðna fyrir vali á staðsetningu niðurdælingar innan framkvæmdasvæðisins er sá möguleiki fyrir hendi. Vegna þessa þarf að vakta grunnvatnsborð, hitastig og seltu grunnvatns í næsta nágrenni tjarnanna samhliða rannsóknum og uppbyggingarfasa Carbfix á svæðinu. Einnig þarf að mæla hitastig og seltu í tjörnunum til að kortleggja náttúrulegan breytileika í þeim og vakta í kjölfarið hugsanleg áhrif uppbyggingarinnar.

Niðurstöður áhrifamats gefa til kynna að miðað við hámarksstyrk snefilefna í CO<sub>2</sub> straumi séu áhrif þeirra í flestum tilvikum hverfandi og hafa ekki áhrif á grunnvatnshlotið [43]. Fylgjast þarf með styrk efna í vöktunarholum til að tryggja að áhrifa vegna mögulegra snefilefna gæti ekki auk þess sem vakta þarf súrefnisþörf og súrefnisstyrk. Vöktunaráætlun tekur til vöktunar á styrk efna í vöktunarholum, sjá kafla 10.

Breytingar á vatnafarspáttum líkt og að ofan greinir (vatnsborð, hitastig og selta) geta leitt til afleiddra áhrifa, þar sem lífríki í yfirborðsvatni er háð þessum umhverfispáttum. Ef kæmi til slíkra afleiddra áhrifa myndu þau teljast bein áhrif vegna fyrirhugaðrar starfsemi Carbfix í Coda Terminal. Þau væru jafnframt varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar, og mögulega óafturkræf þótt vatnsöflun og niðurdælingu yrði hætt. Nánar er fjallað um möguleg áhrif framkvæmdanna á lífríki tjarnanna í kafla 8.3.6.3.

Helstu mótvægisáðgerðir til að lágmarka áhrif starfsemi Coda Terminal eru tengdar hönnun vatnsöflunar- og niðurdælingarfyrirkomulags. Breytingar á fyrirkomulagi byggjast á gögnum sem aflað er eftir því sem holum fjölga og með rekstrarreynslu. Þessar breytingar á vatnsöflunar- og niðurdælingarfyrirkomulagi geta falist í magni vatnstöku og niðurdælingar á hverjum borteig, fjölda hola á hverjum borteig, dýpi hola, dýpi fóðringa, og lokun eða stöðvun niðurdælingar eða vatnstöku í/úr einstaka holum ef tilefni er til.



Hafa skref tengd hönnun vatnsöflunar- og niðurdælingarfyrirkomulags þegar verið tekin í þessa átt samhliða þeirri matsvinnu sem farið hefur fram. Jafnframt hafa næmnigreiningar leitt í ljós töluverða næmni niðurstaðna fyrir vali á staðsetningu vatnstöku og niðurdælingar innan framkvæmdasvæðisins sem mun styðja við rannsóknir og prófanir framundan. Að sama skapi munu fyrirhugaðar rannsóknir styðja við frumhönnun vatnsöflunar- og niðurdælingarfyrirkomulags og sömuleiðis verður unnt að aðlaga fyrirkomulagið til lágmörkunar áhrifa, ef lært er af hverju skrefi í rannsóknum og uppbyggingu. Einnig mun óvissa grunnvatnslíkans minnka eftir því sem frekari gagna er aflað af svæðinu, sem mun auka nákvæmni hermana af mögulegum áhrifum framkvæmdarinnar á svæðið. Ný gögn verða einnig borin saman við niðurstöður grunnvatnslíkans, til að sannreyna og uppfæra spár af svæðinu.

Aðrar mikilvægar mótvægisáðgerðir eru til að mynda framkvæmd vöktunar vatnafars samhliða rannsóknum framundan og uppbyggingu Carbfix, bæði innan framkvæmdasvæðis Coda Terminal og utan þess. Sér í lagi er mikilvægt að rannsaka tjarnirnar nánar með hliðsjón af tengingu þeirra við grunnvatn og vakta vatnsborð, hitastig og seltu í þeim og í grunnvatni í næsta nágrenni. Á rekstrartíma er vöktun snefilefna í CO<sub>2</sub> straumnum einnig mikilvæg mótvægisáðgerð. Nánar má lesa um vöktun í kafla 10. Vöktun þarf jafnframt að fara fram í samræmi við kröfur og leiðbeiningar Orkustofnunar, stjórnsýslustofnunar nýtingarleyfa á svæðinu, og Vatnaáætlun 2022-2027.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á grunnvatn

Niðurstöður líkanreikninga sýna fram á staðbundin áhrif framkvæmdanna á hæð grunnvatnsborðs innan og við framkvæmdasvæðið, auk þess sem framkvæmdin getur haft þau áhrif að seltu- og hitastig hækki í grunnvatni. Áhrifin eru afturkræf verði vatnstöku og niðurdælingu í Coda Terminal hætt eða fyrirkomulagi breytt. Ákveðin óvissa er í niðurstöðum grunnvatnslíkansins þar sem það byggir á takmörkuðum gögnum og er enn í þróun. Framkvæmdin verður byggð upp í áföngum þar sem fyrirkomulagi vatnsöflunar og niðurdælingar verður háttað í samræmi við niðurstöður rannsókna og vöktunar fyrri áfanga.

Viðkvæmni svæðisins gagnvart breytingum á grunnvatnshæð, seltu og hitastigi er mismikil. Stór hluti svæðisins er síður viðkvæmur fyrir breytingum á ofangreindum þáttum, og þar eru áhrifin því talin óveruleg. Hins vegar eru tjarnirnar í Straumsvík og lífríki þeirra viðkvæmara fyrir breytingum á seltu og hitastigi, sjá mat á áhrifum framkvæmdarinnar á tjarnirnar í kafla 8.3.6.

Að teknu tilliti til þessara þátta er það mat framkvæmdaraðila að **óvissa** ríki um áhrif á grunnvatn en að áhrifin verði að mestu **óveruleg**.

### 8.3.4 Jarðmyndanir

#### 8.3.4.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Sá framkvæmdaþáttur sem getur valdið áhrifum á umhverfisþáttinn jarðmyndanir er beint rask af völdum mannvirkjagerðar.

Áhrifasvæði vegna jarðmyndana miðast við framkvæmdasvæði framkvæmdarinnar (mynd 8.26).

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á jarðmyndanir eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

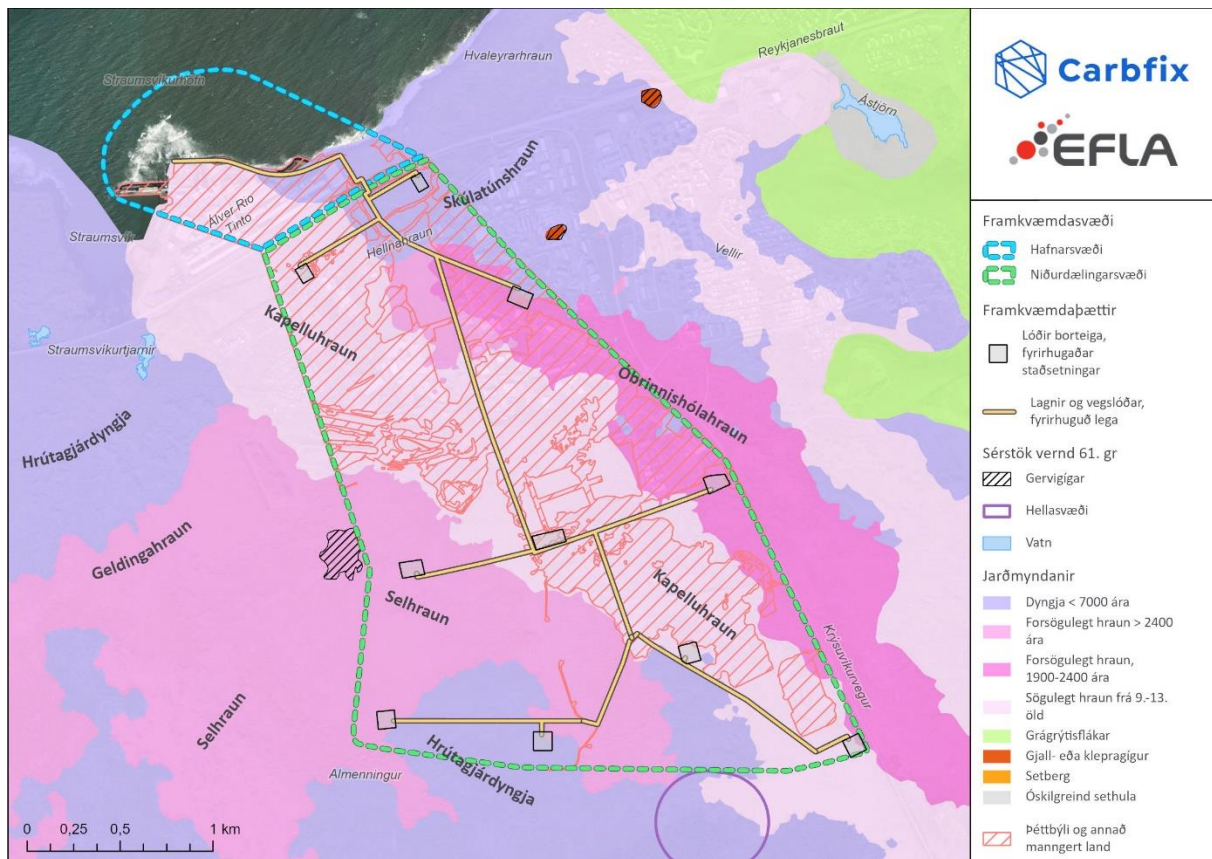
- Lög um náttúruvernd nr. 60/2013
  - Samkvæmt 61. gr. laga nr. 60/2013 um náttúruvernd njóta eftirfarandi jarðmyndanir sérstakrar verndar og ber að forðast röskun slíkra jarðminja og vistkerfa nema brýna nauðsyn beri til.
    - Eldvörp, eldhraun, gervígígar og hraunhellar frá nútíma.
    - Hverir og aðrar heitar uppsprettur ásamt lífríki sem tengist þeim og virkri ummyndun og útfellingum, þar á meðal hrúðri og hrúðurbreiðum.
  - Samkvæmt 3. gr. laganna eru verndarmarkmið fyrir jarðminjar m.a. að varðveita skipulega heildarmynd af jarðfræðilegum ferlum og fyrirbærum sem gefa samfellt yfirlit um jarðsögu landsins og að vernda jarðmyndanir sem eru sérstakar eða einstakar á lands- eða heimsvísu.
- Hverfisvernd í aðalskipulagi Hafnafjarðar 2013-2025.
- Náttúruminjaskrá.
  - Skrá yfir friðlýst svæði á Íslandi og aðrar mikilvægar náttúruminjar sem ástæða þykir til að friðlýsa eða friða. Unnin á grundvelli náttúruverndarlaga nr. 47/1971.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á jarðmyndanir er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Jarðfræðikort ÍSOR
- Loftmyndir
- Jarðfræðiúttektir sem unnar voru í tengslum við umhverfismat fyrir breikkun Reykjanesbrautar [79] frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni og umhverfismat vegna Suðurnesjalínu 2 [80]

#### 8.3.4.2 Grunnástand

Berggrunnur á Reykjaneskaga samanstendur að mestu af gosbergi; móbergsmýndunum frá kuldaskiðum og hraunlagasýrpum frá hlýskeiðum [79]. Yfirborð framkvæmdasvæðisins samanstendur af nútímahraunum sem hafa runnið á síðustu 7000 árum, sem liggja ofan á þéttara móbergi og basalhraunlögum (mynd 8.26 og tafla 8.5). Nútímahraunin búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013.



**MYND 8.26** Hraunlagasýrur og aðrar jarðmyndanir á framkvæmdasvæðinu ásamt þekju sem sýnir þéttbýli og annað manngert land. Hraun sem sjást á kortinu eru Hrutagjárdyngja (fjólublátt), Kapelluhraun (ljósbleikt), Skúlatúnsdyngja (fjólublátt), Geldingahraun (bleikt), Selhraun (bleikt) og Óbrynnishólahraun (dökkbleikt). Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárri punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kortið er byggt á jarðfræðikorti ÍSOR [81] og vistgerðarkortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið af EFLU.

**TAFLA 8.3** Hraun á framkvæmdasvæði Coda Terminal.

HRAUN	FLATARMÁL INNAN FRAMKVÆMDASVÆÐIS (KM <sup>2</sup> )	HLUTFALL AF FRAMKVÆMDASVÆÐI (%)
Söguleg hraun frá 9.-13. Öld	3,13	42,7
Forsöguleg hraun > 2400 ára	1,61	22,0
Dyngjur < 7000 ára	1,16	15,8
Forsöguleg hraun, 1900-2400 ára	0,82	11,2
Sjór	0,61	8,3
<b>Alls</b>	<b>6,72</b>	<b>100</b>

Kapelluhraun þekur stærsta hluta framkvæmdasvæðisins en einnig Óbrynnishólahraun og Selhraun (mynd 8.26) sem eiga uppruna í Krýsuvíkurkerfinu [79]. Lítið er um laus jarðlög á svæðinu en ofan á fyrrnefndum hraunum er aðallega þunnur moldarjarðvegur og öskulög. Hraunin eru í flestum tilfellum röskuð, en óröskuð hraun eru hulin mosa og trjágróðri og innan þeirra má sjá hálflokaðar hraunrásir, jarðföll og hraunbolla.

Um Kapelluhraun (mynd 8.27) segir í jarðfræðiúttekt sem unnin var fyrir umhverfismat breikkunar Reykjanesbrautar frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni [79]:

*Yngst hrauna á svæðinu er nefnt Kapelluhraun, en syðri hluti þess er oft nefndur Nýibruni. Það tilheyrir eldstöðvakerfi Trölladyngju/Krýsuvíkur og rann árið 1151, en á sama tíma rann Ögmundarhraun til suðurs og í sjó fram vestan við Krýsuvík. Hraunið sem rann til norðurs og myndaði Kapelluhraun kom upp í gígum við Vatnsskarð sem nú eru horfnir vegna gjallvinnslu. Kapelluhraun er úfið apalhraun og erfitt yfirferðar þegar það var nýrunnið. [...] skafið hefur verið ofan af því á stóru svæði sunnan við núverandi Reykjanesbraut og norðan við stendur álverið í Straumsvík á hrauninu.*

Innan framkvæmdasvæðisins eru atvinnulóðir fyrir léttari og þyngri iðnað og einnig vegir, aksturs- og skotæfingasvæði. 47% framkvæmdasvæðisins er nú þegar raskað land, sjá kortlagningu af þéttbýli og öðru manngerðu landi á mynd 8.26. Á mynd 8.27 má sjá dæmigert útlit Kapelluhrauns þar sem það er raskað. Sunnan til á svæðinu eru hraunin nokkuð lítið röskuð en þó liggja um þau vegslóðar sem tengjast námuvinnslu, línueftirliti og aksturssvæði. Talsverður borholuþéttleiki er nú þegar nyrst á svæðinu. Að mestu leyti eru það grunnar rannsóknarholur og kaldavatnsholur og þeim fylgja ekki sérstakir borteigar.



**MYND 8.27** Hluti Kapelluhrauns sem er talsvert raskaður. Mynd: EFLA, 2023.

Jaðar sprungusveims Eldvarpa- og Svartsengiskerfisins liggur um Straumsvík en svæðið er án sýnilegra sprungna eða misgengja. Ástæða þess gætu verið hin ungu hraun sem þekja sprungurnar en ljóst er að litlar hreyfingar hafa orðið á svæðinu á nútíma. Engra sprunga hefur þó orðið vart við boranir á svæðinu. Jafnframt er jarðskjálftavirkni þar lítil, miðað við sunnar á skaganum [82].

Ekki hafa fundist stórir hellar á svæðinu en sunnan við framkvæmdasvæðið er skráð hellasvæði sem tilheyrir Hrótagjárdyngju (sjá mynd 8.26). Þar má nefna Húshelli og Maístjörnuna. Gervigígar eru til staðar í hrauninum en falla heldur ekki innan marka framkvæmdasvæðisins. Hellasvæði, gervigígar og tjarnir, sem eru í nálægð við framkvæmdasvæðið, eru jarðmyndanir sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013. Nánar er fjallað um sérstaka vernd í kafla 8.3.6 um



verndarsvæði og náttúrumínjar. Tvö efnistökusvæði eru skráð innan framkvæmdasvæðisins, bæði í Kapelluhrauni. Úr öðru þeirra fer fram efnistaka samkvæmt námuskrá Vegagerðarinnar.

Í athugasemd við frumvarp laga nr. 60/2013 um náttúruvernd segir:

*Verndargildi hrauna lækkar við rask og veðrun og því hafa yngri hraun almennt hærra verndargildi en eldri hraun. Sögulegt samhengi og þekking á myndun hraunanna eykur mikilvægi þeirra og því hafa eldvörp, gervíggar og eldhraun mynduð á sögulegum tíma alla jafna meira verndargildi en eldri myndanir [83].*

Samkvæmt náttúruvarfarsúttekt sem unnin var á jarðmyndunum á svæðinu í tengslum við umhverfismat Suðurnesjalínu 2 væri Kapelluhraunið með hæsta verndargildi hrauna á svæðinu vegna þess að það er yngsta hraunið á svæðinu. Þar sem hraunið er mjög raskað hefur það að miklu leyti tapað verndargildi sínu [80]. Sama má segja um Óbrinnishólhraun, en á því er skipulagt iðnaðarsvæði með tilheyrandi raski. Skúlatúnshraun er einnig nokkuð raskað, en þar er golfvöllur og auk þess hefur verið hafist handa við breikkunar Reykjanesbrautar milli Krýsavíkurvegs og Hvassahrauns sem eykur umfang rasks um hraunið [79].

Selhraun og Hrótagjárdyngja eru að mestu leyti óröskuð og búa því yfir hærra verndargildi en önnur hraun á framkvæmdasvæði Coda Terminal. Hraunin hafa hátt vísinda- og fræðslugildi þar sem þau eru lítt röskuð en rask getur rýrt verndargildi þessara hrauna [80]. Í Hrótagjárdyngju eru vegslóðar sem hafa verið lagðir í tengslum við Suðurnesjalínu 2 og í grennd við fyrirhugaðan borteig Coda Terminal á Selhrauni hefur efnistaka verið stunduð úr gervíg. Að auki er svæðið þar sem borteigur er fyrirhugaður í Selhrauni skilgreint sem athafnasvæði á aðalskipulagi Hafnarfjarðar (reitur AT4) [84] og er vinna við deiliskipulag hafin. Einnig liggja fyrir áform Hafnarfjarðarbæjar um stækkun athafna- og iðnaðarsvæðis til suðurs í heildarendurskoðun aðalskipulags.

#### 8.3.4.3 Lýsing á áhrifum

Þrátt fyrir að framkvæmdasvæðið sé þakið hrauni sem rann á nútíma og búi yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013 er stærstur hluti þess nú þegar raskaður. Minna en helmingur framkvæmdasvæðisins er samfelld, óraskað svæði. Þeir borteigar sem fyrirhugaðir eru syðst á framkvæmdasvæðinu standa á hrauni sem er lítt raskað samanborið við norðurhluta framkvæmdasvæðisins, en um svæðið liggja nú þegar vegslóðar sem gert er ráð fyrir að nýta vegna borteiga Coda Terminal. Á þessu svæði er einnig fyrirhuguð uppbygging í endurskoðun aðalskipulags. Nánar er fjallað um frágang á framkvæmdasvæðinu í kafla 5.6.

Helstu áhrif Coda Terminal á jarðmyndanir eru á framkvæmdatíma. Þá þarf að grafa skurði fyrir lagnir, leggja vegi og jarðvegsskipta, sem kemur til með að raska jarðmyndunum á svæðinu, einkum nútímahrauni. Uppgrafterfni, sem ekki nýtist á framkvæmdatíma t.d. í fyllingar á skurðum eða landmótun, verður flutt af framkvæmdasvæðinu. Svæðið sem gæti hugsanlega raskast á framkvæmdatíma nær um 15 m út frá miðlínu lagna og vegum meðfram þeim. Við útreikninga var einnig tekið tillit til 15 m svæðis út fyrir mörk lóða allra borteiga. Öll hraun sem gætu raskast á þessu svæði og óröskuð hraun innan svæðisins má sjá í töflu 8.4.

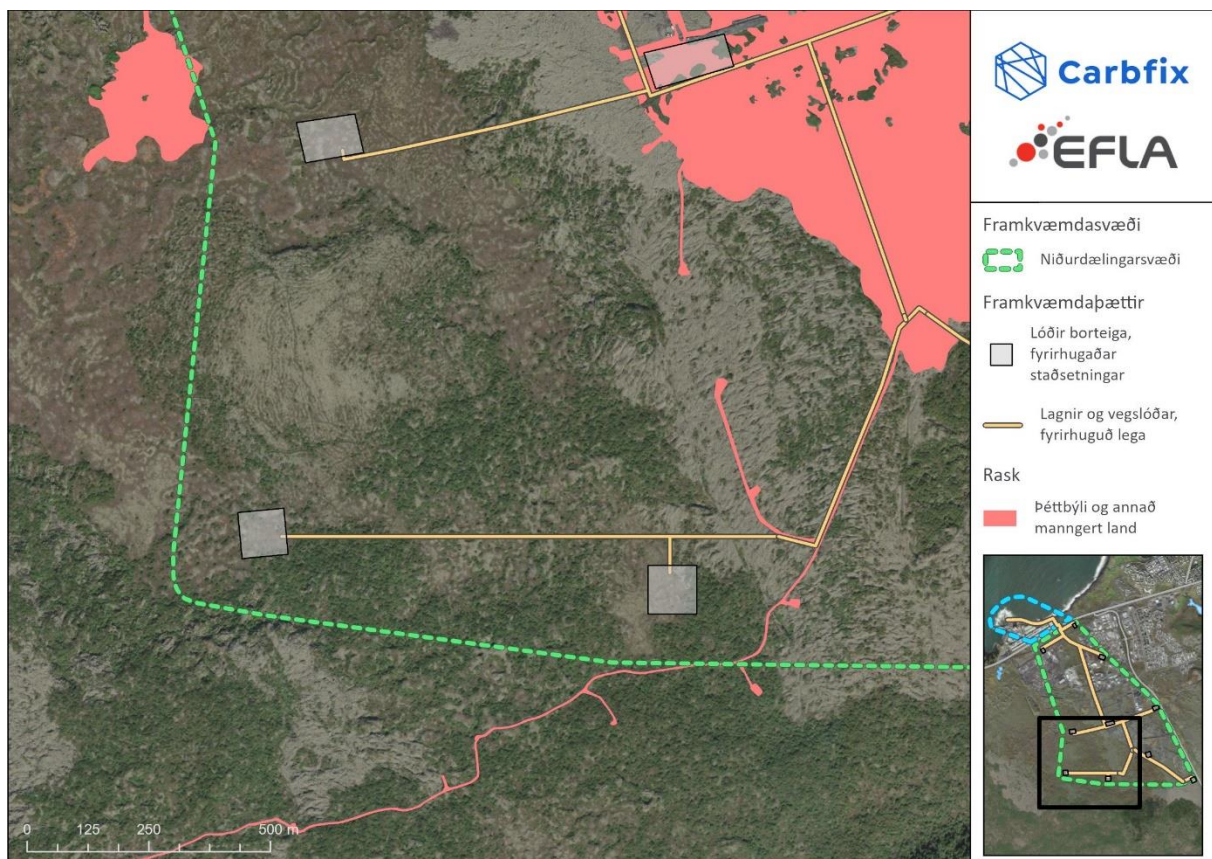
Tekið skal fram að líklegt er að minna svæði raskist endanlega vegna framkvæmdarinnar en kemur fram í töflu 8.4. Í töflunni er greint frá mestum mögulegum áhrifum en ekki er talið að raska þurfi öllu

svæðinu 15 m út frá mörkum lóða borteiga og miðlínu lagna og vega. Að auki má gera ráð fyrir að uppbygging stækkunar iðnaðar- og athafnasvæðis verði hafin áður en framkvæmdir við Coda Terminal hefjast. Vegna þess má búast við að endanlegt flatarmál óraskaðra hrauna sem gætu raskast vegna Coda Terminal verði minna.

TAFLA 8.4 Flatarmál hrauna sem kunna að raskast vegna framkvæmdarinnar.

HRAUN	FLATARMÁL ALLRA HRAUNA SEM GÆTU RASKAST (KM <sup>2</sup> )	FLATARMÁL ÓRASKAÐRA HRAUNA SEM GÆTU RASKAST (KM <sup>2</sup> )	HEILDARHLUTFALL AF FRAMKVÆMDASVÆÐI (%)
Sögulegt hraun frá 9.-13. öld	0,18	0,08	2,51
Dyngja < 7000 ára	0,11	0,09	1,53
Forsögulegt hraun > 2400 ára	0,08	0,06	1,10
Forsögulegt hraun, 1900-2400 ára	0,05	0,05	0,74
<b>Alls</b>	<b>0,43</b>	<b>0,28</b>	<b>5,88</b>

Helstu áhrif af Coda Terminal á jarðmyndanir eru vegna borteiga sem ná út á Selhraun og Hrótagjárdyngjuhraun. Eins og fyrr segir er einn borteiganna staðsettur á skipulögðu athafnasvæði samkvæmt aðalskipulagi [84] og eru áætlanir um stækkun iðnaðar- og athafnasvæða til suðurs. Á mynd 8.28 má sjá þessa borteiga ásamt kortlögðu raski.



MYND 8.28 Borteigar Coda Terminal sem fyrirhugaðir eru á Selhrauni og Hrótagjárdyngjuhrauni ásamt kortlagningu rasks. Fyrirhugaður borteigur efst til vinstri á myndinni er á þegar skipulögðu athafnasvæði. Kortlagning þéttbýlis og manngerðs lands var unnin eftir loftmyndum í tengslum við vistgerðarkortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið af EFLU.

#### 8.3.4.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Engar sérstakar mótvægisáðgerðir eru lagðar fram vegna áhrifa á umhverfisþáttinn jarðmyndanir, aðrar en þær sem varða frágang að framkvæmdatíma loknum (sjá kafla 5.6). Framkvæmdaraðili hefur þó takmarkað rask á jarðmyndanir eins og kostur er við valkostagreiningu á staðsetningu borteiga. Þá var leitast við að staðsetja borteiga á svæði þar sem jarðmyndunum hefur þegar verið raskað, í nálægð við raskað svæði eða á svæði þar sem uppbygging er fyrirhuguð í skipulagi. Núverandi vegslóðar í Selhrauni og Hrótagjárdyngju verða nýttir sem aðkomuvegir að borteigum sem þar eru staðsettir. Framkvæmdaraðili mun halda öðru raski í lágmarki, bæði á framkvæmdatíma og eftir að framkvæmdum lýkur.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á jarðmyndanir

Framkvæmdin kemur til með að hafa staðbundin en varanleg og óafturkræf áhrif á þær jarðmyndanir sem kunna að raskast. Jarðmyndanir á framkvæmdasvæðinu eru fyrst og fremst nútímahraun sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013. Stærsti hluti framkvæmdasvæðisins er þó talsvert raskaður. Flestir borteigar Coda Terminal verða staðsettir á hrauni sem er nú þegar raskað og hefur því lægra verndargildi. Aðrir borteigar eru staðsettir á hrauni þar sem gert er ráð fyrir uppbyggingu athafna- og iðnaðarsvæðis í skipulagi. Tveir borteigar munu ná inn á tiltölulega óraskað hraun en þó liggja vegslóðar um það sem verða nýttir sem aðkomuvegir að þessum borteigum til þess að takmarka frekara rask. Með hliðsjón af þessu og af lögum um náttúruvernd og einkennum áhrifa sem m.a. eru varanleg og óafturkræf, er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á jarðmyndanir verði **nokkuð neikvæð**.

#### 8.3.5 Vistgerðir

##### 8.3.5.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Vegna mannvirkjagerðar má búast við beinu raski á vistgerðir. Borteigar, vegslóðagerð og lagnaskurðir munu hafa áhrif á vistgerðir innan framkvæmdasvæðisins.

Áhrifasvæði vegna vistgerða miðast við framkvæmdasvæði framkvæmdarinnar (mynd 8.28).

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á vistgerðir eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013 um sérstaka vernd tiltekinna vistkerfa og jarðminja.
- Samningur Sameinuðu þjóðanna um líffræðilega fjölbreytni (Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro 1992).
- Vernd og endurheimt íslenskra birkiskóga, skýrsla og tillögur nefndar [85].
- Verndargildi vistgerðar.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á vistgerðir er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Kortlagning Náttúrufræðistofnunar Íslands á vistgerðum og fjölrít stofnunarinnar um vistgerðir á Íslandi.
- Úttekt á vistgerðum, flóru og fuglalífi vegna umhverfismats fyrir breikkun Reykjanesbrautar frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni [86].

- Úttekt á náttúruferð vegna Suðurnesjalínu 2 [87].
- Kortlagning á vistgerðum út frá loftmyndum. Við kortlagninguna voru notaðar myndir sem teknar voru sumarið 2022 og 2023 með 10 cm upplausn. Hluti áhrifasvæðisins var kortlagður eftir loftmyndum sem teknar voru sumarið 2019 með 25 cm upplausn.
- Farin var vettvangsferð á áhrifasvæðið í september 2022 og í ágúst 2023 og ljósmyndar teknar af vistgerðum. Ljósmyndirnar voru svo bornar saman við vistgerðarkortlagningu og hún staðfest (sjá viðauka VI).

### 8.3.5.2 Grunnástand

Á mynd 8.29 og mynd 8.30 má sjá vistgerðir á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði og verndargildi þeirra samkvæmt vistgerðarkortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið. Tafla 8.5 gefur yfirlit yfir þessar vistgerðir. Þéttbýli og annað manngert land er algengasta flokkun lands á framkvæmdasvæðinu en það þekur um 43% framkvæmdasvæðisins. Því næst þekur kjarrskógavist um 23% framkvæmdasvæðisins en um kjarrskógavist segir á vef Náttúrufræðistofnun Íslands:

*Lágvaxnir (hæstu tré >1m), ósamfelldir skógar og kjarr af birki og lynggróðri, á fremur þurru til deigu landi, á hraunum, melum, mýrum, holtum og í skriðurunnnum hlíðum. Yfirborð er óslétt og víða nokkuð mishæðótt. Undirgróður er allþéttur, birkikróna gisin, þekja æðplantna er allmikil, mosar áberandi í svarðlagi og lítilsháttar er þar um fléttur. Jarðvegur er fremur grunnur og grjót eða klappir algengar [88].*

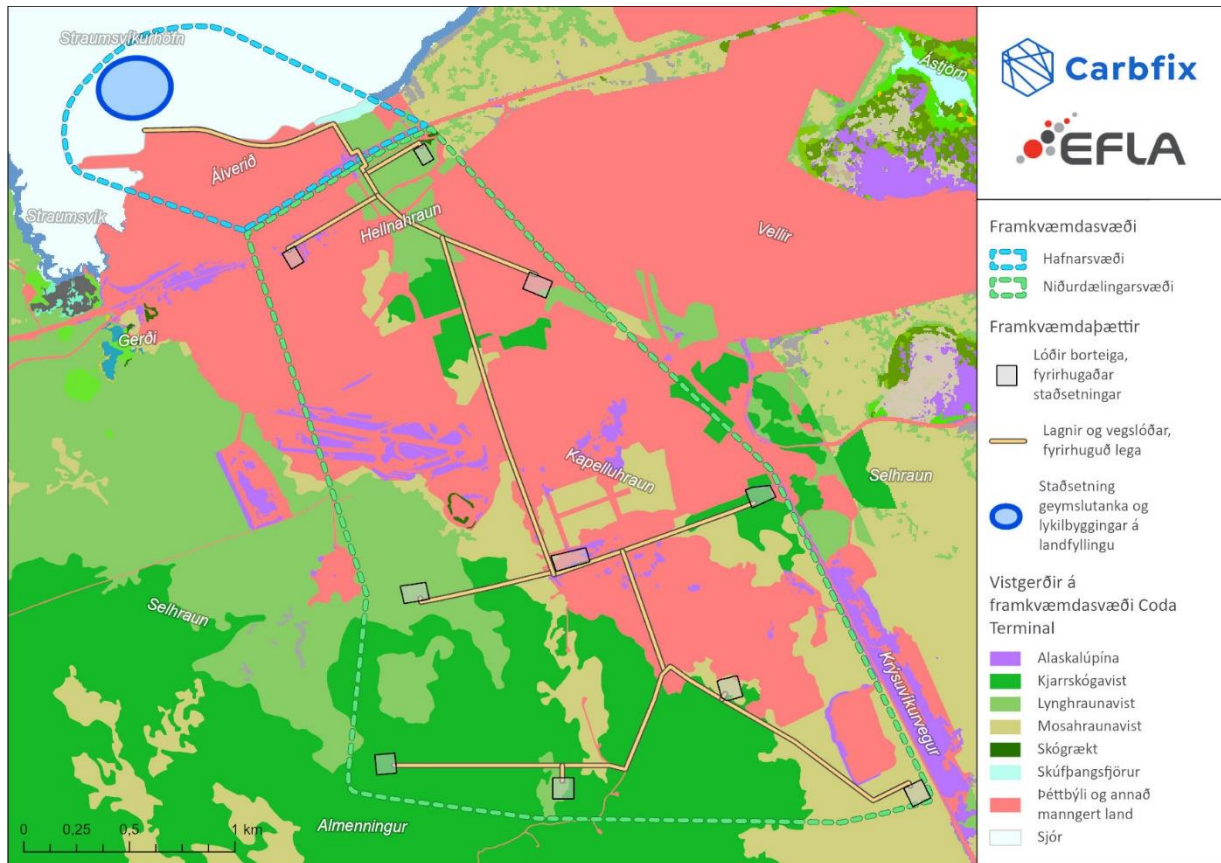
Birki er ríkjandi tegund kjarrskógavistar og áfoksjörð er algengasta jarðvegsgerð vistgerðarinnar. Kjarrskógavistin er algeng á landsvísu og finnst í öllum landshlutum. Kjarrskógavist, sem birkiskógur, býr yfir háu verndargildi samkvæmt Náttúrufræðistofnun Íslands, sbr. 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013. Að auki hefur Náttúrufræðistofnun skilgreint kjarrskógavist sem forgangsvistgerð [89].

Mosahraunavist finnst einnig á framkvæmdasvæðinu og þekur um 13% þess. Hún einkennist af mosagrónum, gropnum hraunum frá nútíma þar sem lítið er um sand eða vikur [90]. Mest er af mosum og fléttum í mosahraunavist, en þar finnast einnig æðplöntur svo sem krækilyng (*Empetrum nigrum*) og bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*). Jarðvegurinn er grunnur og langmest klapparjörð. Vistgerðin býr yfir miðlungs verndargildi.

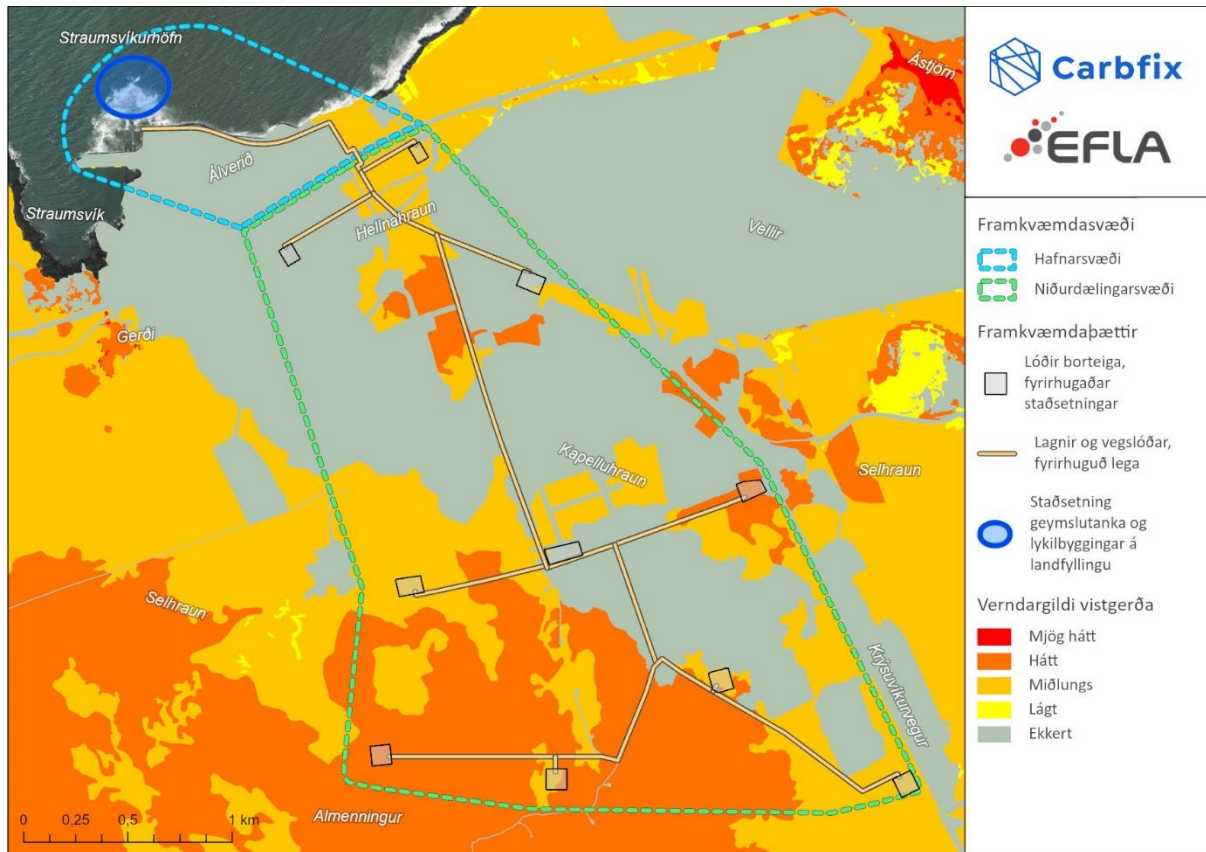
Lynghraunavist þekur um 10% áhrifasvæðisins og einkennist af allvel grónum hraunum frá nútíma [91]. Lynghraunavist er rík af æðplöntum, mosum og fléttum og býr yfir miðlungs verndargildi. Lynghraunavist og mosahraunavist eru nokkuð útbreiddar og finnast aðallega á hraunum þar sem jarðvegur hefur þyknað vegna áfoks eða mosavöxtur er mikill. Lynghraunavist og mosahraunavist eru algengar vistgerðir á Reykjaneskaga.

Að öðru leyti einkennist framkvæmdasvæðið að alaskalúpinu, skúfþangsfjöllum, skógrækt og sjó.





**MYND 8.29** Vistgerðir á framkvæmdasvæðinu. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.



**MYND 8.30** Verndargildi vistgerða á framkvæmdasvæðinu. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.

**TAFLA 8.5** Vistgerðir á framkvæmdasvæði Coda Terminal samkvæmt kortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið.

VISTGERÐ	FLATARMÁL INNAN FRAMKVÆMDASVÆÐIS (KM <sup>2</sup> )	HLUTFALL AF FRAMKVÆMDASVÆÐI (%)	VERNDAR-GILDI	Á LISTA BERNARSAMNINGSSINS FRÁ 2014 YFIR VISTGERÐIR SEM ÞARFNAST VERNDAR
Þéttbýli og annað manngert land	3,13	42,7	Ekkert	Nei
Kjarrskógavist	1,70	23,2	Hátt	Já
Mosahraunavist	0,95	13,0	Miðlungs	Nei
Lynghraunavist	0,74	10,1	Miðlungs	Nei
Sjór	0,59	8,0	-	-
Alaskalúpína	0,19	2,6	Ekkert	Nei
Skúfþangsfjörur	0,02	0,2	Miðlungs	-
Skógrækt	0,01	0,1	Ekkert	Nei
<b>Alls</b>	<b>7,32</b>	<b>100</b>		

Til staðfestingar á vistgerðarkortlagningunni sem gerð var fyrir umhverfismatið var farið í tvær vettvangsferðir á áhrifasvæðið í september 2022 og ágúst 2023 og ljósmyndir teknar af vistgerðum (sjá myndir 8.31-8.33). Allar ljósmyndir af vistgerðum sem teknar voru í vettvangsferðum má sjá í viðauka VI.

Í Almenningi, utan áhrifasvæðis Coda Terminal vegna vistgerða, hafa fundist allmargar æðplöntur með miðlungs til hátt verndargildi, aðallega burknategundir [87]. Ferlaufungur (*Paris quadrifolia*) og blátoppa (*Sesleria albicans*) hafa fundist nær Reykjanesbrautinni, en ferlaufungur er friðlýstur og blátoppa er á válista sem tegund í yfirvofandi hættu [86]. Fjær framkvæmdasvæði Coda Terminal hefur fundist friðlýst æðplanta, skógfjóla (*Viola riviniana*) [87]. Ekki er vitað um fléttutegundir á válista í Almenningi en ein mosategund sem er á válista er skráð á svæðinu, hærulukka (*Encalypta brevipes*), en ekki er til nákvæm staðsetning um fundarstað hennar. Að auki hafa tvær sjaldgæfar fléttutegundir, búldubreyskja (*Stereocaulon vanoyei*) sem er á válista, og vætukorpa (*Dermatocarpon bachmannii*), fundist rétt utan svæðis við Straumsvík.

Fuglalíf kjarrskógavistar er ríkulegt en minna á mosahrauna- og lynghraunavist. Fuglalífið á þessum vistgerðum einkennist aðallega af mófuglategundum svo sem heiðlóu (*Pluvialis apricaria*), þúfutittlingi (*Anthus pratensis*), spóa (*Numenius phaeopus*) og rjúpu (*Lagopus mutus*) auk skógarþrastar (*Turdus iliacus*). Skógarþrösturinn er algengasta fuglategundin sem finnst í kjarrlendinu í Almenningi [86].

