

Niðurdæling CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði, Sveitarfélaginu Ölfusi

Álit um mat á umhverfisáhrifum

1 Inngangur

1.1 Framlagning og kynning umhverfismatsskýrslu

Þann 22. nóvember 2022 lagði Carbfix fram umhverfismatsskýrslu um niðurdælingu CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði til kynningar og athugunar Skipulagsstofnunar sbr. 23. gr. laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.

Skipulagsstofnun boðaði til forsamráðsfundar sem haldinn var 16. desember 2021. Á þann fund mættu fulltrúar Skipulagsstofnunar, umhverfis- og auðlindaráðuneytis, Umhverfisstofnunar, Sveitarfélagsins Ölfuss, Carbfix og Mannvits, sbr. fundargerð Skipulagsstofnunar. Carbfix kynnti fyrirhugaða framkvæmd, auk þess sem kallað var eftir ábendingum frá leyfisveitendum. Farið var yfir aðkomu þeirra að verkefninu, tímaferli umhverfismats og álits Skipulagsstofnunar, mögulegar skipulagsbreytingar og afgreiðsluferli Umhverfisstofnunar og samþættingu skýrslugerðar vegna umhverfismats og starfsleyfisumsóknar.

Framkvæmdin og umhverfismatsskýrslan voru auglýst opinberlega þann 2. febrúar 2023 í Lögbirtingablaðinu, Fréttablaðinu og Morgunblaðinu og á vefsíðu Fréttavefs Suðurlands 2. til 9. febrúar 2023. Umhverfismatsskýrslan lá frammi til kynningar frá 2. febrúar til 17. mars 2023 á skrifstofu Sveitarfélagsins Ölfuss og hjá Skipulagsstofnun. Umhverfismatsskýrslan var einnig aðgengileg á vef Skipulagsstofnunar www.skipulag.is. Framkvæmdaraðili stóð fyrir opnum kynningarfundi fyrir almenning þann 21. febrúar 2023.

Skipulagsstofnun leitaði umsagnar Heilbrigðiseftirlits Suðurlands, Orkustofnunar, Umhverfisstofnunar, Veðurstofu Íslands, Sveitarfélagsins Ölfuss og Hveragerðisbæjar.

1.2 Gögn

Framlögð gögn framkvæmdaraðila

Umhverfismatsskýrsla: Niðurdæling CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði. Umhverfismatsskýrsla, Carbfix og Mannvit. Janúar 2023.

Viðaukar með umhverfismatsskýrslu:

1. Forðafræðilíkan fyrir geymslusvæði
2. Grunnvatn á Hellisheiði
3. Jarðfræði og jarðskjálftavirkni
4. Vöktunaráætlun fyrir geymslusvæði

Framkvæmdaraðili lagði fram uppfærða umhverfismatsskýrslu þann 20. janúar 2023.

Að loknum kynningartíma umhverfismatsskýrslu bárust Skipulagsstofnun viðbrögð framkvæmdaraðila við umsögnum þann 30. mars 2023.



Eftir að umhverfismatsskýrsla lá fyrir óskaði Skipulagsstofnun frekari upplýsinga frá framkvæmdaraðila um tiltekin atriði og bárust svör við þeim 21. apríl og 2. maí 2023.

Umsagnir

Umsagnir um umhverfismatsskýrslu bárust frá:

- Heilbrigðiseftirliti Suðurlands þann 17. mars 2023
- Orkustofnun þann 17. mars 2023
- Umhverfisstofnun þann 24. mars 2023
- Veðurstofu Íslands þann 22. mars 2023
- Sveitarfélaginu Ölfusi þann 16. febrúar 2023
- Hveragerðisbæ þann 21. mars 2023

Auk framangreindra umsagna barst umsögn frá Ólafi Gylfasyni, f.h. Íþróttafélags Reykjavíkur, þann 15. mars 2023.

2 Framkvæmd

Forsaga

Niðurdæling á koldíoxíði (CO_2) og brennisteinsvetni (H_2S) til geymslu í jarðlögum hefur farið fram á vinnslusvæði Hellisheiðarvirkjunar undir merkjum Carbfix frá árinu 2012. Þann 1. nóvember 2022 hafði um 85.000 tonnum af CO_2 og um 47.000 tonnum af H_2S frá hreinsistöð Hellisheiðarvirkjunar verið dælt niður í djúpar niðurdælingarholur. Þar hvarfast gastegundirnar, sem eiga uppruna sinn í jarðhitakerfinu, við berggrunninn, mynda steindir og eru þannig varanlega bundnar á föstu formi. Þann 11. mars 2021 voru samþykkt á Alþingi lög um breytingu á lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir, lögum um umhverfismat og lögum um loftslagsmál (niðurdæling koldíoxíðs). Lög þessi fela í sér innleiðingu á ákvæðum tilskipunar Evrópuþingsins og ráðsins 2009/31/EB um geymslu CO_2 í jörðu. Með innleiðingu laganna er niðurdæling á CO_2 til geymslu í jarðlögum heimiluð að undangengnu umhverfismati. Lögin taka ekki til verkefna í rannsóknar-, þróunar- eða prófunarskyni ef um er að ræða verkefni sem snúa að geymslu á minna en 100.000 tonnum af CO_2 . Þegar framangreind lög tóku gildi hafði um 66.000 tonnum af CO_2 og um 36.000 tonnum af H_2S verið dælt niður frá hreinsistöð Hellisheiðarvirkjunar frá árinu 2014.