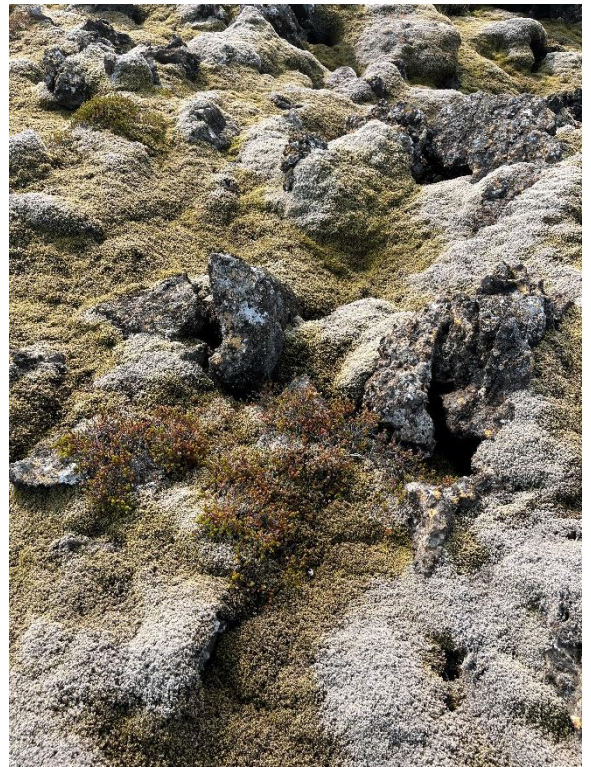
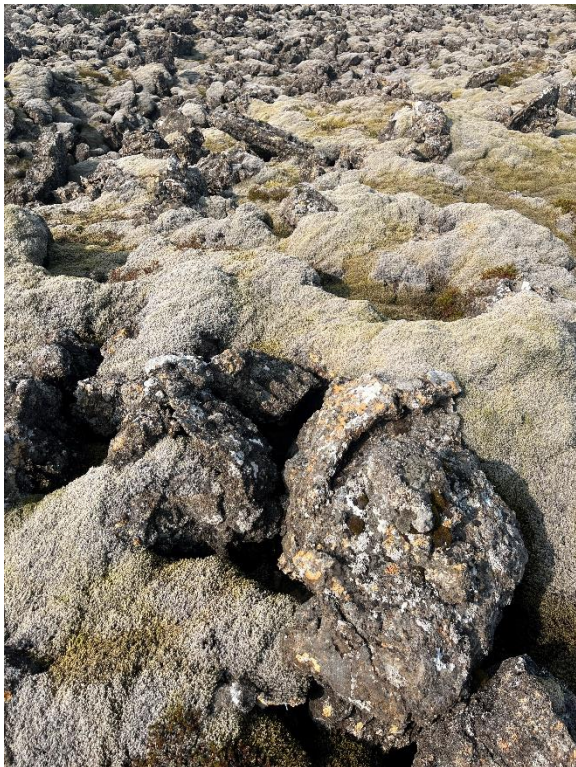
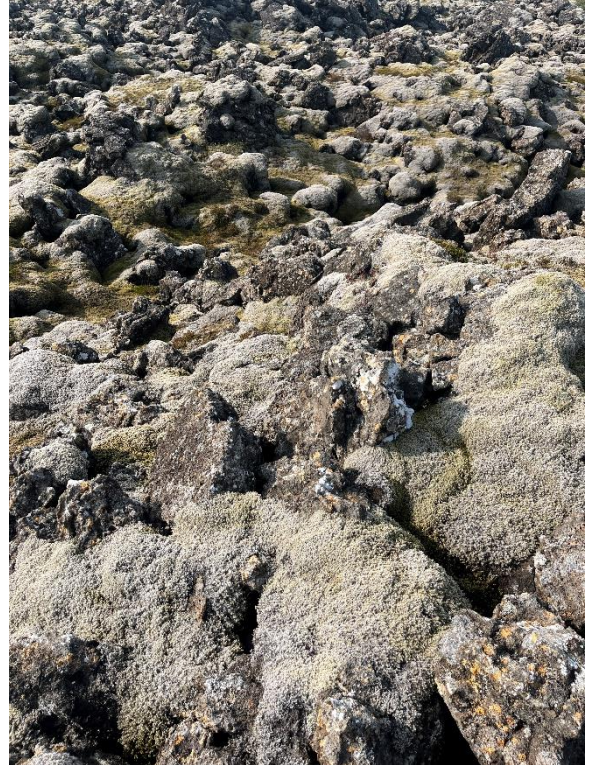
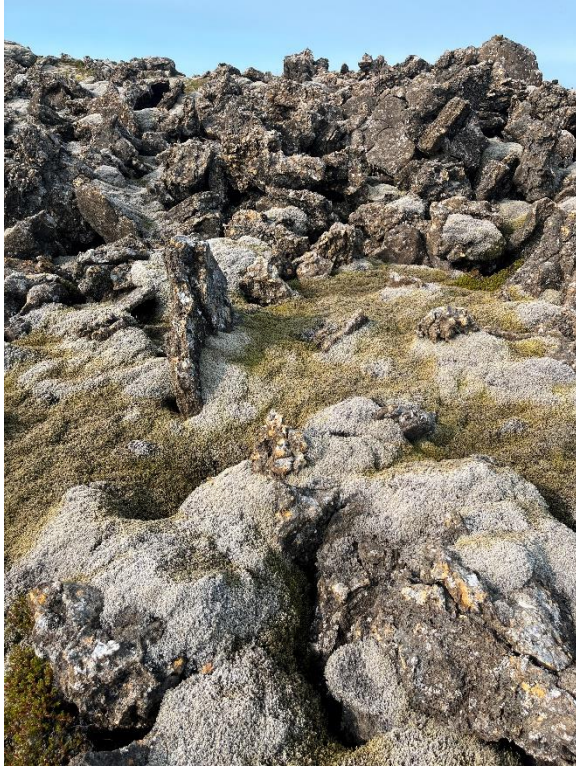
Dæmi um kjarrskógavist, mosahraunavist, og lynghraunavist á framkvæmdasvæðinu má sjá á myndum 8.31-8.33.





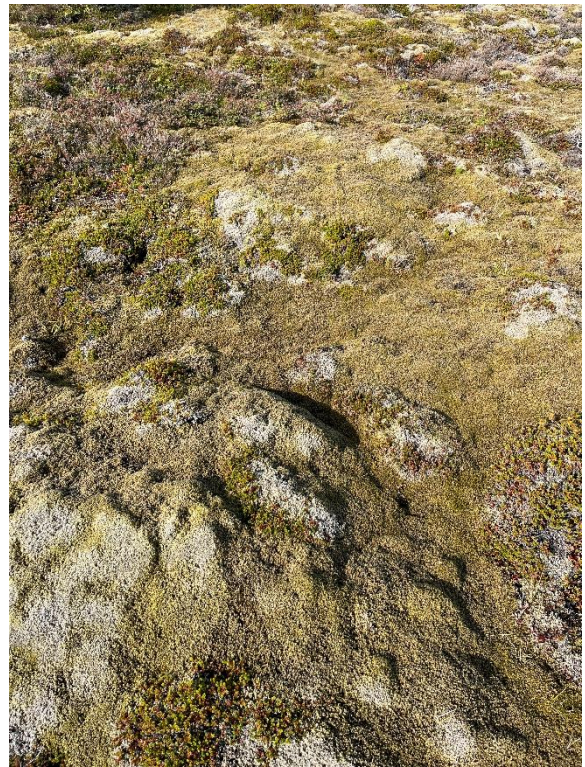
**MYND 8.31** Kjarrskógavist. Á myndunum má sjá lágvaxið, gisið birkikjarr (*Betula pubescens*) en einnig ýmis konar lyng svo sem krækilyng (*Empetrum nigrum*), beitilyng (*Calluna vulgaris*), bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) og mosategundir svo sem hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*).





**MYND 8.32** Mosahraunavist. Á myndunum má sjá mosagróin hraun frá nútíma. Hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) þekur hraunin ásamt fléttutegundum.





**MYND 8.33** Lynghraunavist. Á myndunum má sjá vel gróið hraun frá nútíma þakið mosategundum svo sem hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). Einnig má sjá lyngtegundir svo sem krækilyng (*Empetrum nigrum*), bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) og beitilyng (*Calluna vulgaris*) og sortulyng (*Arctostaphylos uva-ursi*).



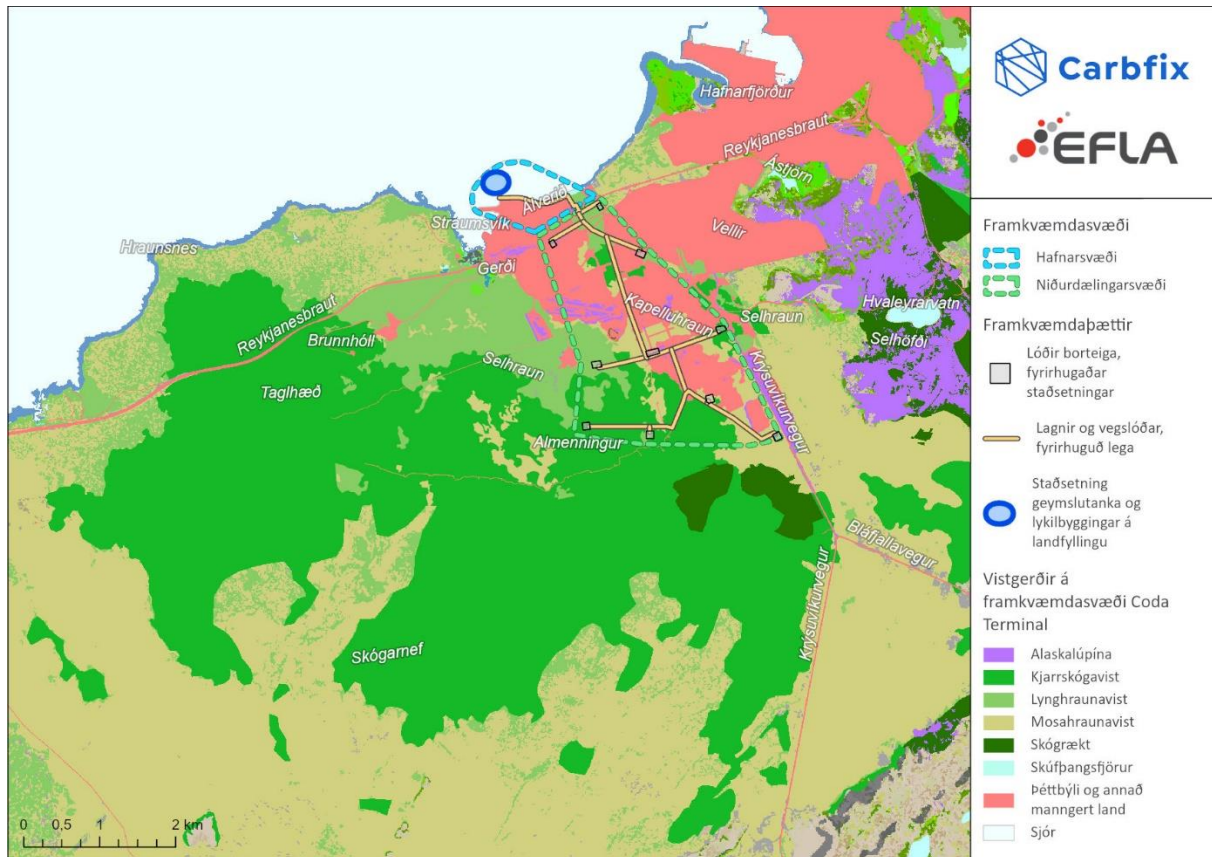
### 8.3.5.3 Lýsing á áhrifum

Í töflu 8.6 má sjá flatarmál vistgerða sem kunna að raskast vegna framkvæmdarinnar. Við útreikninga var gert ráð fyrir 15 m svæði út frá miðlínu lagna og vegum meðfram þeim sem gæti hugsanlega raskast á meðan framkvæmdum stendur. Einnig var tekið tillit til 15 m svæðis út fyrir mörk lóða allra borteiga. Vert er að hafa í huga að taflan gerir ráð fyrir mesta mögulega svæði sem kann að raskast en líklegt er að minna svæði komi til með að raskast endanlega vegna framkvæmdarinnar.

**TAFLA 8.6** Flatarmál þeirra vistgerða sem kunna að raskast vegna framkvæmdarinnar.

VISTGERÐ	FLATARMÁL VISTGERÐA SEM GÆTI RASKAST (KM <sup>2</sup> )	HLUTFALL AF FRAMKVÆMDASVÆÐI (%)
Þéttbýli og annað manngert land	0,16	2,15
Kjarrskógavist	0,11	1,49
Lynghraunavist	0,08	1,09
Mosahraunavist	0,07	1,01
Alaskalúpína	0,01	0,15
Skógrækt	0,002	0,02
Skúfþangsfjörur	0,0003	0,004
<b>Alls</b>	<b>0,43</b>	<b>5,92</b>

Í töflunni má sjá að mesta raskið verður á þéttbýli og öðru manngerðu landi. Kjarrskógavist kemur einnig til með að raskast. Við valkostagreiðingu á staðsetningu, dreifingu borteiga og legu lagna var vistgerðarkortlagningin höfð til hliðsjónar með það að markmiði að lágmarka rask á vistgerðum sem búa yfir háu verndargildi s.s. kjarrskógavist. Nauðsynlegt var að staðsetja tvo borteiga innan kjarrskógavistar vegna fjarlægðarskilyrða á milli borteiga, sem þarf til þess að holuferlar niðurdælingarhola neðanjarðar skarist ekki. Einn borteigur er staðsettur á kjarrskógavist samkvæmt kortlagningunni, en að stærstum hluta innan skilgreinds iðnaðarsvæðis samkvæmt aðalskipulagi auk þess sem svæðið er töluvert raskað vegna mannvirkjagerðar og nálægðar við iðnaðarsvæði. Annar borteigur er staðsettur í kjarrskógavist en þar er nær ekkert rask á vistgerðinni. Þá var litið til krónuþekju vistgerðarinnar og borteigurinn staðsettur þar sem krónuþekjan var minni en annarsstaðar eða 30% samanborið við 70% krónuþekju nálægtra svæða. Enn fremur voru loftmyndir sem teknar voru sumarið 2023 skoðaðar og borteigurinn staðsettur þar sem krónuþekja var sem allra minnst. Að auki er rask vegna Coda Terminal lítið miðað við heildarþekju kjarrskógavistarinnar á svæðinu (sjá mynd 8.34), en samkvæmt vistgerðarkortlagningu Náttúrufræðistofnun Íslands er samfelld þekja birkikjarrs um 32 km<sup>2</sup>.



**MYND 8.34** Vistgerðir við fyrirhugað framkvæmdasvæði. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.

Framkvæmdaraðili leggur ríka áherslu á frágang á borteigum, sjá umfjöllun í kafla 5.6. Áhersla er lögð á landgræðslu og að gengið verði frá borteigum þannig að svæðinu verði komið aftur til fyrra horfs. Þá verður notast við staðargróður. Eins og fyrr segir sýnir tafla 8.6 mesta mögulega flatarmál vistgerða sem kunna að raskast en líklegt er að minna svæði muni raskast endanlega. Vistgerðir munu raskast á athafnasvæði innan borteigs á framkvæmdatíma sem þarf til þess að bora niðurdælingarholur og það svæði sem þarf undir niðurdælingarholur, stjórnbyggingar, stíga, vegi og lagnir.

Ekki er búist við varanlegum áhrifum á fuglalíf á svæðinu af völdum framkvæmdarinnar þar sem búsvæðatap er lítið miðað við stærð áhrifasvæðis. Mestu áhrifin á fuglalíf eru tímabundin og munu vara á framkvæmdatíma vegna truflana sem geta fælt fugla frá, en á rekstartíma verður hluti búsvæðis sem tapast hefur endurheimtur með landgræðslu á borteigum.

Framkvæmdin getur þrífist vel með annarri starfsemi og stuðlað að blandaðri landnotkun. Á þeim hluta framkvæmdasvæðisins sem er að mestu óraskaður getur framkvæmdin hvatt til frekari útivistar á svæðinu með auknu aðgengi að því. Framkvæmdin mun því ekki koma til með að skerða tækifæri til vistheimtar og gróðursetningar eða náttúrulegum framgangi gróðurs á svæðinu.



#### 8.3.5.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Áður en framkvæmdir hefjast mun framkvæmdaraðili fá líffræðing til þess að athuga hvort fágætar plöntutegundir gætu leynst á því svæði sem muni raskast og hvort þurfi að aðlaga staðsetningar eftir þeim. Á framkvæmdatíma mun framkvæmdaraðili koma í veg fyrir óþarfa rask og leggja áherslu á frágang þannig að umhverfi borteiganna blandist nærumhverfi sínu á rekstartíma, sjá nánar kafla 5.6 um frágang og niðurrif.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á vistgerðir

Framkvæmdin kemur til með að hafa bein, varanleg og óafturkræf áhrif á þær vistgerðir sem kunna að raskast. Hins vegar tekur framkvæmdin ekki til umfangsmikils svæðis þegar litið er á heildar útbreiðslu vistgerða á svæðinu sem býr yfir háu verndargildi. Með valkostagreiningu hefur framkvæmdaraðili takmarkað áhrif á vistgerðir eins og kostur er, og með ríkri áherslu á frágang, óþarfa rask og landgræðslu að framkvæmdum loknum eru áhrifin að öllu leyti takmörkuð við athafnasvæði á framkvæmdatíma og svæði sem þarf undir mannvirki á rekstartíma. Vegna þess að þær vistgerðir sem geta raskast búa yfir háu verndargildi og sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013 er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á vistgerðir verði **nokkuð neikvæð**.

#### 8.3.6 Verndarsvæði og náttúruminjar

##### 8.3.6.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Breytingar á rennsli ferskvatns af völdum vatnsöflunar til niðurdælingar á CO<sub>2</sub>, möguleg snefilefni CO<sub>2</sub> straums sem dælt er niður og rask vegna borteiga, vegagerðar og lagna getur valdið áhrifum á umhverfisþáttinn verndarsvæði og náttúruminjar.

Áhrifasvæði vegna verndarsvæða og náttúruminja er það sama og áhrifasvæði vegna grunnvatns (mynd 8.16).

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Náttúruminjaskrá
- Hverfisvernd í aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013 – 2025
- Lög um náttúruvernd nr. 60/2013
  - Samkvæmt 61. gr. laga nr. 60/2013 um náttúruvernd njóta eftirfarandi vistkerfi sérstakrar verndar og ber að forðast röskun slíkra jarðminja og vistkerfa nema brýna nauðsyn beri til.
    - Votlendi, stöðuvötn og tjarnir, sjávarfitjar og leirur
    - Birkiskógar
    - Fossar
- Umhverfismörk snefilefna (málmar og næringarefni) í yfirborðsvatni til verndar lífríkis í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Kortlagning Náttúrufræðistofnunar Íslands um sérstaka vernd náttúruyfyrirbæra
- Kortlagning Náttúrufræðistofnunar Íslands um svæði á náttúruminjasrá
- Kortlagning Skógræktarinnar (nú Lands og Skógar) um náttúrulegt birki á Íslandi
- Samantekt á rannsóknum sem gerðar hafa verið á náttúru Straumsvíkur og nágrennis, unnið af Þorleifi Eiríkssyni hjá RORUM fyrir umhverfismat stækkunar hafnarinnar við Straumsvík að beiðni VSÓ [92].
- Skýrsla sem unnin var um lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar. Unnið af Hafrannsóknastofnun vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar frá Hvassahrauni að Krísuvíkurvegi [74].
- Grunnvatnslíkan Vatnaskila af athugunarsvæði ásamt sérfræðiskýrslu, unnið fyrir Carbfix (viðauki I).

#### 8.3.6.2 Grunnástand

Engin friðlýst svæði eða önnur verndarsvæði eru innan framkvæmdasvæðis Coda Terminal. Hins vegar eru jarðmyndanir sem njóta sérstakrar verndar samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013 innan svæðisins en fjallað var um þær í kafla 8.3.4 um áhrif á jarðmyndanir. Engin votlendi, stöðuvötn, sjávarfitjar, leirur eða fossa er að finna innan sjálfs framkvæmdasvæðisins en það nær inn á náttúrulegan birkiskóg sem býr yfir sérstakri vernd (mynd 8.35). Samkvæmt gögnum Skógræktarinnar (nú Lands og Skógar) er stærsti hluti skógarins sem nær inn á framkvæmdasvæðið fremur ungur (15-30 ára) en fjær framkvæmdasvæðinu er hann á vaxtarskeiði (30-60 ára). Skógurinn er 0,5-1,3 m á hæð. Á kortinu má einnig sjá birkiskóginn eins og hann var kortlagður vegna mats á áhrifum Coda Terminal á vistgerðir (mynd 8.35). Fjallað er um birkiskóginn í kafla 8.3.5 um vistgerðir.



**MYND 8.35** Birkiskógur við framkvæmdasvæðið sem býr yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skógræktinni (nú Landi og Skógi).

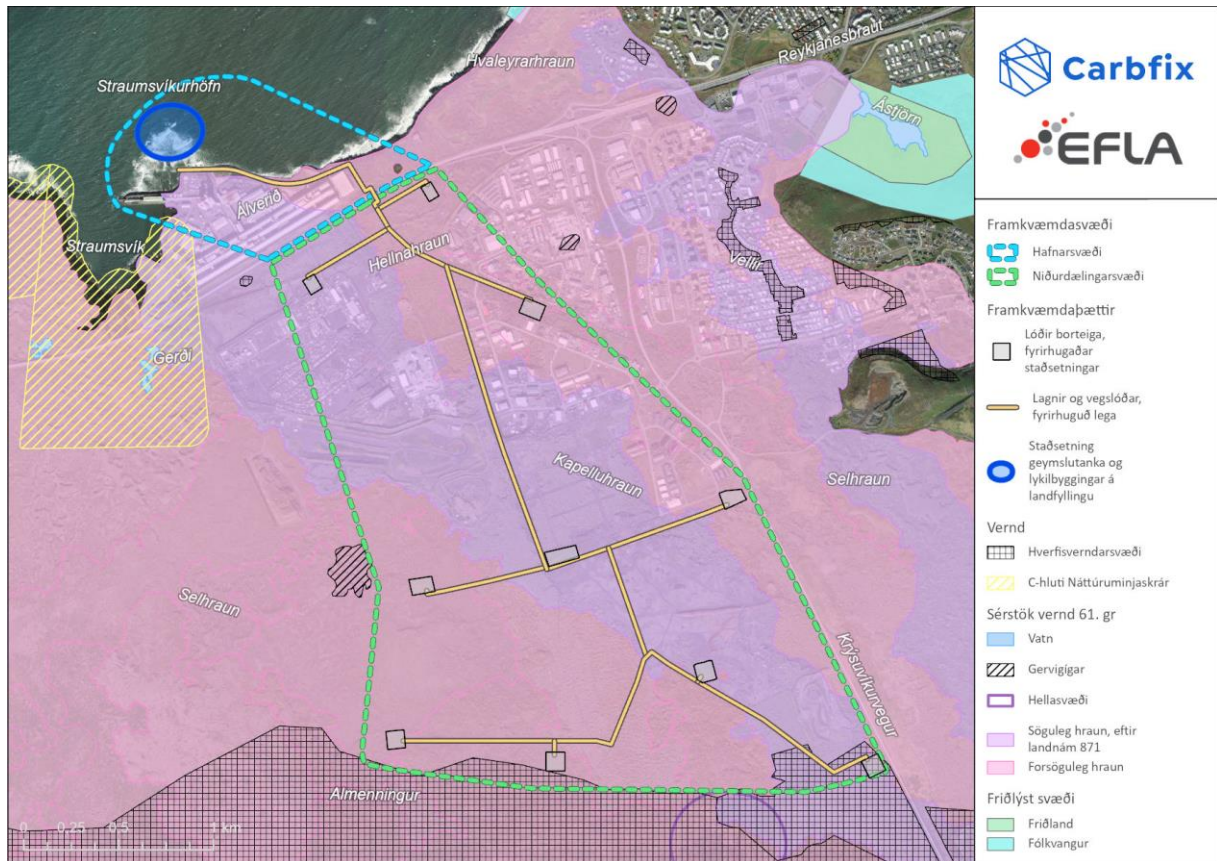
Framkvæmdasvæðið og hverfisverndarfláki Almennings (HVb8) skarast samkvæmt gildandi aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013 – 2025 og er einn borteigur staðsettur innan þess (mynd 8.36). Um hverfisverndarsvæðið segir í greinargerð aðalskipulags Hafnarfjarðar [93]:

*Gamalt dyngjuhraun kennt við Hrótagjárdyngju vaxið mosabembu og kjarlendi og að hluta til er þar ræktaður skógur. Svæðið er að mestu innan vatnsverndarsvæðis eins og það er skilgreint í gildandi aðalskipulagi. Við norðurmörk afmörkunar á hverfisverndinni eru þessar mannvistarminjar; Lónakotssel, Óttarsstaðsel, Straumssel, Gjásel, Fornasel og Fjárborgin. Fleiri mannvistarminjar, hleðslur, stekkir, gerði og fjárhellar með fyrirhleðslum eru á þessum slóðum. Um Almennung lágu alfaraleiðir til forna s.s. Rauðamelsstígur, Straumsselstígur, Hrauntungustígur og Stórhöfðastígur. Auk þess eru aðrar leiðir sem tengdust hinum ýmist til styttingar eða þær voru valdar eftir veðurlagi hverju sinni.*

Sérstök hverfisverndarákvæði eru í gildi fyrir svæðið í aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025 [93]:

*Hverfisvernd á Almennungi er til verndunar á búsetumínum, seljum, fornum leiðum og til vatnsverndunar. Ekki er ætlast til að á svæðinu sé trjárækt umfram það sem þegar er komið heldur verði náttúruleg framþróun gróðurs eins og mikill vöxtur hefur verið í eftir að beit af svæðinu hefur verið aflétt. Með þessu er lögð áhersla á að halda í ásýnd lands og sérstöðu svæðisins hvað varðar náttúru- og mannvistarminjar.*

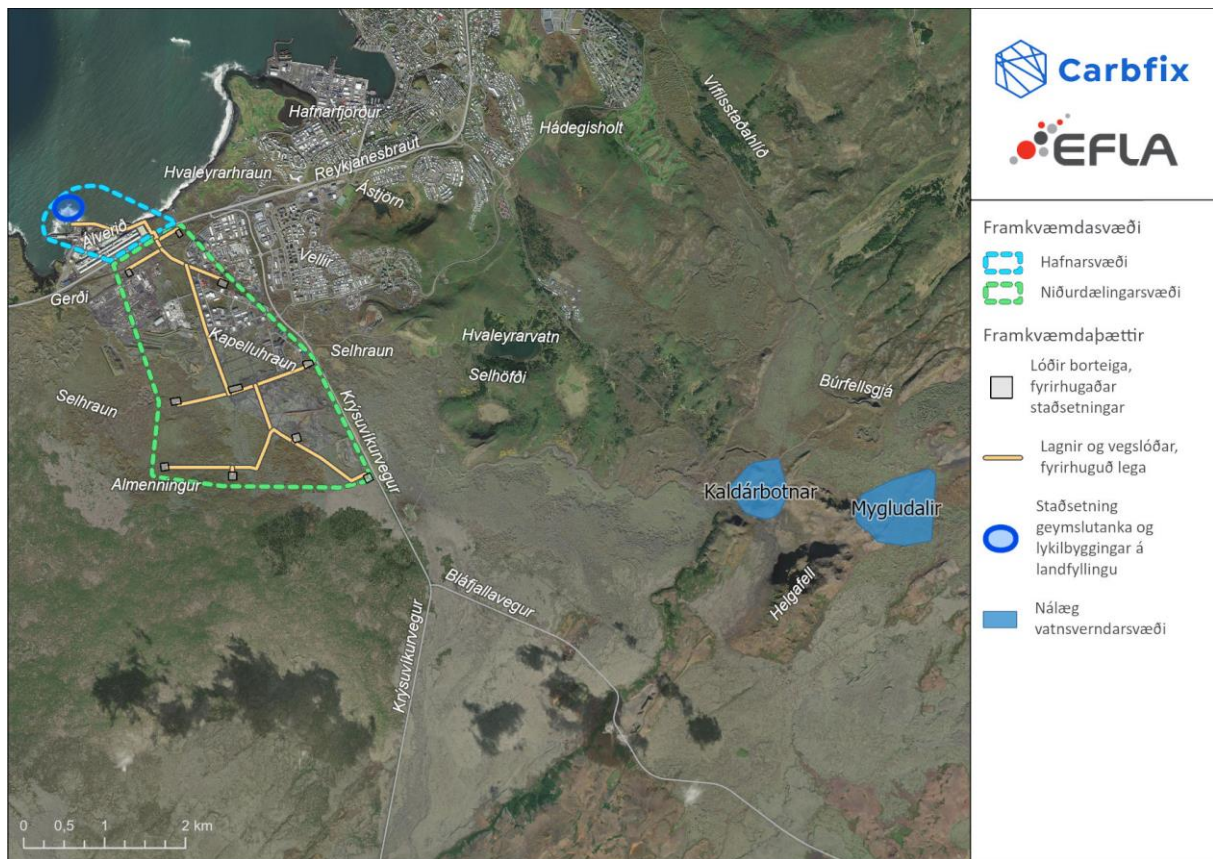




**MYND 8.36** Verndarsvæði og náttúruminjar í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknad með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknad með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands, Umhverfisstofnun og Skipulagsstofnun.

Vert er að athuga að gerðar voru breytingar á aðalskipulagi Hafnarfjarðar árið 2017 í samræmi við svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins um afmörkun verndarsvæða vatnsbóla og er því hverfisverndarsvæði Almennings ekki lengur innan vatnsverndarsvæðisins [94]. Framkvæmdasvæðið er í 4,4 km fjarlægð frá næsta vatnsverndarsvæði, vatnsbóli Hafnarfjarðar í Kaldárbotnum (mynd 8.37).





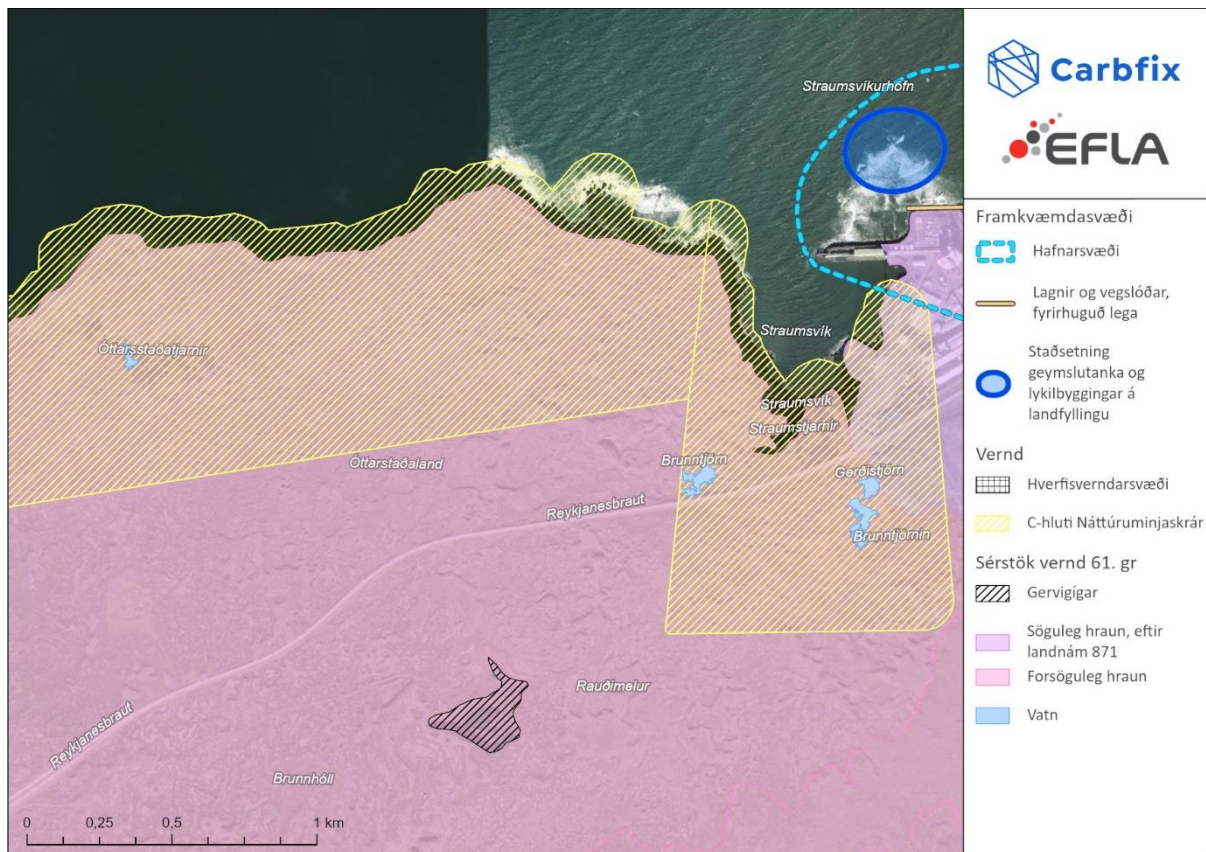
**MYND 8.37** Nálæg vatnsverndarsvæði við framkvæmdasvæði Coda Terminal táknað með ljósbláum flákum. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningu borsteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skipulagsstofnun.

Í nágrenni framkvæmdasvæðisins eru svæði á C-hluta náttúruminjaskrár. Þessi svæði eru eftirfarandi: Strandlengjan frá Fögruvík í Vatnsleysuvík að Straumi við Straumsvík, og Straumsvík, Hafnarfirði (mynd 8.38). Umhverfisstofnun lýsir svæðunum á eftirfarandi hátt [31]:

111. Strandlengjan frá Fögruvík í Vatnsleysuvík að Straumi við Straumsvík, Vatnsleysustrandarhreppi, Hafnarfirði, Gullbringusýslu. Fjaran og strandlengjan á u.þ.b. 500 metra breiðu belt, ásamt ísöltum tjörnum, frá botni Fögruvíkur að Straumi. Sérstætt umhverfi með miklu og óvenju fjölskrúðugu fjörulífi og gróðri. Tjarnir með mismikilli seltu og einstæðum lífsskilyrðum. Útivistarsvæði með mikið rannsóknar- og fræðslugildi í nánd við þéttbýli. Friðaðar söguminjar við Óttarsstaði.

112. Straumsvík, Hafnarfirði. Fjörur, stendur svo og tjarnir með fersku og ísöltu vatni við innanverða Straumsvík, frá Urtartjörn vestan Straums suður fyrir Þorbjarnarstaði að athafnasvæði Ísal. Tjarnir með einstæðum lífsskilyrðum, allmikið fuglalíf.

Í aðalskipulagi Hafnarfjarðar er auk þess gerð tillaga að friðlýsingu sömu svæða: Straumsvík og Óttarsstaðir (ÖN1) og Þorbjarnarstaðir, Péturskot og Gerði (ÖN2). Forsendur verndar í náttúruminjaskrá snúa m.a. að tjörnum með fersku og ísöltu vatni, einstæðum lífsskilyrðum og allmiklu fuglalífi. Á mynd 8.38 má sjá verndarsvæðin og vistkerfi sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013 sem eru meðal annars tjarnirnar í Straumsvík.



**MYND 8.38** Svæðið *Straumsvík, Hafnarfirði* á C-hluta náttúru-minjaskrár og tjarnir í *Straumsvík* sem búa yfir sérstakri vernd. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands.

Þessar tjarnir, Óttarsstaðatjarnir, Gerðistjörn, Brunntjörn við *Straumsvík*, *Straumstjarnir* og *Brunntjörninn* (mynd 8.39), búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013. Einstakt umhverfi tjarna við *Straumsvík* orsakast af grunnvatnsstreymi sem á uppruna sinn í mikilli úrkomu á vatnasviðinu auk þess sem jarðlög eru lek hraun og því ekkert yfirborðsflæði þannig að úrkomuvatn hripar beint niður í hraunið og grunnvatnskerfið leiðir þetta vatn til *Straumsvíkur* [95].





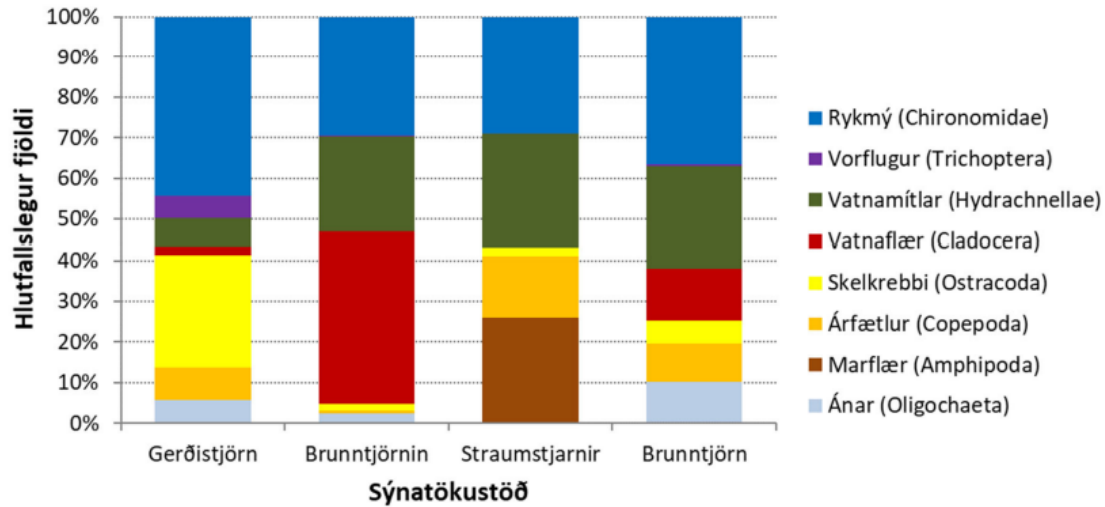
**MYND 8.39** Tjarnir í og við Straumsvík sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. Náttúruverndarlaga nr. 60/2013.

Eitt helsta einkenni tjarnanna er að þar gætir áhrifa sjávarfalla og hefur lífríki í tjörnunum mótast af þessum aðstæðum. Tjarnirnar eru flestar með fersku vatni, grunnvatni sem rennur um hraunið, en eru einnig undir áhrifum af flóði og fjöru, sérstaklega Straumstjarnirnar (mynd 8.39) þar sem sjávarfallaáhrif valda því að yfirborð tjarnanna hækkar og lækkar á víxl tvisvar sinnum á sólarhring [74]. Í Brunnjtjörn er munur á vatnsstöðu til að mynda 0,7-1,7 m á milli flóðs og fjöru en getur orðið rúmlega 2 m á mesta stórstreymi [96]. Sjávarfallatjarnir sem þessar eru fágætar á heimsvísu og því einstök náttúrufyribæri.

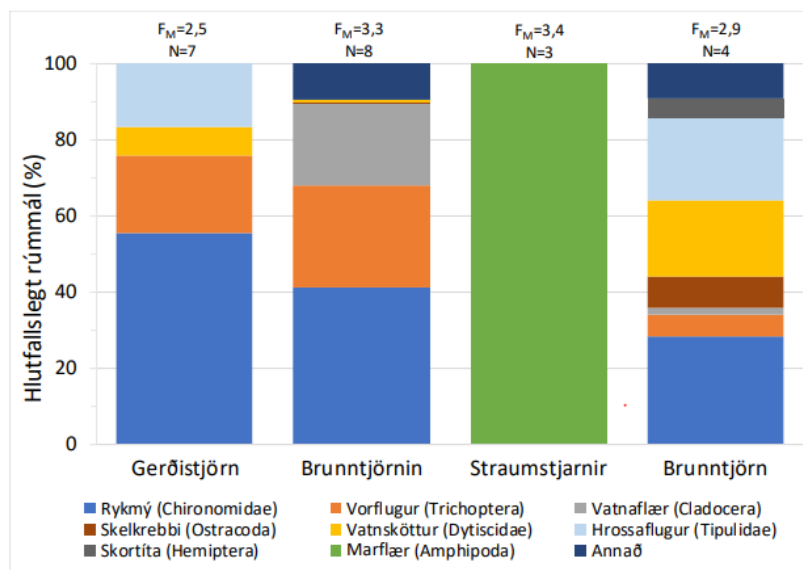
Nýlegar rannsóknir á lífríki tjarnanna sýna að Straumstjarnir skera sig frá hinum tjörnum hvað varðar þéttleika og fjölbreytileika fánunnar sem kann að skýrast af því að þar gætir áhrifa seltu sem gætir ekki í hinum tjörnunum [74]. Þetta veldur sérstæðu dýralífi í Straumstjörnum. Þar finnst dvergbleikja og eru lífshættir hennar taldir einstakir vegna umhverfis ferskvatns og sjávar. Dvergbleikjan lifir bæði á fæðu úr hafi og ferskvatni sem þykir undirstrika aðlögunarhæfni tegundarinnar [97].

Á Íslandi hafa fundist tvær tegundir einlendra (e. *endemic*) grunnvatnsmarflóa og hafa þær fundist við rafveiðar en einnig í mögum dvergbleikja [98]. Rannsóknir á lífríki tjarnanna við Straumsvík, sem framkvæmdar voru sumarið 2020 vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar, sýndu að dvergbleikjan í Straumstjörnum étur nær eingöngu marflær og fundust engar marflær í mögum bleikja sem veiddust í tjörnunum sem ná lengra inn í landið, svo sem Gerðistjörn (mynd 8.40) [74]. Rannsóknir sýndu einnig að hlutfall marflóa af botnlægjum hryggleysingjum var hátt í Straumstjörnum þar sem áhrif af flóði og fjöru gætir mest (mynd 8.41) [74]. Hátt hlutfall marflóa í Straumstjörnum endurspeglar

áhrif seltu á tjarnirnar, þar sem sjórin ber með sér marflær sem er helsta fæða bleikjunnar í tjörnunum [74].



MYND 8.40 Hlutfallslegur fjöldi botnlægra hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 3. Og 6. Júlí 2020. Fengið úr rannsókn sem unnin var á tjörnunum vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar [74].



MYND 8.41 Hlutfallslegt rúmmál mismunandi fæðuhópa í maga bleikja eftir veiðistöðum 30. September 2020. Einnig er gefin meðal magafylli (FM) og fjöldi magasýna (N) á hverjum veiðistað. Fengið úr rannsókn sem unnin var á tjörnunum vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar [74].

Efnasamsetning vatns í tjörnunum bendir til þess að það sé ómengað með tilliti til málma og næringarefna, samkvæmt fyrrnefndri rannsókn vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar. Styrkur snefilefna í tjörnunum reyndist almennt vera lágur og fyrir neðan hættumörk samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999. Þá féll magn snefilefna í tjörnunum undir umhverfismörk I „mjög lítil eða engin hættu á áhrifum“ og umhverfismörk II „lítil hættu á áhrifum“ samkvæmt reglugerðinni [74].



### 8.3.6.3 Lýsing á áhrifum

Engin verndarsvæði eru innan sjálfs framkvæmdasvæðis Coda Terminal. Hins vegar eru þar vistkerfi sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013. Fyrir mat á áhrifum jarðmyndana sem búa yfir sérstakri vernd er vísað í kafla 8.3.4.

Gert er ráð fyrir að staðsetja þurfi tvo borteiga Coda Terminal innan svæðis þar sem nú er náttúrulegur birkiskógur, sem býr yfir sérstakri vernd. Nánar er fjallað um mat á áhrifum framkvæmdarinnar á vistgerðir og verndargildi þeirra, þ.m.t. kjarrskógavistar, í kafla 8.3.5. Við staðsetningu borteiga var litið til gagna um útbreiðslu birkiskógarins og voru borteigar staðsettir á þann hátt að skógurinn yrði fyrir sem minnstu raski. Þá var einnig tekið mið af krónuþéttleika birkiskógarins á loftmyndum og borteigurinn staðsettur þar sem krónuþekja var minni en annars staðar. Útbreiðsla skógarins nær yfir nær allan Almanning og mun því einungis lítil hluti hans raskast með tilkomu Coda Terminal. Auk þess kemur framkvæmdin ekki til með að valda meira raski en þörf er á fyrir byggingu borteiga og lagningu vega og lagna en á hverjum borteig verður leitast við að koma röskuðu umhverfi aftur í fyrra horf (sjá nánar kafla 5.6 um frágang). Framkvæmdin mun einnig geta þrífist vel með náttúrulegri framþróun gróðurs og birkiskógar og einnig skógrækt.

Auk þess að vera til verndunar á náttúrulegri framþróun gróðurs er hverfisvernd á Almanningi til verndunar menningarminja. Borteigar, vegir og lagnir hafa verið staðsett svo að áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar verði óveruleg (sjá nánar í kafla 8.4.5). Vegna áhrifa á ásýnd lands, sem fjallað er um í hverfisverndarskilmálanum, má sjá kafla 8.4.4. Einn borteigur Coda Terminal er staðsettur innan hverfisverndarflákans sem kallar á breytingu á aðalskipulagi og er vinna hafin við það, sjá kafla 6.1.5. Hins vegar er borteigurinn staðsettur á útjöðrum hverfisverndarinnar og er hverfisverndarflákinn um 2468 ha að stærð og með tilkomu Coda Terminal verður flákinn um 2453 ha (minnkun um u.þ.b. 0,6%).

Engin áhrif verða á vatnsverndarsvæði í kjölfar framkvæmdarinnar en nánar er fjallað um áhrif á grunnvatn í kafla 8.3.3.

Vatnsöflun vegna niðurdælingar Coda Terminal gæti haft áhrif á forsendur verndunar svæða í nágrenni framkvæmdasvæðisins á C-hluta náttúruminjaskrár, Strandlengjan frá Fögruvík í Vatnsleysuvík að Straumi við Straumsvík og Straumsvík, Hafnarfirði, þ.e. varðandi einstakt lífríki tjarna í Straumsvík. Í tengslum við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á grunnvatn var verkfræðistofan Vatnaskil fengin til að vinna grunnvatnslíkan af athugunarsvæði Coda Terminal (sjá nánari umfjöllun um áhrif á grunnvatn í kafla 8.3.3). Niðurstöður líkanútreikninga benda til þess að framkvæmdin geti, í fjórða áfanga, haft lítilsháttar áhrif á grunnvatnshæð, seltu og hitastig tjarnanna en reiknaður niðurdráttur er á bilinu 2-4 cm, seltuaukning allt að 0,4 g/kg og hitastigshækkun allt að 1°C (töflu 8.7 og viðauki I). Um þessar niðurstöður má lesa nánar í kafla 8.3.3.3 um grunnvatn.

Vert er að hafa í huga að þegar niðurdráttur reiknast minni en 5 cm í grunnvatnslíkaninu má reikna með að niðurdráttur geti verið á bilinu 0-5 cm þar sem hlutfallsleg óvissa í útreikningunum er meiri. Þó benda niðurstöður til þess að mögulegt sé að niðurdráttur gæti átt sér stað við tjarnirnar (sjá viðauka I). Þar sem sjávarfalla gætir í tjörnunum má teljast ólíklegt að reiknaður niðurdráttur hafi áhrif á þær. Til viðmiðunar, gerir reglugerð um neysluvatn ráð fyrir að hámarksstyrkur fyrir seltu í neysluvatni sé 0,4 g/kg. Óvíst er því hvort framangreind seltuaukning valdi neikvæðum áhrifum á tjarnirnar, en ef

gert er ráð fyrir að þær séu fullferskar í dag, þá mun 0,4 g/kg aukning ekki breyta þeirri flokkun innan ramma neysluvatnsreglugerðar.

**TAFLA 8.7** Mögulegar breyting á grunnvatnsborði, seltu og hitastigi í tjörnum við Straumsvík samkvæmt líkanútreikningum vegna grunnvatns (sjá viðauka I).

TJARNIR SEM BÚA YFIR SÉRSTAKRI VERND	BREYTING Á GRUNNVATNSHÆÐ (CM)	SELTUBREYTINGAR (G/KG)		HITASTIGSBREYTINGAR (°C)	
	Hámark	Hámark	Meðaltal	Hámark	Meðaltal
Óttarstaðartjarnir	0	+0.3	<+0.1	<+0.1	<+0.1
Brunntjörn	-2	+0.4	+0.2	+0.3	+0.1
Brunntjörnin	-4	+0.4	+0.2	+1.0	+0.4
Gerðistjarnir	-4	+0.3	+0.2	+1.0	+0.4

Fjallað er um áhrif af völdum mögulegs leka CO<sub>2</sub> úr geymslutönkum á landfyllingu við Straumsvíkurhöfn í kafla 8.4.2. Ef til leka kæmi gæti það leitt til súrnunar sjávar sem þýðir að sýrustig, eða pH, lækkar vegna þess að sjórinn tekur upp CO<sub>2</sub> úr lofti [99]. Í rannsókn sem var unnin árið 2004 var sjór auðgaður með CO<sub>2</sub> og reyndist hann hafa neikvæðari áhrif á egg og seiði sjávarfiska en fullorðna fiska [100]. Fyrirnefnd tilraun var þó framkvæmd í lokuðum tanki þar sem fiskurinn átti ekki kost á að forða sér. Það hefðu fiskar í opnu kerfi mögulega gert, þar sem sýnt hefur verið fram á að CO<sub>2</sub> ýti undir forðunarhegðun fiska, einnig í lágum styrk [101], [102].

Aðstæður við Straumsvík eru með þeim hætti að ætla má að fiskar hafi tök á að forða sér, ef til hækkunar CO<sub>2</sub> í sjó kæmi. Það hefur jákvæð áhrif á lífvænleika fiskanna að hafa straum og möguleikann á að forða sér undan hugsanlegri mengun frá yfirborði. Ef styrkur CO<sub>2</sub> hækkar í efstu lögum sjávar mun fiskur að öllum líkindum forða sér neðar í hafbolinn eða á önnur svæði. Ef leki frá CO<sub>2</sub> geymslutönkum ætti sér stað má einnig teljast ólíklegt að það hefði áhrif á tjarnirnar, þar sem ætla má að bæði lárétt og lóðrétt þynning ætti sér stað vegna sjávarstrauma áður en sjórinn bærst í tjarnirnar.

#### 8.3.6.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Ekki er talið líklegt að lífríki í tjörnunum við Straumsvík yrði fyrir neikvæðum áhrifum ef til leka úr CO<sub>2</sub> tönkum við Straumsvíkurhöfn kæmi, líkt og fram hefur komið, en vöktun geymslutankanna er mikilvæg mótvægisáðgerð. Nánar má lesa um fyrirkomulag vöktunar í kafla 10.

Niðurstöður útreikninga grunnvatnslíkans gefa vísbendingar um mögulegan niðurdrátt grunnvatnsborðs og seltu- og hitastigsbreytingar við tjarnirnar í Straumsvík vegna framkvæmdarinnar. Þó er líkanið enn í þróun og því ákveðin óvissa í útreikningum þess. Nauðsynlegt er að þróa líkanið áfram samhliða frekari rannsóknum. Líklegt má teljast að svæðið þar sem tjarnirnar eru staðsettar sé viðkvæmt fyrir markverðum breytingum á vatnsborði og því þarf einnig þarf að rannsaka tjarnirnar nánar með hliðsjón af tengingu þeirra við grunnvatn og vakta vatnsborð í þeim. Áður en framkvæmdir hefjast verður gerð rannsókn á grunnástandi, þ.e. lífríki, hitastigi, seltu, pH og súrefnisinnihaldi í

Gerðistjörn, Brunntjörninni, Straumstjörnum, Brunntjörn, Ástjörn, Hvaleyrarvatni og Urriðavatni (kafla 10.4.1). Forðaðfræðilíkanið verður uppfært eftir þörfum til að endurspegla niðurstöður vöktunargagna. Að auki verður gerð rannsókn á dvergbleikju og botnlægjum hryggleysingjum áður en framkvæmdir hefjast og byggt á þeim niðurstöðum verður haft samráð við líffræðing um mögulega vöktun á þessum stofnum (kafla 10.4.4). Á rekstartíma verða umræddir vatnsgæðapættir í tjörnunum vaktaðir, þar sem þeir hafa áhrif á dvergbleikju og annað lífríki.

Vert er að hafa í huga, að uppbygging framkvæmdarinnar fer fram í skrefum og ein helsta mótvægisáðgerðin gegn áhrifum á umhverfið, þar með talið grunnvatn og tjarnirnar, eru áframhaldandi rannsóknir og vöktun á rekstartíma. Þróun hvers áfanga í Coda Terminal mun byggja á rannsóknarniðurstöðum úr fyrri áföngum og því mun framkvæmdaraðili hafa tök á að betrubæta ferla í samræmi við niðurstöður rannsókna og vöktunar (sjá nánar í kafla 5.1 um áfangaskiptingu).

Komi í ljós breytingar á þáttum sem snúa að grunnvatni, sem talið er að rekja megi til framkvæmdarinnar, verður aðferðafræði og tíðni vöktunar á lífríki vatns endurskoðuð auk þess sem gripið verður til viðeigandi ráðstafana, svo sem mögulegra breytinga á fyrirkomulagi vatnstöku og/eða niðurdælingar CO<sub>2</sub>. Lesa má nánar um fyrirhugað fyrirkomulag vöktunar í kafla 10.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar

Áhrif Coda Terminal á verndarsvæði og náttúruminjar eru að mestu óbein, þar sem verndarsvæði eru utan sjálfs framkvæmdasvæðisins. Mat á áhrifum vistkerfa og jarðminja sem búa yfir sérstakri vernd, svo sem birkiskóg og jarðmyndana er fjallað um í mati á áhrifum framkvæmdarinnar á umhverfisþættina vistkerfi og jarðmyndanir. Fjallað er um áhrif framkvæmdarinnar á vatnsvernd í mati á áhrifum á umhverfisþáttinn grunnvatn. Forsendur hverfisverndar eru m.a. vegna ásýndar lands og menningarminja, en áhrif framkvæmdarinnar á þá umhverfisþætti eru metin **óveruleg** og þar af leiðandi áhrif á hverfisverndarsvæði einnig metin **óveruleg**.

Möguleg áhrif vatnsöflunar á grunnvatnsgeyminn og þar af leiðandi á grunnvatnsborð og seltu- og hitastig tjarna við Straumsvík eru hins vegar bein og varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar en áhrifin verða afturkræf ef að vinnslunni/niðurdælingunni yrði hætt eða fyrirkomulagi hennar breytt. Óvíst er hvort seltu- og hitabreytingar geti valdið neikvæðum áhrifum á tjarnirnar sem kallar á vöktun þessara þátta, ásamt vöktun súrefnis og sýrustigs, áður en framkvæmdir hefjast og á rekstartíma Coda Terminal.

Ákveðin óvissa ríkir um áhrif framkvæmdarinnar á lífríki tjarnanna í Straumsvík sem kallar á vöktun þeirra þátta sem geta haft áhrif á það. Komi til áhrifa á lífríki geta þau mögulega verið óafturkræf. Með uppbyggingu framkvæmdar í skrefum ásamt rannsóknum og vöktun telur framkvæmdaraðili að fyrirbyggja megi neikvæð áhrif á lífríki tjarnanna en þar sem tjarnirnar eru á C-hluta náttúruminjaskrár teljast möguleg áhrif þar því **talsverð neikvæð** en einnig ríkir **óvissa** um áhrifin.

## 8.4 Áhrif á samfélags- og hagfræðilega þætti

### 8.4.1 Jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar

#### 8.4.1.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Niðurdæling á CO<sub>2</sub> leystu í vatni getur valdið spennubreytingum í jarðskorpunni á geymslusvæðinu og þannig haft áhrif á jarðskjálftavirkni á svæðinu. Fjallað verður um möguleg áhrif á jarðskjálftavirkni af völdum niðurdælingar og mat lagt á vægi þeirra.

Áhrifasvæði með tilliti til upptaka jarðskjálfta er framkvæmdasvæði Coda Terminal, nánar tiltekið í og við borteiga þar sem niðurdæling fer fram. Möguleg áhrif af völdum örvaðrar jarðskjálftavirkni geta þó náð út fyrir framkvæmdasvæðið ef jarðskjálftar eru þess eðlis að hægt sé að finna fyrir þeim langt frá upptökum þeirra, en ekki er gert ráð fyrir að áhrifin nái út fyrir 2 km fjarlægð frá niðurdælingarholum.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á jarðskjálftavirkni eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Reglur Orkustofnunar um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur, nr. OS-2016-R01-01.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á jarðskjálftavirkni er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Forkönnun á jarðskjálftahættu á svæðinu unnin af ÍSOR fyrir Carbfix í samræmi við leiðbeiningar Orkustofnunar.
- Greining á gögnum úr jarðskjálftamælum CODA jarðskjálftamælanetsins sem settir voru niður til að meta grunnástand athugunarsvæðis, ásamt gögnum úr nálægum jarðskjálftamælum úr REYKJANET og SIL jarðskjálftamælanetunum (viðauki IV).
- Vöktun á jarðskjálftavirkni á svæðinu á meðan rannsóknarboranir og ádælingarprófanir stóðu yfir (viðauki IV).
- Jarðfræði og jarðhnik/tektóník svæðisins (viðauki IV)

#### 8.4.1.2 Grunnástand

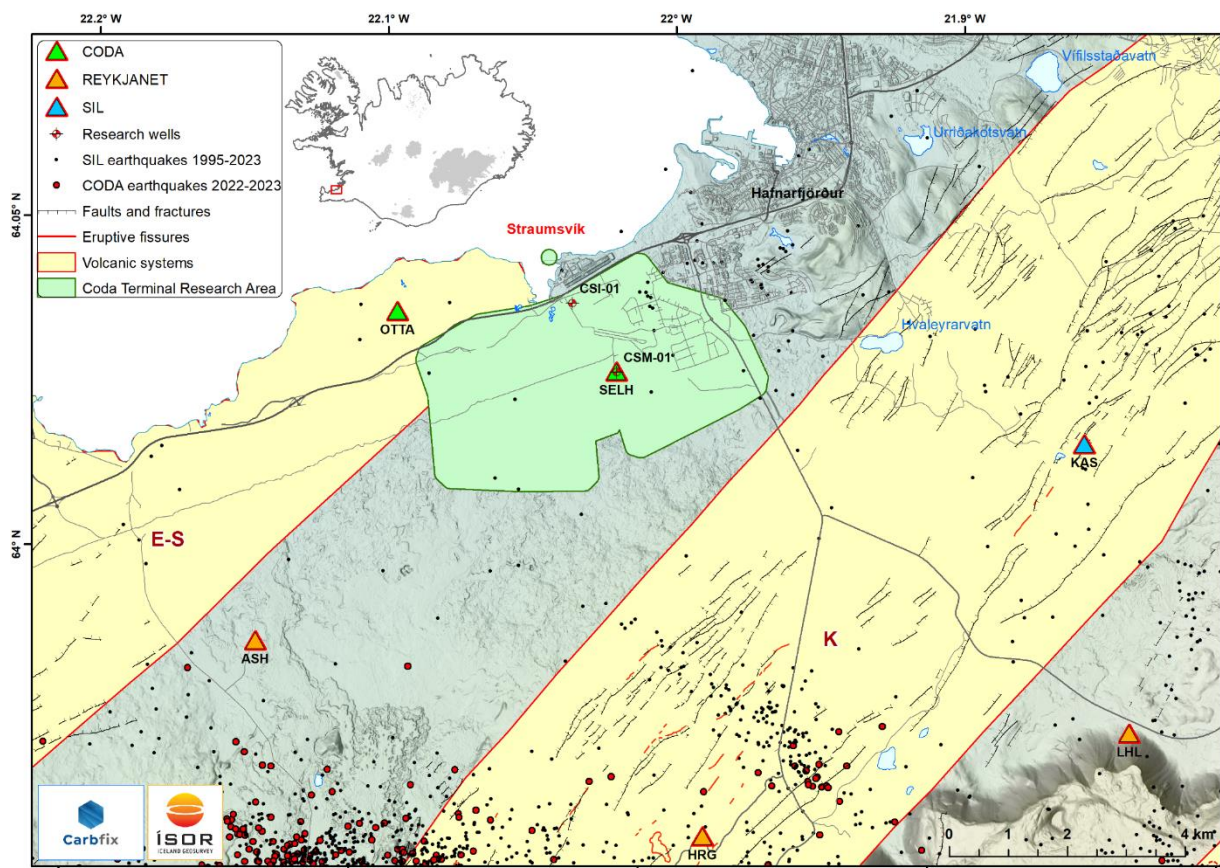
Fyrirhugað framkvæmdasvæði er í jaðri Hafnarfjarðar, í nálægð við Straumsvík, á norðanverðum Reykjanesskaga (mynd 1.1). Reykjanesskagi er náttúrulega virkt jarðskjálfta- og eldgosasvæði þar sem jarðskjálftavirkni er töluverð, en fyrst og fremst bundin við plötuskilin sem ganga í gegnum suðurhluta skagans [103]. Á Reykjanesskaganum eru sex eldstöðvakerfi sem raða sér skáhallt eftir honum í NA-SV stefnu, og þar af eru tvö þeirra í nálægð við Straumsvík og framkvæmdasvæði Coda Terminal. Það er annars vegar eldstöðvakerfið sem kennt er við Eldvörp-Svartsengi, en það teygir sig að Straumsvík vestan við framkvæmdasvæðið, og hins vegar Krýsuvíkurkerfið, en það nær frá suðurströnd Reykjanesskagans og teygir sig til norðausturs og liggur því skammt suðaustan við framkvæmdasvæði Coda Terminal. Mynd 8.42 sýnir umrædd kerfi og hvar þau liggja næst framkvæmdarsvæði Coda Terminal, en Straumsvík og framkvæmdasvæði Coda Terminal eru staðsett utan eldstöðvakerfanna.

Í sögulegu samhengi hefur jarðskjálftavirkni í Straumsvík og næsta nágrenni verið lítil sem engin ef skoðuð eru aðgengileg gögn frá annars vegar landsneti Veðurstofu Íslands (SIL) frá árinu 1995, og hins vegar CODA jarðskjálftamælanetinu sem sett var upp af ÍSOR fyrir Carbfix vegna Coda Terminal



verkefnisins í september 2022 [104]. Uppruni þeirra jarðskjálfta sem mælst hafa í grennd við Straumsvík má fyrst og fremst rekja til sprungusveims Krýsuvíkurkerfisins. Framkvæmdaraðili kemur til með að fylgjast með og meta áframhaldandi jarðskjálftavirkni í Straumsvík og nágrenni á meðan á uppbyggingarfasa verkefnisins stendur, til þess að meta grunnástand framkvæmdarsvæðisins áður en að niðurdæling hefst.

Mynd 8.42 sýnir jarðskjálftavirkni í Straumsvík og nágrenni frá árinu 1995 til 2023. Hver punktur sýnir staðsetningu jarðskjálfta, þar sem svartir punktar eru mælingar frá SIL mælanetinu frá 1995-2023 og rauðir punktar eru mælingar frá CODA mælanetinu frá 2022-2023. Á myndinni er rannsóknarsvæði Coda Terminal merkt með grænum fleka, og eldstöðvakerfin tvö, Eldvörp-Svartsengi og Krýsuvík, merkt með gulum flekum og bókstöfunum E-S og K.



**MYND 8.42** Jarðskjálftavirkni í Straumsvík og nágrenni eins og hún hefur mælst annars vegar á SIL mælanetinu frá 1995 til 2023 (svartir punktar), og hins vegar á CODA mælanetinu frá september 2022 til 2023 (rauðir punktar). Á kortinu eru eldstöðvakerfin tvö, Eldvörp-Svartsengi og Krýsuvík, merkt með gulum flekum og bókstöfunum E-S og K, og rannsóknarsvæði Coda Terminal merkt með grænum fleka.

#### 8.4.1.3 Lýsing á áhrifum

Jarðskjálftar eru náttúruleg fyrirbæri. Í tímans rás hleðst upp spennuorka í berginu vegna þrýstings, fyrst og fremst vegna plötuhreyfinga, en líka af öðrum ástæðum. Þegar spennan nálgast brotþol bergsins þarf í flestum tilvikum aðeins lokahnykkinn til þess að bergið bresti í jarðskjálfta. Niðurdæling á vatni getur verið þessi lokahnykkur, eins og dæmi eru um bæði héraendis og erlendis, og jarðskjálftar sem verða vegna niðurdælingar vatns eru kallaðir örvaðir jarðskjálftar. Ýmsar breytur geta legið þar að baki, en helstu þættir sem má nefna eru dýpi, magn og hraði niðurdælingar, og lekt bergsins.

Sérfræðingar hjá ÍSOR hafa lagt mat á möguleg áhrif niðurdælingar Coda Terminal á örvaða jarðskjálftavirkni og er greint frá niðurstöðum í viðauka IV.

Í fullum afköstum Coda Terminal er gert ráð fyrir niðurdælingu á allt að 2.923 L/s af vatni með uppleystu CO<sub>2</sub> í grunnar niðurdælingarholur (allt að 1000 m að dýpt). Um margra ára skeið hefur vatni verið dælt niður í borholur á jarðhitasvæðum á Íslandi, bæði djúpt (> 1,5 km) og grunnt (< 1,5 km). Í sumum tilvikum hefur niðurdælingin örvað jarðskjálftavirkni, og er þekktasta dæmið líklegast frá Húsmúlasvæðinu á Hellisheiði í september 2011, þar sem niðurdæling á allt að 600 L/s af vatni í fimm djúpar borholur (1950-3000 m) örvaði jarðskjálfta allt að stærð M<sub>L</sub> 4. Jarðfræðilegar aðstæður í Húsmúla eru hins vegar mjög frábrugðnar aðstæðum í Straumsvík, en Húsmúli er hluti af eldstöðvakerfi Hengils, innan virks sprungusvæðis, þar sem bergspenna er há og náttúruleg jarðskjálftavirkni viðvarandi. Rannsóknir á örvaðri jarðskjálftavirkni í Húsmúla hafa leitt í ljós að örvaðir jarðskjálftar eiga sér í flestum tilvikum stað neðan við botn niðurdælingarhola, og að jarðskjálftavirkni á sér stað í að hámarki 2 km láréttri fjarlægð frá niðurdælingarsvæðinu.

Dæmi eru um grunna niðurdælingu vatns (< 1,5 km) víðs vegar á jarðhitasvæðum á Íslandi, líkt og áformað er í Straumsvík. Í mörgum þessara tilvika hefur verið fylgst náið með mögulegri örvaðri jarðskjálftavirkni samhliða niðurdælingunni, og almennt gefa niðurstöður til kynna að örvun á jarðskjálftavirkni vegna grunnrar niðurdælingar sé lítil sem engin [105]. Eina dæmið um örvaða jarðskjálftavirkni mældist haustið 2019, þegar borhola í Geldinganesi í Reykjavík var örvuð með niðurdælingu vatns á u.þ.b. 1.400 m dýpi. Örvunin var framkvæmd af Veitum í samræmi við áætlanir um að þróa nesið sem vinnslusvæði jarðhita, og var náið fylgst með jarðskjálftavirkni á meðan örvuninni stóð með þéttu jarðskjálftamælaneti. Um 70 smáskjálftar (< M<sub>L</sub> 0) mældust á meðan örvunin stóð yfir, en slíka smáskjálfta er ekki unnt að mæla nema með næmu og þéttu mælaneti.

Niðurstöður ofangreindra rannsókna á sambandi niðurdælingar vatns og örvaðrar jarðskjálftavirkni á Íslandi gefa almennt til kynna að örvuð jarðskjálftavirkni hefur fyrst og fremst átt sér stað þegar dælt er niður í djúpar borholur (> 1,5 km), þar sem bergspenna er að jafnaði hærri en í efstu 1-2 km jarðskorpunnar. Magn og hraði niðurdælingar getur líka skipt máli, en dæmin sýna að almennt hefur grunn niðurdæling (< 1,5 km) ekki örvað jarðskjálftavirkni, hvorki innan né utan virkra sprungukerfa á Íslandi. Frekari umfjöllun um framkvæmd og niðurstöður rannsókna á niðurdælingu vatns á Íslandi má finna í viðauka IV.

Líkt og fyrr segir hefur framkvæmdaraðili hafið athuganir á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði með rannsóknaborunum og borholumælingum ásamt sýnatöku til að meta grunnástand geymslugeymis. Auk þess hefur jarðskjálftavirkni verið vöktuð í Straumsvík og nágrenni. Rannsóknarboranir voru framkvæmdar innan svæðisins frá 29. nóvember 2022 til 15. febrúar 2023 annars vegar og frá 22. júní 2023 til 5. ágúst sama ár hins vegar. Hóla CSI-01 var boruð niður á 982 m dýpi og hola CSM-01 niður á 618 m dýpi. Borholumælingar og ádælingarpróf hófust í kjölfarið. Mælingar sýndu ekki fram á neina örvaða jarðskjálftavirkni í tengslum við þessar prófanir, hvorki á meðan verið var að dæla niður vatni, né eftir að því var hætt. Jarðskjálftagögn hafa einnig verið rýnd sérstaklega m.t.t. smáskjálftavirkni, en aðeins var hægt að greina titring sem átti uppruna sinn í vatnspumpu sem var notuð við ádælingarprófanir [105].

Mat hefur verið lagt á líkindi þess að niðurdæling við full afköst komi til með að valda örvaðri jarðskjálftavirkni. Til að meta þessi áhrif var horft til fyrirliggjandi gagna um bæði djúpa og grunna niðurdælingu á Íslandi sbr. ofangreindan texta.

Mat sérfræðinga er að líklegt sé að áhrif af örvaðri jarðskjálftavirkni verði óveruleg. Þá telja þau líklegt að versta tilfelli sé að örvuð jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar mælist á jarðskjálftamælum, en telja litlar líkur á því að fólk og innviðir verði fyrir neikvæðum áhrifum þar sem ólíklegt er að mögulegir jarðskjálftar verði greinanlegir af fólki. Sérfræðingar gera ráð fyrir að jarðskjálftavirkni muni aðeins gæta innan framkvæmdasvæðis Coda Terminal og að gera megi ráð fyrir að jarðskjálftar allt að stærð  $M_L$  2-3 geti átt sér stað [105].

#### 8.4.1.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

ÍSOR vann óháð frummat á jarðskjálftahættu fyrir geymslusvæðið sem hluta af mati á umhverfisáhrifum vegna niðurdælingar  $CO_2$  á geymslusvæði Carbfix í Straumsvík, með hliðsjón af reglum Orkustofnunar um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur nr. OS-2016-R01-01 (sjá viðauka IV). Niðurstöður matsins sýndu að “Hætta á finnanlegri skjálftavirkni er óveruleg” og því ekki gerð krafa um rannsóknaráætlun sbr. reglur nr. OS-2016-R01-01. Þrátt fyrir það verður náð fylgst með jarðskjálftavirkni bæði fyrir og meðan á niðurdælingu  $CO_2$  stendur og geymslusvæðið byggt upp í skrefum. Settir hafa verið upp þrjár jarðskjálftamælar og verða tveir til viðbótar settir upp til að vakta jarðskjálftavirkni svæðisins, fyrir og eftir að niðurdæling á  $CO_2$  hefst, ásamt því að gögn eru aðgengileg af öðrum nálægum jarðskjálftamælum, m.a. SIL-neti Veðurstofu Íslands.

Svokallað umferðarljósakerfi (e. Traffic Light System, TLS) verður tekið í gagnið til þess að takmarka hættu á aukinni jarðskjálftavirkni þegar niðurdæling Coda Terminal hefst, en kerfið hefur verið notað bæði héraðs og erlendis með góðum árangri [106]. Nánar má lesa um vöktun á jarðskjálftavirkni og umferðarljósakerfið í kafla 10.4.5.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á jarðskjálftavirkni

Fyrirhuguð framkvæmd er talin falla í flokk 2 undir 4. gr. reglna um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur (reglur nr. OS-2016-R01-01) miðað við niðurstöður frummats. Áhrifin eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis, og eru tímabundin og afturkræf. Áhrifin geta verið stað- eða svæðisbundin. Niðurstaðan er því, í samræmi við fyrrgreindar reglur, að *hætta á finnanlegri skjálftavirkni sé óveruleg.*

#### 8.4.2 Heilbrigði og öryggi

##### 8.4.2.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Áhrif á heilbrigði og öryggi geta verið margþætt og í stórrí framkvæmd eru ýmsir framkvæmdaþættir sem taka þarf til athugunar með tilliti til heilbrigðis og öryggis. Þá er umfjöllun um staðbundin loftgæði og möguleg áhrif þeirra á heilbrigði að finna í kafla 8.4.1.

Í þessum kafla er fjallað um möguleg áhrif ef til leka úr CO<sub>2</sub> geymslutönkum, leiðslum eða geymslusvæði kemur, með þeim afleiðingum að gas fer á dreifingu á öryggi og heilbrigði fólks sem og vistkerfi sjávar. Einnig er fjallað um möguleg áhrif skipa á hljóðvist innan framkvæmdasvæðis og nærliggjandi umhverfis.

Áhrifasvæði sem um ræðir er allt framkvæmdasvæði Coda Terminal.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á heilbrigði og öryggi eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Lög um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum
- Reglugerð um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit.
- Reglugerð um hávaða 724/2008.
  - Viðmiðunarmörk eiga við hljóðstig utan við húsvegg fyrir utan opnanlega glugga og er viðmiðunarhæð 2 m yfir gólfplötu nema annað sé tekið fram. Mörk innanhúss miðast við lokaða glugga en opnar loftrásir. Kröfurnar eru breytilegar eftir tíma sólarhrings. Kröfur til hávaða frá atvinnustarfsemi á tímabilinu kl. 07 - 19 er að jafngildishljóðstigið sé  $L_{Aeq07-19}$  50 dB eða lægra framan við húsvegg á íbúðasvæðum og skal ekki vera hærra en  $L_{Aeq23-07}$  40 dB á nóttu.
  - Mörk fyrir hávaða vegna framkvæmda eru einnig sett fram í reglugerð um hávaða og er þá miðað við tímamörk. Fyrir háværar framkvæmdir gildir að vinna má vera í gangi milli kl. 07 – 21 á virkum dögum og milli kl. 10 – 19 um helgar og á almennum frídögum. Á hátíðadögum eru háværar framkvæmdir ekki leyfðar.
- Reglugerð 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á heilbrigði og öryggi er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Áhættumat fyrir framkvæmdina, unnið af EFLU
- Dreifingarlíkan vegna mögulegs leka úr geymslutönkum, unnið af DNV
- Áhættumat vegna leka við bilanir eða slys á og undir yfirborði, unnið af Carbfix

#### 8.4.2.2 Grunnástand

Fyrirhugað framkvæmdasvæði er á skipulögðu athafna- og iðnaðarsvæði annars vegar og hafnarsvæði Straumsvíkurhafnar hins vegar, og að öllu leyti utan við mörk íbúðahverfa. Innan hafnarsvæðis má gera ráð fyrir að möguleg áhrif á heilbrigði og öryggi vegna framkvæmdarinnar séu mest fyrir starfsfólk á svæðinu. Framkvæmdasvæði utan hafnarsvæðis er að miklu leyti opið almenningi að undanskildum borholuhúsunum sjálfum. Svokölluð Hazard and Operability (HAZOP) greining verður framkvæmd fyrir verkefnið til að tryggja að mögulegar hættur við framkvæmdir verði þekktar sem og verkferlar sem lágmarka líkur á áhættuatburðum og áhrifum þeirra. Þar hafa ýmsir áhættu- og öryggisþættir verið auðkenndir óháð líkindum eða vægi áhrifa. Áhættugreining mun liggja fyrir áður en framkvæmdir verkefnis hefjast.

#### Öryggi á hafnarsvæði

Koma þarf fyrir tönkum á landfyllingu við Straumsvíkurhöfn sem koma til með að geyma CO<sub>2</sub> og miðla til borteiga. Gert er ráð fyrir að þeir verði staðsettir í grennd við nýja aðkomu skipa á höfninni eftir



fyrirhugaða stækkun hennar sem er áætluð norðan við núverandi hafnargarð. Sjórinn blasir því við til norðurs og vesturs en til austurs og suðurs er hafnarsvæði áður en komið er að álveri Rio Tinto. Sunnan álversins liggur Reykjanesbraut og handan þess athafna- og iðnaðarsvæði Hafnarfjarðar í Kapelluhrauni og Hellnaheiði, en það er í um 1 km fjarlægð frá fyrirhugaðri staðsetningu geymslutanka.

### Leki CO<sub>2</sub> í niðurdælingarferli

Greining á áhættu á leka CO<sub>2</sub> neðanjarðar frá lögnum og borholum hefur verið framkvæmd af Carbfix fyrir umhverfismat. Borteigar eru staðsettir víðsvegar á framkvæmdasvæði Coda Terminal. Lagnir koma til með að liggja neðanjarðar frá Straumsvíkurhöfn að stjórnbyggingum sem eru innan hvers borteigs og þaðan að hverri niðurdælingarholu. Innan hvers borteigs má gera ráð fyrir allt að átta niðurdælingarholum. Hver stjórnbygging mun hýsa dælubúnað, stýringar og annan vélbúnað til dreifingar á CO<sub>2</sub> og nauðsynlegu magni vatns innan borteigs. Við niðurdælingu er notast við gaslögn með CO<sub>2</sub> sem er leidd niður í fóðraða niðurdælingarholu á sama tíma og vatni er dælt niður sem flutningsmiðill CO<sub>2</sub> straumsins. Blöndun gassins við vatnið á sér stað á mismunandi dýpi (allt að 300-350 m) og er þrýstingur vatnssúlunnar notaður til að leysa CO<sub>2</sub> í vatninu. CO<sub>2</sub> er að fullu uppleyst í vatni neðan fóðringar þar sem CO<sub>2</sub> streymir út í berggrunninn á allt að 1000 m dýpi. Nánari lýsing á niðurdælingarferli má finna í kafla 2.3.

### Hljóðvist

Straumsvíkurhöfn og nærliggjandi umhverfi skilgreinist annars vegar sem hafnarsvæði og hins vegar sem athafna- og iðnaðarsvæði samkvæmt Aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025 [93]. Um það bil 2 km er í næsta skilgreinda íbúðarhverfi frá Straumsvíkurhöfn, en það er austur af höfninni. Straumsvíkurhöfn hefur verið notuð til vöruflutninga síðustu áratugi eða allt frá byggingar álversins við Straumsvík. Alls komu um 66 farmskip í höfnina á árinu 2022 [107]. Ekki er landtenging á hafnarsvæðinu í dag. Helsta uppspretta hávaða við höfnina er löndunarkrani. Aðrar uppsprettur eru skip sem flytja farm til og frá höfninni og hljóð frá álveri. Hávaði frá löndunarkrana kemur að mestu frá neðri hluta kranans þar sem stór blásari er staðsettur. Á toppi löndunarkranans er útblástursrör sem einnig gefur frá sér hávaða. Löndunarbúnaður við höfnina í Straumsvík er að jafnaði í gangi eina viku í mánuði. Í lok árs 2016 var skipt um hljóðdeyfi í löndunarbúnaðinum og var í kjölfarið framkvæmd hljóðvistargreining og gefið út hávaðakort. Samkvæmt hávaðadreifingarkortinu sést að hljóðstig reiknast undir L<sub>Aeq</sub> 40 dB við íbúðabyggð í nágrenni álversins og hafnarinnar í Straumsvík [108].

Á framkvæmdasvæði Coda Terminal er starfrækur iðnaður á borð við álver, malbikunarstöð, og steypustöð. Þá liggur Reykjanesbraut um framkvæmdasvæðið og fram hjá Straumsvíkurhöfn með tilheyrandi hávaða sem fylgir bílaumferð. Meðalumferð á dag yfir árið er um 19 þúsund ökutæki á sólarhring. Samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum um hljóðvist á Reykjanesbraut er núverandi jafngildishljóðstig (L<sub>eq,24</sub>) vegkaflans, sem fer í gegnum framkvæmdasvæði Coda Terminal, um 65 dB(A) en fellur nokkuð hratt með aukinni fjarlægð frá veginum og er komið undir 50 dB(A) í 500 m fjarlægð. Gert er ráð fyrir að hljóðstig á Reykjanesbraut komi til með að hækka um allt að 2 dB(A) fram til ársins 2044 vegna fyrirhugaðrar breikkunar á veginum og aukinnar umferðar [109]. Þó gæta þurfi að samlegðaráhrifum vegna mismunandi framkvæmda á svæðinu, þá eru þessar framkvæmdir óháðar fyrirhugaðri framkvæmd Coda Terminal.

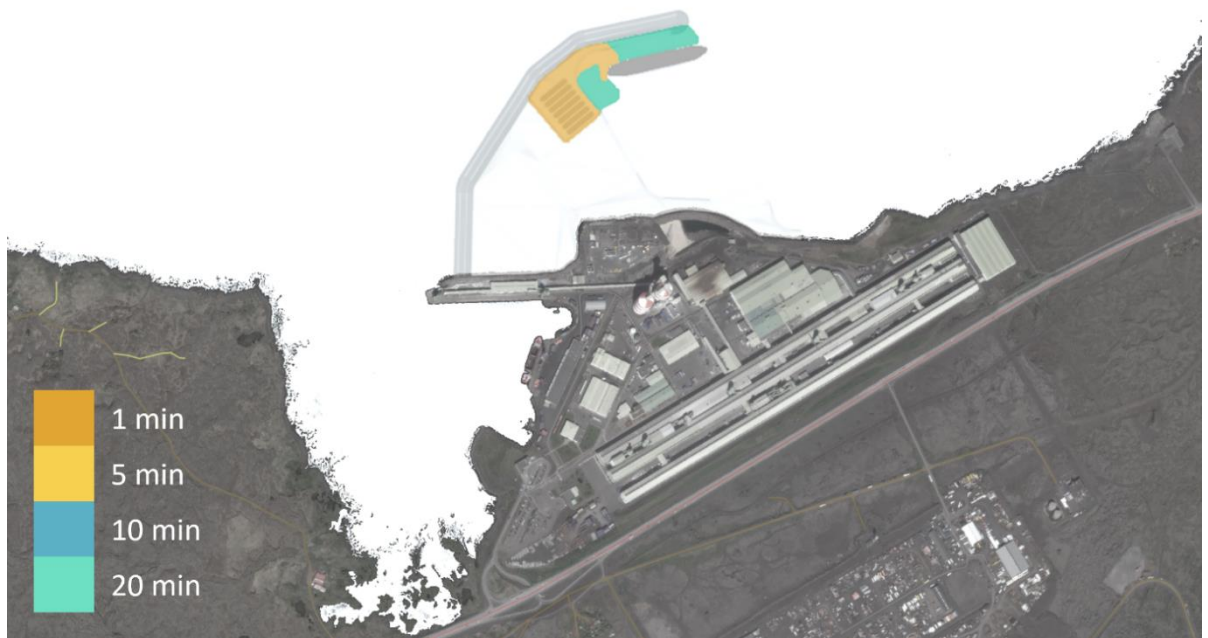
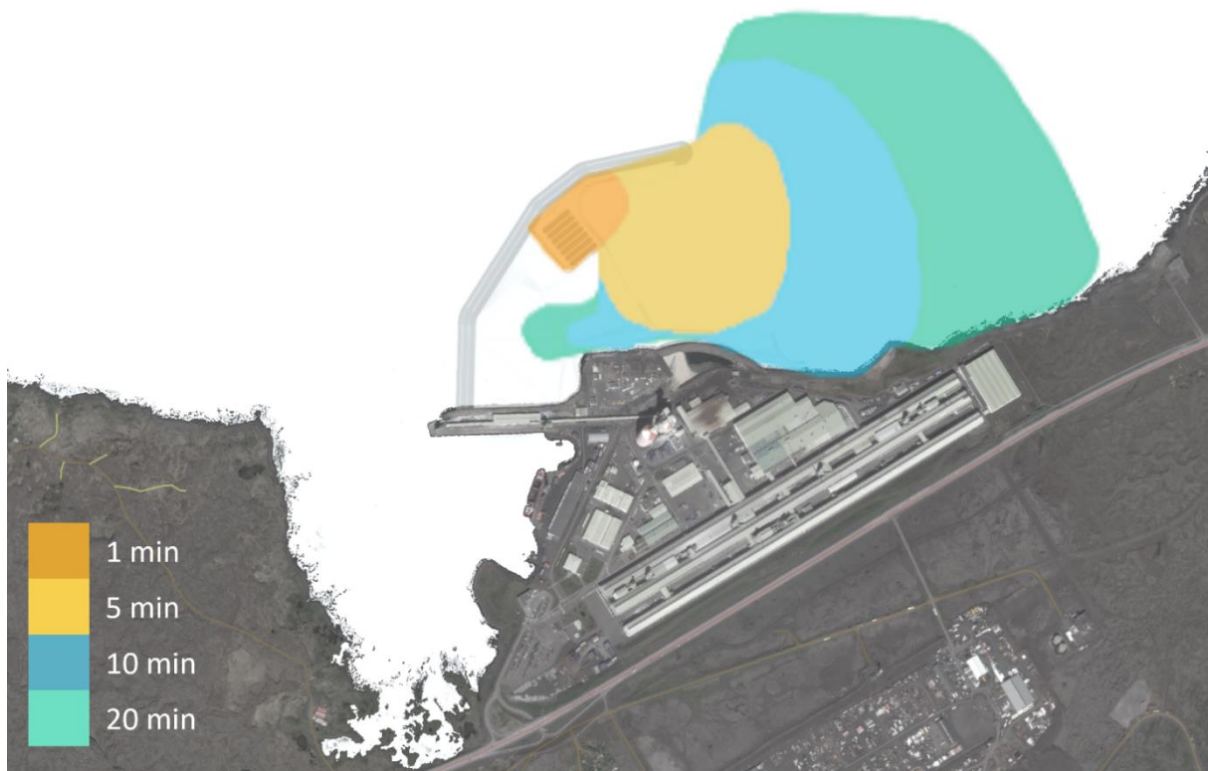
## 8.4.2.3 Lýsing á áhrifum

**Öryggi á hafnarsvæði**

Í áhættugreiningu á meðhöndlun CO<sub>2</sub> og tilheyrandi ferlum er meðal annars fjallað um leka á CO<sub>2</sub>. Þrátt fyrir að CO<sub>2</sub> sé efni sem er náttúrulega til staðar í andrúmsloftinu, þá getur of hátt hlutfall af því haft neikvæð áhrif á heilbrigði og öryggi manna. Hreint andrúmsloft utandyra inniheldur u.þ.b. 0,04% CO<sub>2</sub> (400 ppm) en getur þó verið ívið hærra í þéttbýli [110]. Þar sem CO<sub>2</sub> hefur talsvert hraða þenslu getur leki á vökva með CO<sub>2</sub> leitt til hraðrar aukningar á CO<sub>2</sub> í andrúmslofti. Leki getur leitt til þess að hlutfall CO<sub>2</sub> í andrúmslofti í lokuðu rými hækki töluvert sem getur valdið líkamlegum einkennum hjá fólki. Þrátt fyrir að CO<sub>2</sub> sé almennt ekki eitruð við innöndun þá takmarkar hátt hlutfall CO<sub>2</sub> í andrúmslofti magn súrefnis sem hægt er að anda að sér sem getur valdið höfuðverkjum, sljóleika, svima og í verstu tilfellum köfnun [111]. Leki á CO<sub>2</sub> getur einnig leitt til hraðrar kólnunar innan gasskýs sem myndast. CO<sub>2</sub> kemur til með að verða breytt úr vökvaþfasa í gasþfasa í lykilbyggingu áður en það er flutt eftir lögnum til niðurdælingar. Lekar í lykilbyggingu getur verið hættulegir heilsu þar sem um er að ræða lokað rými, þar sem snögg dreifing er líklegri til að valda köfnunarhættu. Loftræstikerfi lykilbyggingarinnar verður hannað með þessa hættu í huga.

Geymslutankar á landfyllingu við Straumsvíkurhöfn koma til með að geyma allt að 30.000 rúmmetra af CO<sub>2</sub>. Byggður verður allt að 10 metra hár varnarveggur við geymslutankana sem verður opinn til sjávar til þess að sporna við því að CO<sub>2</sub> leiti í átt að landi og að byggingum Carbfix og annars iðnaðar á svæðinu ef til leka kemur (sjá nánar í kafla 5.2). Dreifingarlíkan á CO<sub>2</sub> fyrir slík tilfelli miðar við þær forsendur að sex 5.000 m<sup>3</sup> tankar, með 95% fylli af CO<sub>2</sub> myndu leka. Notast var við forsendur sem talið er að myndu falla undir versta mögulega tilfelli með tilliti til vindáttar, hitastigs í lofti og í tönkum, þrýstings á tönkum og tímalengd leka.

Þar sem CO<sub>2</sub> er þyngra en loft myndar það gasmassa sem liggur ofan við jörðu og sjó. Dreifingarlíkan sýnir hvernig dreifing CO<sub>2</sub> er í kjölfar leka (sjá mynd 8.43). Í þessu tilfelli er þrýstingur á tönkum 18 bör, hitastig í tönkum -45°C, losun 653 kg/s, tími losunar 138 mínútur, varnarveggur 10 m á hæð og leki staðsettur í nyrsta tanki. Líkt og sjá má á myndinni er dreifingin mest út á haf austur af tönkunum og nær dreifingin ekki inn í víkina. Á efri myndinni er horft ofan á ský af CO<sub>2</sub> við leka, og þar sést að lárétt útbreiðslan er þó nokkur. Neðri myndin sýnir hins vegar þverskurð af útbreiðslu í 2 m hæð yfir landfyllingu og á henni má sjá að dreifing CO<sub>2</sub> er mjög takmörkuð í þeirri hæð. Þessir útreikningar gefa til kynna, að mótvægisáðgerð sem felst í skilgreiningu á safnstað fyrir almenning og starfsfólk á svæðinu í allt að 2 m hæð og yfir, er líkleg til að koma í veg fyrir slys á fólki. Veggurinn dregur því úr hættu á því að leki hafi áhrif á heilbrigði og öryggi fólks á hafnarsvæði og athafnasvæði. Veggirnir draga einnig töluvert úr dreifingu CO<sub>2</sub> út fyrir hafnarsvæðið og takmarkar dreifingu í átt að íbúabyggð til vesturs eða austurs og yfir iðnaðarhverfi sunnan við Reykjanesbraut. Fjarlægðir út fyrir hafnarsvæði eru einnig töluverðar og þrátt fyrir að mögulegt sé að CO<sub>2</sub> berist lengra en líkan gefur til kynna verður útþynning CO<sub>2</sub> enn meiri þegar tekur að fjarlægjast upptök lekans, og hætta því takmörkuð.



**MYND 8.43** Dreifing m.v. 6% hlutfall CO<sub>2</sub> í andrúmslofti á mismunandi tíma eftir leka. Efri mynd: Horft ofan á lárétta útbreiðslu CO<sub>2</sub>. Neðri mynd: Þversnið af útbreiðslu CO<sub>2</sub> í 2 m hæð yfir landfyllingu. Byggt á gögnum úr dreifingarlíkani vegna mögulegs leka úr geymslutönkum, unnið af DNV. Kort: DNV, 2024.

Þar sem fyrirhugaðar öryggisráðstafnir gera ráð fyrir að leiða gas í átt að sjónum eru metin möguleg áhrif á upptöku CO<sub>2</sub> í nærliggjandi sjávarkerfi. Tilvik þar sem geymslutankur lekur hefur verið greint með tilliti til mögulegrar áhættu fyrir sjávarkerfi og andrúmsloft. Dreifingarlíkan frá DNV sýnir að CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu sem liggur yfir sjónum geti tímabundið hækkað verulega miðað við ofangreindar forsendur. Niðurstöður hermána sýna einnig að CO<sub>2</sub> dreifist og þynnist hratt út þegar leki á sér stað og því eru einu verulegu áhrifin á andrúmsloft staðbundin skammtímaáhrif. Vegna þessarar hröðu þynningar eru neikvæð langtímaáhrif á andrúmsloft eru talin óveruleg. Aðrir mögulegir lekar út kerfinu væru minni en leki frá tönkum og því er metið sem svo að áhrif af slíkum lekum væru óveruleg. Leki á þessum skala getur borið með sér bráð skammtímaáhrif á nærliggjandi sjó og lífríki hans en ýmsir þættir takmarka umsvif þeirra áhrifa. Langtímaáhrif geta verið neikvæð en líkast til óveruleg vegna hraðrar dreifingar CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu og í sjó þrátt fyrir að möguleg upptaka CO<sub>2</sub> í sjó, sem á sér stað samtímis, sé hröð. Vægi áhrifa vegna upptöku CO<sub>2</sub> í sjávarkerfi veltur á fjölda breyta, til að mynda vindátt og vindhraða, efnasamsetningu sjávar, hitastigi lofts og sjávar, plöntulífi sjávar, straumi, dýpt og lagskiptingu sjávar.