Carbfix tæknin

Í kafla 3.3 í umhverfismatsskýrslu er fjallað um aðferðir Carbfix við niðurdælingu CO_2 og geymslugeymi í milli- og djúpkerfi. Carbfix tæknin felst í svokallaðri steindabindingu þar sem CO_2 leyst í vatni er dælt niður í basaltberglög um niðurdælingarholur. Þegar niðurdælingarvökvinn flæðir út í basaltberggrunninn leysast málmar á borð við kalsíum, magnesíum og járn úr basaltinu, sem ganga í efnasamband við CO_2 og falla út sem karbónatsteindir. Karbónatsteindirnar eru stöðugar í milljónir ára, en Carbfix hefur sýnt fram á að yfir 95% af niðurdældu CO_2 steinrennist á innan við tveimur árum. Jarðfræði Hellisheiðar er einstaklega hagstæð fyrir steinrenningu CO_2 þar sem berggrunnurinn er úr basísku gosbergi (basalti) sem er mjög hvarfgjarnt og inniheldur þá málma sem þarf til að binda CO_2 með steinrenningu. Tilraunaniðurdælingar og niðurdælingarverkefni hafa farið fram á Hellisheiði með góðum árangri, annars vegar í millikerfi (Carbfix1) í Þrengslum, og hins vegar í djúpkerfi (Carbfix2) á niðurdælingarvæði Orku náttúrunnar (ON) við Húsmúla. Sýnt hefur verið fram á steinrenningu CO_2 í basalti á aðeins fáeinum árum í Þrengslum og á enn skemmri tíma í djúpkerfinu. Basaltið á Hellisheiði er jarðfræðilega ungt, brotkennt og lekt svo að vatn seytlar auðveldlega um sprungur og holrými neðanjarðar og eykur með því aðgang niðurdælingarvökvans að basaltinu.



Framkvæmdalýsing

Í köflum 5.1 til 5.7 í umhverfismatsskýrslu er að finna lýsingu á fyrirhuguðum framkvæmdum. Þar er fjallað nánar um áformaða niðurdælingu bæði í djúpkerfi og svokallað millikerfi, borholur, byggingar, lagnir og framkvæmdatíma auk frágangs og niðurrifs. Í kafla 6 er svo fjallað um tengdar framkvæmdir tiltekinna rekstraraðila sem sjá um föngun og, eftir því sem við á, hreinsun á CO₂ og flytur það um lagnir að niðurdælingarholum þar sem Carbfix tekur við koldíoxíðinu til niðurdælingar til geymslu í jarðlögum.

Carbfix áætla að dæla niður CO₂ á skilgreindu svæði innan vinnslusvæðis Hellisheiðarvirkjunar nánar tiltekið í Húsmúla, Jarðhitagarði Orku náttúrunnar, Sleggjubeinsdal, Þrengslum og við Gráuhnúka. Áform Carbfix á Hellisheiði eru þrenns konar:

Í fyrsta áfanga er gert ráð fyrir niðurdælingu á CO₂ úr andrúmslofti frá lofthreinsiverum í Jarðhitagarði í millikerfi geymslusvæðisins á allt að 44.000 tonnum á ári frá tveimur lofthreinsiverum svissneska fyrirtækisins Climeworks, þ.e. Orca og Mammoth, og er gert ráð fyrir að þessi starfsemi verði komin í full afköst í lok árs 2024. Orca hóf formlegan rekstur í september 2021 og liggur niðurgráfin gaslögn frá lofthreinsiverinu að borsvæði/geymslusvæði Carbfix í Þrengslum þar sem gasinu er dælt niður í fyrirliggjandi um 2000 m djúpa holu sem tekur við öllu CO₂ frá Orca. Fyrir liggur að hægt er að nota holuna þó hún sé boruð niður á 2000 m því í þessu tilviki er um að ræða holu sem hefur aldrei nýst sem djúpborunarhola því lektin á því dýpi er afar takmörkuð. Áformað er að CO₂ frá Mammoth lofthreinsiverinu verði dælt í allt að þrjár nýjar niðurdælingarholur Carbfix sem staðsettar verða á lóð Mammoth í Jarðhitagarði ON. Gert er ráð fyrir að holurnar verði boraðar niður á um 700 m dýpi og fóðraðar í 350-500 m. Auk þess áforma Carbfix og ON að setja upp þróunarmiðstöð fyrir lofthreinsitækni fyrir niðurdælingu allt að 15.000 tonna af CO₂ á ári og er einnig gert ráð fyrir gangsetningu miðstöðvarinnar í fyrsta áfanga. Dælt verður í eina niðurdælingarholu í Jarðhitagarði eða í Sleggjubeinsdal og verður hún einnig um 700 m djúp og fóðruð í 350-500 m.