### Leki CO<sub>2</sub> í niðurdælingarferli

Áhættumat vegna mögulegs leka úr lögnum eða borholum var framkvæmt af Carbfix fyrir umhverfismatið. Matið fjallar sérstaklega um leka neðanjarðar þaðan sem CO<sub>2</sub> gæti borist upp á yfirborð. Mat er lagt á mögulegan leka frá niðurdælingarkerfi og geymslugeyminum. Einnig er lagt mat á mögulega áhættu vegna bilana í vöktunar- og öryggiskerfi. Matið er sundurliðað eftir orsökum og líkur á afleiðingum metnar fyrir hverja orsök. Eftirfarandi atriði hafa verið auðkennd:

- **CO<sub>2</sub> leki frá niðurdælingarkerfi og holutoppi:** CO<sub>2</sub> í gasformi sleppur úr niðurdælingarbúnaði vegna skemmda á búnaði, t.d. vegna tæringar, leka við samskeyti, suðu eða flangs, eða vegna galla í uppsetningu.
  - Möguleg hætta á neikvæðum áhrifum er talin **óveruleg** þar sem líkur á að gas sleppi eru metnar miðlungs og möguleg áhrif þess eru metin óveruleg.
- **CO<sub>2</sub> gasbólur rís til yfirborðs inni í holu:** CO<sub>2</sub> gasbólur geta leitað upp á við inni í borholufóðringu ef vatnsstremishraði niður á við í holu er lægri en uppstremishraði gasbólanna eftir að þeim er sleppt í vatnið. Þetta getur leitt til gastappa í holutoppi sem gæti lekið um holutopp.
  - Möguleg hætta á neikvæðum áhrifum er talin **óveruleg** þar sem líkur á að gasbólur rísi til yfirborðs eru metnar litlar og möguleg áhrif þess eru talin óveruleg.
- **CO<sub>2</sub> afgangast:** Ef vatnsþrýstingur við enda fóðringar á niðurdælingarholu er lægri en gasbóluprýstingur getur CO<sub>2</sub> afgangast úr vatninu og risið upp á við og borist í grunnvatn, lífhvolfið eða út í andrúmsloftið.
  - Möguleg hætta á neikvæðum áhrifum er talin **óveruleg** þar sem líkur á ofangreindu eru metnar mjög lágar en möguleg áhrif þess eru nokkuð neikvæð.
- **Fóðurrör skemmist:** Fóðurrör í niðurdælingarholu skemmist vegna tæringar, ógreinds galla við borun eða samsetningargalla.
  - Möguleg hætta á neikvæðum áhrifum er talin **óveruleg** þar sem líkur á að fóðurrör skemmist eru taldar lágar en möguleg áhrif eru metin nokkuð neikvæð.



Í tengslum við gerð umhverfismats var gerð áætlun um fyrirbyggjandi aðgerðir og mótvægisáðgerðir ef til þess kæmi að CO<sub>2</sub> flæði út fyrir skilgreint áhrifasvæði framkvæmdarinnar. Áætlunin tekur bæði á aðgerðum ef vart verður við lóðrétt flæði CO<sub>2</sub>, sem og lárétt flæði úr fyrir skilgreindan geymslugeymi Coda Terminal.

Áætlun ef vart verður við lóðrétt flæði CO<sub>2</sub> út fyrir skilgreint áhrifasvæði tekur bæði til sviðsmynda þar sem CO<sub>2</sub> leitar upp á yfirborð og upp um hafsbotn. Sviðsmynd þessi gerir ráð fyrir að eðlisþyngd hluta af niðurdælds vökva sé léttari en eðlisþyngd vökva í geymslugeymi og flýtur því upp til yfirborðs. Hér er aðeins átt við um þann hluta CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum sem er uppleyst í vatni, og hefur ekki steinrunnið.

Möguleg hættu á neikvæðum áhrifum er talin óveruleg þar sem kortlagning á eðlisþyngd grunnvatns og vatns í geymslugeymi hefur verið framkvæmd í gegnum líkanareikninga, og áætluð eðlisþyngd hefur verið borin saman við eðlisþyngd niðurdælingarvökva. Í tafla 8.8 hér að neðan er samantekt á fyrirbyggjandi aðgerðum sem og mótvægisáðgerðum.

**TAFLA 8.8** Fyrirbyggjandi aðgerðir og mótvægisáðgerðir við lóðréttu CO<sub>2</sub> flæði út fyrir skilgreint áhrifasvæði.

<b>ÁÆTLUN UM AÐGERÐIR EF VART VERÐUR VIÐ LÓÐRÉTT FLÆÐI CO<sub>2</sub> ÚT FYRIR SKILGREINT ÁHRIFASVÆÐI.</b>	
Fyrirbyggjandi aðgerðir	Mótvægisáðgerðir
Greining á framkvæmdarsvæði og nálægum svæðum til að bera kennsla á vatnsflæði neðanjarðar á svæðinu	Stöðvun niðurdælingar í holum nærri viðkomandi svæði, þar sem leki hefur fundist, og niðurdælingarbreytum, s.s. hitastigi, þrýstingi og magni, breytt til að stöðva leka. Færsla niðurdælingar í aðrar holur ef breyting á niðurdælingarbreytum dugar ekki.
Stöðugt eftirlit með sýnatöku og mælingum í vöktunar- og grunnvatnsholum. Gögnum sem safnað er með þessum hætti verða notuð til að áætla flæði og dreifingu niðurdælingarvökvans á svæðinu	Breyting á þrýstingsaðstæðum neðanjarðar, s.s. með auka vatnsniðurdælingu eða minnkun vatnstöku á einstaka stöðum, til að breyta flæði niðurdælingarvökva neðanjarðar.
Niðurdælingarholur verða fódraðar niður í a.m.k. 300 m dýpi	
Uppfærslur á reiknilíkönum út frá eftirlitsgögnum af svæðinu, til að kortleggja flæði og dreifingu niðurdælingarvökvans á svæðinu	
Vöktun með samræmi fyrirbyggjandi niðurstaðna hermana við eftirlitsgögn. Ósamræmi er milli gagna og hermana verða könnuð sérstaklega, og líkön uppfærð ef þörf er á.	

Áætlun ef vart verður við lárétt flæði CO<sub>2</sub> út fyrir skilgreint áhrifasvæði framkvæmdarinnar gerir ráð fyrir sviðsmynd þar sem uppleyst CO<sub>2</sub> flæðir út fyrir skilgreint geymslusvæði framkvæmdarinnar yfir í nærliggjandi svæði. Hér er aðeins átt við um þann hluta CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum sem er uppleyst í vatni, og hefur ekki steinrunnið.

Möguleg hættu á neikvæðum áhrifum er talin lág þar sem stærð geymslugeymis var áætluð út frá kortlagningu á jarðfræðilegum aðstæðum, m.a. út frá gögnum um jarðmyndanir og jarðlagaskipan. Í tafla 8.9 hér að neðan er samantekt á fyrirbyggjandi aðgerðum sem og mótvægisáðgerðum.

**TAFLA 8.9** Fyrirbyggjandi aðgerðir og mótvægisáðgerðir við láréttu CO<sub>2</sub> flæði út fyrir skilgreint áhrifasvæði.

<b>ÁÆTLUN UM AÐGERÐIR EF VART VERÐUR VIÐ LÁRÉTT FLÆÐI CO<sub>2</sub> ÚT FYRIR SKILGREINT ÁHRIFASVÆÐI.</b>	
Fyrirbyggjandi aðgerðir	Mótvægisáðgerðir
Greining á framkvæmdarsvæði og nálægum svæðum til að bera kennsla á vatnsflæði neðanjarðar	Stöðvun niðurdælingar í holum nærri viðkomandi svæði, þar sem leki hefur fundist, og niðurdælingarbreytum, s.s.

	hitastigi, þrýstingi og magni, breytt til að stöðva leka. Færsla niðurdælingar í aðrar holur ef breyting á niðurdælingarbreytum dugar ekki.
Borun niðurdælingarhola a.m.k. 1 km frá jaðri skilgreinds geymslusvæðis	Endurskilgreining á stærð geymslugæymis og geymslusvæðis.
Stöðugt eftirlit með aðstæðum neðanjarðar á svæðinu með sýnatöku og mælingum í vöktunar- og grunnvatnsholum. Gögnum sem safnað er með þessum hætti verða notuð til að áætla flæði og dreifingu niðurdælingarvökvans á svæðinu	
Uppfærslur á reiknilíkönnum út frá eftirlitsgögnum af svæðinu, til að kortleggja flæði og dreifingu niðurdælingarvökvans á svæðinu	
Vöktun með samræmi fyrirbyggjandi niðurstaðna hermana við eftirlitsgögn. Ósamræmi er milli gagna og hermana verða könnuð sérstaklega, og líkön uppfærð ef þörf er á.	

### Hljóðvist

Áhrif á hljóðvist hafa verið metin með tilliti til fyrirbyggjandi forsenda. Skipakomum fjölgar í Straumsvíkurhöfn en gert er ráð fyrir að flutningur hefjist með einu skipi í fyrsta áfanga Coda Terminal. Mögulegt er að annað skip bætist við áður en þeim áfanga lýkur. Líkt og fram kemur í kafla 5.8 er gert ráð fyrir allt að 27 komum hvers skips árlega í höfnina vegna starfsemi Coda Terminal í fyrsta áfanga þess en í öðrum áfanga munu allt að þrjú skip sjá um flutninga og skipakomur verða því allt að 81 á ári. Við full afköst Coda Terminal er gert ráð fyrir að allt að fimm skip sjái um flutninga á CO<sub>2</sub> og að komur þeirra verði um 92-135 á ári og má gera ráð fyrir að skipakomur verði allt að rúmlega þrefalt fleiri en þær voru árið 2022. Þá er gert ráð fyrir að skipin verði affermd á 12 tímum. Skipakomur á vegum Carbfix verða allar á nýjum hafnarkanti sem verður lokaður öðrum aðilum en skipum á vegum Carbfix. Gert er ráð fyrir landtengingu á nýjum hafnarkanti en áhrif landorku er mismikil eftir tegundum skipa. Landorka gefur ekki marktæka hávaðaminnkun í skipum þar sem loftræsting og viftur eru ráðandi hávaðagjafar. Á tímabilinu sem skip er að sigla inn eða liggja við bakkann má búast við að hljóðstigið verði komið í um  $L_{Aeq}$  30 dB í 2 km fjarlægð frá höfninni en næsta skilgreinda íbúðarhverfi frá Straumsvíkurhöfn er staðsett 2 km austan við hana. Samlegðaráhrif þess eru áætluð um 1 dB hækkun á hljóðstigi miðað við núverandi hávaða frá Straumsvík.

Gera má ráð fyrir að aukning verði á hávaða vegna skipakoma í tengslum við Coda Terminal og vegna fyrirhugaðs nýs viðlegubakka. Þegar hljóðorkan tvöfaldast (t.d. þegar skipa umferð tvöfaldast) eykst hljóðstigið um 3 dB. Breyting á hljóðstigi um 1 dB er varla merkjanleg/heyranlegt, en breyting upp á 10 dB er skynjuð af flestum sem helmingun/tvöföldun á hávaða.

Ljóst er að hljóðstigið er undir þeim viðmiðunarmörkum sem hér eru til grundvallar varðandi hávaða frá atvinnustarfsemi að næturlagi og er áhrif því metin **óveruleg**.

#### 8.4.2.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Eftirfarandi eru mótvægisáðgerðir sem innleiddar verða vegna öryggis á hafnarsvæði:

- Hönnunarþrýstingur geymslutanka og lagna og niðurdælingarkerfis er talsvert hærri en vinnuþrýstingur kerfisins.

- CO<sub>2</sub> safnkerfi kemur í veg fyrir leka á CO<sub>2</sub> til umhverfis í flestum tilfellum sem öryggislokar opnast vegna yfirþrýstings.
- Varnarveggir umhverfis geymslutanka sem leiðir CO<sub>2</sub> til sjávar og dregur úr líkum á að CO<sub>2</sub> berist í átt að byggingum á og við Straumsvíkurhöfn og íbúabyggð utan við hafnarsvæði.
- Grjótgarður milli sjávar og hafnarbakka verður hannaður með næga lekt til þess að CO<sub>2</sub> geti lekið til sjávar.
- Söfnunarstaður í allt að 2 m hæð verður skilgreindur og merktur.
- Geymslugámar og gasleiðslur munu hafa vökvainnihaldsmæli og þrýstimæli sem gefa viðvörðun við of háan og of lágan þrýsting.
- Ítarleg vöktunaráætlun, þar með talið notkun á snjallskynjurum sem meta grunnástand geymslutanka og gasleiðslur fyrir ræsingu (e. *Pig launchers & receivers*).
- Öryggislokar verða notaðir milli einangrunarloka.

Eftirfarandi eru mótvægisáðgerðir sem innleiddar vegna leka CO<sub>2</sub> í niðurdælingarferli:

- Verklagsreglur fyrir uppgröft í grennd við niðurgrafnar gasleiðslur verða gerðar og fylgt til að lágmarka áhættu á skaða lagna af þriðja aðila.
- Niðurdælingarkerfi verður smíðað úr tæringarvörðum efnum.
- Fylgst verður með massahlutfalli vatns og CO<sub>2</sub> og gasbóluprýstingur er reiknaður. Niðurdælingarkerfi verður stillt þannig að gasbóluprýstingur sé að jafnaði a.m.k. 5 bar lægri en vatnsþrýstingur við fóðringarenda hverrar niðurdælingarholu.
- Fóðringar verða úr tæringarvörðum efnum (ryðfríu stáli eða samsettum plastefnum).
- Ástand fóðringa verður metið á fimm ára fresti með hljóðsjá og myndatöku.

Ekki er talin þörf á mótvægisáðgerðum vegna hljóðavistar.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á heilbrigði og öryggi

Áhrifin eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum ásamt þeim fjölda fólks sem kann að verða fyrir mögulegum áhrifum. Möguleg áhrif eru metin tímabundin og að mestu afturkræf. Þá eru áhrifin metin staðbundin. Með tilliti til ofangreindra áhrifa og mótvægisáðgerða telur framkvæmdaraðili áhrifin verða **óveruleg**.

### 8.4.3 Loftgæði

#### 8.4.3.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Skipaumferð mun aukast á rekstartíma Coda Terminal vegna flutninga CO<sub>2</sub> til landsins. Útblástur frá þeim skipum hefur möguleg áhrif á loftgæði í nálægð við Straumsvíkurhöfn.

Möguleg áhrif vegna útblásturs frá skipum eru mest næst Straumsvíkurhöfn og nærliggjandi svæði og fara dvínandi með aukinni fjarlægð frá höfninni. Þá getur vindhraði og vindátt haft áhrif á dreifingu útblásturs.

Við mat á áhrifum eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir
- Reglugerð nr. 787/1999 um loftgæði
- Reglugerð nr. 920/2016 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmslofti, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings.
- Landsáætlun um loftgæði, gefin út af Umhverfisstofnun

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á staðbundin loftgæði á svæðinu er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Loftgæðamælingar Umhverfisstofnunar og Rio Tinto.
- Upplýsingar um hönnun flutningaskipa og innviða á nýju hafnarsvæði Straumsvíkurhafnar.

#### 8.4.3.2 Grunnástand

Fyrirhugað framkvæmdasvæði er í nálægð við álver Rio Tinto í Straumsvík. Frá álverinu losnar brennisteinsdíoxíð (SO<sub>2</sub>), svifryk (PM), flúoríð (F), koldíoxíð (CO<sub>2</sub>) og lítilsháttar kolmónoxíð (CO) [112]. Á aðliggjandi athafna- og iðnaðarsvæði er starfræktur iðnaður á borð við malbikunarstöð og steypustöð sem geta haft í för með sér staðbundna mengun, þá sérstaklega á svifryki. Reykjanesbraut liggur jafnframt um fyrirhugað framkvæmdasvæði og er meðalumerfið á dag yfir árið um 19 þúsund ökutæki/sólarhring [113]. Umferð ökutækja í dag getur valdið staðbundinni mengun, til dæmis á kolmónoxíð (CO), óson (O<sub>3</sub>) og köfnunarefnisoxíð (NO<sub>x</sub>).

Rio Tinto á Íslandi hefur staðið fyrir vöktun á ákveðnum loftgæðapáttum frá árinu 1969 [112] og rekur Rio Tinto, ásamt Umhverfisstofnun, loftgæðamælistöð sem staðsett er norðan við Hvaleyrarholtið í Hafnarfirði [114]. Einnig er loftgæðamælistöð við Norðurhelli í Hafnarfirði, rekin af Heilbrigðiseftirliti Garðabæjar, Hafnarfjarðar, Kópavogs, Mosfellsbæjar og Seltjarnarness [115]. Á mælistöðvunum er mældur styrkur svifryks (PM), brennisteinsdíoxíðs (SO<sub>2</sub>), brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S) og köfnunarefnisdíoxíðs (NO<sub>2</sub>) en heilsuverndarmörk þessara efna eru skilgreind í reglugerð nr. 920/2016. Ekki hafa verið sett heilsuverndarmörk fyrir CO<sub>2</sub>. Tafla 8.10 sýnir niðurstöður loftgæðamælinga í Hafnarfirði frá árinu 2023 ásamt heilsuverndarmörkum sbr. reglugerð nr. 920/2016.

**TAFLA 8.10** Niðurstöður frá loftgæðamælistöðvum í Hafnarfirði. Meðaltal af klukkustundagildum yfir árið 2023 og viðmiðunarmörk vegna heilsu manna sbr. reglugerð 920/2016.

LOFTGÆÐAPÁTTUR	NORÐURHELLA (ÁRSMEÐALTAL)	HVALEYRARHOLT (ÁRSMEÐALTAL)	VIÐMIÐUNARMÖRK (ÁR)	VIÐMIÐUNAR- MÖRK (SKAMMTÍMA)
Svifryk (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>10</sub> : 7,0 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> : 4,3 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> : 40 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2,5</sub> : 20 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup> á sólarhring, og ekki oftár en 35 sinnum yfir árið.
Brennisteinsdíoxíð (SO <sub>2</sub> )	3,7 µg/m <sup>3</sup>	4,1 µg/m <sup>3</sup>	-	350 µg/m <sup>3</sup> á klukkustund, og ekki oftár en 24 sinnum yfir árið.
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	4,3 µg/m <sup>3</sup>	3,4 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> á klukkustund, og

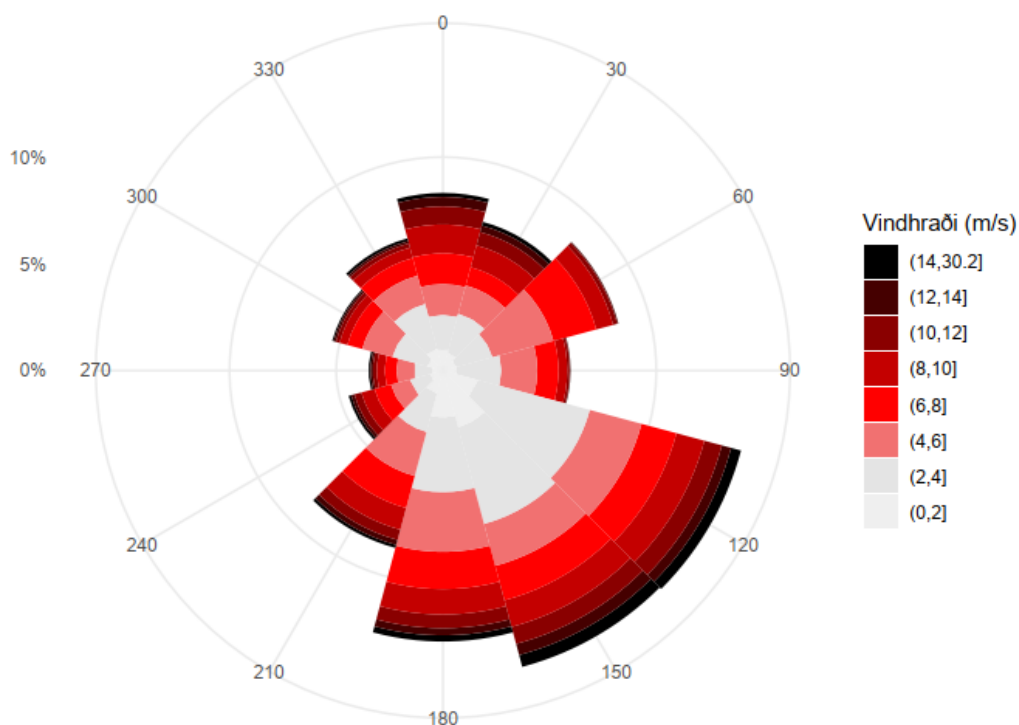


				ekki oftár en 3 sinnum yfir árið.
<b>Köfnunarefnisdíoxíð (NO<sub>2</sub>)</b>	9,9 µg/m <sup>3</sup>	5,4 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup> á klukkustund, og ekki oftár en 18 sinnum yfir árið.

Loftgæði á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði eru almennt góð þegar litið er til mælinga á svæðinu árið 2023. Við Norðurhelli voru gildi undir viðmiðum ef frá eru talin sjö skipti þar sem klukkustundargildi fyrir brennisteinsvetni (H<sub>2</sub>S) fór yfir 50 µg/m<sup>3</sup>. Ársmeðaltal er þó undir viðmiðum. Við Hvaleyrarholt var gildi brennisteinsvetnis undir viðmiðum fyrir árið en 10 mælingar á árinu fóru yfir 50 µg/m<sup>3</sup> sem er hámarksviðmið fyrir klukkustundagildi.

Heilsufarsleg áhrif brennisteinsvetnis eru lítið þekkt en þeir sem viðkvæmir eru í lungum t.d. vegna sjúkdóma kunna að finna meira fyrir einkennum við hærri gildi í andrúmslofti. Gasinu fylgir einnig sérkennileg lykt, líkt og hveralykt, sem sumir eru viðkvæmir fyrir.

Á mynd 8.44 má sjá vindrós sem sýnir árlega tíðni vindátta og vindhraða, byggð á gögnum frá mæli Veðurstofu Íslands í Straumsvík (mæli nr. 1437) frá árunum 1995-2023. Á myndinni sést að við mælistöðina í Straumsvík eru suð- og suðaustlægar áttir algengastar og mestur vindhraði er úr þeim áttum. Einnig eru norð- og norðlægar áttir algengar, þar sem hafgola er algengari á sumrin en veturna. Mælingar frá veðurstöðinni eru undir áhrifum frá byggingum álversins ca. 240 metra austan við stöðina. Skjóláhrif frá byggingunum sjást í mælingunum í austanáttum, þar sem dregur úr vindhraða og einnig má vænta einhverra áhrif á mælda vindátt. Vegna staðsetningar veðurstöðvarinnar má vænta aðeins hærri vindhraða lengra út á hafnarsvæðinu og við staðsetningu skipa.



**MYND 8.44** Vindrós byggð á gögnum frá mæli Veðurstofu Íslands í Straumsvík (mæli nr. 1437) frá árunum 1995-2023.

#### 8.4.3.3 Lýsing á áhrifum

Fyrirhugaðar framkvæmdir og stækkun á Straumsvíkurhöfn gerir ráð fyrir innviðum fyrir landtengingu skipa strax í fyrsta áfanga verkefnis. Við landtengingu koma skipin því til með að nýta endurnýjanlega orku frá landi og munu því ekki ganga á vélarafli við löndun. Þetta kemur til með að draga allverulega úr staðbundinni losun á mengandi efnum sem kemur því til með að vera óveruleg með tilliti til framkvæmdasvæðis og nærumhverfis.

Leitast verður við að skip sem sigla til Coda Terminal verði rekin á eins umhverfisvænan hátt og kostur er. Þar hefur grænt metanól verið nefnt sem álitlegur kostur en stór skipafélög eins og MAERSK hafa í pöntun skip sem ganga fyrir metanóli. Aftur á móti er framleiðslugeta á grænu metanóli mjög takmörkuð á heimsvísu og ekki er gert ráð fyrir að það verði í boði á Íslandi á næstu árum. Álitlegur kostur væri að nota tví-eldsneytis vélar (e. dual fuel) sem geta gengið hvoru tveggja á skipaolíu og metanóli eða skipaolíu og LNG. Þá væri mögulegt að keyra að stærstum hluta á umhverfisvænum orkugjafa (95%) og einungis að litlum hluta á skipaolíu (Low Sulphur Marine Gas Oil, LSMGO) (5%) ef framboð eykst í framtíðinni.

Með notkun á grænu metanóli má bæði lækka útblástur á CO<sub>2</sub> og einnig draga úr losun á brennisteinsoxíðum (SO<sub>x</sub>), nituroxíðum (NO<sub>x</sub>) og svifryki (PM) [116]. Notkun slíks eldsneytis mun einnig draga úr mögulegri staðbundinni mengun við aðkomu og brottför skipanna frá höfninni í Straumsvík.

Veðurfar hefur veruleg áhrif á dreifingu loftborinnar mengunar. Veðuraðstæður í Straumsvík eru heppilegar þegar horft er til dreifingar á hugsanlegri loftmengun þar sem algengustu vindáttir blása mengunarefnum af landi og út á sjó. Meðalvindhraði frá mælingunum er 5,4 m/s en við hærri vindhraða eða óstöðugra veðurfar á sér stað meiri þyngning á loftmengun.

#### 8.4.3.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Coda Terminal er ekki talin hafa nein áhrif á staðbundin loftgæði en sjóflutningar, sem eru tengdar framkvæmdir, geta haft áhrif. Fyrirhugaðar framkvæmdir á Straumsvíkurhöfn og uppbygging á innviðum fyrir landtengingu er mótvægisáðgerð sem er m.a. í þágu staðbundinna loftgæða. Til framtíðar er að auki ætlunin að skip sem notuð verða til flutninga á CO<sub>2</sub> til Straumsvíkur verði hönnuð með tilliti til þess að takmarka útblástur og mengun. Gert er ráð fyrir að notað verði grænt eldsneyti fyrir þau í sem hæstu hlutfalli, með notkun á metanóli og að lokum eingöngu með því að skipta út skipaolíu fyrir lífdísil. Hægt verður að fylgjast vel með loftgæðamælum á framkvæmdasvæði og bera niðurstöður frá þeim við grunnástand fyrir framkvæmd.

##### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á loftgæði

Áhrif tengdra framkvæmda, sjóflutninga, eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum. Þau eru tímabundin og afturkræf auk þess að vera staðbundin. Að teknu tilliti til þess að loftgæði á framkvæmdasvæðinu eru almennt góð og að gert er ráð fyrir landtengingu fyrir flutningaskip CO<sub>2</sub>, er það mat framkvæmdaraðila að framkvæmdin komi til með að hafa **óveruleg** áhrif á staðbundin loftgæði.

#### 8.4.4 Landslag og ásýnd

##### 8.4.4.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Mannvirkjagerð kemur til með að hafa áhrif á landslag á ásýnd. Gert er ráð fyrir að geymslutankar á hafnarsvæði verði innan við 16 m á hæð og að skýli yfir niðurdælingarholum á borteigum verði 3 m á hæð.

Áhrifasvæði landslags og ásýndar miðar við það svæði þar sem mannvirki framkvæmdarinnar gætu verið sýnileg. Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á landslag og ásýnd eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Lög um náttúruvernd nr. 60/2013
- Evrópski landslagssáttmálinn
- Fjölbreytileiki landslags, náttúrulegt yfirbragð og sérstaða þess
- Gildi landslags og hversu viðkvæmt landslagið er fyrir breytingum
- Hversu mikið kemur framkvæmdin til með að skerða útsýni

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á landslag og ásýnd er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Ásýndarmyndir þar sem tölvugerð líkön af mannvirkjum og skipum í Straumsvíkurhöfn hafa verið færð inn á myndir af framkvæmdasvæði.
- Kortlagningu Skipulagsstofnunar á landslagsgerðum á landsvísu [117].
- Landslags- og ásýndargreiningu sem gerð var vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar frá Hvassahrauni að Krísuvíkurvegi [118].

##### 8.4.4.2 Grunnástand

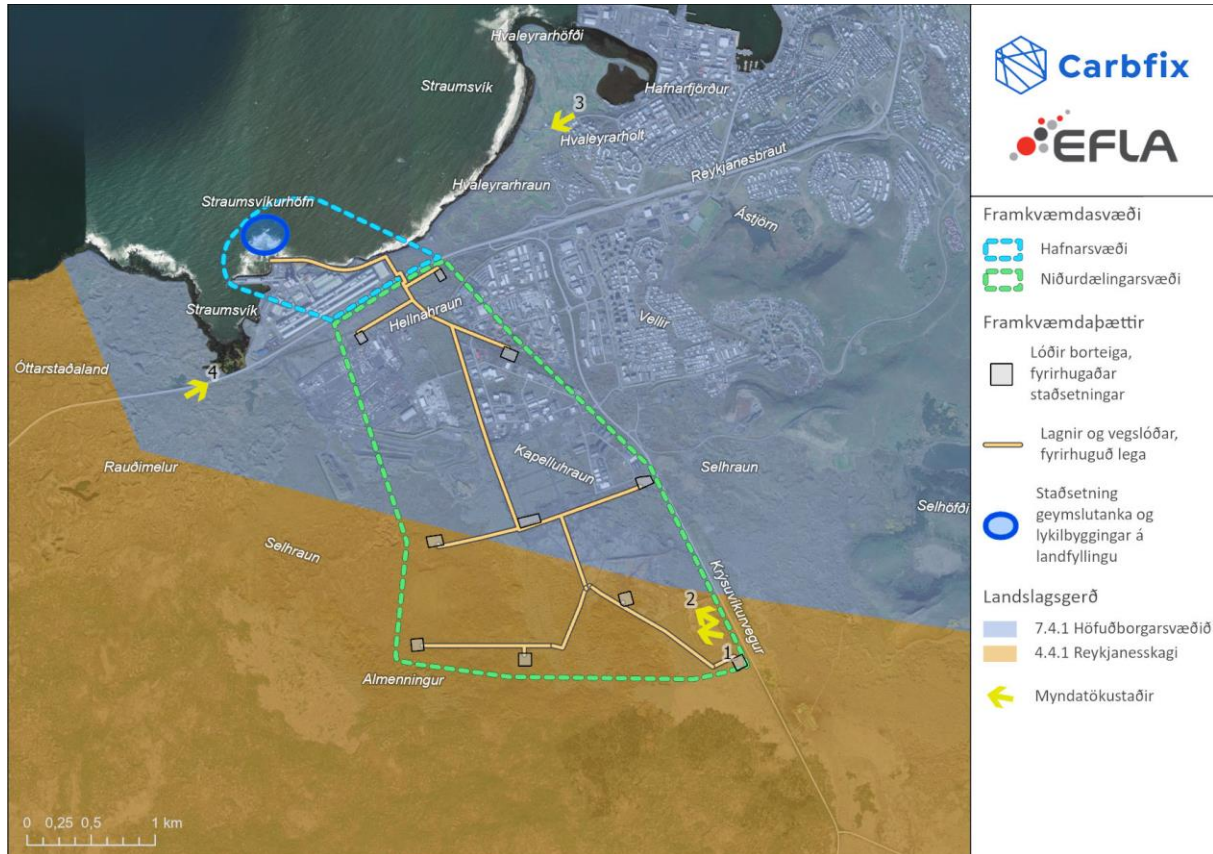
Landslagið sem framkvæmdasvæðið tilheyrir er nokkuð flatt og afmarkast sjónlínur af hafinu og af fjöllum í fjarska, þar með talið Esjunni, Bláfjöllum og Keili. Nokkuð er um alaskalúpínubreiður og skógrækt. Landslagið ber greinileg ummerki áhrifa mannsins þar sem mannvirki og byggingar höfuðborgarsvæðisins sjást víða. Framkvæmdasvæðið sjálf stendur á mörkum þessa manngerða landslags. Vestan af framkvæmdasvæðinu taka við hraunbreiður sem eru að mestu þaktar mosa auk lágreists birkikjarrs.

Framkvæmdasvæðið stendur á mótum tveggja landslagsheilda samkvæmt kortlagningu Skipulagsstofnunar á landslagsgerðum, sjá mynd 8.45 [117]. Samkvæmt kortlagningunni tilheyrir hluti svæðisins landslagsgerð 7.4.1 Höfuðborgarsvæðið. Um landslag höfuðborgarsvæðisins stendur í skýrslunni:

*Þéttbýlt svæði við strendur Faxaflóa. Land nær frá sjó upp í um 150 m hæð yfir sjávarmáli. Strandlengjan er vogskorin. Landformið er flatt við strendur en hæðótt þegar kemur innar í landið. Samfelld byggð er á svæðinu með þéttu gatnakerfi. Almenn er eldri hluti byggðarinnar lægri og lengra milli bygginga en í yngri hluti byggðarinnar eru byggingar hærri og þéttari. Síðari ár hefur þétting byggðar þó breytt þessu mynstri. Milli bygginga er í einhverjum tilfellum grasi gróin svæði, tré og runnar. Gróður er meira áberandi í eldri hluta byggðarinnar. Í jaðri svæðisins er skóglendi og ræktað land [117].*

Fyrirhugað framkvæmdasvæði nær einnig inn á landslagsgerð sem skilgreind er sem ungt hraun á láglandi. Um landslagsgerð 4.4.1 Reykjanesskagi stendur m.a. í skýrslunni:

*Nes við suðvesturströnd landsins. Land nær frá sjó upp í 300 m hæð yfir sjávarmáli. Landform er fremur flatt eða öldótt með stökum lágum fjöllum. Úfin en gróin hraun þekja nær allt yfirborð. Gróður er aðallega mosi og lyng. Hraun ná víða út í sjó, auk þess sem sums staðar eru björg við ströndina [117].*



**MYND 8.45** Landslagsgerðir samkvæmt kortlagningu sem unnin var fyrir Skipulagsstofnun ásamt myndatökustöðum þaðan sem myndir af framkvæmdasvæðinu voru teknar. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Staðsetning geymslutanka er táknuð með bláum hring. Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Örvarnar gefa til kynna hvert sjónarhorn er frá viðkomandi myndatökustað. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skipulagsstofnun [117].

Framkvæmdasvæðið sjálft samanstendur bæði af röskuðu iðnaðarsvæði og grónu hraunlandi á óbyggðu svæði. Nokkuð er um hóla og hæðir á öröskuðu hrauninu og birkikjarr vex víða (mynd 8.48). Vegslóðar liggja um hraunið. Við suðurenda framkvæmdasvæðisins er skógræktarsvæði. Við norðurenda svæðisins stendur álverið í Straumsvík ásamt Straumsvíkurhöfn og tilheyrandi mannvirkjum. Að álverinu liggja loftlínur (Ísallínur 1 og 2) og um norðanvert svæðið liggur Reykjanesbraut. Á framkvæmdasvæðinu er iðnaðarsvæði og athafnasvæði samkvæmt skipulagi. Þar er ýmiss konar iðnaður sem setur sinn svip á landslagið t.a.m. steypuframleiðsla.

Á myndum 8.46-8.50 má sjá landslag við fyrirhugað framkvæmdasvæði.





**MYND 8.46** Horft yfir hluta af framkvæmdasvæðinu, í suðausturátt frá álverinu í Straumsvík. Við sjóndeildarhringinn má sjá Bláfjöll. Mynd: EFLA, 2023.



**MYND 8.47** Horft yfir framkvæmdasvæðið í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Í forgrunni má sjá akstursípróttasvæði Akstursípróttafélags Hafnarfjarðar (AÍH). Mynd: EFLA, 2023.





**MYND 8.48** Framkvæmdasvæðið séð frá hluta þess sem er óraskað. Við sjóndeildarhring má sjá álverið í Straumsvík og höfuðborgarsvæðið. Mynd: EFLA, 2023.



**MYND 8.49** Hluti framkvæmdasvæðisins er skilgreindur sem iðnaðarsvæði. Mynd: EFLA, 2022.





**MYND 8.50** Hluti framkvæmdasvæðisins er skilgreindur sem iðnaðarsvæði. Við sjóndeildarhring má sjá álverið í Straumsvík og meðfram því liggur Reykjanesbraut. Mynd: EFLA, 2022.

#### 8.4.4.3 Lýsing á áhrifum

Mannvirkjagerð er sá þáttur framkvæmdarinnar sem mun hafa hvað mest áhrif á landslag og ásýnd. Helstu byggingar framkvæmdarinnar munu hýsa rafbúnað í tengslum við niðurdælingu á CO<sub>2</sub> á niðurdælingarsvæði auk mannvirkja og geymslutanka við Straumsvíkurhöfn sem munu hýsa CO<sub>2</sub> á vökvaformi.

Á hverjum borteig verða allt að átta niðurdælingarholur auk stjórnbyggingar. Hönnun hvers teigs mun taka mið af aðstæðum á hverjum stað hvort sem um er að ræða lóð á iðnaðarsvæði, á athafnasvæði eða á opnu svæði. Myndir 8.51-8.54 sýna dæmi um breytilegt útlit borteiga eftir staðsetningu. Myndir 8.55-8.58 sýna hugsanlegt útlit mannvirkja framkvæmdarinnar í landslaginu. Myndir þessar sýna ásýnd og hugsanlegt útlit mannvirkja miðað við að skýli yfir niðurdælingarholum verði í samskonar litum og á geymslusvæði Carbfix og vinnslusvæði Orku náttúrunnar á Hellisheiði, en lokaákvörðun um útfærslu mannvirka verður tekin við hönnun þeirra í samráði við skipulags- og byggingaryfirvöld í Hafnarfirði.



**MYND 8.51** Mögulegt útlit borteigs á opnu svæði þar sem hraun einkennir umhverfið. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.



**MYND 8.52** Mögulegt útlit borteigs á mörkum þegar byggðs svæðis og opins svæðis. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í for- og bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.



**MYND 8.53** Mögulegt útlit borteigs innan byggðar á iðnaðar- og/eða athafnasvæði. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.





**MYND 8.54** Mögulegt útlit borteigs á opnu svæði þar sem kjarr og skógrækt einkennir umhverfið. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.



**MYND 8.55** Sjónarhorn 1. Ásýnd svæðisins með tilkomu borteiga Coda Terminal með ljósum mannvirkjum. Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Mynd tekin í um 120 m yfir yfirborði. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.





**MYND 8.56** Sjónarhorn 2. Ásýnd svæðisins með tilkomu borteiga Coda Terminal með dökkum mannvirkjum. Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Mynd tekin í um 120 m hæð yfir yfirborði. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024.



MYND 8.57 Sjónarhorn 3. Ásýnd svæðisins með tilkomu Coda Terminal. Horft í átt að framkvæmdasvæðinu og Straumsvíkurhöfn, í suðvesturátt. Mynd: EFLA, 2023.





**MYND 8.58** Sjónarhorn 4. Ásýnd hafnarsvæðisins með tilkomu Coda Terminal. Horft í átt að hafnarsvæðinu frá Reykjanesbraut, í austurátt. Mynd: EFLA, 2023.

Áhrif mannvirkja Coda Terminal á landslag og ásýnd eru breytileg eftir staðsetningu þeirra. Við höfnina munu mannvirki Coda Terminal falla að núverandi ásýnd hafnarinnar sem og fyrirhugaðri stækkun hennar. Geymslutankar framkvæmdarinnar verða staðsettir við Straumsvíkurhöfn þar sem önnur og hærrí mannvirki eru fyrir, t.d. álverið í Straumsvík og sílóar þess sem eru um 50-60 m háir. Áætlað er að geymslutankar Coda Terminal verði innan við 16 m að hæð og 12 m á breidd og er fjöldi þeirra er háður útfærslu. Mannvirki á borteigum svo sem skýli yfir niðurdælingarholum og stjórnbyggingar koma ekki til með að standa hátt upp úr landslaginu, en skýli yfir niðurdælingarholum verða allt að 3 m á hæð.

Sex af tíu borteigum verða staðsettir þar sem framkvæmdin nær inn á landslagsheildina 7.4.1 *Höfuðborgarsvæðið*. Þar koma mannvirkin ekki til með að hafa veruleg áhrif á ásýnd landslagsins. Á iðnaðar- og athafnasvæðum verða borteigar inni á milli starfsemi sem fyrir er og munu því falla að umhverfinu sem er þar fyrir. Einnig liggja fyrir áform Hafnarfjarðarbæjar um stækkun athafna- og iðnaðarsvæðis til suðurs og verða borteigar staðsettir innan þess.

Fjórir af tíu borteigum munu ná lengra suður og út að opnu svæði, inn á landslagsheildina 4.4.1 *Reykjaneskagi*. Tveir borteigar verða staðsettir vestar og lengra úti á svæði þar sem hraun og gróður er að mestu leyti óraskað og má þar búast við breytingu á ásýnd lands með tilkomu borteiga Coda Terminal. Borteigarnir og mannvirki þeirra verða þó hannaðir á þann hátt að þeir falli vel að landslaginu.

#### 8.4.4.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Framkvæmdaraðili leggur ríka áherslu á góðan frágang að framkvæmdum loknum auk landmótunar og landgræðslu á borteigum, sjá umfjöllun um frágang í kafla 5.6. Stuðst verður við landgræðsluáðferðir sem hafa reynst árangursríkar í verkefnum Orkuveitunnar og Orku náttúrunnar á Hellisheiði og verður landslagið þannig fært aftur til fyrra horfs og ásýndaráhrif takmörkuð.

#### **Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á landslag og ásýnd**

Framkvæmdin kemur til með að hafa bein og neikvæð áhrif á ásýnd lands á þeim borteigum þar sem raska þarf áður óröskuðu hrauni og vistgerðum. Með góðum frágangi og landgræðslu á borteigum má þó milda áhrifin og eru þau að öllu afturkræf, það er að rekstrartíma loknum er hægt að koma landslaginu aftur til fyrra horfs með enn frekari landgræðslu og landmótun. Áhrifin eru að mestu staðbundin og taka ekki til umfangsmikils svæðis. Framkvæmdin er á mörkum landslagsheildar sem einkennist af manngerðum eiginleikum (7.4.1 *Höfuðborgarsvæðið*) og getur ekki talist viðkvæm fyrir breytingum. Vegna þessa eru áhrif framkvæmdarinnar á landslag og ásýnd metin **óveruleg**.

#### 8.4.5 Menningarminjar

##### 8.4.5.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Beint rask af völdum mannvirkjagerðar gæti mögulega valdið áhrifum á umhverfisþáttinn menningarminjar.

Áhrifasvæði vegna vistgerða miðast við framkvæmdasvæði framkvæmdarinnar (mynd 8.59).

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á menningarminjar eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Lög um menningarminjar nr. 80/2012
- Skrá um friðlýstar fornleifar

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á menningarminjar er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Fornleifaskrá Byggðasafns Hafnarfjarðar frá 2021, endurskráning allra fornminja í sveitarfélaginu vegna aðalskipulags [119].
- Fornleifaskráning Byggðasafns Hafnarfjarðar frá 2020, vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar og breyttrar landnotkunar [120].
- Fornleifaskráningar Fornleifastofnunar Íslands frá 2020, vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar [121].
- Endurskoðun Fornleifafræðistofunnar á skýrslum um fornleifar í Hafnarfirði frá 2014 vegna framkvæmdaleyfis fyrir Suðurnesjalínu 2 [122].
- Fornleifaskráning Fornleifafræðistofunnar frá 2014 vegna fyrirhugaðra lagningu Suðurnesjalínu 2 [123].

##### 8.4.5.2 Grunnástand

Fornleifar hafa verið skráðar á svæðinu í tengslum við aðalskipulag Hafnarfjarðar [119], vegna Suðurnesjalínu 2 [122], [123] og vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar [120], [121] (mynd 8.59). Ná þessar fornleifaskráningar yfir framkvæmdasvæði Coda Terminal og eru í samræmi við lög um menningarminjar nr. 80/2012. Á mynd 8.59 má sjá staðsetningu fornleifa innan framkvæmdasvæðisins. Kortið sýnir einnig staðsetningu friðaðra og friðlýstra fornleifa, sem og 100 m friðhelgað svæði friðlýstra fornleifa og 15 m friðhelgað svæði umhverfis fornleifar sem njóta friðunar samkvæmt 22. gr. laga um menningarminjar nr. 80/2012.