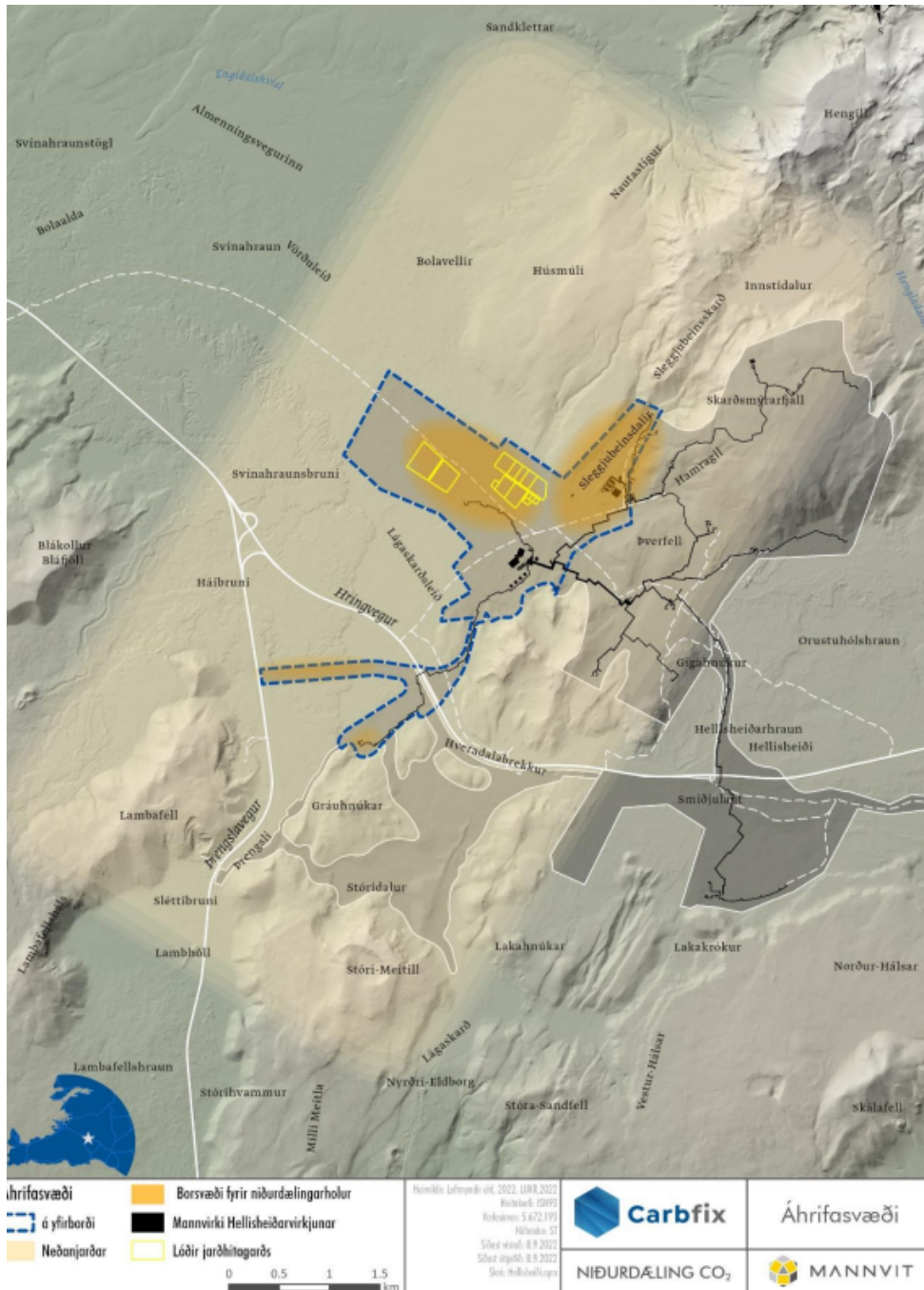
Í öðrum áfanga verður allt að 47.000 tonnum af CO₂ og allt að 11.000 tonnum af brennisteinsvetni (H₂S) á ári, sem fangað verður í núverandi og nýrri hreinsistöð úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar, dælt niður við Húsmúla í djúpkerfi geymslusvæðisins. Ráðgert er að nýja hreinsistöðin verði gangsett í lok ársins 2024 og niðurdæling hefjist 2025. Aukin niðurdæling á CO₂ og H₂S frá Hellisheiðarvirkjun felur ekki í sér niðurdælingu á auknum massa vatns. Breytingin felur aðeins í sér að meira gas er leyst í því vatni sem þegar er dælt niður. Notast verður við sömu niðurdælingarholur við Húsmúla og notaðar eru í dag fyrir niðurdælingu á CO₂ og H₂S (holur HN-16 og HN-14).