Eina friðlýsta fornleif er að finna innan framkvæmdasvæðisins, Kapellu heilagrar Barböru, sem er staðsett sunnan Reykjanesbrautar, til móts við álverið í Straumsvík. Fornleifin er bænahús, hlaðin tóft úr grjóti og stóð frá 1151 til 1750 [119].

Ein fornleif, Gerðisstígur, liggur frá Gerði og inn á framkvæmdasvæðið og hafa vörður á leið hans verið skráðar í fornleifaskráningum en ekki stígurinn sjálfur. Stígurinn liggur í sveigjum eftir landinu og er nokkuð greinilegur, gras- og mosavaxinn [124]. Um Gerðisstíg segir í fornleifaskráningu vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar: „*Enn sjást mjög óljós ummerki um leið sem er um 40 m löng og liggur hér um bil vestur-austur. Leiðin er 0,4 m breið -0,2–0,4 m djúp. Botn hennar er mosagróinn en sums staðar standa hraungrýti upp úr mosanum.*“ [121]. Í endurskoðun Fornleifafræðistofunnar á skýrslum um fornleifar í Hafnarfirði vegna Suðurnesjalínu 2 var ástand stígsins metið lélegt [122].





**MYND 8.59** Skráðar fornleifar við fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal. Friðlýstar og friðaðar fornleifar eru sýndar táknaðar með stjörnum, friðhelgað svæði friðlýstra og friðaðra fornleifa táknum með appelsínugulum ferli. Fornminjar eru táknaðar með appelsínugulum punktum og línum. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blátri punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Staðsetning geymslutanka er sýnd með bláum hring. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Minjastofnun Íslands og Bygðasafni Hafnarfjarðar.

#### 8.4.5.3 Lýsing á áhrifum

Við valkostagreiningu á staðsetningu og dreifingu borteiga og legu lagna var farið eftir landupplýsingum um skráðar fornminjar á framkvæmdasvæðinu úr skráningum sem voru gerðar eftir að ákvæði um skráningu fornleifa voru uppfærð í lögum um menningarminjar nr. 80/2012. Reynt var að staðsetja borteiga á þann hátt að framkvæmdin raski fornminjum sem minnst.

Vegna fjarlægðarskilyrða á milli borteiga, sem þarf til þess að holuferlar niðurdælingarhola neðanjarðar skarist ekki, var nauðsynlegt að staðsetja borteiga á þann veg að hluti af einni fornleif kann að raskast vegna framkvæmdanna, Gerðisstígur. Óljóst er þó hvort stígurinn komist til með að raskast þar sem stígurinn hefur ekki verið skráður í fornleifaskráningum heldur einungis vörður á leið hans. Sem fyrr segir hefur ástand hans verið metið lélegt og er hann að mestu hulinn gróðri og mosa [122], [121]. Fyrir liggja þó áform Hafnarfjarðarbæjar um stækkun athafna- og iðnaðarsvæðis til suðurs í heildarendurskoðun aðalskipulags sem gæti einnig haft áhrif á stíginn.

Á framkvæmdatíma gæti Gerðisstígur raskast vegna lagningu vega og lagna auk þess sem jarðvegsskipta þarf á borteigum sem kæmi til með að eyða ummerkjum stígsins ef borteigar eru staðsettir þar sem stígurinn liggur. Óvíst er hvort eða að hvaða leyti framkvæmdin gæti haft áhrif á



Gerðisstíg og mun því framkvæmdaraðili fá fornleifafræðing til þess að kortleggja stíginn, áður en framkvæmdir hefjast.

#### 8.4.5.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Framkvæmdaraðili leggur ríka áherslu á frágang og landgræðslu að framkvæmdatíma loknum, sjá kafla 5.6, og verða borteigar opnir almenningi að framkvæmdum loknum. Framkvæmdin kemur því ekki til með að hefta aðgengi um Gerðisstíg heldur mun framkvæmdaraðili sjá til þess að koma stígnum í samt horf að framkvæmdum loknum með landmótun og landgræðslu. Á borteigum og við þverun lagna og vegslóða, þar sem Gerðisstígur gæti komið til með að raskast, verður þannig lagður nýr stígur í sömu götu til að viðhalda aðgengi um hann. Á mynd 5.14 í kafla 5.6 má sjá hugsanlegt útlit borteigs staðsettan innan um gróður og kjarr á hraunsvæði.

Endanleg staðsetning borteiga, lega lagna og vega verður borin undir Minjastofnun Íslands. Áður en framkvæmdir hefjast verður auk þess fenginn fornleifafræðingur til þess að kortleggja Gerðisstíg í grennd við og á lóðum borteiga sem kunna að skarast á við stíginn. Verður þetta gert í samráði við Minjastofnun Íslands og sótt um leyfi ef raska þarf Gerðisstíg eða öðrum fornminjum. Ef fornminjar sem áður voru ókunnar finnast við framkvæmd verður framkvæmd stöðvuð tafarlaust og fundurinn tilkynntur til Minjastofnunar Íslands sem ákveður hvort verkimegi fram halda og með hvaða skilmálum, samkvæmt 24. gr. laga nr. 80/2012.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar

Framkvæmdin gæti komið til með að hafa bein, varanleg og neikvæð áhrif á eina fornleif, Gerðisstíg. Með mótvægisáðgerðum mun framkvæmdaraðili sjá til þess að stuðlað verði áfram að aðgengi um stíginn. Er það því mat framkvæmdaraðila að samhliða mótvægisáðgerðum verði áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar **óveruleg**.

#### 8.4.6 Efnahagur og ferðapjónusta

##### 8.4.6.1 Forsendur, viðmið, gögn og rannsóknir

Framkvæmdin í heild sinni kemur til með að hafa áhrif á umhverfispáttinn samfélag.

Áhrifasvæði framkvæmdarinnar, vegna umhverfispáttarins samfélag, nær til íslensks samfélags almennt en einnig til alþjóðasamfélagsins þar sem ætlunin er meðal annars að ferðafólk geti fræðst um Carbfix aðferðina og Coda Terminal innan framkvæmdasvæðis, en einnig þar sem framkvæmdin er talin geta haft áhrif á ímynd Íslands í loftslagsmálum á alþjóðavísu.

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á samfélag eru eftirfarandi viðmið lögð til grundvallar:

- Aðalskipulag Hafnarfjarðar 2013-2025
- Ferðamálastefna Hafnarfjarðarbæjar
- Sóknaráætlun höfuðborgarsvæðisins 2020-2024

Auk þess eiga við sömu viðmið og stuðst er við fyrir umhverfispáttinn loftslagsáhrif (sjá kafla 8.3.1):

- Heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna um aðgerðir í loftslagsmálum
- Græni sáttmálinn (e. Green Deal), loftslagsmarkmið Evrópusambandsins
- Parísarsamkomulagið
- Aðgerðaáætlun íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum
- Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins

Við mat á áhrifum framkvæmdarinnar á samfélag er stuðst við eftirfarandi gögn og rannsóknir:

- Félagshagfræðileg greining byggð á:
  - Fjölda beinna og afleiddra starfa
  - Tegund starfa og menntunarstig
  - Nettó gjaldeyristekjum fyrir íslenskt efnahagslíf
  - Samfélagslegum ábata
- Hagstofa Íslands, tölulegar upplýsingar um atvinnuástand, atvinnupátttöku og utanríkisviðskipti.
- Vinnumálastofnun, tölulegar upplýsingar um atvinnuleysi.

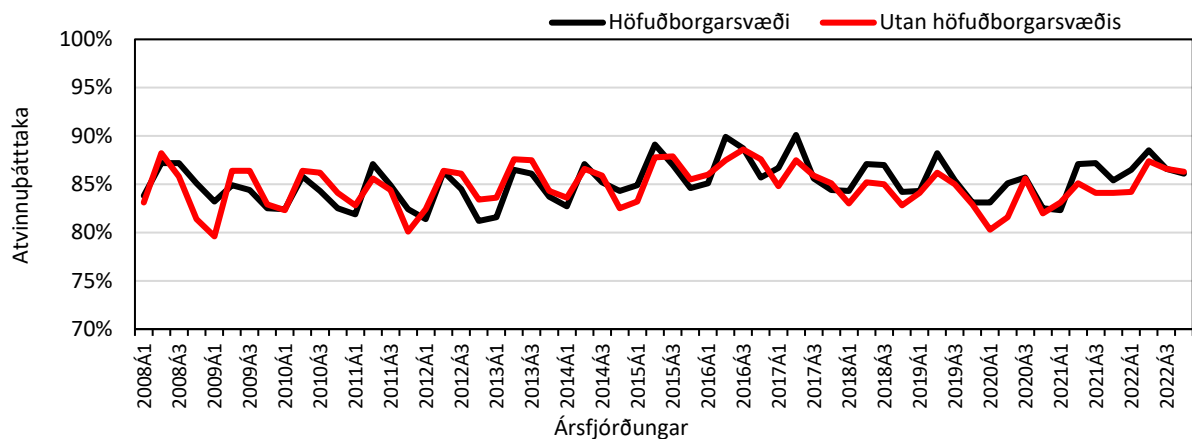
Mat er lagt á áhrif framkvæmdarinnar á verðmæta- og atvinnusköpun í samfélaginu út frá greiningum á atvinnuuppbyggingu yfir líftíma verkefnisins, þjóðhagslegri arðsemi framkvæmdanna og áhrifum þeirra á ferðaþjónustu.

#### 8.4.6.2 Grunnástand

##### **Atvinnuástand**

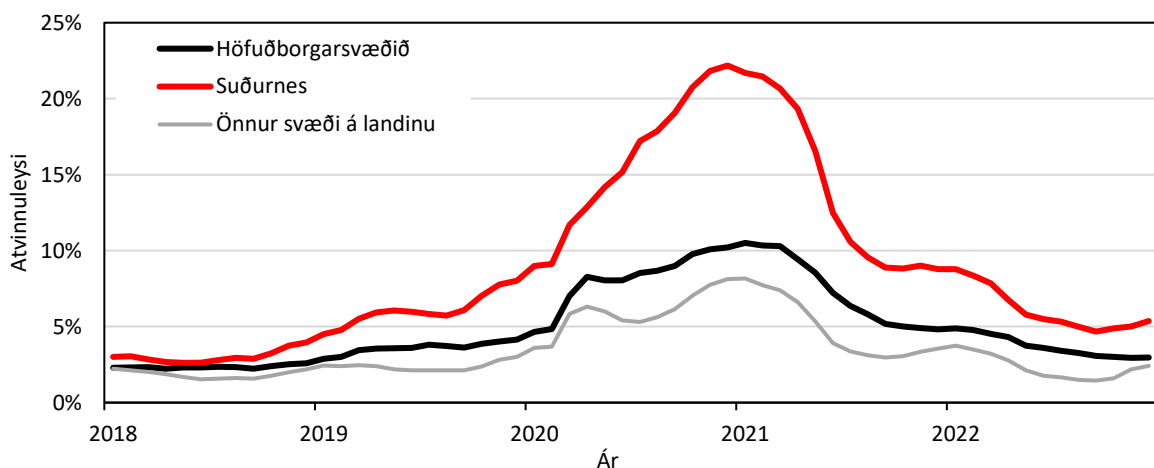
Í byrjun árs 2022 bjuggu um 270.000 manns á höfuðborgarsvæðinu og Suðurnesjum. Frá síðustu aldamótum hefur íbúafjölgun verið um 40% á höfuðborgarsvæðinu og 81% á Suðurnesjum, samanborið við 35% fjölgun yfir landið allt. Íbúum á höfuðborgarsvæðinu og Suðurnesjum sem hlutfall af íbúum landsins í heild hefur fjölgað úr 67% í 72% á tímabilinu [125].

Atvinnupátttaka hefur farið vaxandi á höfuðborgarsvæðinu sem og annars staðar á landinu á undanförunum tveimur árum en hefur þó dregist lítillega saman frá árinu 2016 yfir landið allt, líkt og sjá má á mynd 8.60 hér að neðan [126].



**MYND 8.60** Atvinnuþátttaka 16-64 ára á höfuðborgarsvæðinu og í öðrum landshlutum 2008-2022. Heimild: Hagstofa Íslands [126].

Atvinnuleysi hefur almennt mælst hærra á undanförunum árum á höfuðborgarsvæðinu og Suðurnesjum en að meðaltali annars staðar á landinu. Þróun mánaðarlegs atvinnuleysis frá október 2018 til og með desember 2022 samkvæmt skránni Vinnumálastofnunar [127] má sjá nánar á mynd 8.61.



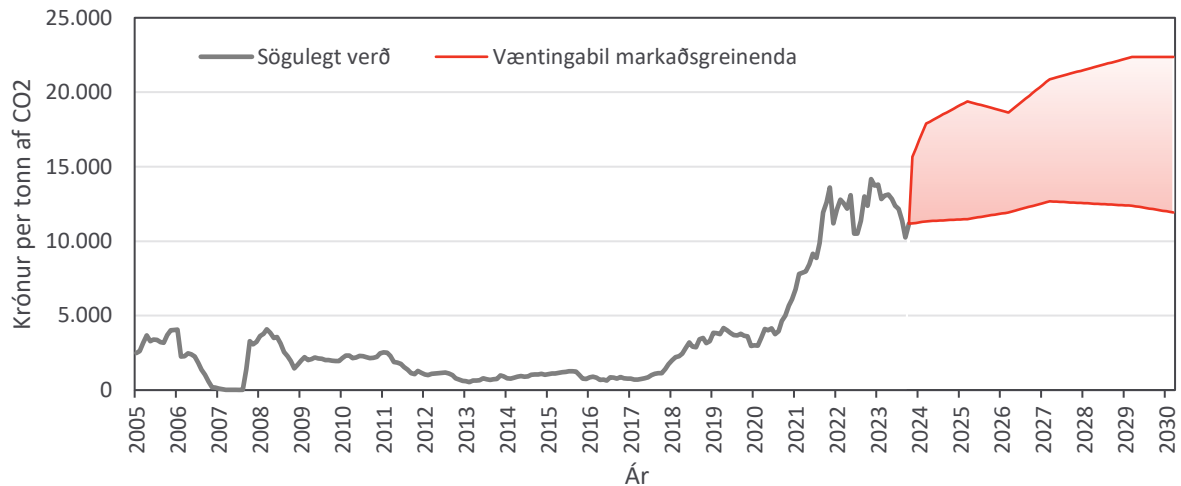
**MYND 8.61** Þróun atvinnuleysis 2018-2022. Heimild: Vinnumálastofnun [127].

### Þjóðhagsleg arðsemi

Viðskiptalegar forsendur Coda Terminal verkefnisins byggjast á því að losendur CO<sub>2</sub> sem heyrja undir viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir (ETS-kerfið) þurfa að kaupa kvóta fyrir sinni losun og að Coda Terminal verði hagkvæmur kostur fyrir þessi fyrirtæki.

EU ETS viðskiptakerfið hefur verið starfrækt innan Evrópusambandsins frá árinu 2005 og nær til allra 27 Evrópusambandsríkjanna ásamt Íslandi, Noregi og Liechtenstein. mynd 8.62 sýnir verðþróun kolefnislosunarheimilda frá stofnun ETS viðskiptakerfisins í apríl 2005 fram til miðbiks febrúarmánaðar 2023. Líkt og þar má sjá hrundi verð kolefnislosunarheimilda niður í nánast núll árið 2007, sem rekja mátti til ofúthlutunar leyfa á upphafsárum viðskiptakerfisins og tæknilegra vandamála er kerfið var enn á tilraunastigi [128]. Frá upphafi árs 2017 hafa kolefnislosunarheimildir hækkað um ríflega 1180%

og á undanförunum þremur árum um rúm 120%. Framvirkir samningar benda til áframhaldandi hækkana kolefnislosunarheimilda á komandi árum.



**MYND 8.62** Verðþróun kolefnislosunarheimilda innan EU ETS apríl 2005–janúar 2024 ásamt væntri þróun fram til 2030 samkvæmt markaðsgreinendum. Meðalverð hvers mánaðar uppreiknað í krónur á meðalgengi ISK/EUR árið 2023 [129].

Alls eru nærri 11 þúsund virkjanir og framleiðslustöðvar sem taka þátt í EU ETS [130]. Þessir aðilar skuldbinda sig til að:

- Draga úr losun gróðurhúsalofttegunda um að minnsta kosti 55% fyrir árið 2030 í samanburði við losun árið 1990.
- Verða kolefnishlutlaus fyrir árið 2050.

Þeim iðnfyrirtækjum sem hafa fáa kosti aðra til að draga úr sinni kolefnislosun en að einfaldlega minnka við sína framleiðslu gefst sá valkostur að fanga það CO<sub>2</sub> sem losnar um í framleiðsluferlinu og greiða fyrir varanlega bindingu þess, sem eru forsendurnar sem Coda Terminal byggir á.

### Ferðaþjónusta

Níu af hverjum tíu ferðamönnum sem koma hingað til lands fara um Reykjanesbraut í gegnum Hafnarfjörð á leið sinni frá Keflavíkurflugvelli til höfuðborgarsvæðisins og þar með fram hjá fyrirhuguðu framkvæmdasvæði [131]. Byggingar tengdar Coda Terminal munu hafa áhrif á ásýnd svæðisins sem ferðamenn koma til með að keyra í gegnum á leið sinni frá Keflavíkurflugvelli og inn á höfuðborgarsvæðið (sjá nánar um áhrif á landslag og ásýnd í kafla 8.4.4). Um fyrirhugað framkvæmdasvæði liggja göngustígar og slóðar opnir almenningi.

Ferðamálastofa hefur kortlagt mögulega viðkomustaði ferðafólks [132]. Nálægt framkvæmdasvæðinu eru staðirnir Þorbjarnarstaðir, Péturskot og Gerði skilgreindir sem sérlega áhugaverðir staðir vegna þekktra gönguleiða, fornminja og dýralífs. Einnig eru Kapella Barböru og Kapelluhraun skilgreind sem staðir með miðlungs aðdráttarafl. Kapelluhraun er úfið og gróðursnautt hraun milli Hafnarfjarðar og Straums en mikið efni hefur verið tekið úr hrauninu og það sléttað.

Lítill hluti framkvæmdasvæðisins gæti búið yfir útivistargildi þar sem náttúrulegt birkikjarr vex og hraunið hefur haldist nokkuð ósnert en heilt yfir hefur svæðið lítið eða nær ekkert ferðaþjónustugildi



í dag. Stór hluti svæðisins einkennist af iðnaði og hefur töluverð umbreyting á náttúrulegu ástandi þess átt sér stað.

#### 8.4.6.3 Lýsing á áhrifum

##### Áhrif á atvinnuuppbyggingu

Áætlanir Carbfix benda til að á bilinu 130 til 260 stöðugildi skapist yfir líftíma Coda Terminal í og við Straumsvík og um 90 störf við flutninga CO<sub>2</sub> á sjó og landi, auk um eða yfir 400 óbeinna starfa [133]. Nánar tiltekið má reikna með að yfir árin 2024-2031 komi til með að skapast um 700 bein og óbein störf við Coda Terminal verkefnið. Þar sem um er að ræða fyrstu móttökustöð til bindingar CO<sub>2</sub> á heimsvísu er um talsverða uppbyggingu hugvits á sviði nýsköpunar og tækninýjunga að ræða.

Framkvæmdasvæðið er í nágrenni iðnaðarsvæðis og íbúðabyggðar í Hafnarfirði, en megin áhrifasvæði framkvæmdanna á atvinnuuppbyggingu má telja vera allt höfuðborgarsvæðið ásamt Suðurnesjum. Coda Terminal verkefnið fellur vel inn í mörg af meginmarkmiðum Sóknaráætlunar höfuðborgarsvæðisins 2020-2024 er varðar atvinnu, nýsköpun, velferð, samfélag og umhverfismál.

##### Áhrif á þjóðhagslega arðsemi

Áætlanir Carbfix gera ráð fyrir uppbyggingu Coda Terminal í fjórum áföngum fram til ársins 2031. Að þeirri uppbyggingu við Straumsvík lokinni er áætlað að Coda Terminal komi til með að geta tekið við og bundið með varanlegum hætti um 3 milljónir tonna af CO<sub>2</sub> árlega. Gangi þau áform eftir má gera ráð fyrir að umtalsverðar gjaldeyrstekjur muni fylgja starfsemi Coda Terminal í framtíðinni.

Samkvæmt birtum upplýsingum yfir umfang Carbfix verkefnisins [133], ásamt yfirferð á þróun og horfum innan ETS viðskiptakerfisins [129], hefur mat verið lagt á áætlað nettó tekjuflæði Coda Terminal verkefnisins. Í því mati er gert ráð fyrir árlegri varanlegri bindingu CO<sub>2</sub> sem nemur að meðaltali um 90% af áætlaðri afkastagetu móttöku- og geymslustöðvarinnar hverju sinni. Einnig hefur tillit verið tekið til áætlaðs meðalkostnaðar þess kolefnisspors sem flutningar CO<sub>2</sub> til landsins koma til með að valda sbr. vistferilsgreiningu sem unnin var á fyrstu stigum Coda Terminal (sjá viðauka II). Sé tekið mið af verðþróun og horfum á kolefnislosunarheimildum innan EU ETS viðskiptakerfisins (sjá mynd 8.62 hér að ofan) má gera ráð fyrir að innstreymi gjaldeyrstekna tengt fyrirhugaðri móttöku- og geymslustöð fyrir CO<sub>2</sub> í Straumsvík komi til með að skila þjóðarþúinu andvirði um 10 milljarða króna í nettó gjaldeyrstekjur á ári að uppbyggingu lokinni á föstu verðlagi ársins 2023. Auk gjaldeyrisskapandi viðskipta mun starfsemin leiða af sér verðmætaaukningu innan nærsamfélagsins með aukinni atvinnustarfsemi í Hafnarfirði með tilheyrandi tekjuaukningar í formi launa- og skattgreiðslna.

Niðurstöður greiningar á núvirtu fjárstreymi Coda Terminal yfir áætlaðan 30 ára líftíma verkefnisins m.v. 5% raunvexti benda til þjóðhagslega hagkvæms verkefnis, þ.e. að núvirtar tekjur verði umfram núvirta kostnaðarliði og innri vextir af verkefninu mælast um 8,5%. Líkt og áður hefur verið nefnt verður umrædd móttökustöð til varanlegrar bindingar CO<sub>2</sub> í Straumsvík sú fyrsta sinnar tegundar á heimsvísu og er þar með nokkur fjárhagsleg áhætta fólgin í verkefninu. Sú tækni sem notast verður við hefur hins vegar verið í notkun á Helligheiðinni frá árinu 2012, þar sem CO<sub>2</sub> hefur verið dælt niður í berglögin til varanlegrar geymslu. Rannsóknir hafa sýnt fram á virkni Carbfix aðferðarinnar og hefur verkefnið þegar hlotið 115 milljón evra styrk frá Nýsköpunarsjóði Evrópusambandsins en styrkinn hljóta aðeins verkefni sem þykja hafa sérstaklega miklar líkur til árangurs [134].

## Áhrif á ferðaþjónustu

Vaxandi tíðni öfgakenndra veðuratburða víða um heim á undanförunum árum ásamt mikilli loftslagsumræðu á alþjóðasviðinu hefur aukið vitund almennings um loftslagsbreytingar af mannavöldum. Gera má ráð fyrir að það hafi einnig leitt til aukins áhuga almennt á þeim aðgerðum sem hægt er að fara í til að draga úr loftslagsbreytingum. Metið er svo að með uppbyggingu Coda Terminal væri Ísland að skipa sér í röð leiðandi þjóða í loftslagsmálum og sé kjörið til að bæta orðspor landsins bæði hjá þeim ferðamönnum sem kjósa að koma til landsins sem og á alþjóðasviðinu.

Á undanförunum árum hefur Carbflix verið með sérstakan sýningarsal á sínum vegum á Jarðhitasýningu Orku náttúrunnar (ON) við Helligshelidarkirkjun. Talsverð aðsókn ferðamanna hefur verið á þá sýningu en samkvæmt tölum frá ON sóttu um 72 þúsund gestir sýningarsalinn á árinu 2023 og um 96% þeirra gesta voru erlendir ferðamenn [135].

Í áætlunum um uppbyggingu Coda Terminal er gert ráð fyrir að einnig verði tekið á móti gestum í Straumsvík. Tekið verður á móti hópum og boðið verður upp á skipulagða fræðslu og nánari fróðleik um Carbflix tæknina og Coda Terminal. Borteigar Coda Terminal verða ekki afgirtir heldur gefst ferðafólki og almenningi tækifæri á að ganga um framkvæmdasvæðið og skoða borteigana. Á stjórnbyggingum innan borteiga verða upplýsingar um framkvæmdina og gert er ráð fyrir bekkjum þar sem gangandi vegfarendur geta hvílt sig. Borteigarnir verða hannaðir með því móti að þeir falli vel að náttúru svæðisins og munu því ekki að skerða útivistarmöguleika á svæðinu heldur er framkvæmdin þvert á móti til þess fallin að stuðla að frekari útivist á svæðinu. Framkvæmdin getur því þrífist vel með annarri starfsemi og útilokar ekki aðra landnotkun, svo sem skógrækt og útivist.

### 8.4.6.4 Niðurstöður og mótvægisáðgerðir

Ekki er gert ráð fyrir sérstökum mótvægisáðgerðum vegna áhrifa framkvæmdarinnar á efnahag og ferðaþjónustu.

#### Niðurstaða – áhrif framkvæmdarinnar á félagshagfræðilega þætti

Framkvæmdin kemur til með að hafa óbein, jákvæð áhrif á félagshagfræðilega þætti.

Framkvæmdin kemur til með að hafa varanleg og sammögnuð áhrif á þessa þætti, sér í lagi í formi aukinnar verðmætasköpunar og jákvæðra áhrifa á ferðaþjónustu nærsamfélagsins og ímynd Íslands í alþjóðasamfélaginu. Áhrif Coda Terminal á efnahag og ferðaþjónustu þætti eru því metin **talsverð jákvæð**.

## 8.5 Samlegðaráhrif

Samlegðaráhrif Coda Terminal með öðrum framkvæmdum á svæðinu eru ýmis en ber þar fyrst að nefna föngun og geymslu á CO<sub>2</sub> í jarðlögum frá innlendum aðilum. Unnið er að þróun á tækni til föngunar á CO<sub>2</sub> frá álverinu í Straumsvík og kemur álverið til með að geta nýtt sér uppbyggingu niðurdælingarkerfis Coda Terminal þegar útfærsla á slíkri tæknilausn liggur fyrir. Þá er jafnframt gert ráð fyrir að Coda Terminal geti tekið við og dælt niður CO<sub>2</sub> frá þriðja aðila sem hyggur á föngun á svæðinu, t.d. frá lofthreinsiverum eða öðrum iðnaðarferlum. Slík samlegðaráhrif myndu teljast veruleg jákvæð fyrir loftslagið.

Stækkun hafnarinnar í Straumsvík er ein tengdra framkvæmda Coda Terminal og kemur sú stækkun til með að nýtast þeim flutningaskipum sem flytja munu CO<sub>2</sub> hingað til lands til niðurdælingar. Fyrirhugað er að stækkun Straumsvíkurhafnar fari fram í þremur áföngum. Í 1. áfanga verður hafnarsvæðið stækkað um 11 ha og mun starfsemi Coda Terminal rúmast innan þessa áfanga. Stækkun hafnarinnar, ásamt flutningaskipum fyrir CO<sub>2</sub>, kemur til með að breyta ásýnd hafnarsvæðisins auk ásýndaráhrifa Coda Terminal. Þrátt fyrir að sjóflutningar í tengslum við starfsemi Coda Terminal hafi áhrif á losun CO<sub>2</sub> hefur vistferilsgreining, sem spannar 30 ár, sýnt fram á mikinn loftslagslegan ábata af Coda Terminal. Þá koma skipakomur til með að hafa óveruleg áhrif á loftgæði, hljóðvist og ásýnd.

Fyrirhugað er að tvöfalda Reykjanesbraut frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni í Hafnarfirði en hluti af þeirri framkvæmd er breyting á mislægum vegamótum við Straumsvík og gerð tengibrautar sem þjónusta mun iðnaðarsvæðin í Kapelluhrauni og Hellnahrauni. Jákvæð samlegðaráhrif eru af þessum framkvæmdum fyrir Coda Terminal þar sem þessi vegamót og tengibraut koma til með að nýtast á framkvæmda- og rekstartíma framkvæmdarinnar og greiða fyrir flutningum milli Straumsvíkurhafnar og framkvæmdasvæðisins sunnan Reykjanesbrautar, sem telst til verulegra hagsbóta fyrir Coda Terminal. Reykjanesbrautin verður einnig þveruð með ídráttarrörum samhliða framkvæmdum við breikkun hennar vegna Coda Terminal.

Að lokum ber að nefna að jákvæð samlegðaráhrif vegna Coda Terminal fyrir uppbyggingu á dreifikerfi hitaveitu í Hafnarfirði. Coda Terminal þarf varmaorku fyrir fasabreytingar á CO<sub>2</sub> straumnum áður en hann fer til niðurdælingar en framkvæmdaraðili gerir ráð fyrir að kaupa þessa varmaorku í formi hitaveituvatns af Veitum ohf. Óháð áformum Coda Terminal er þörf á stækkun á dreifikerfi hitaveitu í Hafnarfirði til að halda í við íbúáþróun og uppbyggingaráform Hafnarfjarðarbæjar en með því að gera ráð fyrir Coda Terminal við sverun lagna myndast möguleiki á því að byggja strax dreifikerfi sem ber íbúaaukningu og uppbyggingaráform til langrar framtíðar. Síðar meir, þegar forsendur skapast til að minnka frumorkunotkun varma, þarf ekki að fara út í kostnaðarsamar framkvæmdir við frekar uppbyggingu innviða hitaveitu. Ekki hefur verið lagt beint mat á slík samlegðaráhrif en þar sem þau geta haft áhrif á marga og á stóru svæði, gætu þau talist talsvert jákvæð.

## 8.6 Núllkostur

Í núllkosti felst að ekki verður farið út framkvæmdir. Ef núllkostur verður fyrir valinu verða engar breytingar á svæðinu aðrar en vegna náttúrulegrar þróunar. Áhrif Coda Terminal á loftslag eru talin veruleg jákvæð og gætir á heimsvísu og einnig talsvert jákvæð á efnahag og ferðaþjónustu á landsvísu. Einu áhrifin sem talin eru vera nokkuð neikvæð eru á jarðmyndanir, vistgerðir og grunnvatn, en hafa þarf í huga að um staðbundin áhrif er að ræða. Áhrifin á grunnvatn verða vöktuð allan rekstartímenn og ávallt mögulegt að draga úr grunnvatnsvinnslu og niðurdælingu þannig að koma megi í veg fyrir frekari neikvæð áhrif, leiði vöktun slíkt í ljós. Það má því álykta að núllkostur sé hvorki fýsilegur svæðisbundið né á lands- eða heimsvísu.





9

Niðurstaða



## 9 NIÐURSTAÐA

Það er niðurstaða Carbfix að heildaráhrif Coda Terminal séu ekki umtalsverð í skilningi laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.

Hér á eftir er vægi áhrifa dregið saman í töflu og þar á eftir eru niðurstöður umhverfismatsins teknar saman auk þeirra mótvægisáðgerða sem framkvæmdaraðili leggur til, þar sem þörf þykir á.

Vert er að taka fram, að í tilfelli tveggja umhverfispáttá er niðurstaðan í raun tvískipt. Þetta á við um annars vegar grunnvatn og hins vegar verndarsvæði og náttúruminjar. Þannig telur framkvæmdaraðili að áhrif á grunnvatn verði að mestu óveruleg en að áhrif á grunnvatn geti haft afleidd áhrif á Straumsvíkurtjarnirnar, sem metin eru talsverð neikvæð.

Hvað varðar niðurstöðu fyrir verndarsvæði og náttúruminjar er það mat framkvæmdaraðila að áhrif verði óveruleg, nema í tilfelli Straumsvíkurtjarnanna, en áhrif á þær eru metin talsverð neikvæð þar sem tjarnirnar eru á C-hluta náttúruminjasrár.

UMHVERFISÞÆTTIR	VERULEG JÁKVÆÐ ÁHRIF	TALSVERÐ JÁKVÆÐ ÁHRIF	NOKKUÐ JÁKVÆÐ	ÓVERULEG ÁHRIF	NOKKUÐ NEIKVÆÐ	TALSVERÐ NEIKVÆÐ ÁHRIF	VERULEG NEIKVÆÐ ÁHRIF	ÓVISSA
<b>Náttúrufar</b>								
Loftslag	X							
Geymslugeymir				X				
Grunnvatn				X				X
Jarðmyndanir					X			
Vistgerðir					X			
Verndarsvæði og náttúruminjar				X		X		X
<b>Félags- og hagfræðilegir þættir</b>								
Jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar				X				
Heilbrigði og öryggi				X				
Loftgæði				X				
Landslag og ásýnd				X				
Menningarminjar				X				
Efnahagur og ferðaþjónusta		X						

UMHVERFISÞÆTTIR	NIÐURSTAÐA UMHVERFISMATS	MÓTVÆGISAÐGERÐIR
Loftslag	<p>Áhrif Coda Terminal á loftslag eru bein og varanleg, þar sem geymsla CO<sub>2</sub> í berggrunninum er varanleg. Fyrir hver 1000 kg af CO<sub>2</sub> sem bundin eru í jörðu minnkar magn CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu um 946 kg. Er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á loftslag verði <b>verulega jákvæð</b>.</p>	<p>Mótvægisáðgerðir við gróðurhúsaáhrifum tengdra framkvæmda Coda Terminal, þ.e. sjóflutninga, eru að nýta skip sem nota umhverfisvænt eldsneyti. Almennar öryggisráðstafanir eru bestu mótvægisáðgerðir gegn leka, en í því felst að fylgja vel skilgreindum starfsferlum, fylgjast með ef lagnir eða búnaður þarfnast viðhalds og bregðast við þegar þarf á að halda.</p>
Geymslugeymir	<p>Framkvæmdin kemur til með að hafa varanleg áhrif á poruhluta (e. porosity) í geymslugeymi sem mun minnka vegna steindabindingar CO<sub>2</sub>. Þó sýna líkanútreikningar að minna en 1% af porum í jarðlögum geymslugeymisins gætu fyllst vegna steinrenningar CO<sub>2</sub> á líftíma verkefnisins. Framkvæmdin mun hafa tímabundin og afturkræf áhrif á styrk uppleysts CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum innan geymslusvæðisins sem mun hækka, auk þess sem hitastig í geymslugeyminum mun lækka og þrýstingur innan geymslusvæðisins aukast. Framkvæmdin mun hafa óbein áhrif á seltu innan geymslusvæðisins, bæði aukningu og minnkun. Það er mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á geymslugeymi verði <b>óveruleg</b>.</p>	<p>Helstu mótvægisáðgerðir sem framkvæmdaraðili hyggur á eru þessar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Minnkun óvissu á lykilstærðum í geymslugeyminum með frekari rannsóknum. Samhliða því verða líkön af svæðinu uppfærð með nýjustu upplýsingum til að minnka óvissu á niðurstöðum hermána, sem og til að betrubæta áhættumat af geymslugeyminum vegna framkvæmdarinnar. Einnig verða efnahvörf, s.s. steinrenning CO<sub>2</sub>, hermd samhliða flæði í líkönum af svæðinu, sem mun enn frekar minnka óvissu á niðurstöðum hermána af niðurdælingu á svæðinu. Slíkar upplýsingar, ásamt uppfærðum líkönum, verða notaðar til grundvallar stýringu á niðurdælingu á svæðinu. Einnig verður farið í næmnisgreiningu og óvissugreiningu á líkönum, til að afmarka betur hvar helstu óvissupunktur í hermunum liggja.</li> <li>2) Gerð nákvæmrar vöktunaráætlunar fyrir geymslusvæðið og nágreinni, þar sem meðal annars verður fylgst með breytingum á þrýstingi, hitastigi, seltu og leysni CO<sub>2</sub>. Vöktun á niðurdælingu og rekstrarreynsla af svæðinu munu jafnframt nýtast svo hægt sé að bregðast við breytingum sem kunna að verða og mun áfangaskipting verkefnisins jafnframt taka mið af því. Vöktunaráætlun á svæðinu vegna niðurdælingar framkvæmdaraðila liggur fyrir. Einnig mun vöktun nýtast til að sannreyna niðurstöður líkana af svæðinu, og hjálpa við uppfærslur á þeim.</li> <li>3) Fyrirhugað geymslusvæði verður byggt upp í jöfnum skrefum með góðu millibili. Þannig gefst tími til að safna gögnum og meta þau áður en næstu áfangar koma inn og nýta reynsluna af fyrri áföngum inn í þá seinni.</li> </ol>
Grunnvatn	<p>Líkanreikningar benda til niðurdráttar við vinnsluholur Coda Terminal og út fyrir vinnslusvæðið, m.a. við Straumsvíkurtjarnirnar en þó er nokkur óvissa gagnvart tjörnunum þar sem líkanið byggir á takmörkuðum gögnum</p>	<p>Þörf er á áframhaldandi rannsóknum á grunnvatnsgeyminum til að bæta við þekkingu um hann en einnig til að bæta og draga úr óvissu grunnvatnslíkansins. Því</p>

UMHVERFISÞÆTTIR	NIÐURSTAÐA UMHVERFISMATS	MÓTVÆGISAÐGERÐIR
	<p>og er enn í þróun. Við Ástjörn, Hvaleyrarvatn og Urriðavatn reiknast hækkun grunnvatnsborðs vegna þrýstíáhrifa en grunnvatnsborð þar liggur frá náttúrunnar hendi lágt. Grunnvatnsvinnsla og niðurdæling mun valda beinum áhrifum á grunnvatnsborð sem verða varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar, en áhrifin verða afturkræf ef vinnslunni og niðurdælingunni yrði hætt eða vinnslufyrirkomulagi breytt svo þörf sé á minna vatni. Grunnvatnsvinnslan mun samkvæmt líkanútreikningum valda lítillægri hækkun á seltu- og hitastigi í grunnvatnskerfinu en þó meiri í dýpri hluta þess. Áhrifin verða varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar en verða afturkræf ef vinnslunni/niðurdælingunni yrði hætt. Breytingarnar taka til umfangsmikils svæðis en mjög líttill hluti þess kann að vera viðkvæmur fyrir breytingum (efsti hluti ferskvatnsgeymisins). Til viðbótar verða einungis fáir aðilar fyrir áhrifum. Niðurstöður áhrifamats gefa til kynna að miðað við hámarksstyrk snefilefna séu áhrif þeirra í flestum tilvikum hverfandi og hafa ekki áhrif á vatnshlotið.</p> <p>Framkvæmdaraðili telur því að áhrifin verði <b>óveruleg</b> en einnig ríkir <b>óvissa</b> um þau.</p>	<p>verður rannsóknnum haldið áfram á framkvæmda- og rekstartíma Coda Terminal. Framkvæmdin verður byggð upp í áföngum, með rannsóknnum og vöktun áhrifa af hverjum áfanga. Þannig öðlast framkvæmdaraðili tækifæri til að aðlaga starfsemina að niðurstöðum rannsókna og vöktun úr fyrri áföngum til að lágmarka áhrif á grunnvatn og aðra umhverfisþætti.</p>
Jarðmyndanir	<p>Framkvæmdin kemur til með að hafa staðbundin en varanleg og óafturkræf áhrif á þær jarðmyndanir sem kunna að raskast. Jarðmyndanir á framkvæmdasvæðinu eru fyrst og fremst nútímahraun sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013. Stærsti hluti framkvæmdasvæðisins er þó talsvert raskaður. Með hliðsjón af lögum um náttúruvernd og einkennum áhrifa sem m.a. eru varanleg og óafturkræf, er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á jarðmyndanir verði <b>nokkuð neikvæð</b>.</p>	<p>Framkvæmdaraðili leggur ekki til sérstakar mótvægisáðgerðir en vandað verður til verka við frágang að framkvæmdatíma loknum, auk þess sem raski verðir haldið í lágmarki á framkvæmdatíma og eftir að framkvæmdum lýkur.</p>
Vistgerðir	<p>Framkvæmdin kemur til með að hafa bein, varanleg og óafturkræf áhrif á þær vistgerðir sem kunna að raskast. Hins vegar tekur framkvæmdin ekki til umfangsmikils svæðis þegar litið er á heildar útbreiðslu vistgerða á svæðinu sem býr yfir háu verndargildi. Með valkostagreiningu hefur framkvæmdaraðili takmarkað áhrif á vistgerðir eins og kostur er, og með ríki áherslu á frágang, óþarfa rask og landgræðslu að framkvæmdum loknum eru áhrifin að öllu leyti takmörkuð við athafnasvæði á framkvæmdatíma og svæði sem þarf undir mannvirki á rekstartíma. Vegna þess að þær vistgerðir sem geta raskast búa yfir háu verndargildi og sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. náttúruverndarlaga nr. 60/2013 er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á vistgerðir verði <b>nokkuð neikvæð</b>.</p>	<p>Áður en framkvæmdir hefjast mun framkvæmdaraðili fá líffræðing til þess að athuga hvort fágætar plöntutegundir gætu leynst á því svæði sem muni raskast og hvort þurfi að aðlaga staðsetningar eftir þeim. Á framkvæmdatíma mun framkvæmdaraðili koma í veg fyrir óþarfa rask og leggja áherslu á frágang þannig að umhverfi borteiganna blandist nærumhverfi sínu á rekstartíma.</p>
Verndarsvæði og náttúruminjar	<p>Áhrif Coda Terminal á verndarsvæði og náttúruminjar eru að mestu óbein, þar sem verndarsvæði eru utan sjálfs framkvæmdasvæðisins. Áhrif vatnsöflunar á grunnvatnsgeyminn og þ.a.l. á grunnvatnsborð og seltu- og hitastig tjarna við Straumsvík eru hins vegar bein og varanleg svo lengi sem starfsemin verður til staðar en áhrifin verða afturkræf ef að vinnslunni/niðurdælingunni yrði hætt. Óvíst er hvort seltu- og hitabreytingar geti valdið neikvæðum áhrifum á tjarnirnar sem kallar á vöktun</p>	<p>Þar sem vísbendingar eru um mögulegan niðurdrátt grunnvatnsborðs við tjarnir í Straumsvík þarf samhliða rannsóknnum framundan og uppbyggingarfasa Coda Terminal að rannsaka tjarnirnar nánar með hliðsjón af tengingu þeirra við grunnvatn og vakta vatnsborð í þeim. Rýna þarf nánar í þær heimildir sem fyrir liggja um stöðuvötnin austan af vinnslusvæðinu,</p>



UMHVERFISÞÆTTIR	NIÐURSTAÐA UMHVERFISMATS	MÓTVÆGISAÐGERÐIR
	<p>Þessara þátta áður en framkvæmdir hefjast og á rekstrartíma Coda Terminal.</p> <p>Framkvæmdin er ólíkleg til að hafa veruleg neikvæð áhrif á forsendur verndar nálægra verndarsvæða en ákveðin óvissa ríkir um áhrif framkvæmdarinnar á lífríki tjarna í Straumsvík sem kallar á vöktun þeirra þátta sem geta haft áhrif á lífríkið í tjörnunum. Vegna þessa er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á verndarsvæði og náttúruminjar verði <b>óveruleg</b>. Þar sem Straumsvíkurtjarnirnar eru á C-lista náttúruminjaskrár er það aftur á móti mat framkvæmdaraðila að áhrif á þær verði <b>talsverð neikvæð</b> en einnig ríkir <b>óvissa</b> um áhrifin.</p>	<p>bæta gagnasöfnun og -greiningu eftir þörfum og álykta um hvernig samband vatnanna er við grunnvatn og hversu mikilla áhrifa megi þá ætla samhliða uppbyggingaráformum Carbfix.</p>
Jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar	<p>Fyrirhuguð framkvæmd er talin falla í flokk 2 undir 4. gr. reglna um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur (reglur nr. OS-2016-R01-01) miðað við niðurstöður frummats. Áhrifin eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis, og eru tímabundin og afturkræf, en geta verið stað- eða svæðisbundin. Niðurstaðan er því, í samræmi við fyrrgreindar reglur, að <i>hætta á finnanlegri skjálftavirkni sé óveruleg</i>.</p>	<p>Þrátt fyrir að niðurstaða frummats ÍSOR á jarðskjálftahættu fyrir geymslusvæðið hafi verið að: <i>Hætta á finnanlegri skjálftavirkni er óveruleg</i> og því ekki gerð krafa um rannsóknaráætlun sbr. reglur nr. OS-2016-R01-01, verður náíð fylgst með jarðskjálftavirkni. Bæði fyrir og á meðan niðurdælingu CO<sub>2</sub> stendur. Auk þess verður geymslusvæðið byggt upp í skrefum.</p>
Heilbrigði og öryggi	<p>Áhrifin eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum ásamt þeim fjölda fólks sem kann að verða fyrir mögulegum áhrifum. Möguleg áhrif eru metin tímabundin og að mestu afturkræf. Þá eru áhrifin metin staðbundin. Með tilliti til ofangreindra áhrifa og mótvægisáðgerða er það mat framkvæmdaraðila að áhrifin verði <b>óveruleg</b>.</p>	<p>Varnarveggur verður byggður umhverfis geymslutanka CO<sub>2</sub>, auk þess sem grjótgardur milli sjávar og hafnarbakka verður hannaður með næga lekt til að CO<sub>2</sub> geti leikið til sjávar. Söfnunarstaður í allt að tveggja metra hæð verður skilgreindur og merktur, til að koma í veg fyrir slys á fólki ef til leka kemur. Ekki er talin þörf á mótvægisáðgerðum vegna hljóðvistar.</p>
Loftgæði	<p>Áhrif tengdra framkvæmda, sjóflutninga, eru metin minniháttar með tilliti til umfangs svæðis og viðkvæmni þess fyrir breytingum. Þau eru tímabundin og afturkræf auk þess að vera staðbundin. Að teknu tilliti til þess að loftgæði á framkvæmdasvæðinu eru almennt góð og að gert er ráð fyrir landtengingu fyrir flutningaskip CO<sub>2</sub>, er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdar á staðbundin loftgæði verði <b>óveruleg</b>.</p>	<p>Coda Terminal er ekki talin hafa nein áhrif á staðbundin loftgæði en sjóflutningar, sem eru tengdar framkvæmdir, geta haft áhrif. Fyrirhugaðar framkvæmdir á Straumsvíkurhöfn og uppbygging á innviðum fyrir landtengingu er mótvægisáðgerð sem er m.a. í þágu staðbundinna loftgæða. Til framtíðar er að auki ætlunin að skip sem notuð verða til flutninga á CO<sub>2</sub> til Straumsvíkur verði hönnuð með tilliti til þess að takmarka útblástur og mengun. Gert er ráð fyrir að notað verði grænt eldsneyti fyrir þau í sem hæstu hlutfalli, með notkun á metanóli og að lokum eingöngu með því að skipta út skipaolíu fyrir lífdísil. Hægt verður að fylgjast vel með loftgæðamælum á framkvæmdasvæði og bera niðurstöður frá þeim við grunnástand fyrir framkvæmd.</p>
Landslag og ásynd	<p>Framkvæmdin kemur til með að hafa bein og neikvæð áhrif á ásynd lands á þeim borteigum þar sem raska þarf áður óröskuðu hrauni og vistgerðum. Með góðum frágangi og landgræðslu á borteigum má þó milda áhrifin og eru þau að öllu afturkræf, það er að rekstrartíma loknum er hægt að koma landslaginu aftur til fyrra horfs með enn frekari landgræðslu og landmótun. Áhrifin eru að mestu</p>	<p>Lögð verður rík áhersla á góðan frágang að framkvæmdum loknum auk landmótunar og landgræðslu á borteigum. Stuðst verður við landgræðsluaðferðir sem hafa reynst árangursríkar í verkefnum Orkuveitunnar og Orku náttúrunnar á Hellisheiði og verður</p>

UMHVERFISÞÆTTIR	NIÐURSTAÐA UMHVERFISMATS	MÓTVÆGISAÐGERÐIR
	staðbundin og taka ekki til umfangsmikils svæðis. Framkvæmdin er á mörkum landslagsheildar sem einkennist af manngerðum eiginleikum (7.4.1 Höfuðborgarsvæðið) og getur ekki talist viðkvæm fyrir breytingum. Vegna þessa er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á landslag og ásýnd verði <b>óveruleg</b> .	landslagið þannig fært aftur til fyrra horfs og ásýndaráhrif takmörkuð.
Menningarminjar	Framkvæmdin gæti komið til með að hafa bein, varanleg og neikvæð áhrif á eina fornleif, Gerðisstíg. Með mótvægisáðgerðum mun framkvæmdaraðili sjá til þess að stuðlað verði áfram að aðgengi um stíginn. Að teknu tilliti til mótvægisáðgerða er það því mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á menningarminjar verði <b>óveruleg</b> .	Lögð verður rík áhersla á frágang og landgræðslu að framkvæmdatíma loknum og verða borteigar opnir almenningi að loknum framkvæmdum. Framkvæmdin kemur því ekki til með að hefta aðgengi um Gerðisstíg heldur mun framkvæmdaraðili sjá til þess að koma stígnum í samt horf að framkvæmdum loknum með landmótun og landgræðslu. Endanleg staðsetning borteiga, lega lagna og vega verður borin undir Minjastofnun Íslands. Áður en framkvæmdir hefjast verður auk þess fenginn fornleifafræðingur til að kortleggja Gerðisstíg í grennd við og á lóðum borteiga sem kunna að skarast á við stíginn. Verður þetta gert í samráði við Minjastofnun Íslands og sótt um leyfi ef raska þarf Gerðisstíg eða öðrum fornminjum. Ef fornminjar sem áður voru ókunnar finnast við framkvæmd verður framkvæmd stöðvuð tafarlaust og fundurinn tilkynntur til Minjastofnunar Íslands sem ákveður hvort verki megi fram halda og með hvaða skilmálum, samkvæmt 24 gr. laga nr. 80/2012.
Efnahagur og ferðaþjónusta	Framkvæmdin kemur til með að hafa óbein, jákvæð áhrif á félagshagfræðilega þætti. Framkvæmdin kemur til með að hafa varanleg og sammögnuð áhrif á þessa þætti, sér í lagi í formi aukinnar verðmætasköpunar og jákvæðra áhrifa á ferðaþjónustu nærsamfélagsins og ímynd Íslands í alþjóðasamfélaginu. Því er það mat framkvæmdaraðila að áhrif framkvæmdarinnar á efnahag og ferðaþjónustu verði <b>talsverð jákvæð</b> .	Ekki er gert ráð fyrir sérstökum mótvægisáðgerðum vegna áhrifa framkvæmdarinnar á efnahag og ferðaþjónustu.



10

Vöktun og stýring

## 10 VÖKTUN OG STÝRING

Megin tilgangur vöktunaráætlunar er að:

- I. tryggja öruggan og skilvirkan rekstur allra kerfa,
- II. gera grein fyrir magni CO<sub>2</sub> sem tekið er á móti og dælt er niður,
- III. vakta gæði, efnafræðilegt ástand og magnstöðu grunnvatnshlota sem niðurdælingin getur haft áhrif á, og
- IV. vakta afdrif CO<sub>2</sub> sem dælt er niður í geymslugeyminn.

Það síðastnefnda (iv) tekur til bæði leysnibindingar og steindabindingar CO<sub>2</sub> og þar með geymslu þess í jarðlögum. Gögn sem aflað er við vöktun eru jafnframt notuð til að uppfæra líkön, sannreyna niðurstöður við líkanareikninga, sannreyna að hvorki leki eða frávik séu til staðar og leggja mat á möguleg áhrif á nærumhverfi.

Vöktunaráætlunin byggir á rannsóknum og rekstrarreynslu niðurdælingar Carbfix á Hellsheiði, í Þrengslum, á Nesjavöllum og í Helguvík síðastliðinn áratug, m.a. aðferðafræði Carbfix sem vottuð var af DNV árið 2022 [136]. Auk þess byggir vöktunaráætlun á áhættumati sem framkvæmt var fyrir Coda Terminal. Þá var tekið tillit til álits Skipulagsstofnunar á matsáætlun fyrir Coda Terminal.

Vöktunaráætlunin fylgir reglugerð 1430/2022 um geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu, lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og reglugerðum þar að lútandi, svo sem 796/1999, 797/1999 og 536/2001 auk reglna Orkustofnunar nr. OS-2016-R01-01 um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur. Hún fylgir jafnframt reglugerð ESB um vöktun og skýrslugjöf 2018/2066/EB sem tengist tilskipun ESB með losunarheimildir (ETS), 2003/87/EB.

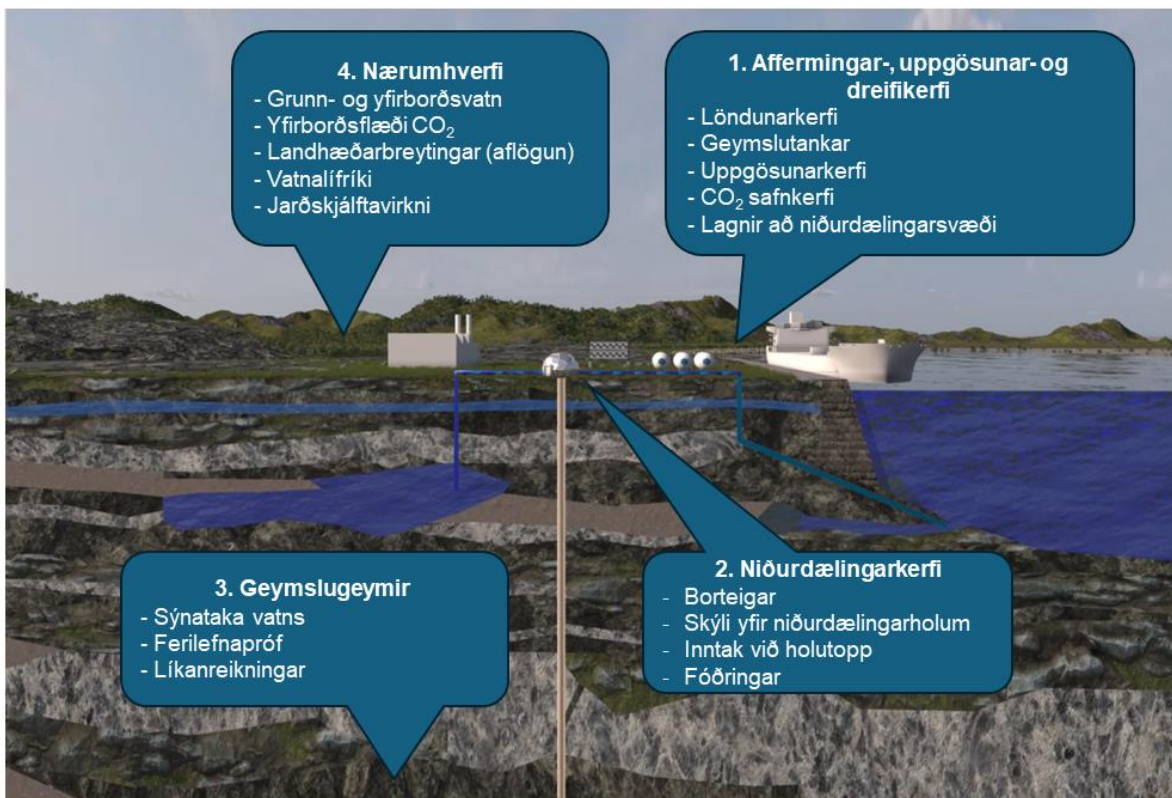
Vöktunaráætlunin nær yfir ferlið allt frá móttöku CO<sub>2</sub> á hafnarbakka, dælingu þess um uppgösunar- og dreifikerfi, niðurdælingu þess, viðbrögð geymslugeymisins við niðurdælingu, og staðfestingu leysnibindingar og steindabindingar CO<sub>2</sub>. Auk þess tekur vöktunaráætlunin til vöktunar á nærumhverfi Coda Terminal. Gert er ráð fyrir að vöktunaráætlunin verði uppfærð hið minnsta fimmta hvert ár auk þess sem hún verður uppfærð áður en nýr áfangi verkefnisins hefst m.t.t. nýjustu niðurstaða.

Vöktunaráætlun nær yfir eftirfarandi vöktunarpætti (mynd 10.1):

- 1) **Affermingar-, uppgösunar- og dreifikerfi**
  - a) Löndunarkerfi
  - b) Geymslutankar



- c) Uppgösunarkerfi
  - d) CO<sub>2</sub> safnkerfi
  - e) Lagnir að niðurdælingarsvæði
- 2) **Niðurdælingarkerfi**
- a) Borteigar
  - b) Skýli yfir niðurdælingarholum
  - c) Inntak við holutopp
  - d) Fóðringar
- 3) **Geymslugeymir**
- a) Sýnataka vatns úr geymslugeymi
  - b) Ferilefnapróf
  - c) Líkanreikningar
- 4) **Nærumhverfi**
- a) Grunn- og yfirborðsvatn
  - b) Yfirborðsflæði CO<sub>2</sub>
  - c) Landhæðarbreytingar (aflögun)
  - d) Vatnalífríki
  - e) Jarðskjálftavirkni



MYND 10.1 Yfirlitsskýringarmynd yfir vöktunaráætlun Coda Terminal. Myndin sýnir ekki rétt stærðarhlutföll.

## 10.1 Affermingar-, uppgösunar- og dreifikerfi CO<sub>2</sub>

Affermingar-, uppgösunar- og dreifikerfi nær frá affermingarörnum og að borteigum þar sem CO<sub>2</sub> er dælt í geymslugeyminn. Á hafnarkantinum eru affermingararmar tengdir við tankskip þaðan sem CO<sub>2</sub> á vökvaformi er affermt í gegnum þá, en þar er straumur einnig magn- og efnagreindur. Frá affermingarörnum er CO<sub>2</sub> flutt með lögnum í geymslutanka sem staðsettir eru á landfyllingu við hafnarsvæði. Tilgangur tankanna er að jafna sveiflur í kerfinu þar sem niðurdæling tekur talsvert lengri tíma en afferming skips. CO<sub>2</sub> er dælt úr geymslutönkunum með þrýstiaukadælu að uppgösunarkerfi þar sem fljótandi CO<sub>2</sub> er hitað upp með heitu vatni og komið yfir í gasfasa. CO<sub>2</sub> safnkerfi tengist svo öllum kerfunum og er tilgangur þess að lágmarka leka á CO<sub>2</sub> til andrúmsloftsins með því að safna mögulegum útblæstri frá t.d. öryggislokum í safntank og endurnýta. Úr uppgösunarkerfinu er CO<sub>2</sub> á gasfasa komið í dreifikerfi sem samanstendur af lögnum sem komið er fyrir neðanjarðar og leiða CO<sub>2</sub> til borteiga.

Settir verða upp flæðis-, magnstöðu-, hitastigs- og þrýstingsmælar ásamt tækjum til efnagreininga CO<sub>2</sub> straumsins þar sem við á. Til að nema og gera grein fyrir hvers kyns leka á mismunandi stöðum kerfisins verður haldið bókhald um massajafnvægi kerfisins. Auk þess verða CO<sub>2</sub> gasnemar notaðir ásamt reglubundinni sjónskoðun til að nema hugsanlega leka. Hér að neðan er fjallað nánar um vöktun fyrir mismunandi hluta kerfisins.

### 10.1.1 Löndunarkerfi

Affermingararmar verða notaðir til að afferma CO<sub>2</sub> á vökvaformi úr tankskipum. Notast verður við sívöktun á flæði, hitastigi og þrýstingi til að magngreina það CO<sub>2</sub> sem tekið er á móti. Hliðtengdir flæðimælar verða settir upp sem geta greint bilun í skynjurum eða skyndileg frávik. Við móttöku verður CO<sub>2</sub> straumurinn efnagreindur til að tryggja að hann uppfylli allar kröfur til niðurdælingar. Aflestaða vökvanum er svo dælt í geymslutanka, en þaðan liggur einnig lögn með CO<sub>2</sub> í gasfasa yfir í tankskipið aftur til að jafna þrýsting á milli geymslutanka og skips meðan að á affermingu stendur. Flæðimælir er jafnframt á gaslögninni til að hægt sé að gera sér grein fyrir magninu af CO<sub>2</sub> sem fer aftur yfir í tankskipið.

### 10.1.2 Geymslutankar

CO<sub>2</sub> er flutt frá affermingarörnum í geymslutanka. Sívöktun verður á magni, hitastigi og þrýstingi í geymslutönkum. CO<sub>2</sub> gasnemar verða settir upp í svæðinu í kringum geymslutankana til að bregðast við mögulegum leka á kerfinu og gæta fyllsta öryggis.

### 10.1.3 Uppgösunarkerfi

Uppgösunarkerfið verður staðsett í lykilbyggingu við hlið geymslutankanna og samanstendur af þrýstiaukadælum, uppgufurum og yfirhiturum. Uppgösunarkerfið umbreytir CO<sub>2</sub> straumnum úr vökvafasa yfir á gasfasa og verður straumurinn yfirhitaður til að hann þéttist ekki í lagnaleiðinni frá lykilbyggingu að borteigum. Flæði, þrýstingur og hitastig er vaktað á nokkrum stöðum í kerfinu til að

tryggja öruggan rekstur. CO<sub>2</sub> gasnemar verða í byggingunni til að nema hugsanlega leka af CO<sub>2</sub> frá uppgösunarkerfinu.

#### 10.1.4 CO<sub>2</sub> safnkerfi

CO<sub>2</sub> safnkerfi mun taka við umfram CO<sub>2</sub> gasi frá öryggisventlum sem verndar kerfið frá því að þrýstingur geti farið yfir hönnunarþrýsting. CO<sub>2</sub> gasinu er safnað saman í CO<sub>2</sub> safntanki (e. *surge tank*), þaðan er CO<sub>2</sub> á gasfasa dælt inn á dreifikerfi til borteiga með gasþjöppu, en CO<sub>2</sub> sem er á vökvaformi er dælt úr botni tanksins og yfir í geymslutanka. CO<sub>2</sub> nemar verða settir upp á svæðinu í kringum CO<sub>2</sub> safnkerfið til að tryggja öryggi ef leki á sér stað.

#### 10.1.5 Lagnir að niðurdælingarsvæði

Flæðimælar verða settir upp á báðum endum gaslagna sem flytja yfirhitað CO<sub>2</sub> gas frá uppgösunarkerfinu að niðurdælingarsvæði, þar sem munur á mældu inn og útstreymi í lögnum gefur til kynna mögulega leka. Dregið verður úr líkum á leka úr gaslögnum með reglulegum skoðunum ásamt því að vöktunarkerfi verður komið fyrir sem nemur CO<sub>2</sub> ef að leki verður í dreifikerfinu. Með því að setja upp sjálfvirkt vöktunarkerfi er hægt að bregðast við leka á frumstigum, loka á dreifingu í gegnum tiltekið kerfi og sinna viðhaldi áður en að lekinn verður alvarlegur.

## 10.2 Niðurdæling CO<sub>2</sub>

Niðurdæling CO<sub>2</sub> á sér stað í niðurdælingarholum sem verða á allt að tíu borteigum. Niðurdæling á CO<sub>2</sub> fer þannig fram að gaslögn með CO<sub>2</sub> er leidd niður í fóðraða niðurdælingarholu auk þess sem vatni, ferskvatni eða jarðsjó, er dælt niður í holuna en vatnið er flutningsmiðill CO<sub>2</sub> straumsins. Blöndun gassins við vatnið á sér stað á ákveðnu dýpi og er þrýstingur vatnssúlunnar notaður til að leysa CO<sub>2</sub> í vatninu. Niðurdælingarholurnar eru fóðraðar nógu djúpt til að tryggja að vökvinn streymi ekki út í bergið fyrr en CO<sub>2</sub> er að fullu leyst í vatninu. Af þeim sökum verður fylgst með hitastigi, þrýstingi og massaflæði CO<sub>2</sub>- og vatnsstraums sem streymir niður í niðurdælingarholuna á holutoppi. Gildin eru síðan notuð til að reikna út gasbóluprýsting við botn fóðringar í niðurdælingarholu (sjá lýsingu í kafla 2.3). Niðurdælingarkerfin eru hönnuð til að tryggja að gasbóluprýstingur CO<sub>2</sub>-hlaðna niðurdælingarvatnsins sé lægri en vatnsþrýstingur við botn fóðringar með því að viðhalda réttu hlutfalli vatns og CO<sub>2</sub>. Þannig er tryggt að leynibindingu CO<sub>2</sub> er alltaf náð þegar vökvinn nær út í geymslugeyminn.

#### 10.2.1 Borteigar

Flæðimælar byggt á mismunandi tækni verða settir upp á borteigum til að tryggja nákvæmni massajafnvægisútreikninga. Útreikningarnir verða nýttir í nákvæmt bókhald yfir það CO<sub>2</sub> sem kerfið tekur á móti og dælt er niður í geymslugeyminn, auk mats á hvers kyns mögulegum lekum úr kerfinu.

Gasmælum verður jafnframt komið fyrir á borteigum. Greinist hækkaður styrkur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti er hægt að stöðva flæði CO<sub>2</sub> straums að borteigum með sjálfvirkum stjórnlokum sem staðsettir verða á báðum endum gaslagna er liggja að borteigum. Að auki verður framkvæmd sjónræn skoðun á

niðurdælingarsvæði og umhverfi þess mánaðarlega í þeim tilgangi að fyrirbyggja hugsanlega leka og fara yfir ástand búnaðar.

### 10.2.2 Skýli yfir niðurdælingarholum

Símælandi CO<sub>2</sub> gasmælum verður komið fyrir inni í skýlum yfir niðurdælingarholum. Styrkur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti verður mældur með símælingu inni í skýlunum. Þannig má greina leka frá niðurdælingarkerfinu á frumstigum og tryggja að CO<sub>2</sub> leki verði frá niðurdælingarkerfinu sé aldrei langvarandi.

### 10.2.3 Inntak við holutopp

Sívöktun verður á þrýstingi, hitastigi og massaflæði CO<sub>2</sub> og vatnsstrauma við inntak á holutoppi hvarrar niðurdælingarholu, bæði á gas- og vatnsstraumnum. Auk þess verður sýnataka og greining á efnasamsetningu vatnsstraums sem dælt er niður á hverjum borteig (tafla 10.1) framkvæmd fjórum sinnum á ári. Sýnataka og greining efnasamsetningar CO<sub>2</sub> gasstraumsins eftir yfirhitun í Lykilbyggingu (tafla 10.2) verður framkvæmd tólf sinnum á ári. Þessar reglubundnu mælingar eru viðbót við sýnatöku og greiningar á CO<sub>2</sub> á vökvaformi sem fara fram eftir affermingu CO<sub>2</sub> straumsins frá tankskipum við Straumsvíkurhöfn (sjá kafla 10.1). Þessar greiningar verða meðal annars notaðar til að stýra hlutfalli vatns og CO<sub>2</sub> og tryggja þannig að CO<sub>2</sub> sé að fullu uppleyst þegar það flæðir í geymslugeyminn (sjá viðauka II).

### 10.2.4 Fóðringar

Fóðringar niðurdælingarhola eru hafðar nógu djúpar til að tryggja að leysnibindingu sé náð þar sem CO<sub>2</sub> streymir út í berggrunninn (sjá kafla 2.3). Fylgst verður með heilleika fóðringa með holusjárskoðun (hljóðsjá) og/eða myndun á fimm ára fresti.

**TAFLA 10.1** Samantekt á mismunandi eðlis- og efnabreytum vatnssýna ásamt greiningaraðferð.

BREYTISTÆRÐ	DÆMI UM GREININGARAÐFERÐ
Sýrustig (pH)	Rafskaut
Hitastig	Hitamæling
Selta (rafleiðni)	Rafskaut
Katjónir (þar á meðal snefilefni) <sup>a</sup>	Rafgasgreinir (e. inductively coupled optical emission spectrometry, ICP-OES) eða rafgasmassagreinar (e. inductively coupled optical mass spectrometry, ICP-MS)
Anjónir <sup>a</sup>	Jónaskiljur (e. ion chromatography, IC)
Uppleyst ólífrænt kolefni	Títrun
Styrkur ferilefna (á meðan ferilefnapróf standa yfir)	Háþrýstivökvaskilja (e. high-pressure liquid chromatography, HPLC) eða flúorljómun
Uppleyst O <sub>2</sub>	Mælingar ampúla eða rafskaut
Efnafræðileg súrefnisþörf (e. Chemical Oxygen Demand, COD)	COD-Mn, COD-Cr



<sup>a</sup>Þar með talið þær sem þarf til að túlka geymslugueyminn og steinrenningarferlið auk þeirra sem skipta máli fyrir íslenska innleiðingu vatnatilskipunar.

**TAFLA 10.2** Samantekt á mismunandi efnabreytum gassýna úr niðurdælingarstraumi ásamt greiningaraðferð.

BREYTISTÆRÐ	DÆMI UM GREININGARAÐFERÐ
Aðalefni (e. major components) <sup>a</sup>	Gasskilja (e. Gas Chromatograph, GC)
Styrkur súrefnis	Ljósgleypni (e. absorption), Rafefnafræðilegur skynjari (e. Electrochemical sensor)

<sup>a</sup>Þar með talið þau sem þarf til að túlka geymslugueyminn og steinrenningarferlið auk þeirra sem skipta máli fyrir íslenska innleiðingu vatnatilskipunar.

### 10.3 Geymslugueymir

Afdrif CO<sub>2</sub> í geymslugueyminum verða vöktuð með jarðefnafræðilegum og forðafræðilegum aðferðum. Beitt verður svipaðri aðferðafræði og er notuð við vöktun grunnvatns og jarðhita. Til viðbótar verður beitt aðferðum við vöktun á steinrenningu CO<sub>2</sub> í jarðlögum sem hafa verið í stöðugri þróun, samhliða þróun á Carbfix tækninni (t.d. [1], [137], [3]). Þrýstingur geymslugueymis er mældur í öllum niðurdælingar- og vöktunarholum í borlok. Fylgst er með þrýstingi geymslugueymis með síritum í vöktunarholum á verkefnistímanum.

#### 10.3.1 Sýnataka vatns úr geymslugueyminum

Upplýsinga um samspil CO<sub>2</sub>, vatns og basalts neðanjarðar verður aflað með sýnatökum á vatni úr geymslugueyminum. Að lágmarki verða 16 djúpar vöktunarholur boraðar en staðsetning þeirra verður ákvörðuð út frá fyrirbyggjandi gögnum og forðafræðilíkönnum. Heildarfjöldi vöktunarhola sem ná niður í geymslugueymi er ekki hægt að ákveða fyrir fram en mögulegt er að þeim fjölgi úr 16 í allt að 25 samhliða frekari könnun á geymslugueyminum. Mynd 10.2 sýnir áætlaða staðsetningu vöktunarhola.



**MYND 10.2** Kort sem sýnir staðsetningu mismunandi tegunda vöktunarhola í tengslum við niðurdælingarsvæði. Kortið sýnir einnig yfirborðsvatn sem verður vaktað í tengslum við starfsemina. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Staðsetning geymslutanka er sýnd með bláum hring. Mynd: EFLA, 2024.

Grunnástand efnasamsetningar vatns úr geymslugueyminum verður metið reglulega allt þar til niðurdæling hefst, með sýnatöku úr borholum og efnagreiningum á þeim. Í upphafi niðurdælingar verður tíðni vöktunar hærrí en ella, eða þangað til viðbragð hveírar vöktunarholu við niðurdælingu hefur verið skilgreint. Vöktun og tíðni sýnatöku verður endurskoðuð með notkun ferilefnaprófa (sjá 10.3.2).

Efnabreytur sem greindar verða í vatni geymslugueymis eru teknar saman í töflu 10.1 og telja meðal annarra sýrustig (pH), selta, uppleyst ólífrænt kolefni (DIC) og styrk helstu katjóna og anjóna. Einnig verður hitastig vatns mælt. Ef lífræn efni eru til staðar í niðurdælingarstrumnum verður niðurbrot þeirra mælt með efnafræðilegri súrefnisþörf (COD) og styrk uppleyst súrefnis. Sýnum til greiningar ferilefna verður einnig safnað samhlíða efnasýnum eftir því sem við á. Katjónir og anjónir veita mikilvægar upplýsingar sem nýtast til að skilgreina geymslugueyminn og steinrenningarferlið, en þær eru ekki síður mikilvægar til að framfylgja markmiðum laga um stjórn vatnamála.

### 10.3.2 Ferilefnapróf

Þegar nýjar niðurdælingarholur verða teknar í notkun verða ferilefnapróf framkvæmd í þeim m.a. til að safna eftirfarandi upplýsingum:

- I. rennislisleiðum niðurdælingarvökvans úr borholunni í geymslugeyminum
- II. endurkomutíma niðurdælingarvökvans úr borholunni í vöktunarholum, og
- III. mati á þynningu niðurdælingarvökvans úr borholunni í þeim vökva sem fyrir er í geymslugeyminum

Ferilefnum verður dælt í niðurdælingarholurnar og sýnum safnað m.a. úr vöktunarholum í nágrenni þeirra. Tíðni sýnatöku verður hærrí í upphafi ferilefnaprófana og mun minnka eftir því sem skilningur eykst á tengslum niðurdælingarhola við vöktunarholur og þar með skilningur á geymslugeyminum.

Efnagreiningar vatnssýna sem safnað verður úr vöktunarholum í kjölfar ferilefnaprófana verða notaðar til að vakta afdrif CO<sub>2</sub> í geymslugeyminum. Þessi gögn verða notuð til að ákvarða magn og hraða steinrenningar CO<sub>2</sub> út frá massajafnvægisútreikningum og niðurstöðum líkanaútreikninga.

### 10.3.3 Líkanreikningar

Gasbóluprýstingur niðurdælingarvatns er reiknaður við enda fóðringar eins og áður sagði. Enn fremur er gasbóluprýstingur reiknaður í vatni úr vöktunarholum. Forðafræðilíkan tekur mið af þessum reikningum og er notað til að reikna út gasbóluprýsting í geymslugeyminum. Áætlaður gasbóluprýstingur er síðan borinn saman við vatnsprýsting í geymslugeyminum til að meta hætta á afgösum úr geymslugeyminum. Ef hætta á afgösum er metin óveruleg er litið svo á að leysnibindingu sé náð.

Efnasamsetning, hitastig og pH á vatnssýnum úr vöktunarholum eru notuð til að reikna mettunarstig valinna steinda, svo sem karbónatsteinda í geymslugeyminum. Þetta gefur til kynna hvort aðstæður séu hagstæðar fyrir steinrenningu CO<sub>2</sub>. Tímaraðir með endurteknum sýnatökum og greiningum veita einnig innsýn í breytingar sem kunna að verða á geymslugeyminum.

Frummat á hlutfalli CO<sub>2</sub> sem steinrennist á leið sinni milli niðurdælingar- og vöktunarhola verður fundið út með massajafnvægisútreikningum. Þetta mat er gert nánar með forðafræðilíkani af svæðinu sem notað er til að leggja mat á heildarsteinrenningu geymslugeymisins meðan á rekstri stendur og til lengri tíma. Niðurstöður jarðefnafræðilegra túlkana verða bornar saman við spár forðafræðilíkana. Forðafræðilíkanið verður uppfært eftir þörfum til að endurspeglar niðurstöður vöktunargagna. Frekar gagna verður aflað og/eða áhættumat og vöktunaráætlun uppfærð eftir þörfum (sjá viðauka II).

## 10.4 Nærumhverfi

### 10.4.1 Grunn- og yfirborðsvatn

Vöktun á mögulegum áhrifum niðurdælingar CO<sub>2</sub> og tengdri vatnstöku úr Straumsvíkurstraumi á grunn- og yfirborðsvatn er órjúfanlegur hluti vöktunaráætlunarinnar. Í efri lögum einkennist grunnvatn af ferskvatni inn til lands. Við ströndina einkennast þessi efri lög af jarðsjó ásamt ferskvatni, þar sem ferskvatnlinsa myndast yfir undirliggjandi jarðsjó (viðauki I).

Efnasamsetning og hitastig grunnvatns úr völdum grunnum borholum vöktunarholum innan geymslusvæðis, sem og í nálægð við það verður greind árlega fyrir þá þætti sem taldir eru upp í tafla 10.1. Ef lífræn efni eru til staðar í niðurdælingarstraumnum verður niðurbrot þeirra mælt með

efnafræðilegri súrefnisþörf (COD) og styrk uppleyst súrefnis. Áætlað er að bora fimm til átta grunnar vöktunarholur fyrir grunnvatn, sjá mynd 10.2, þ.á.m. í átt að vatnsverndarsvæði Kaldársels. Einnig verður notast við efnagreiningar á vatni ætluðu til niðurdælingar, þar sem það á uppruna sinn í grunnnum vatnstökuholum. Tíðni mælinga og sýntakna á hverjum stað verður aðlagð eftir því sem þekking á hegðun grunnvatnshlota og áhrifum niðurdælingar eykst.

Dýpt niður á blandlag milli jarðsjós og ferskvatns verður mælt með rafleiðni fjórum sinnum á ári, til að byrja með, í þremur til fimm blandlagsvöktunarholum (sjá mynd 10.2). Fjöldi slíkra mælinga á ári mun breytast með aukinni þekkingu og/eða breyttum þörfum. Þessar mælingar veita innsýn í breytingar á i) þykkt ferskvatnslinsunnar, ii) breytingar á seltu í ferskvatni og jarðsjó og ii) styrk annarra efna, þar á meðal þeirra er tengjast markmiðum um stjórn vatnamála (lög nr. 36/2011 og reglugerðir þar um).

Efnasamsetning og hitastig yfirborðsvatns í Gerðistjörn, Brunntjörninni, Straumstjörnum, Brunntjörn, Ástjörn, Hvaleyrarvatn og Urriðavatni verða greind árlega fyrir þá þætti sem eru taldir upp í töflu 10.1 og telja meðal annarra sýrustig (pH), hitastig, seltu (rafleiðni), uppleyst ólífrænt kolefni (DIC) og styrk helstu katjóna og anjóna.

Magnstaða grunnvatnshlota verður vöktuð með mælingum á vatnsborði í völdum grunnvatnsvöktunarholum (sjá mynd 10.2) ásamt vötnum/tjörnum (svo sem Gerðistjörn, Brunntjörn, Straumstjörnum, Ástjörn, Hvaleyrarvatn og Urriðavatni). Magnstaða grunnvatnshlota verður vöktuð með mælingum á vatnsborði í völdum grunnvatnsvöktunarholum (sjá mynd 10.2) ásamt vötnum/tjörnum (svo sem Gerðistjörn, Straumstjörnum, Brunntjörn, Ástjörn, Hvaleyrarvatni og Urriðavatni). Þessar mælingar verða framkvæmdar oftár í upphafi niðurdælingar, en árlega eftir að viðbrögð grunnvatnshlota hafa verið staðfest. Vöktun vatnsborðs verður með vatnsborðsmælum, þrýstimælum og/eða síritum eftir því sem við á.

Ofangreindir vöktunarþættir eru háðir náttúrulegum sveiflum, svo sem árstíðabreytingum, flóðum og úrkomu, sem og annarri starfsemi á svæðinu eins og nýtingu grunnvatns og losun vatns sem eru óháð rekstri Coda Terminal. Mikilvægt er að gera mælingar á grunnástandi áður en niðurdæling hefst, sem og ef breytingar verða á óskyldri starfsemi til að geta borið saman við mælingar eftir að starfsemi hefst og fyrir túlkun gagna með líkönum. Ef nýjar niðurdælingar- eða vatnstökuholur eru teknar í notkun verður vöktun þessi útvíkkuð eftir þörfum, byggt á upplýsingum úr ferilefnaprófum og líkönum.

#### 10.4.2 Yfirborðsflæði CO<sub>2</sub>

Gert er ráð fyrir gasflæðismælingum annað hvert ár til að fylgjast með breytingum á gasflæði um jarðveg og útiloka leka CO<sub>2</sub> frá niðurdælingarkerfinu eða úr geymslugeymi. Mælingar á flæði CO<sub>2</sub> um jarðveg eru gerðar með því að nota lokuð mælingarhólf þar sem styrkur CO<sub>2</sub> inni í hólfinu er mældur sem stöðugt fall af tíma (e. CO<sub>2</sub> flux chamber).

#### 10.4.3 Landhæðarbreytingar (aflögun)

Gervihnattagögn (InSAR) verða notuð til að meta landhæðarbreytingar á geymslusvæðinu. Gögnin gera framkvæmdaraðila kleift að fylgjast með hvers kyns áhrifum af niðurdælingu á yfirborð landsins og



umfang þeirra. Gervihnattagögnin verða endurskoðuð á fimm ára fresti, en sá tímarammi gerir greiningu á mælanlegum breytingum mögulega.

#### 10.4.4 Vatnalífríki

Helstu umhverfisbreytur sem hafa áhrif á afdrif dvergbleikju og botnlægra hryggleysingja í tjörnunum í Straumsvík verða vaktaðar, svo sem vatnsborð, hitastig, súrefni, sýrustig (pH) og selta (sjá nánar í kafla 8.3.6). Vöktun á þessum vatnsgæðapáttum, fyrir framkvæmdir og á rekstrartíma, gera framkvæmdaraðila kleift að kortleggja náttúrulegan breytileika í tjörnunum og vakta í kjölfarið hugsanleg áhrif framkvæmdarinnar. Að auki verður gerð rannsókn á dvergbleikju og botnlægjum hryggleysingjum áður en framkvæmdir hefjast og byggt á þeim niðurstöðum verður haft samráð við líffræðing um mögulega vöktun á þessum stofnum.

Verði breytinga vart í umhverfisbreytum er taldar eru upp hér að ofan verður aðferðafræði vöktunar og tíðni endurskoðuð auk þess sem gripið verður til viðeigandi ráðstafana, svo sem mögulegra breytinga á fyrirkomulagi vatnstöku og/eða niðurdælingar CO<sub>2</sub>.

#### 10.4.5 Jarðskjálftavirkni

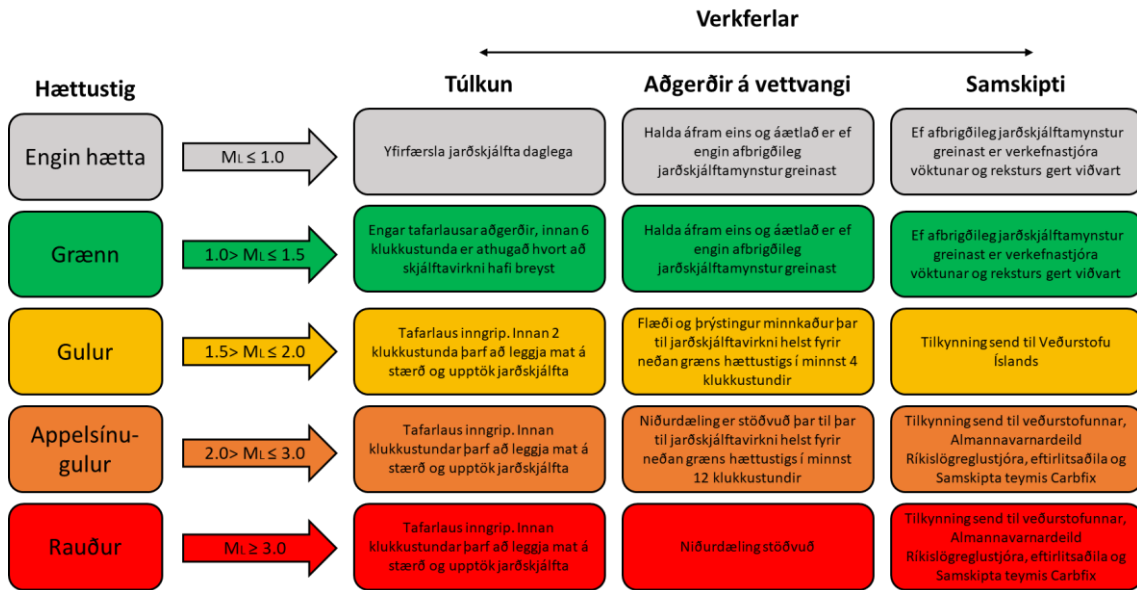
ÍSOR vann óháð frummat á jarðskjálftahættu fyrir geymslusvæðið sem hluta af mati á umhverfisáhrifum vegna niðurdælingar CO<sub>2</sub> á geymslusvæði Carbfix í Straumsvík, með hliðsjón af reglum Orkustofnunar um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur nr. OS-2016-R01-01 (sjá viðauka IV). Niðurstöður matsins sýndu að “Hætta á finnanlegri skjálftavirkni er óveruleg” og því ekki gerð krafa um rannsóknaráætlun sbr. reglur nr. OS-2016-R01-01. Þrátt fyrir það verður náði fylgst með jarðskjálftavirkni bæði fyrir og meðan á niðurdælingu CO<sub>2</sub> stendur og geymslusvæðið byggt upp í skrefum. Ólík jarðskjálftanet verða og hafa verið sameinuð í útvíkkað CODA jarðskjálftanet fyrir jarðskjálftaefirlit (sjá viðauka IV). Jarðskjálftanetið samanstendur af:

- 1) Sérstöku CODA jarðskjálftaneti, sett upp og rekið af ÍSOR fyrir Carbfix. Jarðskjálftanetið samanstendur nú af þremur jarðskjálftamælum en áætlað er að auka fjölda þeirra í fimm eftir framgangi verkefnisins,
- 2) fjórum völdum jarðskjálftamælum úr REYKJANET jarðskjálftanetinu, fjármögnuðu af Tékknesku vísindaakademíunni og stutt af ÍSOR, og
- 3) tveimur völdum stöðvum úr SIL svæðisbundna jarðskjálftanetinu á Íslandi, reknu af Veðurstofu Íslands.

Einn jarðskjálftamælir verður í um 1-2 km fjarlægð frá fyrirhuguðu framkvæmdasvæði en hinir dreifðir jafnt í kringum svæðið til að mynda áreiðanlegt mælanet.

Framkvæmd vöktunar á jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar CO<sub>2</sub> fer fram með því að innleiða verkferla þar sem hægt er að grípa inn í og bregðast strax við ef breytingar verða á jarðskjálftavirkni með því að stýra rennslisraða í niðurdælingarholur. Vöktun á skjálftavirkni byggir á svokölluðu umferðarljósakerfi (sjá mynd 10.3) sem komin er góð reynsla á og hefur verið í notkun á Hellisheiði frá 2012 fyrir niðurdælingu á skiljuvatni frá Hellisheiðarvirkjun [138]. Verkferlar innan umferðarljósakerfisins verða framkvæmdir og prófaðir á meðan gangsetningu niðurdælingarkerfisins

stendur, með nánast rauntíma endurgjöf á milli jarðskjálftaefirlits og niðurdælingar. Umferðaljósakerfið er þrepaskipt og vaktar tengsl jarðskjálftavirkni og niðurdælingu í nær-rauntíma. Viðbragðsáætlun fyrir kerfið miðast við fyrirfram ákveðnar aðgerðir fyrir mælda jarðskjálfta af mismunandi stærð. Niðurdæling er sett hægt af stað og aukin í þrepum með bið á milli. Ef jarðskjálftar mælast að stærð  $M_L$  1,5-2 þarf að minnka flæði og þrýsting þannig að jarðskjálftavirkni haldist minni en  $M_L$  1.5 í minnst 4 klukkustundir. Ef jarðskjálftar mælast að  $M_L$  2,0 – 3,0 er niðurdæling stöðvuð þar til að jarðskjálftavirkni haldist minni en  $M_L$  1.5 í 12 klukkustundir. Algjör stöðvun á niðurdælingu á sér stað ef skjálfti að stærð  $M_L$  3.0 eða meira á sér stað.



MYND 10.3 Umferðarljósakerfi (e. Traffic Light System, TLS) fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> í Coda Terminal. Kerfið byggir á því að ákveðnir verkferlar fara í gang þegar jarðskjálftar í ákveðnum styrk eru mældir.

### 10.5 Vöktun eftir lokun geymslusvæðis

Vöktun eftir lokun geymslusvæðisins felur í sér vöktun viðeigandi atriða með lækkanði tíðni sýnatöku og/eða mælinga tíðni. Vöktunin verður uppfærð eftir þörfum áður en til lokunar svæðisins kemur. Vöktun eftir lokun skal ekki vera skemmri en 20 ár nema öll fyrirbyggjandi gögn bendi til þess að CO<sub>2</sub> muni bindast varanlega með leysnibindingu og steinrenningu. Þetta felur í sér áframhaldandi vöktun á geymslugeymi og grunnvatnshlotum ásamt gasflæðimælingum um yfirborð þar sem sýnatöku og/eða tíðni mælinga minnkar eftir því sem fjær dregur lokun geymslusvæðisins. Jafnframt verður framkvæmdur álestur á holutoppþrýstingi og verður grunnvatnshæð og hitastig mælt í aflögðum niðurdælingarholum. Ef þrýstingshækkningar eru verulegar verða einnig tekin vatns- og gassýni úr niðurdælingarholum og þau efnagreind og hitastig mælt.

### 10.6 Samantekt vöktunaráætlunar

Tafla 10.3 dregur saman vöktunaráætlunina. Í töflunni er greint frá vöktunarpáttum, mögulegri greiningartækni, ásamt staðsetningu og tíðni mælinga áður en niðurdæling hefst, meðan á henni stendur og eftir lokun geymslusvæðis í samræmi við lokunaráætlun. Einstaka mælinga- og

sýnatökustaðir (t.d. borholur) og tíðni mælinga verða skilgreind í tengslum við útgáfu starfsleyfis til geymslu.