Í þriðja áfanga er gert ráð fyrir niðurdælingu í alls 18 nýjar 700-1000 m djúpar holur í Jarðhitagarði, Húsmúla, Sleggjubeinsdal, Þrengslum eða við Gráuhnúka á allt að 300.000 tonnum á ári af CO₂ í millikerfi úr andrúmslofti frá nýjum aðilum, þ.e. frá nýrri starfsemi á athafnasvæði ON eða CO₂ sem flutt verður á staðinn. Gert er ráð fyrir fullum afköstum niðurdælingar í kringum árið 2030.

Gert er ráð fyrir að reisa allt að fjórar, alls um 700 m², nýjar stjórnbyggingar og er reiknað með að þær geti allar risið í Jarðhitagarði, en jafnframt kemur til að greina að reisa eina byggingu á borsvæði í Húsmúla, eina í Sleggjubeinsdal og eina við Gráuhnúka. Þar sem gert er ráð fyrir að samstarfsaðilar leggi lagnir að niðurdælingarkerfi Carbfix er ekki gert ráð fyrir að Carbfix sé framkvæmdaraðili lagna nema að litlu leyti þar sem útmörk niðurdælingarkerfis Carbfix er nálægt holutoppum niðurdælingarhola. Miðað við að boraðar verði allt að 22 nýjar niðurdælingarholur og reist verði kúluhús yfir holurnar, líkum þeim sem þegar eru á vinnslu- og niðurdælingarholum á Hellisheiði til að skýla niðurdælingarholum Carbfix og að frá hverri holu verði lögð lögn frá holutoppi um það bil 5-10 metra til að koma þar fyrir rennslismæli á beinum kafla og má því gera ráð fyrir að heildarlengd lagna sem Carbfix leggur verði á bili 110-220 metrar og að þvermál lagna verði allt að 250 mm. Gera má ráð fyrir að rask vegna nýrra stjórnbygginga geti orðið allt að 400 m² og reikna má með að rask vegna nýrra niðurdælingarhola verði allt að 22.000 m² fyrir holurnar 22 auk allt að 1.200 m² rasks



vegna þriggja vöktunarhola. Þar sem gert er ráð fyrir lögnum innan núverandi lagnabeltis er talið að óverulegt rask verði af lagnagerð. Í heildina má því reikna með að rask vegna nýrra mannvirkja á geymslusvæði Carbfix verði allt að 24.000 m² á framkvæmdatíma.



Mynd 1. Áhrifa- og athugunarsvæði CO₂ niðurdælingar á geymslusvæði Carbfix á Helliheiði. (Úr umhverfismatskýrslu).



	Að hámarki	Skýring
Magn CO ₂ í millikerfi	359.000 tonn/ári	Allt að 4.000 frá Orca, 40.000 frá Mammoth, 15.000 frá Þróunarmiðstöð um lofthreinsitækni og 300.000 frá nýjum aðilum.
Magn CO ₂ í djúperfi	47.000 tonn/ári	Allt að 36.000 frá nýrri hreinsistöð ON og allt að 11.000 frá nýverandi hreinsistöð Hellisheiðarvirkjunar.
Magn H ₂ S í djúperfi	11.000 tonn/ári	Ný hreinsistöð hreinsar því sem næst allt H ₂ S úr vinnslurás Hellisheiðarvirkjunar.
Fjöldi nýrra niðurdælingarhola í millikerfi	22	Til greina kemur að öll niðurdæling í nýjar holur verði í Jarðhitagarði, en jafnframt að dreifa henni á borsvæði í Sleggjubeinsdal, Húsmúla, Þrengslum eða við Gráuhnúka auk Jarðhitagarðs.
Fjöldi nýrra vöktunarhola	7	Gefi niðurstöður eftirlits til kynna að fleiri vöktunarhola verði þörf kemur til greina að bora fleiri vöktunarholur.
Byggingarmagn	1.300 m ²	Gert er ráð fyrir allt að fjórum stjórnstöðvum 50-100 m ² og allt að 27 kúluhúsum 25-30 m ² að stærð. Til greina kemur að reisa allar byggingar innan Jarðhitagarðs eða að hluta þar og að hluta í Húsmúla, Sleggjubeinsdal, Þrengslum og við Gráuhnúka.
Áætlað rask	24.000 m ²	Vegna byggingarreita stjórnbygginga og borplana fyrir nýjar niðurdælingar- og vöktunarholur á óröskuðu svæði í Jarðhitagarði og utan núverandi borsvæða
Rafmagnsnotkun	~1-2 MW	Carbfix semur við ON um afhendingu á rafmagni.
Vatnsnotkun	250 L/s	Carbfix semur við ON um afhendingu á vatni.
Lagnir	110-220 m	Gert er ráð fyrir að lagnir liggi annað hvort alfarið innan lóðar samstarfsaðila, eða innan borsvæða Carbfix. Lagnir ná 5-10 m frá hverjum holutoppi að rennismæli.

Tafla 1. Kennistærðir og aðrar upplýsingar um fyrirhugaða framkvæmd (Úr umhverfismatsskýrslu).

Tengdar framkvæmdir er á vegum og ábyrgð viðkomandi rekstraraðila

Niðurdæling Carbfix á CO₂ til geymslu í jarðlögum er ávallt í samstarfi við rekstraraðila sem sér um föngun og flytur það um lagnir að niðurdælingarholum Carbfix. Rekstraraðilinn er háður því að viðkomandi starfsemi hafi fylgt viðeigandi málsmeðferð hvað varðar umhverfismats-, skipulags- og leyfisferli. Eftirfarandi eru helstu framkvæmdir á Hellisheiði sem tengjast framkvæmd Carbfix:

- Orka náttúrunnar (ON) hefur rekið hreinsistöð fyrir hreinsun CO₂ og H₂S úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar frá 2014 og áformar að reisa nýja hreinsistöð. Í fullum rekstri verður um 95% af CO₂ og nær allt H₂S fangað úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar.
- Eins og fram kemur hér að framan starfrækir Climeworks nýtt lofthreinsiver, Orca, og verið er að reisa Mammoth hreinsiverið á vegum fyrirtækisins. Þá er áformuð þróunarmiðstöð fyrir lofthreinsitækni í tæknigörðum ON eða í Jarðhitagarði þar sem þriðju aðilar munu geta prófað tæknilausnir til að fanga á CO₂ úr andrúmslofti.
- Auk þess gerir Carbfix ráð fyrir að geta tekið við allt að 300.000 tonnum á ári af CO₂ frá nýjum aðilum til niðurdælingar á geymslusvæðinu á Hellisheiði.

Carbfix ráðgerir að semja við Orku náttúrunnar um afhendingu á rafmagni og vatni til niðurdælingar. Orkuþörf er í kringum 1-2 MW og vatnsþörf er áætluð allt að 250 L/s af vatni fyrir öll niðurdælingarverkefni Carbfix. Eins og áður sagði er gert ráð fyrir að samstarfsaðilar, sem fanga og afhenda CO₂ til niðurdælingar leggi lagnir að niðurdælingarkerfi Carbfix og að allar nýjar lagnir verði lagðar í núverandi lagnabelti eins og þau eru skilgreind á athafnasvæði Orku náttúrunnar.

Frágangur og niðurrið

Í lok framkvæmda verður gengið frá framkvæmdasvæðinu þannig að mannvirki falli eins vel að umhverfi og mögulegt er. Frágangur umhverfis borholur til niðurdælingar verður með líkum hætti og öðrum borunum á vegum ON á Hellisheiði. Eftir líftíma fyrirhugaðs geymslusvæðis verður tekin



ákvörðun um áframhald niðurdælingar eða niðurrif. Eins og fyrr sagði eru mannvirki á vegum Carbfix fyrst og fremst borholur, borholuhús og vatnslagnir að þeim, þar sem við á. Niðurrif mannvirkja takmarkast því við að fjarlægja þann búnað sem Carbfix nýtir til niðurdælingar. Í kafla 5.7 í umhverfismatskýrslu er ítarleg umfjöllun um frágang og niðurrif.