TAFLA 10.3 Yfirlit yfir vöktunaráætlun Coda Terminal.

	Vöktunarpáttur		Greiningar-/mælingaraðferð	Staðsetning	Tíðni <sup>a</sup>			
					Fyrir gangsetningu	Á meðan niðurdælingu stendur	Eftir lokun <sup>f</sup>	
Affermingar-, uppgösunar- & dreifikerfi	Þrýstingur	af straumi CO <sub>2</sub> á vökvaformi frá tankskipum	Þrýstimælir	Í kjölfar löndunar		Síritun		
	Hitastig		Hitamælir			Síritun		
	Flæði		Flæðimælir			Síritun		
	Efnasamsetning		Efnagreiningartæki og sýnataka & greining			Fyrir hvert skip og/eða Síritun		
	Þrýstingur	af CO <sub>2</sub> á vökvaformi í geymslutönkum	Þrýstimælir	Geymslutankur		Síritun		
	Hitastig		Hitamælir			Síritun		
	Magnstaða		Yfirborðsmælir (e. level transmitter)			Síritun		
	Þrýstingur	af straumi yfirhitaðs CO <sub>2</sub>	Þrýstimælir	Í kjölfar yfirhitunar		Síritun		
	Hitastig		Hitamælir			Síritun		
	Flæði		Flæðimælir			Síritun		
	Þrýstingur	af CO <sub>2</sub> í safntanki	Þrýstimælir	CO <sub>2</sub> safntankur		Síritun		
	Hitastig		Hitamælir			Síritun		
	Styrkur CO <sub>2</sub> í andrúmslofti			Gasmælir	Affermingar- & uppgösunarkerfi		Síritun	
Niðurdælingarkerfi	Þrýstingur	Af öllum flæðistraumum sem fara ofan í niðurdælingarholu	Þrýstimælir	Niðurdælingarholutoppar		Síritun	1-1/5 <sup>d</sup>	
	Hitastig		Hitamælir			Síritun		
	Flæði		Flæðimælir			Síritun		
	Efnasamsetning CO <sub>2</sub>			Sýnataka & greining á rannsóknarstofu	Í kjölfar yfirhitunar		12	
	Efnasamsetning niðurdælingarvatns				Borteigar		4	
	Styrkur CO <sub>2</sub> í andrúmslofti			Gasmælir	Borteigar og niðurdælingarmannvirki		Síritun	
	Sjónræn skoðun (tæring, lekar, óreglur)			Sjónrænt, gasmælir	Niðurdælingarsvæði		12	
	Heilleiki fóðringar			Holusjarmælingar	Niðurdælingarholur		Fimmta hvert ár	
	Þrýstingur geymslugeymis			Vatnsborðsmælir eða þrýstimælir	Niðurdælingarholur	1	Síritun þrýstings og hitastigs í holutoppi (sjá að ofan)	
	Hitastig vatnsborðs			Hitamælir	Niðurdælingarholur	1		1-1/5 <sup>d</sup>
Geymslugeymir	Efnasamsetning vatns í geymslugeymi og hitastig		Sýnataka & greining á rannsóknarstofu	Vöktunarholur	Grunnástand	Há → lág tíðni <sup>b</sup>	1-1/5 <sup>d</sup>	
	Styrkur ferilefna (á meðan ferilefnaprófi stendur)					Há → lág tíðni <sup>b</sup>		
	Þrýstingur		Vatnsborðsmælir eða þrýstimælir		Grunnástand	Árlega		



Nærumhverfi	Efnasamsetning vatns og hitastig	Sýnataka & greining á rannsóknarstofu	Skilgreindar grunnar borholur og vötn/tjarnir	Grunnástand	Árlega <sup>c</sup>	½-1/5 <sup>d</sup>
	Vatnsborð	Vatnsborðsmælir		Grunnástand	Árlega <sup>c</sup>	½-1/5 <sup>d</sup>
	Dýpi á blandlag jarðsjós og ferskvatn	Leiðnimælir	Skilgreindar vöktunarholur	1	4 <sup>c</sup>	½-1/5 <sup>d</sup>
	Yfirborðsflæði CO <sub>2</sub>	Yfirborðsgasflæðimælir	Niðurdælingarsvæði	1	½ <sup>e</sup>	¼ <sup>e</sup>
	Jarðskjálftar	Jarðskjálftanet	Geymslusvæði	Síritun		
	Landhæðabreytingar	InSAR (gervihnattamyndir)		Fimmta hvert ár (túlkun)		
	Vatnalífríki Vatnsborð, pH, selta, súrefni, hitastig. Vöktun á stofnum <sup>g</sup>	Vatnsborðsmælir, hitamælir, sýnataka og greining Vöktun á stofnum <sup>g</sup>	Gerðistjörn, Brunntjörnin, Straumstjarnir, Brunntjörn	Grunnástand	Árlega <sup>c</sup>	½-1/5 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Fjöldi sýna/mælinga/kannana hvert ár

<sup>b</sup> Hærri tíðni sýnatöku í upphafi niðurdælingar og ferilefnaprófanna. Tíðni minnkar þegar hefur verið borið kennsl á viðbragð hverra vöktunarholu við niðurdælingu. Rauntölur taka mið af frumniðurstöðum.

<sup>c</sup>Tíðni mælinga, sýnataka og/eða rannsókna er hægt að aðlaga miðað við aukna þekkingu á hegðun grunn- og yfirborðsvatnshlota, áhrif starfsemi í tengslum við niðurdælingu sem og staðsetningu þeirra miðað við niðurdælingarsvæði.

<sup>d</sup> 1-1/5: Árlega í þrjú ár, svo fimmta hvert ár; ½-1/5: Annað hvert ár fyrstu þrjú árin, svo fimmta hvert ár.

<sup>e</sup> Fjórdæ hvert (¼) eða annað hvert (½) ár.

<sup>f</sup> Vöktun eftir lokun skal ekki vera undir 20 árum, nema hægt sé að sýna fram á það fyrr með gögnum CO<sub>2</sub> sé eða muni bindast varanlega með leysnibinding og steinrenningu.

<sup>g</sup> Vöktun á stofnum verður ákveðin að grunnrannsóknum loknum í samráði við líffræðinga og tíðni á rekstrar- og lokunartíma ákveðin.



# 11

## Kynning og samráð

## 11 KYNNING OG SAMRÁÐ

Samkvæmt lögum nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana skal Skipulagsstofnun kynna matsáætlun og umhverfismatsskýrslu. Almennungi gefst kostur á að koma með athugasemdir við bæði matsáætlun og umhverfismatsskýrslu. Skipulagsstofnun skal jafnframt leita umsagna umsagnaraðila og leyfisveitenda eftir því sem við á. Það er svo mat framkvæmdaraðila hvort kynna eigi framkvæmdina fyrir almenningi umfram það sem lög kveða á um.

### 11.1 Forsamráð

Áður en vinna við matsáætlun hófst var haldinn forsamráðsfundur. Fundurinn fór fram þann 10. maí 2022 og á fundinum sátu fulltrúar Skipulagsstofnunar ásamt leyfisveitendum, þ.e. aðilum frá Umhverfisstofnun, Hafnarfjarðarbæ og Heilbrigðiseftirliti Garðabæjar, Hafnarfjarðar, Kópavogs, Mosfellsbæjar og Seltjarnarness. Á fundinum var fyrirhuguð framkvæmd kynnt og farið yfir þá umhverfisþætti sem framkvæmdaraðili gerði ráð fyrir að meta. Fundargerð má nálgast á vef Skipulagsstofnunar, [skipulag.is](https://skipulag.is).

Að frumkvæði framkvæmdaraðila var annar fundur með leyfisveitendum haldinn 16. september 2022. Tilgangur fundarins var að kynna drög að matsáætlun fyrir leyfisveitendum áður en henni væri skilað inn til Skipulagsstofnunar.

### 11.2 Kynning á matsáætlun

Áður en matsáætlun var birt til kynningar um fjögurra vikna skeið, frá 8 nóvember til og með 6. desember 2022, var umsagnaraðilum boðinn kynning á matsáætlun og fyrirhugaðri framkvæmd. Á kynningartímabili gefst almenningi tækifæri til að koma með athugasemdir við matsáætlunina og samhliða því leitaði Skipulagsstofnun umsagna lögboðinna umsagnaraðila. Alls bárust 14 umsagnir, þar af 11 frá lögbundnum umsagnaraðilum. Unnið var úr öllum innsendum athugasemdum og þeim svarað. Skipulagsstofnun kynnt álit sitt um matsáætlun 27. janúar 2023.

### 11.3 Kynning á umhverfismatsskýrslu

Umhverfismatsskýrsla er nú birt til kynningar í Skipulagsgáttinni (<https://skipulagsgatt.is>) og er almenningi veittur 6 vikna frestur til þess að skila inn umsögn um skýrsluna. Samhliða því skal

Skipulagsstofnun leita umsagna lögbundnum umsagnaraðilum og leyfisveitendum. Á þessu kynningartímabili mun Carbfix kynna niðurstöður umhverfismatsins á opnum kynningarfundum.

Eftir að kynningartíma lýkur verður þeim umsögnum sem borist hafa svarað og verða svörin ásamt umsögnum birt á svæði framkvæmdarinnar í Skipulagsgáttinni. Innan sjö vikna frá því að kynningu á umhverfismatskýrslu lýkur skal Skipulagsstofnun gefa rökstutt álit sitt um umhverfismat framkvæmdarinnar, byggt á umhverfismatskýrslu, framkomnum umsögnum, svörum framkvæmdaraðila við þeim og öðrum fyrirliggjandi gögnum sem varða umhverfismatið. Álitið skal kynnt framkvæmdaraðila og þeim sem veittu umsögn um umhverfismatskýrsluna og vera aðgengilegt almenningi á netinu og kynnt á áberandi hátt.

#### 11.4 Hagsmunaráð

Í upphafi matsferlisins stofnaði Carbfix hagsmunaráð fyrir Coda Terminal til að skapa vettvang umræðna milli hagaðila í nærsamfélaginu um uppbyggingu stöðvarinnar í Straumsvík. Haldinn var kynningarfundur á Coda Terminal í starfstöð Carbfix við Hellisheiðarvirkjun fyrir hagsmunaaðila 31. ágúst 2022, auk þess sem fundað var í maí 2023.

Carbfix hefur umsjón með hagsmunaráðinu en sú ábyrgð felst m.a. í að kalla eftir tilnefningum í ráðið, undirbúa og boða fundi og sjá um samskipti við fulltrúa þess. Í hagsmunaráðinu hafa fengið boð ýmis stéttarfélög, íbúasamtök, fyrirtæki á svæðinu, félagasamtök, umhverfisverndarsamtök og skólar, en frjálst er að skrá sig í ráðið eða tilnefna aðila í gegnum netfangið hagsmunarad@carbfix.com.

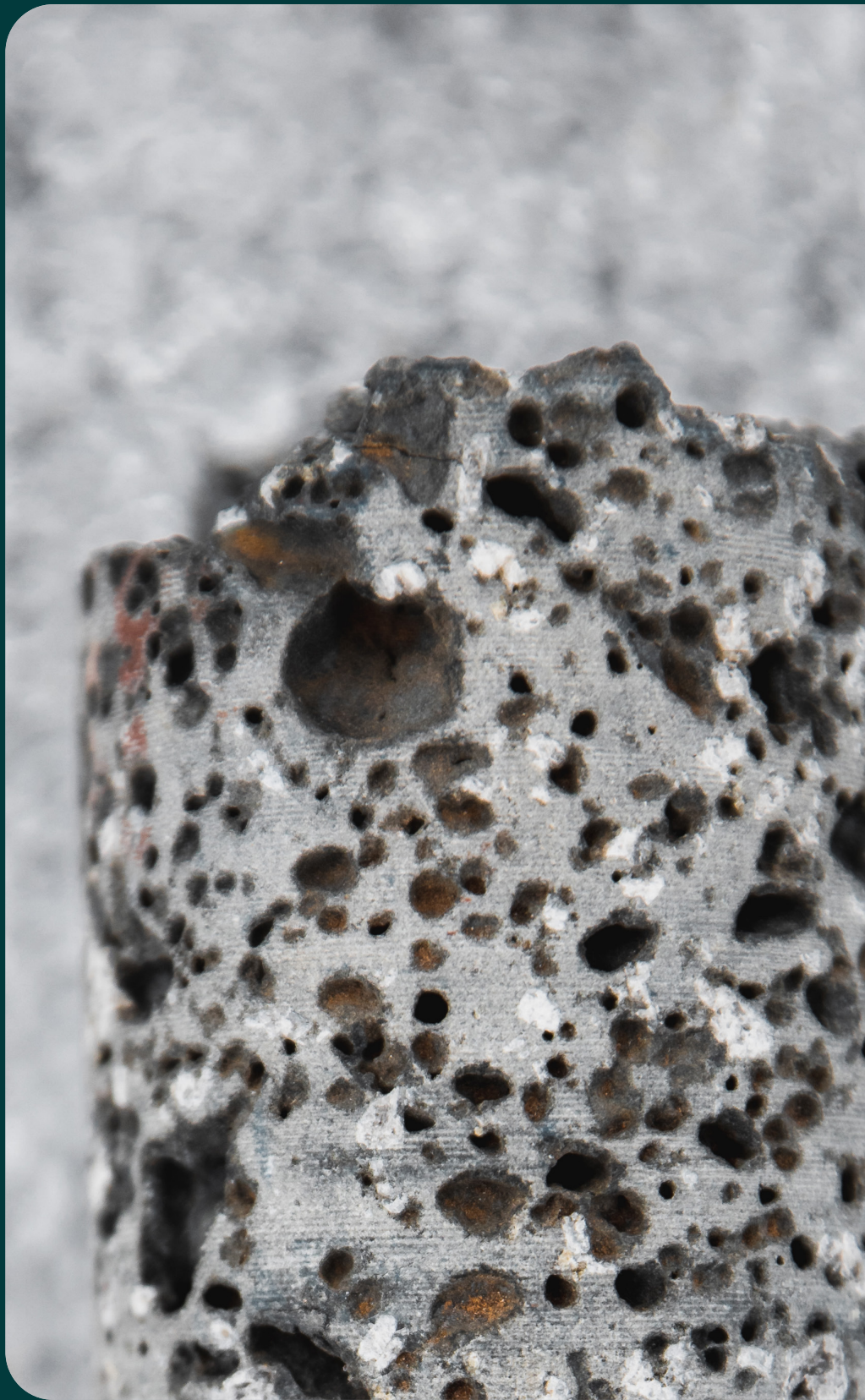
#### 11.5 Opnir kynningarfundir

Auk funda með hagsmunaráði og kynningarferli matsáætlunar og umhverfismatskýrslu, hafa verið haldnir opnir kynningarfundir um verkefnið, í apríl 2021 og febrúar 2022. Hér að neðan er yfirlit yfir samráðsferli vegna Coda Terminal, bæði lögbundið og valkvætt, en ekki er um tæmandi lista að ræða.

MÁNUÐUR	LÝSING	GERÐ FUNDAR
maí 2022	Lögbundið forsamráð	Forsamráðsfundur með fulltrúum Skipulagsstofnunnar ásamt leyfisveitendum
nóvember - desember 2022	Lögbundin kynning matsáætlunar, auk kynningarfundar fyrir leyfisveitendur á matsáætlun.	Kynning og samráð um umhverfisskýrslu við umsagnaraðila og almenning.
vorið 2022	Heimasíða	Carbfix heldur úti heimasíðunni <a href="http://www.codaterminal.is">www.codaterminal.is</a> til að miðla upplýsingum um verkefnið til almennings.
ágúst 2022	Stofnun hagsmunaráðs Coda terminal	Carbfix setti á stofn hagsmunaráð Coda Terminal. Tilgangur þess var að skapa veggvang umræðna milli hagaðila í samfélaginu um uppbyggingu Coda Terminal.
apríl 2021	Opinn kynningarfundur	Opinn kynningarfundur um verkefnið, einnig aðgengilegur í streymi.
febrúar 2022	Opinn kynningarfundur	Opinn kynningarfundur um verkefnið, einnig aðgengilegur í streymi.



ágúst 2022	Samráðsfundur hagsmunaráðs	Samráðsfundur hagsmunaráðs. Fundargögn birt á netinu.
apríl 2023	Opinn kynningarfundur	Opinn kynningarfundur, einnig aðgengilegur í streymi.
maí 2023	Samráðsfundur hagsmunaráðs	Samráðsfundur hagsmunaráðs, fundargögn birt á netinu.



12

Heimildaskrá

## 12 HEIMILDASKRÁ

- [1] J. M. Matter, M. Stute, S. Snæbjörnsdóttir, E. H. Oelkers, S. R. Gislason, E. S. Aradóttir, B. Sigfusson, I. Gunnarsson, H. Sigurdardóttir og W. S. Broecker, „Rapid carbon mineralization for permanent disposal of anthropogenic carbon dioxide emissions,“ *Science*, b. 352, nr. 6291, pp. 1312-1314, 2016.
- [2] P. A. E. Pogge von Strandmann, K. W. Burton, Sandra O. Snæbjörnsdóttir, Bergur Sigfússon, Edda S. Aradóttir, Ingvi Gunnarsson, Helgi A. Alfredsson, Kiflom G. Mesfin, Eric H. Oelkers og Sigurður R. Gislason, „Rapid CO<sub>2</sub> mineralisation into calcite at the CarbFix storage site quantified using calcium isotopes,“ *Nature Communications*, b. 10, nr. 1983, 2018.
- [3] Clark et. al, „CarbFix2: CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S mineralization during 3.5 years of continuous injection into basaltic rocks at more than 250 °C,“ 2020.
- [4] Edda Sif Aradóttir, „Reactive transport models of CO<sub>2</sub>-water-basalt interaction and applications to CO<sub>2</sub> mineral sequestration,“ University of Iceland, Reykjavík, 2011.
- [5] Orkuveita Reykjavíkur, „U<sub>2</sub> Losunarkræfni,“ [Á neti]. Available: <https://arsskyrsla2022.or.is/loftslagsmal/losunarkraefni/>.
- [6] IPCC, „Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policy makers,“ The Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Sviss, 2023.
- [7] IEA, „CCUS in Clean Energy Transitions,“ IEA, Paris, 2020.
- [8] *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act)*, 2023.
- [9] *Communication from the Commission: „Securing our future: Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society,“* 2024.
- [10] The European Commission, „The Net-Zero Industry Act: Accelerating the transition to climate neutrality,“ [Á neti]. Available: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en).

- [11 *Communication from the Commission: „Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU“*, 2024.
- [12 Equinor, „The Northern Lights project,“ [Á neti]. Available: <https://www.equinor.com/energy/northern-lights> . [Skoðað 2 Mars 2024].
- [13 Greensand, „Project Greensand/CO2 Lagring,“ [Á neti]. Available: <https://www.projectgreensand.com/en>. [Skoðað 2 Mars 2024].
- [14 European Commission, „Carbon capture, storage and utilisation,“ [Á neti]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/carbon-capture-storage-and-utilisation\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/carbon-capture-storage-and-utilisation_en). [Skoðað 2 Mars 2024].
- [15 Office of Clean Energy Demonstrations, „Regional Direct Air Capture Hubs,“ [Á neti]. Available: <https://www.energy.gov/oced/DACHubs> . [Skoðað 2 Mars 2024].
- [16 Department for Business and Trade, „Carbon capture, usage and storage,“ [Á neti]. Available: <https://www.great.gov.uk/international/content/investment/sectors/carbon-capture-usage-and-storage/>. [Skoðað 2 Mars 2024].
- [17 Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, F. Wiese, Thrainn Fridriksson, Halldór Ármannsson, Gunnlaugur M. Einarsson og Sigurdur R. Gislason, „CO2 storage potential of basaltic rocks in Iceland and the oceanic,“ *Energy Procedia*, b. 63, nr. 2014, p. 4585 – 4600, 2014.
- [18 T. M. Ratouis, S. Ó. Snæbjörnsdóttir, M. J. Voigt, B. Sigfússon, G. Gunnarsson, E. S. Aradóttir og V. Hjörleifsdóttir, „Carbfix 2: A transport model of long-term CO2 and H2S injection into basaltic rocks at Hellisheiði, SW-Iceland,“ *International Journal of Greenhouse Gas Control*, b. 114, nr. 103586, 2022.
- [19 F. Wiese, T. Fridriksson og H. Ármannsson, „CO2 fixation by calcite in high-temperature geothermal systems in Iceland,“ ÍSOR-2008/003, Reykjavík, 2008.
- [20 Vala Hjörleifsdóttir, Garðar Ingvason, Thomas Ratouis, Gunnar Gunnarsson, Sandra Ósk Snæbjörnsdóttir og Bergur Sigfússon, „Ten years of induced earthquakes in the Húsmúli CO2 injection site, Hellisheiði, Iceland,“ *SEG Global Meeting Abstracts*, pp. 96-100, 2021.
- [21 Stjórnarráð Íslands, „Aðgerðaráætlun í loftslagsmálum. Aðgerðir íslenskra stjórnvalda til að stuðla að,“ Stjórnarráð Íslands, 2020.
- [22 Carbfix, „Scientific Papers,“ [Á neti]. Available: <https://www.carbfix.com/scientific-papers>. [Skoðað 2 Mars 2024].
- [23 Magnús Á. Sigurgeirsson, Jón Einar Jónsson og Halldór Ingólfsson, „Straumsvík – Well CSI-01: Drilling of Well CSI-01 from Surface own to 982 m,“ ÍSOR, 2023.
- [24 Magnús Á. Sigurgeirsson, Jón Einar Jónsson, Halldór Ingólfsson, Gunnar S. Kaldal og Sveinborg H. Gunnarsdóttir, „Straumsvík – Well CSM-01: Drilling of Well CSM-01 from Surface down to 618 m,“ ÍSOR, 2024.
- [25 Orkustofnun, „Borholuskrá,“ [Á neti]. Available: <https://orkustofnun.is/upplýsingar/gagnasofn/boruholuskra>. [Skoðað 2 Mars 2024].



- [26 A. M. V. o.fl., „Saline Groundwater Exploration near Straumsvík using TEM - October 2022 to April 2023,“ ÍSOR, Reykjavík, 2023.
- [27 E. Á. G. o. Þ. Ágústsdóttir, „Seismic Assessment in the Greater Straumsvík Area,“ ÍSOR-2023/042, Reykjavík, 2023.
- [28 ÍSOR, „Jarðfræðikort ÍSOR,“ [Á neti]. Available: <https://arcgisserver.isor.is/?lon=-21.18269&lat=64.42673&zoom=8&layers%5B%5D=satellite>.
- [29 I. Galeczka, „Geochemical Model of the Coda Injection Reservoir,“ ÍSOR-2023/017, Reykjavík, 2023.
- [30 Carbfix, „Where does it work?,“ [Á neti]. Available: <https://www.carbfix.com/atlas>.
- [31 Umhverfisstofnun, „Náttúruinjasrá, Suðvesturland. Sótt 24.5.2022 af <https://ust.is/nattura/naturuverndarsvaedi/natturuminjaskra/sudvesturland/>“.
- [32 Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, „Geology and structure of the Reykjanes volcanic system, Iceland,“ *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, b. 391, 2020.
- [33 Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason, Náttúruvá á Íslandi, Reykjavík: Forlagið, 2013.
- [34 Ármann Höskuldsson og fl, „Náttúruvá á framkvæmdasvæði Lyklafellslínu. Samanburður valkosta með tilliti til jarðhræringa,“ Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, unnið fyrir Landsnet, 2021.
- [35 Helga Margrét Helgadóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Gunnlaugur M. Einarsson, „Baseline Geology and ThreeDimensional Geological Model of the Straumsvík Area,“ ÍSOR, 2023.
- [36 ÍSOR, „Skýrsla ÍSOR-20035,“ 2020.
- [37 Staðlaráð Íslands, „ÍST EN 1997-1:2004/NA 2010. Eurocode 7: Geotechnical Design - Part 1: General rules“.
- [38 Háskóli Íslands, „Sögulegt yfirlit um jarðskjálftavirkni á Reykjaneskaga,“ 2 Febrúar 2020. [Á neti]. Available: [https://www.hi.is/frettir/sogulegt\\_yfirlit\\_um\\_jardskjalftavirkni\\_a\\_reykjaneskaga](https://www.hi.is/frettir/sogulegt_yfirlit_um_jardskjalftavirkni_a_reykjaneskaga). [Skoðað 11 Mars 2024].
- [39 B. D. S. B. D. J. Ó. Ó. S. Á. S. Ó. T. B. T. J. Halldór Björnsson, „Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi - Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018,“ Veðurstofa Íslands, Reykjavík, 2018.
- [40 VSÓ ráðgjöf, „Aðstaða og aðkoma að Straumsvíkurhöfn, umferðarskipulag og efnistaka,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2023.

- [41] K. Þ. o. G. M. H. Auður Magnúsdóttir, „Hækkuð sjávarstaða á höfuðborgarsvæðinu,“ VSÓ Ráðgjöf, Reykjavík, 2021.
- [42] TILSKIPUN EVRÓPUBINGSINS OG RÁÐSINS 2009/31/EB um geymslu koltvísýrings í jörðu og um breytingu á tilskipun ráðsins 85/337/EB, tilskipunum Evrópubingsins og ráðsins 2000/60/EB, 2001/80/EB, 2004/35/EB, 2006/12/EB, 2008/1/EB og reglugerð (EB) nr 1013/2006, 2009.
- [43] Mannvit, „Carbfix Coda Terminal í Straumsvík: Áhrifamat vatnshlota. Skjalanúmer: 5672212-000-HRP-0001,“ Febrúar 2024.
- [44] Orkustofnun, „Leiðbeiningar fyrir reglur nr. OS-2019-R01-01,“ 2019.
- [45] Mannvit, „Niðurdæling CO2 til geymslu í jörðu á Hellisheiði,“ Mannvit & Carbfix, 2023.
- [46] Járngerður Grétarsdóttir, „Fræslægja – hvað er það?,“ Bændablaðið, 10 Mars 2015. [Á neti]. Available: <https://www.bbl.is/skudun/a-faglegum-notum/raeslaegja-%E2%80%93-hvad-er-thad>. [Skoðað 2 Mars 2024].
- [47] Directorate-General for Climate Action, „Innovation Fund projects,“ [Á neti]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects_en). [Skoðað 17 Maí 2024].
- [48] Stjórnarráð Íslands, „Viljayfirlýsing stjórnvalda, stóriðjunnar og Orkuveitu Reykjavíkur um hreinsun og bindingu kolefnis,“ Stjórnarráð Íslands, 18 Júní 2019. [Á neti]. Available: <https://www.stjornarradid.is/efst-a-baugi/frettir/stok-frett/2019/06/18/Viljayfirlýsing-stjornvalda-storidjunnar-og-Orkuveitu-Reykjavíkur-um-hreinsun-og-bindingu-kolefnis/>. [Skoðað 2 Mars 2024].
- [49] European Commission, „Scope of the EU Emissions Trading System,“ [Á neti]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system_en).
- [50] European Commission, „Reducing emissions from the shipping sector,“ [Á neti]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-shipping-sector\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-shipping-sector_en).
- [51] Skipulagsstofnun, Landsskipulagstefna 2015-2026 ásamt greinargerð, Reykjavík: Skipulagsstofnun, 2016.
- [52] Svæðisskipulagsnefnd, „Svæðisskipulag Höfuðborgarsvæðisins 2015-2040,“ Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, SSH, Kópavogur, 2015.
- [53] Stefán Gíslason og Birna Sigrún Hallsdóttir, Umhverfisráðgjöf Íslands ehf. (Environice), „Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins,“ Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, 2022.
- [54] Carbfix/EFLA, „Skipulags- og matslýsing: Breytingar á Aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025 og deiliskipulag fyrir borteiga Coda Terminal,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2023.
- [55] Landslag, „Breyting á Aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025: Reykjanesbraut, færsla stofnbrautar við álverið í Straumsvík,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2021.

- [56 Carbfix/EFLA, „Deiliskipulag iðnaðarsvæðis í Kapelluhrauni,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2024.
- [57 Anna Sofía Kristjánsdóttir Ark., „Hellnahraun 3. áfangi - Deiliskipulag,“ Skipulags- og byggingasvið Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2007.
- [58 Anna Sofía Kristjánsdóttir Ark. og Málfríður Kristjánsdóttir Ark., „Hellnahraun 2. áfangi - Uppfærður skipulagsuppráttur,“ Skipulags- og byggingarsvið Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2011.
- [59 Anna Margrét Tómasdóttir, „Breyting á Aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025. Svæði: Straumsvík og Kapelluhraun - Þynningarsvæði álversins fellt niður og landnýtingarflokkum breytt,“ Umhverfis- og skipulagsvið Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2022.
- [60 G & G arkitektúr, „Svæði akstursípróttafélags Hafnarfjarðar við Krísvíkurveg,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2015.
- [61 Auður Ýr Sveinsdóttir, Elín Smáradóttir, Hólmfríður Sigurðardóttir, Jakob Gunnarsdóttir, Óli Halldórsson, Sigurður Ásbjörnsson, Þóroddur F. Þóroddsson, „Leiðbeiningar um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda,“ Skipulagsstofnun, desember 2005.
- [62 Ásdís Hlökk Theodórsdóttir, Hólmfríður Sigurðardóttir, Jakob Gunnarsson, Pétur Ingi Haraldsson og Carine Chatenay, „Leiðbeiningar um flokkun umhverfisþátta, viðmið, einkenni og vægi umhverfisáhrifa,“ Skipulagsstofnun, desember 2005.
- [63 IPCC, „Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, 2022.
- [64 International Energy Agency, „Net Zero by 2050. A roadmap for the Global Energy Sector,“ International Energy Agency, Paris, 2021.
- [65 Ásta Karen Helgadóttir, Sigríður Rós Einarsdóttir, Nicole Keller, Rafn Helgason, Birgir Urbancic Ásgeirsson, Inga Rún Helgadóttir, Brian C. Barr, Kristinn Már Hilmarsson, Chaneé Jónsdóttir Thianthong, Arnór Snorrason, Leone Tinganelli og Jóhann Þórsson, „Report on Policies, Measures, and Projections: Projections of Greenhouse Gas Emissions in Iceland until 2050,“ Umhverfisstofnun, Reykjavík, 2023.
- [66 „GLOBAL STATUS OF CCS,“ Global CCS Institute, á.á.. [Á neti]. Available: <https://status22.globalccsinstitute.com/2022-status-report/global-status-of-ccs/>.
- [67 Heimsmarkmiðin um sjálfbæra þróun, „13. Aðgerðir í loftslagsmálum,“ [Á neti]. Available: <https://www.heimsmarkmidin.is/forsida/hagnytt-efni/merki/?itemid=01e1fab7-3f2a-11e9-9436-005056bc530c>.
- [68 Framework Convention on Climate Change, „Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement,“ United Nations, 2023.
- [69 European Commission, „Carbon capture, storage and utilisation,“ [Á neti]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/carbon-capture-storage-and-utilisation\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/carbon-capture-storage-and-utilisation_en).

- [70 Jón Einar Jónsson, „Wells CSM-01 and CSI-01 Injection Test and Spinner,“ ÍSOR, 2024.
- [71 Stjórn vatnamála, „Vatnaáætlun Íslands: 2022-2027,“ Umhverfisstofnun, Reykjavík, 2022.
- [72 Stjórn vatnamála, „Vatnavefsja,“ [Á neti]. Available: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/mainmap>.
- [73 R. Tinto, „Efnagreiningar úr vatnstökuholum 1969-2020,“ Rio Tinto, Hafnarfjarðarbær, 2024.
- [74 Jón S. Ólafsson o.fl., „Lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar,“ Haf- og vatnarannsóknir, 2020.
- [75 J. Olsson, S. L. S. Stipp, E. Makovický og Sigurður Reynir Gíslason, „Metal scavenging by calcium carbonate at the Eyjafjallajökull volcano: A carbon capture and storage analogue,“ *Chemical Geology*, b. 384, pp. 135-148, 2014.
- [76 T. K. Flaathen, Sigurður R. Gíslason, E. H. Oelkers og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, „Chemical evolution of the Mt. Hekla, Iceland, groundwaters: A natural analogue for CO<sub>2</sub> sequestration in basaltic rocks,“ *Applied Geochemistry*, b. 24, nr. 3, pp. 463-474, 2009.
- [77 Sigurdur R. Gíslason og H. P. Eugster, „Meteoric water-basalt interactions. I: A laboratory study,“ *Geochimica et Cosmochimica Acta*, b. 51, nr. 10, pp. 2827-2840, 1987.
- [78 H. Kaasalainen og Andri Stefánsson, „The chemistry of trace elements in surface geothermal waters and steam, Iceland,“ *Chemical Geology*, B. %1 af %2330-331, pp. 60-85, 2012.
- [79 Höskuldur Búi Jónsson, „Reykjanesbraut (41-15) Krýsuvíkurvegur-Hvassahraun. Greinargerð um jarðfræði og jarðmyndanir,“ Vegagerðin, 2020.
- [80 Kristján Jónasson, Rannveig Thoroddsen, Borgný Katrínardóttir, Svenja N.V. Auhage, Birgir Vilhelm Óskarsson og Sigmar Metúsalemsson, „Úttekt á náttúrufari vegna Suðurnesjalínu 2,“ Náttúrufræðistofnun Íslands, Garðabæ, 2018.
- [81 Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson, Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000, Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir, 2014.
- [82 Sveinbjörn Björnsson, Páll Einarsson, Helga Tulinius og Ásta Rut Hjartardóttir, „Seismicity of the Reykjanes Peninsula 1971-1976,“ *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, b. 391, p. 16, 2018.
- [83 *Pingskjal 537 — 429. mál.*
- [84 A. M. Tómasdóttir, „Breyting á aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025: Svæði: Straumsvík og Kapelluhraun - Þynningar svæði álversins fellt niður og landnýtingarflokkum breytt,“ [Á neti]. Available: [http://skipulagsaetlanir.skipulagsstofnun.is/skipulagvefur/DisplayDoc.aspx?itemid=bhYLOAxelkSFgx\\_FDM6ccQ](http://skipulagsaetlanir.skipulagsstofnun.is/skipulagvefur/DisplayDoc.aspx?itemid=bhYLOAxelkSFgx_FDM6ccQ).



- [85 Umhverfissráðuneytið, „Vernd og endurheimt íslenskra birkiskóga: Skýrsla og tillögur nefndar,“ Umhverfissráðuneytið, Reykjavík, 2007.
- [86 Rannveig Thoroddsen, Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgný Katrínardóttir, Svenja N.V. Auhage og Sigmar Metúsalemsson, „Breikkun Reykjanesbrautar frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni: úttekt á vistgerðum, flóru og fuglalíf,“ Náttúrufræðistofnun Íslands, Garðabær, 2020.
- [87 Kristján Jónasson, Rannveig Thoroddsen, Borgný Katrínardóttir, Svenja N.V. Auhage, Birgir Vilhelm Óskarsson og Sigmar Metúsalemsson, „Úttekt á náttúrufari vegna Suðurnesjalínu 2,“ Náttúrufræðistofnun Íslands, Garðabær, 2018.
- [88 Náttúrufræðistofnun Íslands, „Kjarrskógavist,“ [Á neti]. Available: <https://www.ni.is/is/grodur/vistgerdir/land/kjarrskogavist>.
- [89 Náttúrufræðistofnun Íslands, „Forgangsvistgerðir,“ [Á neti]. Available: <https://www.ni.is/is/midlun/forgangsvistgerdir>.
- [90 Náttúrufræðistofnun Íslands, „Mosahraunavist,“ [Á neti]. Available: <https://www.ni.is/is/grodur/vistgerdir/land/mosahraunavist>.
- [91 Náttúrufræðistofnun Íslands, „Lynghraunavist,“ [Á neti]. Available: <https://www.ni.is/is/grodur/vistgerdir/land/lynghraunavist>.
- [92 Þorleifur Eiríksson, „Minnisblað vegna matsáætlunar á lífríki í Straumsvík vegna stækkunar hafnarinnar,“ RORUM, Reykjavík, 2024.
- [93 Bjarki Jóhannesson og Elsa Jónsdóttir, „Aðalskipulag Hafnarfjarðar 2013-2025: Greinargerð,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2014.
- [94 Umhverfis- og skipulagsþjónusta Hafnarfjarðar, „Breyting á Aðalskipulagi Hafnarfjarðar 2013-2025: Breyting á mörkum vatnsverndar í landi Hafnarfjarðar,“ Hafnarfjörður, Hafnarfjörður, 2016.
- [95 Freysteinn Sigurðsson, „Grunnvatnið í Straumsvík,“ *Náttúrufræðingurinn*, b. 67, nr. 3-4, pp. 179-188, 1998.
- [96 A. Ingólfsson, „Lífríki í tjörnum við Straumsvík,“ *Náttúrufræðingurinn*, b. 67, nr. 3-4, pp. 255-262, 1998.
- [97 Jóhannes Sturlaugsson, Ingi Rúnar Jónsson, Stefán Eiríkur Stefánsson og Sigurður Guðjónsson, „Dvergbleikja á mótum ferskvatns og sjávar,“ *Náttúrufræðingurinn*, b. 67, nr. 3-4, pp. 189-199, 1998.
- [98 Bjarni Kristófer Kristjánsson og Jörundur Svavarsson, „Grunnvatnsmarflær á Íslandi,“ *Náttúrufræðingurinn*, b. 78, nr. 1-2, pp. 22-28, 2007.
- [99 Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson og Trausti Jónsson, „Súrnun sjávar,“ í *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi: Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*, Reykjavík, Veðurstofa Íslands, 2018, pp. 119-129.

- [10 A. Ishimatsu, M. Hayashi og T. Kikkawa, „Effects of CO<sub>2</sub> on Marine Fish: Larvae and Adults,“ *Journal of Oceanography*, b. 60, pp. 731-741, 2004.
- [10 E. Cummins, A. Selfridge og P. Sporn, „Carbon dioxidesensing in organisms and its implications for human disease,“ *Cell Mol Life Sci*, b. 71, nr. 5, pp. 831-845, 2014.
- [10 E. Schneider, C. Hasler og C. Suski, „Fish behavior in elevated CO<sub>2</sub>: Implications for a movement barrier in flowing water,“ *Biol Invasions*, b. 20, pp. 1899-1911, 2018.
- [10 E. Á. Guðnason, *Frummat á jarðskjálftahættu í Straumsvík og gossaga Reykjanesskagans - ÍSOR glæsur*, Carbfix, ÍSOR, 2024.
- [10 S. Kristjánisdóttir og Þ. Ágústsdóttir, „Preliminary assessment of induced seismicity due to fluid injection in Straumsvík,“ ÍSOR, 2020.
- [10 E. Á. Guðnason og Þ. Ágústsdóttir, „Seismic Assessment in the Greater Straumsvík Area,“ ÍSOR/Carbfix, 2023.
- [10 Hildigunnur Thorsteinsson og Gunnar Gunnarsson, „Induced Seismicity—Stakeholder Engagement in Iceland,“ *GRC Transactions*, b. 38, pp. 879-882, 2014.
- [10 Hafnarfjarðarhöfn, „Umtalsverð aukning í skipaumferð,“ 2023. [Á neti]. Available: <https://www.hafnarfjardarhofn.is/is/moya/news/umtalsverd-aukning-i-skipaumferd>. [Skoðað 15 Janúar 2024].
- [10 EFLA, „Kortlagning hávaða skv. tilskipun EU 2002/49/EC - Vegir og götur í Hafnarfirði,“ Vegagerðin/Hafnarfjörður, 2017.
- [10 Vegagerðin, „Reykjanesbraut (41-15) Krísvíkurvegur-Hvassahraun - Frummatsskýrsla,“ Vegagerðin, 2021.
- [11 U. Satosh, M. J. Mark, K. Shekhar, T. Hotchi, D. Sullivan, S. Streufert og W. J. Fisk, „Is CO<sub>2</sub> an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO<sub>2</sub> Concentrations on Human Decision-Making Performance,“ National Library of Medicine, 2012.
- [11 Food Safety and Inspection Service, „Carbon Dioxide - Health Hazard Information Sheet,“ FSIS Environmental Safety and Health Group.
- [11 S. H. Halldórsdóttir, „Vöktun á loftbornum flúor í gróðri - Samantekt á niðurstöðum flúormælinga í gróðri umhverfis álverið í Straumsvík frá 1968 til 2017,“ Háskóli Íslands, Reykjavík, 2019.

[11 V. Mannvit, Reykjanesbraut Krýsuvíkurvegur - Hvassahraun, Reykjavík, 2021.

[11 Umhverfisstofnun, „Loftgæði á Íslandi,“ [Á neti]. Available: <https://loftgaedi.is/?zoomLevel=13&lat=64.0508323426534&lng=-21.95949517725651>.

[11 Heilbrigðiseftirlit Garðabæjar, Hafnarfjarðar, Kópvaogs, Mosfellsbæjar og Seltjarnarness, „Loftgæðamælistöð,“ [Á neti]. Available: <https://gogn.vista.is/vdv.php/dashboard/12>.

[11 CORDIS, „Green methanol to the transport industry's rescue,“ 8 Ágúst 2022. [Á neti]. Available: <https://cordis.europa.eu/article/id/441972-green-methanol-to-the-transport-industry-s-rescue>. [Skoðað 19 Febrúar 2024].

[11 Anna Rut Arnardóttir, Gréta Hlín Sveinsdóttir, Hjörtur Örn Arnarson, Ingibjörg Sveinsdóttir, Ólafur Árnason, Paul Macrae og Sam Oxley, „Landslag á Íslandi, flokkun og kortlagning landslagsgerða á landsvísu,“ Skipulagsstofnun, Reykjavík, 2020.

[11 Mannvit, „Landslags- og ásýndargreining. Tvöföldun Reykjanesbrautar frá Hvassahrauni að Krýsuvíkurvegi,“ <https://www.skipulag.is/media/attachments/Umhverfismat/1710/Breikkun%20Reykjanesbrautar%20-%20vi%C3%B0aukar%20frummatssk%C3%BDrslu.pdf>, 2021.

[11 A. Rúnarsson, „Fornleifaskrá Hafnarfjarðar X: Hraunjarðir sunnan Reykjanesbrautar,“ Bygðasafn Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2021.

[12 Atli Rúnarsson, „Reykjanesbraut, fornleifaskráning vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar og breyttar landnotkunar,“ Bygðasafn Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2020.

[12 Elín Ósk Hreiðarsdóttir, Gylfi Helgason og Sigrún Drífa Þorfinnsdóttir, „Fornleifaskráning vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar (41), frá Hvassahrauni að Krýsuvíkurvegi II,“ Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík, 2020.

[12 B. F. Einarsson, „Endurskoðun á skýrslum um fornleifar í Hafnarfirði vegna framkvæmdaleyfis fyrir Suðurnesjalínu 2,“ Fornleifafræðistofan, Reykjavík, 2014.

[12 Bjarni F. Einarsson, „Fornleifaskráning vegna fyrirhugaðra lagningu Suðurnesjalínu 2 frá Hafnarfirði að tengivirki á Rauðamel,“ Fornleifafræðistofan, Reykjavík, 2018.

[12 Katrín Gunnarsdóttir, „Fornleifaskráning Hafnarfjörður Vegna deilskipulags aksturs- og skotæfingasvæðis í Kapelluhrauni,“ Bygðasafn Hafnarfjarðar, Hafnarfjörður, 2007.