2.1 Valkostir

Fram kemur í umhverfismatskýrslu að með því að velja geymslusvæði Carbfix stað á núverandi athafnasvæði á Hellisheiði verði hægt að nýta innviði sem þegar séu til staðar og halda raski og fjárfestingu í lágmarki. Veðurskilyrði eru einnig talin hagstæðari en á efra svæði Hellisheiðarvirkjunar, auk þess sem mikil reynsla og þekking er fyrir hendi vegna borana, vinnslu og niðurdælingar í tengslum við rekstur Hellisheiðarvirkjunar hvað varðar eiginleika svæðisins og möguleika á aukinni niðurdælingu á CO₂ í jarðlög til lengri tíma. Carbfix telur að nálægð við Hellisheiðarvirkjun, aðra tengda starfsemi, fyrirliggjandi innviði og áformaða uppbyggingu á þeim stað skipti miklu máli til að ná markmiðum framkvæmdar. Ekki er um aðra raunverulega valkosti að ræða hvað varðar staðsetningu eða útfærslu framkvæmdarinnar, sem hægt er að bera saman eða velja á milli. Í umhverfismatinu hefur aftur á móti verið greint frá mismunandi útfærslum framkvæmdarinnar og fleiri en einni staðsetningu, einkum með tilliti til borsvæða og dýpis niðurdælingarhola, þar sem dælt verður í djúpkerfi geymslusvæðisins annars vegar og millikerfi hins vegar. Umhverfisáhrif allra staðsetninga og útfærslna eru metin.

Fram kemur að núllkostur samræmist ekki alþjóðlegum skuldbindingum og stefnu stjórnvalda um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda, þar sem ein af tilgreindum leiðum til að ná settum markmiðum sé föngun á CO₂ frá jarðvarmavirkjunum og förgun þess með niðurdælingu til geymslu í jarðlögum.

2.1.1 Umsagnir um umhverfismatskýrslu

Í umsögn Umhverfisstofnunar er bent á að rök um að aðeins sé um einn raunhæfan valkost að ræða fái ekki staðist. Staðsetning borhola er dæmi um valkost sem skoða má í ítarlegri valkostagreiningu en ekki aðeins sem tæknilega útfærslu framkvæmdarinnar.

Í svörum Carbfix kemur fram að í samræmi við álit Skipulagsstofnunar um matsáætlun er fjallað nánar um valkostagreiningu í umhverfismatskýrslu en gert var í matsáætlun og rökstutt hvaða valkostur er talinn raunhæfur. Bent er á að í umhverfismatskýrslu er umfjöllun um áhrif mismunandi útfærsla framkvæmdarinnar, þar með talið út frá mögulegum staðsetningum niðurdælingar CO₂ til geymslu í millikerfi eftir því hvar borholur verða staðsettar.

2.1.2 Niðurstaða Skipulagsstofnunar

Í umhverfismatskýrslu er umfjöllun og rökstuðningur fyrir þeirri niðurstöðu Carbfix að ekki sé um aðra raunhæfa valkosti að ræða. Krafa laga um mat á umhverfisáhrifum um valkostasamanburð felur í sér að framkvæmdaraðili skuli í umhverfismatsvinnu ávallt taka rökstudda afstöðu til þess hvort um sé að ræða aðra raunhæfa valkosti sem uppfylla markmið viðkomandi framkvæmdar og ef svo er gera grein fyrir þeim og bera saman umhverfisáhrif þeirra. Sé niðurstaðan sú að ekki séu taldir vera aðrir raunhæfir valkostir en sá framkvæmdakostur sem framkvæmdaraðili hefur áform um, þarf framkvæmdaraðili að gera rökstudda grein fyrir því. Að mati Skipulagsstofnunar hefur Carbfix sett fram rökstuðning í samræmi við ofangreint.



3 Mat á umhverfisáhrifum

Í umhverfismatsskýrslu Carbfix eru notaðar vægiseinkunnirnar verulega neikvæð, talsvert neikvæð, óveruleg eða engin áhrif, talsvert jákvæð, verulega jákvæð umhverfisáhrif auk óvissu um áhrif. Gerð er grein fyrir vægiseinkunnum í töflu 7.1.3 í umhverfismatsskýrslunni.

Við umfjöllun um hvern umhverfisþátt hér að neðan eru fyrst dregin saman meginatriði úr mati framkvæmdaraðila á umhverfisáhrifum. Síðan er fjallað um efnisatriði úr umsögnum og þar á eftir fylgir umfjöllun Skipulagsstofnunar sem byggir á umhverfismatsskýrslu framkvæmdaraðila og umsögnum sem bást á kynningartíma umhverfismatsskýrslu auk annarra gagna.

Fram kemur í umhverfismatsskýrslu að umfang mannvirkja á yfirborði vegna fyrirhugaðrar niðurdælingar og geymslu CO₂ verði takmarkað þar sem þau verði að mestu á þegar röskuðum svæðum á skipulögðu iðnaðarsvæði á Hellisheiði, sem einkennist af því að þar er jarðhitavirkjun og tengd mannvirki í þróun. Rökstutt er að ekki sé talið að gróður, fuglar, jarðmyndanir, landslag, ásýnd, fornleifar, hljóðvist, samfélag og landnotkun verði fyrir áhrifum. Því er ekki er fjallað um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar á þá umhverfisþætti. Á matsáætlunarstigi lágu fyrir áform Carbfix um vinsun fyrrnefndra umhverfisþátta og taldi Skipulagsstofnun að fyrir lægi nægur rökstuðningur Carbfix fyrir því að ekki væri ástæða til að ætla að fyrirhugaðar framkvæmdir myndu hafa neikvæð áhrif að ræða á ofangreinda umhverfisþætti.

3.1 Geymslugeymir

3.1.1 Mat Carbfix

Fram kemur að mat á áhrifum á geymslugeyminn byggir á fyrirliggjandi athugunum og uppfærðu jarðfræði- og ummyndunarlíkani sem og nýlega uppfærðu forðafræðilíkani sem taki til mun stærra svæðis en það gamla. Mörk forðafræðilíkansins miðast við afmörkun geymslugeymisins neðanjarðar, dýpi niðurdælingar og efri hitamörk steinrenningar CO₂. Afmörkun ytri marka geymslugeymisins byggir á spá um hámarksdreifingu niðurdælds CO₂ undir yfirborði samkvæmt líkanreikningum. Lögun geymslugeymisins eins og fjallað er um í líkanreikningum mótast almennt af vatnafræðilegum aðstæðum og grunnvatnsflæði í jarðlögum. Miðað við gefnar forsendur er fræðileg geymslugeta svæðisins sem forðafræðilíkanið nær til metin 840 til 15.800 milljónir tonna af CO₂ (MtCO₂). Ef gert er ráð fyrir lágmarks geymslugetu 840 MtCO₂ og fyrirhugaðri niðurdælingu upp að 406.000 tonn/ári af CO₂ (359.000 tonn/ári af CO₂ í millikerfi og 47.000 tonn/ári af CO₂ í djúpkerfi) tæki það yfir 2000 ár að nýta alla geymslugetuna.

Fram kemur að dýpi niðurdælingar Carbfix á CO₂ miðist við eðli förgunar á fönguðu gasi annars vegar niðurdæling í svokölluðu millikerfi og hins vegar í djúpkerfi. Millikerfið er á um 300 til 700-1000 m dýpi, neðan efstu grunnvatnslaga en ofan háhitakerfisins og er hitinn um 30°C til 200°C. Grunnvatnslagið er aðskilið frá millikerfinu, með þéttara móbergslagi. Skilgreind neðri mörk millikerfisins miðast við lágviðnámskápu jarðhitaummyndunar sem umlykur háviðnámskjarna við kortlagningu háhitakerfisins. Efri mörk djúpkerfisins eru þau sömu og neðri mörk millikerfisins. Niðurdælingarholur sem verða nýttar til niðurdælingar CO₂ og H₂S úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar í djúpkerfi eru um 1800-2500 m djúpar og fóðraðar í um 600-900 m og er hitastig í þeim holum allt að 260°C.

Forðafræðilíkan var nýtt til að spá fyrir um dreifingu CO₂ frá niðurdælingu allt að 47.000 tonna/ári í 30 ár í djúpkerfi og voru niðurstöður þær að CO₂ er aflokað í djúpkerfinu og leysnibindingu er viðhaldið. Þá nýtur H₂S góðs af leysnibindingu og helst einnig í djúpkerfinu. Ljóst er að lágviðnámskápa á mörkum millikerfis og djúpkerfis, kemur í veg fyrir að niðurdælt CO₂ berist til yfirborðs, rétt eins og það gerir þegar jarðhitavökva er dælt niður í djúpkerfið. Því er talið að niðurdæling CO₂ og H₂S í djúpkerfið hafi hvorki áhrif á grunnvatnslagið né vatnstökuholur á athugunarsvæði þessa umhverfismats. Þá benda niðurstöður til að niðurdæling CO₂ í djúpkerfið



muni hvorki hafa áhrif á orkuframleiðslu í Hellisheiðarvirkjun né á efnasamsetningu vökva í djúpkerfinu til lengri tíma (30 ár). Þegar tekið er tillit til grunnástands, viðmiða, mögulegra umhverfisáhrifa, fyrirhugaðrar vöktunar og mótvægisáðgerða á rekstrartíma niðurdælingar á allt að 47.000 tonnum af CO₂ úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar árlega í djúpkerfi geymslusvæðis á Hellisheiði, eru áhrif á geymslugeymi millikerfis og djúpkerfis metin óveruleg.