- [12 H. Íslands, „Mannfjöldi eftir kyni, aldri og sveitarfélögum 1998-2023 - Sveitarfélagaskipan 1. janúar 2023,“ Hagstofa Íslands, 09 03 2023. [Á neti]. Available: [https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/lbuar/lbuar\\_\\_mannfjoldi\\_\\_2\\_byggdir\\_\\_sveitarfelog/MAN02005.px](https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/lbuar/lbuar__mannfjoldi__2_byggdir__sveitarfelog/MAN02005.px). [Skoðað 10 05 2023].
- [12 H. Íslands, „Atvinnuþátttaka, starfandi, vinnulitlir og atvinnuleysi, hlutfall eftir ársfjórðungum 2003-2022,“ Hagstofa Íslands, 15 03 2023. [Á neti]. Available: [https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Samfelag/Samfelag\\_\\_vinnumarkadur\\_\\_vinnumarkadsrannsokn\\_\\_2\\_arsfjorungstolur/VIN00910.px](https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Samfelag/Samfelag__vinnumarkadur__vinnumarkadsrannsokn__2_arsfjorungstolur/VIN00910.px). [Skoðað 16 05 2023].
- [12 Vinnumálastofnun, „Greining á atvinnuleysi eftir bakgrunnum\_Eftir sveitarfélögum,“ Vinnumálastofnun, 09 02 2023. [Á neti]. Available: <https://vinnumalastofnun.is/maelabordog-tolulegar-upplýsingar/atvinnuleysi-tolulegar-upplýsingar/atvinnuleysistolur-i-excelskjolum>. [Skoðað 16 05 2023].
- [12 Abnett, K. , „TIMELINE-A brief history of Europe's emissions trading system,“ Reuters, 2020. [Á neti]. Available: [www.reuters.com/article/climate-change-carbonpricing-europe-idUSL8N2I61AY](http://www.reuters.com/article/climate-change-carbonpricing-europe-idUSL8N2I61AY) .
- [12 Global Factor, „CO2 Prices 2024,“ [Á neti]. Available: <https://www.globalfactortrading.com/en/co2-prices>.
- [13 Carbon Credits, „A Guide to Compliance Carbon Credit Markets,“ 2022. [Á neti]. Available: [carboncredits.com/a-guide-to-compliance-carbon-credit-markets/](http://carboncredits.com/a-guide-to-compliance-carbon-credit-markets/).
- [13 Íslandsbanki, „Íslensk ferðapjónusta,“ Íslandsbanki, 2019.
- [13 Ferðamálastofa, „Áhugaverðir viðkomustaðir,“ [Á neti]. Available: <https://geo.alta.is/fms/stadir/>.
- [13 EU - Innovation Fund, „Driving clean innovative technologies towards the market, Coda Terminal. European Commission,“ 2022. [Á neti]. Available: [climate.ec.europa.eu/system/files/2022-12/if\\_pf\\_2022\\_coda\\_en.pdf](http://climate.ec.europa.eu/system/files/2022-12/if_pf_2022_coda_en.pdf).
- [13 I. a. E. E. A. European Climate, „16 grants from the Innovation Fund awarded to projects across Europe,“ European Commission, 6 06 2023. [Á neti]. Available: [https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/16-grants-innovation-fund-awarded-projects-across-europe-2023-06-06\\_en](https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/16-grants-innovation-fund-awarded-projects-across-europe-2023-06-06_en). [Skoðað 14 09 2023].
- [13 *Upplýsingar um gestafjölda frá sýningarstjóra Jarðhitasýningarinnar, janúar 2024.* [Viðtal].
- [13 T. Ratouis, „Permanent and secure geological storage of co2 by in-situ carbon mineralization,“ Carbfix, Reykjavík, 2022.



- [13 Ingvi Gunnarsson, Edda S. Aradóttir, E. H. Oelkers, D. E. Clark, Magnús Þór Arnarson, Bergur Sigfússon, Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, J. M. Matter, M. Stute, Bjarni M. Júlíusson og Sigurður R. Gíslason, „The rapid and cost-effective capture and subsurface mineral storage of carbon and sulfur at the CarbFix2 site,“ *International Journal of Greenhouse Gas Control*, b. 79, pp. 117-126, 2018.
- [13 AltaRock Energy, Inc, nduced Seismicity Mitigation Plan, Golden: Department of Energy, 2011.
- [13 „Skipulagslög nr. 123/2010“.
- [14 Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Ingibjörg Kaldal, Sigurður Garðar Kristinsson og Skúli Víkingsson, „Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100 000 (2. útgáfa),“ Íslenskar orkurannsóknir, Reykjavík, 2016.
- [14 Árni Hjartarson, „22. Straumsvík. Sótt 24.5.2022 af <https://www.isor.is/22-straumsvik/>“ Íslenskar orkurannsóknir, 2010.
- [14 Rannveig Thoroddsen, Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgný Katrínardóttir, Svenja N.V. Auhage og Sigmar Metúsalemsson, „Breikkun Reykjanesbrautar frá Krýsuvíkurvegi að Hvassahrauni: úttekt á vistgerðum, flóru og fuglalíf,“ Náttúrufræðistofnun Íslands , Garðabær, 2020.
- [14 Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, Bergur Sigfússon, C. Marieni, D. Goldberg, Sigurður R. Gíslason og E. H. Oelkers, „Carbon dioxide storage through mineral carbonation,“ *Nat. Rev. Earth Environ.*, b. 1, nr. 2, pp. 90-102, 2020.
- [14 Haukur Tómasson og Jens Tómasson, „Geological Report on the Aluminum Plant Site at Straumsvík,“ Ízlenska Álfélagið hf., 1966.
- [14 The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), „Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change,“ IPCC, 2022.
- [14 Appunn, K. og Wettengel, J., „Understanding the European Union’s Emissions Trading System (EU ETS),“ Clean Energy Wire, 2021. [Á neti]. Available: [www.cleanenergywire.org/factsheets/understanding-european-unions-emissions-trading-system](http://www.cleanenergywire.org/factsheets/understanding-european-unions-emissions-trading-system) .
- [14 Kristinn Baldursson, „Skýrsla nr. 100632-SKI-029 – Bases of Estimate,“ EFLA, Reykjavík, 2022.
- [14 Sigurður Loftur Thorlacius og Stefán Þór Kristinsson, „LCA screening study of CO2 mineralization in basalt at the Coda Terminal,“ EFLA, Reykjavík, 2023.

- [14 Heimsmarkmiðin um sjálfbæra þróun, „13. Aðgerðir í loftslagsmálum,“ [Á neti]. Available: <https://www.heimsmarkmidin.is/forsida/hagnytt-efni/merki/?itemid=01e1fab7-3f2a-11e9-9436-005056bc530c>.
- [15 Umhverfiráðgjöf Íslands ehf. (Environice), „Loftslagsstefna höfuðborgarsvæðisins,“ Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu og sóknaráætlun höfuðborgarsvæðisins, Kópavogur, 2022.
- [15 Evrópusambandið, „The European Green Deal,“ [Á neti]. Available: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).
- [15 Verkefnisstjórn aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum, „Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum, 2. útgáfa,“ Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, Reykjavík, 2020.
- [15 Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson, Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000, Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir, 2014.
- [15 Skipulagsstofnun, Suðurnesjalína 2 Álit um mat á umhverfisáhrifum, Reykjavík, 2019.
- [15 Verkfræðistofan Mannvit, Reykjanesbraut Krýsuvíkurvegur - Hvassahraun, Reykjavík, 2021.
- [15 Skipulagsstofnun, Suðurnesjalína 2 Álit um mat á umhverfisáhrifum, Reykjavík, 2019.
- [15 Elín Ósk Hreiðarsdóttir, Gylfi Helgason og Sigrún Drífa Þorfinnsdóttir, „Fornleifaskráning vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar (41), frá Hvassahrauni að Krýsavíkurvegi,“ Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík, 2020.
- [15 Hranfhildur Brynjólfsson og Silja Traustadóttir, „Deiliskipulag iðnaðarsvæðis í Kapelluhrauni,“ 15 Nóvember 2023. [Á neti]. Available: <https://skipulagsgatt.is/issues/2023/605>.
- [15 Hafnarfjörður, „Hellnahraun 2. áfangi: Deiliskipulagsskilmálar,“ 11 Apríl 2011. [Á neti]. Available: <http://skipulagsaetlanir.skipulagsstofnun.is/skipulagvefur/DisplayDoc.aspx?itemid=28634685423198931900>.
- [16 Hafnarfjörður, „Hellnahraun 3. áfangi: Deiliskipulagsskilmálar,“ 12 Apríl 2007. [Á neti]. Available: <http://skipulagsaetlanir.skipulagsstofnun.is/skipulagvefur/DisplayDoc.aspx?itemid=20637229878024621017>.
- [16 D. Juncu, T. Áranadóttir, H. Geirsson, G. Guðmundsson, B. Lund, G. Gunnarsson, A. Hooper, S. Hreinsdóttir og K. Michalczevska, „Injection-induced surface deformation and seismicity at

the Hellisheidi geothermal field, Iceland,” *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2018.

[16 Carbfix, „How it works,” [Á neti]. Available: <https://www.carbfix.com/how-it-works>.

[16 Northern Lights, „Northern Lights designated a Project of Common Interest by the European Union,” [Á neti]. Available: <https://norlights.com/news/northern-lights-designated-a-project-of-common-interest-by-the-european-union/>. [Skoðað 2 Mars 2024].

[16 Oddur Ævar Gunnarsson, „Hafnirðingar bíði rólegir eftir hættumati,” *Vísir*, 18 Janúar 2024. [Á neti]. Available: <https://www.visir.is/g/20242517066d/hafnirðingar-bidi-rolegir-eftir-haettumati> . [Skoðað 2 Mars 2024].

[16 Skógræktin, „Náttúrulegt birki á Íslandi: Landupplýsingagögn Skógræktarinnar,” [Á neti]. Available: <https://iceforestsERVICE.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=de3bbce4966b4290847ba4ae0c87d3f3>.

[16 Náttúrufræðistofnun Íslands, „Náttúruminjaskrá,” [Á neti]. Available: <https://natturuminjaskra.ni.is/>.

## MYNDASKRÁ

<b>MYND 1.1</b> Fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna ásamt vegslóða að þeim. Staðsetning borteiga, lagna og vegslóða kann að hliðrast til við endanlega hönnun þeirra. Framkvæmdasvæðið nær til þess svæðis sem mannvirki framkvæmdarinnar falla undir, en gert er ráð fyrir að svæði sem raskast muni að hámarki ná 15 m út fyrir miðlínu lagnabeltis og lóðir borteiga. Staðsetning geymslutanka er sýnd sem blár hringur. Kort: EFLA, 2024. _____	14
<b>MYND 1.2</b> Ferli mats á umhverfisáhrifum samkvæmt lögum nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana. _____	18
<b>MYND 2.1</b> Aðferðir til niðurdælingar á CO <sub>2</sub> til geymslu í jarðlögum: Myndin vinstra megin sýnir samanburð á aðferðum hefðbundinnar niðurdælingar á hreinu CO <sub>2</sub> í setlög. Myndin hægra megin sýnir aðferð Carbfix fyrir niðurdælingu á CO <sub>2</sub> leystu í vatni til leysnibindingar og síðar steinrenningar í jarðlögum. Mynd: Carbfix. _____	22
<b>MYND 2.2</b> Mismunandi ferli bindingar CO <sub>2</sub> í jarðlögum og bindingarhlutfall þeirra sem fall af tíma fyrir niðurdælingu a) Fjögur ferli bindingar til geymslu í setlögum (stemmingsbinding, hárpípubinding, leysnibinding og steindabinding) og b) Tvö ferli bindingar til steinrenningar í basalti (leysnibinding og steindabinding). Öryggi bindingar eykst frá vinstri til hægri. Mynd: Carbfix. _____	24
<b>MYND 2.3</b> Einfölduð efnafræðileg ferli Carbfix tækninni: CO <sub>2</sub> leyst í vatni og því dælt niður í berglög á borð við basalt þar sem það hvarfast við bergið og leysir út málma á borð við Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> og Fe <sup>2+</sup> . Þessir málmar ganga í efnasamband við CO <sub>2</sub> og falla út sem karbónatsteindir á borð við kalsít (CaCO <sub>3</sub> ), magnesít (MgCO <sub>3</sub> ) og síderít (FeCO <sub>3</sub> ). Mynd: Carbfix. _____	24
<b>MYND 2.4</b> Steinrunnið CO <sub>2</sub> í formi karbónatsteinda (hvítar útfellingar) í basaltkjarna frá um 500 m dýpi á tilraunasvæði Carbfix í Þrengslum). Mynd: Carbfix. _____	25
<b>MYND 2.5</b> Dæmi um basaltberg þar sem engar útfellingar steinda hafa átt sér stað (vinstra megin) og basaltberg þar sem steindir á borð við kalsít (kalsíumkarbónat) hafa fallið út í sprungum og holrýmum líkt og gerist við niðurdælingu CO <sub>2</sub> með Carbfix aðferðinni. Mynd: Carbfix. _____	25
<b>MYND 2.6</b> Staðsetningar rannsóknarhola (rauðir ferhyrningar fyrir rannsóknarborholur og bláir punktar fyrir vatnstökuholur) sem boraðar voru til að afla upplýsinga um geymslugeymi á framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) ásamt fyrirhuguðum staðsetningum borteiga. _____	27
<b>MYND 3.1</b> Niðurstöður fyrstu valkostagreiningar fyrir staðsetningu móttöku- og geymslustöðva fyrir CO <sub>2</sub> á Íslandi [17]. Rauð svæði tákna svæði sem eru innan við 30 km frá hentugum höfnum og innan rekbelteis þar sem er að finna ung basaltbergglög (yngri en 0,8 milljón ára). Hvítir punktar tákna hafnir [17]. _____	30
<b>MYND 3.2</b> Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) og athugunarsvæði sem var til umfjöllunar á matsáætlunarstigi (táknað með appelsínugulri línu). Kort: EFLA, 2024. _____	33
<b>MYND 3.3</b> Athugunarsvæði sem var til umfjöllunar í matsáætlun (appelsínugul útlína) og grófar, óútfærðar tillögur að dreifingu borteiga fyrir valkost 1, 2 og 3 innan þess (rauðir punktar). _____	33
<b>MYND 4.1</b> Fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna ásamt vegslóða að þeim. Staðsetning borteiga, lagna og vegslóða kann að hliðrast til við endanlega hönnun þeirra. Framkvæmdasvæðið nær til þess svæðis sem mannvirki framkvæmdarinnar falla undir, en gert er ráð fyrir að svæði sem raskast muni að hámarki ná 15 m út fyrir miðlínu lagnabeltis og lóðir borteiga. Kort: EFLA, 2024. _____	36
<b>MYND 4.2</b> Horft yfir framkvæmdasvæðið, í suðausturátt frá álverinu í Straumsvík. Við sjóndeildarhringinn má sjá Bláfjöll Mynd: EFLA, 2023. _____	37
<b>MYND 4.3</b> Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík með útsýni yfir Faxaflóa. Mynd: EFLA, 2023. _____	37



<b>MYND 4.4</b> Hraunflæði á Reykjaneskaga í tengslum við gosvirkni fyrir 3100-3500 árum, fyrir 1900-2500 árum, á árunum 8900-1240 og á árunum 2021-2023. Kort: ÍSOR. _____	39
<b>MYND 4.5</b> Skjálftaupptök >4 að stærð á Reykjaneskaga á árunum 1971-1976 og 1991-2020 [38]. _____	40
<b>MYND 4.6</b> Kort sem sýnir gildi grunnhröðunar jarðskjálfta á landinu öllu. Gildin miða við að 10% líkur eru á slíkum atburði á næstu 50 árum [37]. _____	41
<b>MYND 5.1</b> Einfölduð skýringarmynd af ferli niðurdælingar á CO <sub>2</sub> í Coda Terminal. _____	46
<b>MYND 5.2</b> Dæmi um uppsetningu tanka á hafnarsvæðinu. Tankarnir á myndinni eru um 14 m á hæð, 10 m á breidd og 70 m langir sem þykir líkleg stærð. Söðlar eru á báðum endum tankanna sem verða boltaðir við steypa undirstöðu. Lykilbyggingin á myndinni er um 26 m á hæð og 84 m á breidd. ____	48
<b>MYND 5.3</b> Yfirlitsmynd af fyrirhugaðri staðsetningu geymslutanka og lykilbyggingar við stækkaða höfn í Straumsvík. Til hægri á mynd sést tankskip liggja við viðlegukant ætlaður Carbfix, en til hægri má sjá skip á nýjum viðlegukanti sem er fyrirhugaður hjá Hafnarfjarðarhöfn en tengist ekki starfsemi Carbfix. Í bakgrunni sést álverið í Straumsvík. _____	49
<b>MYND 5.4</b> Hugmynd að fyrirkomulagi og útliti borteigs, annars vegar á iðnaðarsvæði (t.v.) og hins vegar opnu svæði (t.h.) Á borteig má sjá skýli yfir niðurdælingarholum auk stjórnbyggingar í tveimur útfærslum, þ.e. annars vegar með ljósum skýlum og hins vegar með dökkum. Ákvörðun um endanlegt útlit mannvirkja verður tekin við hönnun þeirra. Myndir: Nordic Office of Architecture, 2023. _____	52
<b>MYND 5.5</b> Möguleg útfærsla borteigs með alls átta niðurdælingarholum. Myndin sýnir dýpi þeirra og stefnu undir yfirborði. Mynd: EFLA, 2024. _____	54
<b>MYND 5.6</b> Hönnun niðurdælingar- og vatnstökuhola Coda Terminal. Grunnar vöktunarholur eru hannaðar á sama hátt og vatnstökuholur. _____	55
<b>MYND 5.7</b> Carbfix niðurdælingartækni Coda Terminal þar sem hreint CO <sub>2</sub> er leyst í vatni í borholum og dælt í geymslugeyminn. Mynd: Carbfix. _____	56
<b>MYND 5.8</b> Staðsetningar vöktunarhola vegna Coda Terminal. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Djúpar vöktunarholur eru merktar sem grænar stjórnur, vöktunarholur blandlags eru merktar sem bláir fimmhyrningar, grunnar vöktunarholur eru merktar sem fjólubláir þríhyrningar. _____	57
<b>MYND 5.9</b> Hönnun djúpra vöktunarhola og vöktunarhola fyrir blandlag í Coda Terminal. _____	58
<b>MYND 5.10</b> Dæmi um þversnið af lagnaskurði Coda Terminal. _____	59
<b>MYND 5.11</b> Dæmi um frágang framkvæmdasvæðis á Nesjavöllum og árangur landgræðslu. Fyrir (t.v.) og eftir (t.h.). Myndir: Magnea Magnúsdóttir/Orka náttúrunnar. _____	61
<b>MYND 5.12</b> Dæmi um frágang og aðlögun borstæðis að umhverfi og árangur uppgræðslu á Hellisheiði. Fyrir (t.v.) og eftir (t.h.). Myndir: Magnea Magnúsdóttir/Orka náttúrunnar. _____	62
<b>MYND 5.13</b> Tvær mismunandi útfærslur af frágangi borteiga innan þegar uppbyggðra iðnaðarsvæða (neðri mynd) og á mörkum þegar byggðra og óbyggðra svæða (efri mynd). Myndir: Nordic Office of Architecture, 2024. _____	63
<b>MYND 5.14</b> Tvær mismunandi útfærslur af frágangi borteiga í óbyggðu landi, annars vegar þar sem gróðursnauð hraun einkenna landslagið í kring (efri mynd) og hins vegar þar sem meira er um gróður og kjarr innan um hraunið (neðri mynd). Myndir: Nordic Office of Architecture, 2024. _____	64
<b>MYND 6.1</b> Vaxtarmörk svæðisskipulags Höfuðborgarsvæðisins (grá lína) og miðkjarnar (gulir hringir) þar sem gert er ráð fyrir megin vexti byggðar [51]. Rauður hringur táknar framkvæmdasvæðið. _____	71
<b>MYND 8.1</b> Áhrifasvæði geymslugeymis neðanjarðar áætlað út frá hámarksdreifingu CO <sub>2</sub> án áhrifa efnahvarfa, þ.m.t. steinrenningu (grá þekja), auk framkvæmdasvæðis ofanjarðar (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. _____	85
<b>MYND 8.2</b> Kort af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði (græn skygging), og geymslusvæði (dökkgrár ferill) ásamt líkanþversniðum sem sýnd eru á myndum 8.7 og 8.10. Staðsetningar rannsóknarborhola eru	

táknaðar með rauðum krossum. Staðsetning álvers Rio Tinto/ÍSAL er sýnd sem gul stjarna. Mynd: Carbfix, 2024.	87
<b>MYND 8.3</b> Hugmyndalíkan af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Coda Terminal. Myndin sýnir skil milli ferskvatns (bláir litir) og jarðsjávar (brúnir litir) ásamt flæði frá landi til sjávar. Borholur á svæðinu eru merktar inn á myndina auk áfangaskiptingar verkefnisins. Mynd: Carbfix, 2024.	88
<b>MYND 8.4</b> Jarðmyndanir í jarðfræði- (efri mynd) og reiknilíkönum (neðri mynd). Geymslugeymir neðanjarðar (grár fláki á yfirborði) og staðsetning Rio Tinto/ÍSAL (gul stjarna) við Straumsvík eru merkt inn á myndirnar. Mynd : Carbfix, 2024.	89
<b>MYND 8.5</b> Áætlað náttúrulegt ástand hitastigs (til vinstri) og þrýstings (til hægri) með dýpi í geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu samkvæmt reiknilíkani. Myndi til vinstri sýnir að hiti er hærri í fyrirhuguðum geymslugeymi miðað svæðin í kring. Mynd til hægri sýnir að þrýstingur eykst með dýpi og inn til landsins. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Mynd: Carbfix, 2024.	90
<b>MYND 8.6</b> Áætlað náttúrulegt ástand seltu með dýpi í geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu samkvæmt reiknilíkani. Myndin sýnir innflæði sjávar nálægt og vestur af Straumsvík. Jarðsjó er ekki að finna inn til landsins og í austurátt. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Mynd: Carbfix, 2024.	91
<b>MYND 8.7</b> Þverskurður af seltudreifingu geymslugeymis samkvæmt reiknilíkani. Myndin sýnir að ferskvatnslinsa þykkar eftir því sem innar dregur í land, og að jarðsjó og ísalt vatn er að finna hjá rannsóknarholum Carbfix, CSI-01 og CSM-01. Legu þversniða má sjá á mynd 8.2. Mynd: Carbfix, 2024.	91
<b>MYND 8.8</b> Áætlað grunnvatnsrennsli við vatnsborð (0 - 100 m u.s.) samkvæmt reiknilíkani. Lengd og litur örva sýna magn flæðis, þ.e. lengri og dekkri örvar tákna meira flæði. Bláar örvar sýna flæði með ríkjandi grunnvatnsstraumi, þ.e.a.s. frá landi til sjávar. Rauðar örvar sýna flæði á mót þessum straumi. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	92
<b>MYND 8.9</b> Áætlað rennsli í geymslugeymi samkvæmt reiknilíkani á -687,5 m y.s. Lengd og litur örva sýna magn flæðis, þ.e. lengri og dekkri örvar tákna meira flæði. Bláar örvar sýna flæði með ríkjandi grunnvatnsstraumi, þ.e.a.s. frá landi til sjávar. Rauðar örvar sýna flæði á mót þessum straumi. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	93
<b>MYND 8.10</b> NV-SA þversnið sem sýnir magn CO <sub>2</sub> (vinstri) og leysnibindingu CO <sub>2</sub> (hægri) eftir 10 ár (efsta mynd), 20 ár (mynd fyrir miðju) og 30 ár (neðsta mynd) af starfsemi í Coda Terminal ef gert er ráð fyrir að ekkert CO <sub>2</sub> steinrennist. Mynd til vinstri sýnir að ekkert CO <sub>2</sub> berst upp í efri lög grunnvatns á svæðinu. Mynd til hægri sýnir að CO <sub>2</sub> er uppleyst á svæðinu, þ.e.a.s. ekkert CO <sub>2</sub> er í gasfasa. Legu þversniða má sjá á mynd 8.2. Mynd: Carbfix, 2024.	95
<b>MYND 8.11</b> Áætluð hámarksdreifing uppleysts CO <sub>2</sub> (A) ásamt leysnibindingu (B) í geymslugeyminum (300 - 1200 m u.s.) eftir niðurdælingu í 10 ár (efsta mynd), 20 ár (mynd fyrir miðju) og 30 ár (neðsta mynd) ef gert er ráð fyrir að ekkert CO <sub>2</sub> steinrennist. Mynd A sýnir að allt niðurdælt CO <sub>2</sub> helst innan geymslusvæðis yfir 30 ára líftíma verkefnisins. Mynd B sýnir að CO <sub>2</sub> helst uppleyst í vatni alls staðar í geymslugeyminum. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	96
<b>MYND 8.12</b> Áætluð dreifing uppleysts CO <sub>2</sub> (A) ásamt leysnibindingu (B) með dýpi á geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu eftir 30 ár af niðurdælingu ef gert er ráð fyrir að ekkert CO <sub>2</sub> steinrennist. Mynd A sýnir að allt niðurdælt CO <sub>2</sub> helst innan geymslusvæðis yfir 30 ára líftíma verkefnisins. Einnig er ekkert CO <sub>2</sub> í efri lögum grunnvatnsins. Mynd B sýnir að CO <sub>2</sub> helst uppleyst í vatni alls staðar í geymslugeyminum. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	97
<b>MYND 8.13</b> Áætluð breyting á hitastigi (A) og þrýstingi (B) með dýpi á geymslusvæðinu og efri lögum grunnvatns á svæðinu miðað við náttúrulegt ástand eftir 30 ár af niðurdælingu. Mynd A sýnir að staðbundin kæling á sér stað í kringum niðurdælingarholur í geymslusvæðinu. Einnig er minniháttar (< 5°C) kæling í efri lögum grunnvatns suðaustur af Straumsvík. Mynd B sýnir 25 bara þrýstingsaukningu í geymslugeyminum. Enginn þrýstingsaukning kemur fram í efri lögum	

grunnvatnsins. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	98
<b>MYND 8.14</b> Áætluð breyting á seltu (A) og seltudreifingu (B) á geymslusvæðinu og í efri lögum grunnvatns á svæðinu eftir 30 ár af niðurdælingu. Myndirnar sýna að selta minnkar til vestur af niðurdælingarholum og eykst til austurs. Takmarkaðar seltubreytingar eru til staðar á yfirborði. Stjórnur tákna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	99
<b>MYND 8.15</b> (A) Meðaldreifing CO <sub>2</sub> -hlaðins vökva, (B) leysnibinding CO <sub>2</sub> , (C) hitabreyting, (D) þrýstingsbreyting, (E) meðalseltu og (F) seltubreyting í geymslugeyminum 100 árum eftir að niðurdælingu framkvæmdaraðila á svæðinu er hætt, ef gert er ráð fyrir að ekkert CO <sub>2</sub> steinrennist. Breytingar eru sýndar nálægt niðurdælingardýpi í geymslugeyminum og miða við stöðu kerfisins rétt eftir stöðvun niðurdælingar. Myndir A og B sýna að CO <sub>2</sub> helst innan geymslugeymis, og helst uppleyst í vatni, 100 árum eftir að niðurdælingu er hætt. Myndir C, D, E og F sýna að þrýstingur, hiti og selta á svæðinu stefnir í átt að náttúrulegu ástandi eftir að niðurdælingu er hætt. Stjórnur sýna fyrirhugaða borteiga. Gul stjarna sýnir staðsetningu álvers Rio Tinto/ÍSAL. Mynd: Carbfix, 2024.	100
<b>MYND 8.16</b> Áhrifsvæði umhverfisþáttarins grunnvatns (grá þekja), auk framkvæmdasvæðis ofanjarðar (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024.	104
<b>MYND 8.17</b> Vatnshlotið Straumsvíkurstraumur, nr. 104-265-G. Úr vatnavefsjá [71].	105
<b>MYND 8.18</b> Staðsetningar rannsóknarhola sem boraðar voru til að afla upplýsinga um geymslugeymi á framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Lagnaleiðir og fyrirhugaðar staðsetningar borteiga eru jafnframt sýndar auk staðsetningar geymslutanka (blár hringur). Byggt á gögnum frá Orkustofnun. Kort: EFLA, 2024.	107
<b>MYND 8.19</b> Breytingar á grunnvatnsborði í 1. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 10 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þótt gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).	111
<b>MYND 8.20</b> Breytingar á grunnvatnsborði í 2. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 10–20 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).	111
<b>MYND 8.21</b> Breytingar á grunnvatnsborði í 3. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 10–15 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 20–30 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).	112
<b>MYND 8.22</b> Breytingar á grunnvatnsborði í 4. áfanga samkvæmt líkanreikningum. Af mynd sést að líkanreikningar gefa til kynna allt að 15–20 cm niðurdrátt í kringum vatnstöku- og niðurdælingarholur framkvæmdaraðila. Einnig er allt að 30–40 cm hækkun á grunnvatnshæð til austurs af svæðinu, en ólíklegt er að vatnshæð í vötnum á sama svæði aukist verulega við þessa hækkun þó gegnumrennsli í þeim gæti aukist (sjá viðauka I).	112
<b>MYND 8.23</b> Seltubreyting í grunnvatni við 0 m y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá seltuaukningu rétt til austurs af framkvæmdarsvæðinu og seltuminnkun enn lengra til austurs. Stærð seltubreytinga eykst með líftíma verkefnisins, og eru smávægileg eftir fyrsta áfanga. Í þriðja áfanga má sjá seltuaukningu nálægt vatnstökuholum Rio Tinto. Mynd: Vatnaskil, 2024.	114
<b>MYND 8.24</b> Seltubreyting í grunnvatni við -20 m.y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá seltuaukningu austast á framkvæmdarsvæðinu og seltuminnkun austan þess eftir alla áfanga. Einnig má sjá seltuhækkun vestur af svæðinu eftir 4. áfanga. Stærð seltubreytinga eykst með	

- líftíma verkefnisins. Í 3. og 4. áfanga má sjá seltuaukningu nærri vatnstökuholum Rio Tinto. Mynd: Vatnaskil, 2024. \_\_\_\_\_ 114
- MYND 8.25** Seltubreyting í grunnvatni við -350 m.y.s. samkvæmt líkanútreikningum. Af mynd má sjá að selta minnkar undir framkvæmdarsvæðinu en eykst til suðurs. Stærð seltubreytinga eykst með líftíma verkefnisins. Eftir 4. áfanga má sjá seltuaukningu til norðausturs. Mynd: Vatnaskil, 2024. \_\_\_\_\_ 115
- MYND 8.26** Hraunlagasyrpur og aðrar jarðmyndanir á framkvæmdasvæðinu ásamt þekju sem sýnir þéttbýli og annað manngert land. Hraun sem sjást á kortinu eru Hrótagjárdyngja (fjólublátt), Kapelluhraun (ljósbleikt), Skúlatúnsdyngja (fjólublátt), Geldingahraun (bleikt), Selhraun (bleikt) og Óbrynnishólhraun (dökkbleikt). Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kortið er byggt á jarðfræðikorti ÍSOR [80] og vistgerðarkortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið af EFLU. \_\_\_\_\_ 120
- MYND 8.27** Hluti Kapelluhrauns sem er talsvert raskaður. Mynd: EFLA, 2023. \_\_\_\_\_ 121
- MYND 8.28** Borteigar Coda Terminal sem fyrirhugaðir eru á Selhrauni og Hrótagjárdyngjuhrauni ásamt kortlagningu rasks. Fyrirhugaður borteigur efst til vinstri á myndinni er á þegar skipulögðu athafnasvæði. Kortlagning þéttbýlis og manngerðs lands var unnin eftir loftmyndum í tengslum við vistgerðarkortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið af EFLU. \_\_\_\_\_ 123
- MYND 8.29** Vistgerðir á framkvæmdasvæðinu. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. \_\_\_\_\_ 126
- MYND 8.30** Verndargildi vistgerða á framkvæmdasvæðinu. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. \_\_\_\_\_ 127
- MYND 8.31** Kjarrskógavist. Á myndunum má sjá lágvaxið, gisið birkikjarr (*Betula pubescens*) en einnig ýmis konar lyng svo sem krækilyng (*Empetrum nigrum*), beitilyng (*Calluna vulgaris*), bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) og mosategundir svo sem hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). \_\_\_\_\_ 129
- MYND 8.32** Mosahraunavist. Á myndunum má sjá mosagróin hraun frá nútíma. Hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) þekur hraunin ásamt fléttutegundum. \_\_\_\_\_ 130
- MYND 8.33** Lynghraunavist. Á myndunum má sjá vel gróið hraun frá nútíma þakið mosategundum svo sem hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). Einnig má sjá lyngtegundir svo sem krækilyng (*Empetrum nigrum*), bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) og beitilyng (*Calluna vulgaris*) og sortulyng (*Arctostaphylos uva-ursi*). \_\_\_\_\_ 131
- MYND 8.34** Vistgerðir við fyrirhugað framkvæmdasvæði. Kortið er byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og kortlagningu á vistgerðum sem unnin var í tengslum við umhverfismatið. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. \_\_\_\_\_ 133
- MYND 8.35** Birkiskógur við framkvæmdasvæðið sem býr yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. laga um náttúruvernd nr. 60/2013. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skógræktinni (nú Landi og Skógi). \_\_\_\_\_ 136
- MYND 8.36** Verndarsvæði og náttúruminjar í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk



staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands, Umhverfisstofnun og Skipulagsstofnun. _____	137
<b>MYND 8.37</b> Nálæg vatnsverndarsvæði við framkvæmdasvæði Coda Terminal táknað með ljósbláum flákum. Framkvæmdasvæði Coda Terminal (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu) er jafnframt sýnt ásamt lagnaleiðum og fyrirhuguðum staðsetningum borteiga auk staðsetninga geymslutanka (blár hringur). Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skipulagsstofnun. _____	138
<b>MYND 8.38</b> Svæðið <i>Straumsvík, Hafnarfirði</i> á C-hluta náttúruminjaskrár og tjarnir í Straumsvík sem búa yfir sérstakri vernd. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Náttúrufræðistofnun Íslands. _____	139
<b>MYND 8.39</b> Tjarnir í og við Straumsvík sem búa yfir sérstakri vernd samkvæmt 61. gr. Náttúruverndarlaga nr. 60/2013. _____	140
<b>MYND 8.40</b> Hlutfallslegur fjöldi botnlægra hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 3. Og 6. Júlí 2020. Fengið úr rannsókn sem unnin var á tjörnunum vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar [73]. _____	141
<b>MYND 8.41</b> Hlutfallslegt rúmmál mismunandi fæðuhópa í maga bleikja eftir veiðistöðum 30. September 2020. Einnig er gefin meðal magafylli (FM) og fjöldi magasýna (N) á hverjum veiðistað. Fengið úr rannsókn sem unnin var á tjörnunum vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar [73]. _____	141
<b>MYND 8.42</b> Jarðskjálftavirkni í Straumsvík og nágrenni eins og hún hefur mælst annars vegar á SIL mælanetinu frá 1995 til 2023 (svartir punktar), og hins vegar á CODA mælanetinu frá september 2022 til 2023 (rauðir punktar). Á kortinu eru eldstöðvakerfin tvö, Eldvörp-Svartsengi og Krýsuvík, merkt með gulum flekum og bókstöfunum E-S og K, og rannsóknarsvæði Coda Terminal merkt með grænum fleka. _____	146
<b>MYND 8.43</b> Dreifing m.v. 6% hlutfall CO <sub>2</sub> í andrúmslofti á mismunandi tíma eftir leka. Efri mynd: Horft ofan á lárétta útbreiðslu CO <sub>2</sub> . Neðri mynd: Þversnið af útbreiðslu CO <sub>2</sub> í 2 m hæð yfir landfyllingu. Byggt á gögnum úr dreifingarlíkani vegna mögulegs leka úr geymslutönkum, unnið af DNV. Kort: DNV, 2024. _____	152
<b>MYND 8.44</b> Vindrós byggð á gögnum frá mæli Veðurstofu Íslands í Straumsvík (mæli nr. 1437) frá árunum 1995-2023. _____	158
<b>MYND 8.45</b> Landslagsgerðir samkvæmt kortlagningu sem unnin var fyrir Skipulagsstofnun ásamt myndatökustöðum þaðan sem myndir af framkvæmdasvæðinu voru teknar. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Staðsetning geymslutanka er táknað með bláum hring. Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Örvarnar gefa til kynna hvert sjónarhorn er frá viðkomandi myndatökustað. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Skipulagsstofnun [116]. _____	161
<b>MYND 8.46</b> Horft yfir hluta af framkvæmdasvæðinu, í suðausturátt frá álverinu í Straumsvík. Við sjóndeildarhringinn má sjá Bláfjöll. Mynd: EFLA, 2023. _____	162
<b>MYND 8.47</b> Horft yfir framkvæmdasvæðið í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Í forgrunni má sjá akstursípróttasvæði Akstursípróttafélags Hafnarfjarðar (AÍH). Mynd: EFLA, 2023. _____	162
<b>MYND 8.48</b> Framkvæmdasvæðið séð frá hluta þess sem er óraskað. Við sjóndeildarhring má sjá álverið í Straumsvík og höfuðborgarsvæðið. Mynd: EFLA, 2023. _____	163
<b>MYND 8.49</b> Hluti framkvæmdasvæðisins er skilgreindur sem iðnaðarsvæði. Mynd: EFLA, 2022. _____	163
<b>MYND 8.50</b> Hluti framkvæmdasvæðisins er skilgreindur sem iðnaðarsvæði. Við sjóndeildarhring má sjá álverið í Straumsvík og meðfram því liggur Reykjanesbraut. Mynd: EFLA, 2022. _____	164
<b>MYND 8.51</b> Mögulegt útlit borteigs á opnu svæði þar sem hraun einkennir umhverfið. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. _____	165
<b>MYND 8.52</b> Mögulegt útlit borteigs á mörkum þegar byggðs svæðis og opins svæðis. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í for- og bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. _____	165

- MYND 8.53** Mögulegt útlit borteigs innan byggðar á iðnaðar- og/eða athafnasvæði. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig, í bakgrunni má sjá skýli yfir niðurdælingarholum. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. \_\_\_\_\_ 165
- MYND 8.54** Mögulegt útlit borteigs á opnu svæði þar sem kjarr og skógrækt einkennir umhverfið. Fyrir miðju má sjá hugmynd að útliti stjórnbyggingar á borteig. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. \_\_\_\_\_ 166
- MYND 8.55** Sjónarhorn 1. Ásýnd svæðisins með tilkomu borteiga Coda Terminal með ljósum mannvirkjum. Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Mynd tekin í um 120 m yfir yfirborði. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. \_\_\_\_\_ 167
- MYND 8.56** Sjónarhorn 2. Ásýnd svæðisins með tilkomu borteiga Coda Terminal með dökkum mannvirkjum. Horft yfir framkvæmdasvæðið, í norðvesturátt í átt að álverinu í Straumsvík. Mynd tekin í um 120 m hæð yfir yfirborði. Mynd: Nordic Office of Architecture, 2024. \_\_\_\_\_ 168
- MYND 8.57** Sjónarhorn 3. Ásýnd svæðisins með tilkomu Coda Terminal. Horft í átt að framkvæmdasvæðinu og Straumsvíkurhöfn, í suðvesturátt. Mynd: EFLA, 2023. \_\_\_\_\_ 169
- MYND 8.58** Sjónarhorn 4. Ásýnd hafnarsvæðisins með tilkomu Coda Terminal. Horft í átt að hafnarsvæðinu frá Reykjanesbraut, í austurátt. Mynd: EFLA, 2023. \_\_\_\_\_ 170
- MYND 8.59** Skráðar fornleifar við fyrirhugað framkvæmdasvæði Coda Terminal. Friðlýstar og friðaðar fornleifar eru sýndar táknaðar með stjörnum, friðhelguð svæði friðlýstra og friðaðra fornleifa táknum með appelsínugulum ferli. Fornminjar eru táknaðar með appelsínugulum punktum og línunum. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Staðsetning geymslutanka er sýnd með bláum hring. Kort: EFLA, 2024. Byggt á gögnum frá Minjastofnun Íslands og Byggðasafni Hafnarfjarðar. \_\_\_ 173
- MYND 8.60** Atvinnuþátttaka 16-64 ára á höfuðborgarsvæðinu og í öðrum landshlutum 2008-2022. Heimild: Hagstofa Íslands [125]. \_\_\_\_\_ 176
- MYND 8.61** Þróun atvinnuleysis 2018-2022. Heimild: Vinnumálastofnun [126]. \_\_\_\_\_ 176
- MYND 8.62** Verðþróun kolefnislosunarheimilda innan EU ETS apríl 2005-janúar 2024 ásamt væntri þróun fram til 2030 samkvæmt markaðsgreinendum. Meðalverð hvers mánaðar uppreiknað í krónur á meðalgengi ISK/EUR árið 2023 [128]. \_\_\_\_\_ 177
- MYND 10.1** Yfirlitsskýringarmynd yfir vöktunaráætlun Coda Terminal. Myndin sýnir ekki rétt stærðarhlutföll. \_\_\_\_\_ 188
- MYND 10.2** Kort sem sýnir staðsetningu mismunandi tegunda vöktunarhola í tengslum við niðurdælingarsvæði. Kortið sýnir einnig yfirborðsvatn sem verður vaktað í tengslum við starfsemina. Framkvæmdasvæði er merkt sem punktalínur (niðurdælingarsvæði táknað með grænni punktalínu og hafnarsvæði táknað með blárrí punktalínu). Á kortinu má sjá hugsanlegar staðsetningar borteiga og fyrirhugaða legu lagna. Staðsetning geymslutanka er sýnd með bláum hring. Mynd: EFLA, 2024. \_\_\_\_\_ 193
- MYND 10.3** Umferðarljósakerfi (e. Traffic Light System, TLS) fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> í Coda Terminal. Kerfið byggir á því að ákveðnir verkferlar fara í gang þegar jarðskjálftar í ákveðnum styrk eru mældir. \_\_\_ 197

## TÖFLUSKRÁ

<b>TAFLA 1.1</b> Verkefnisstjórn við mat á umhverfisáhrifum og aðrir aðilar sem komu að matinu. _____	15
<b>TAFLA 5.1</b> Helstu kennistærðir fyrirhugaðrar Coda Terminal í fullum rekstri. _____	43
<b>TAFLA 5.2</b> Áfangaskipting uppbyggingar Coda Terminal. _____	45
<b>TAFLA 5.3</b> Viðmiðunargildi fyrir hámarksstyrk efna í gasi til niðurdælingar í Coda Terminal byggt á forskrift Northern Lights verkefnisins sem hefur verið í þróun sl. ár með aðkomu um 75 sérfræðinga, en forskriftin var birt í febrúar 2024 [43]. _____	50
<b>TAFLA 7.1</b> Skilgreiningar á einkennum umhverfisáhrifa. _____	75
<b>TAFLA 7.2</b> Hugtök yfir vægi áhrifa sem stuðst er við þegar lagt er mat á umhverfisáhrif framkvæmda. _____	76
<b>TAFLA 8.1</b> Binding og losun gróðurhúsalofttegunda samkvæmt niðurstöðum vistferilsgreiningar sem framkvæmd var á fyrstu stigum hönnunar fyrir Coda Terminal fyrir 30 ára líftíma verkefnisins. Sjóflutningar CO <sub>2</sub> til Straumsvíkur eru tengd framkvæmd og því birtir til hliðar (grámerkt í töflunni). Losun vegna orkunotkunar við föngun CO <sub>2</sub> erlendis var ekki tekin með í greiningu. Sjá nánar í viðauka V. _____	82
<b>TAFLA 8.2</b> Meginniðurstöður efnagreininga á vatnsýnum af svæðinu. Auk þess er fjallað ítarlega um vatnsýnatöku af svæðinu í kafla 2.4. Mismunandi greiningarmörk tengjast greiningaraðferðum vegna mismunandi seltuinnihalds vatnssýna. Svipuð efnasamsetning er á vatni úr CSW-02 og Gerðistjörn, sem gefur til kynna að grunnvatn flæði út í tjörnina. Vatnssýni úr CSI-01 og CSM-01 eru ísalt vatn. _____	108
<b>TAFLA 8.3</b> Hraun á framkvæmdasvæði Coda Terminal. _____	120
<b>TAFLA 8.4</b> Flatarmál hrauna sem kunna að raskast vegna framkvæmdarinnar. _____	123
<b>TAFLA 8.5</b> Vistgerðir á framkvæmdasvæði Coda Terminal samkvæmt kortlagningu sem unnin var fyrir umhverfismatið. _____	127
<b>TAFLA 8.6</b> Flatarmál þeirra vistgerða sem kunna að raskast vegna framkvæmdarinnar. _____	132
<b>TAFLA 8.7</b> Mögulegar breyting á grunnvatnsborði, seltu og hitastigi í tjörnum við Straumsvík samkvæmt líkanútreikningum vegna grunnvatns (sjá viðauka I). _____	143
<b>TAFLA 8.8</b> Fyrirbyggjandi aðgerðir og mótvægisáðgerðir við lóðréttu CO <sub>2</sub> flæði út fyrir skilgreint áhrifasvæði. _____	154
<b>TAFLA 8.9</b> Fyrirbyggjandi aðgerðir og mótvægisáðgerðir við láréttu CO <sub>2</sub> flæði út fyrir skilgreint áhrifasvæði. _____	154
<b>TAFLA 8.10</b> Niðurstöður frá loftgæðamælistöðvum í Hafnarfirði. Meðaltal af klukkustundagildum yfir árið 2023 og viðmiðunarmörk vegna heilsu manna sbr. reglugerð 920/2016. _____	157
<b>TAFLA 10.1</b> Samantekt á mismunandi eðlis- og efnabreytum vatnssýna ásamt greiningaraðferð. _____	191
<b>TAFLA 10.2</b> Samantekt á mismunandi efnabreytum gassýna úr niðurdælingarstraumi ásamt greiningaraðferð. _____	192
<b>TAFLA 10.3</b> Yfirlit yfir vöktunaráætlun Coda Terminal. _____	199