Fram kemur að forðafræðilíkan hafi einnig verið nýtt til að spá fyrir um dreifingu CO₂ frá niðurdælingu allt að 359.000 tonna/ári í 30 ár í millikerfi. Skoðaðar voru þrjár meginviðsmyndir miðað við á hvaða borsvæðum niðurdælingin yrði. Niðurstöður líkanreikninga voru þær að niðurdælingarvökvi dreifist ekki til brunnsvæðis vatnsbólans í Engidal. Líkanið sýnir einnig að leysnibindingu verður alltaf viðhaldið og því ekki búist við að CO₂ uppleyst í vatni eða á gasformi geti að öðru leyti streymt út fyrir millikerfið og upp til yfirborðs. Þá sýna niðurstöður að tryggt verður að geymsla CO₂ takmarkast við millikerfið og berst ekki inn í djúpkerfið þannig að niðurdæling CO₂ til geymslu í millikerfi mun ekki hafa áhrif á jarðhitavinnslu á Hellisheiði, eða niðurdælingu jarðhitavökva og CO₂ í djúpkerfi. Þegar tekið er tilliti til grunnástands, viðmiða, mögulegra umhverfisáhrifa, fyrirhugaðrar vöktunar og mótvægisáðgerða á rekstrartíma niðurdælingar Carbfix á allt að 359.000 tonnum af CO₂ á Hellisheiði árlega í millikerfi í 30 ár eru áhrif á geymslugeymi millikerfis og djúpkerfis metin óveruleg.

Vöktun og mótvægisáðgerðir

Í köflum 13.1 og 13.2 í umhverfismatsskýrslu er umfjöllun um mótvægisáðgerðir og vöktunarstýringaráætlun vegna niðurdælingar CO₂ er geymslugeyminn, bæði í djúp- og millikerfi.

3.1.2 Umsagnir um umhverfismatsskýrslu

Í umsögn Umhverfisstofnunar kemur fram að gera þurfi grein fyrir samsetningu efnisstraums, hraða og þrýstingi niðurdælingarinnar.

Í svörum Carbfix eru lagðar fram upplýsingar um heildarmagn CO₂ sem verður dælt niður og geymt, sem og væntanlegum uppsprettum og flutningsaðferðum, samsetningu CO₂-straums, hraða og þrýstingi á niðurdælingu og staðsetningu niðurdælingarbúnaðar fyrir fyrsta og annan áfanga.

Umhverfisstofnun bendir á að ekki eru metin áhrifin á jarðlögin (basaltið sjálft) en aðeins fjallað um möguleg þrýstingsáhrif á allt kerfið ef ekkert steinrennist. Ekki er fjallað um hversu mikið af berginu ummyndast, möguleg áhrif steinrenningarinnar á lekt svæðisins eða poruhlutfall bergsins þegar fram líða stundir. Stofnunin telur að það þurfi að vera skýrt hvort bora þurfi nýjar holur umfram þær sem umhverfismatið tiltekur til að viðhalda steinrenningunni. Einnig telur stofnunin að koma þurfi fram hvenær ferilefnaprófanir eru áætlaðar fyrir millikerfið, þá sérstaklega m.t.t. niðurdælingar í Jarðhitagarði.

Í svörum Carbfix kemur fram að forðafræðilíkan hafi verið notað til að herma flæði á CO₂ hlöðnu í vatni um geymslugeyminn og spá fyrir um áhrif niðurdælingar CO₂ miðað við að engin steinrenning CO₂ eigi sér stað. Með því móti fæst fræðilegt mat á mestu mögulegu dreifingu CO₂ um jarðlögin og þar með hámarksáhrif niðurdælingar CO₂ á geymslugeyminn. Carbfix gerir ráð fyrir að forðafræðilíkanið verði útfært enn frekar áður en til framkvæmda kemur og þá verði tekið með í reikninginn efnaferlar sem geta haft áhrif á samspil vökva og bergs og þar með mögulega steinrenningu CO₂. Bent er á að miðað við gefnar forsendur er fræðileg geymslugeta svæðisins sem forðafræðilíkanið nær til metin 840 til 15.800 milljónir tonna af CO₂ (MtCO₂). Ef gert er ráð fyrir lágmarks geymslugetu 840 MtCO₂ og fyrirhugaðri niðurdælingu upp að 406.000 tonn/ári af CO₂ (359.000 tonn/ári af CO₂ í millikerfi og 47.000 tonn/ári af CO₂ í djúpkerfi) tæki það yfir 2000 ár að nýta alla geymslugetuna. Nýtingarhlutfall þess porurýmis sem er til staðar verður þannig mjög lágt og því telur Carbfix að lítil hætta sé á að það fyllist vegna ummyndunar bergs við steinrenningu CO₂. Varðandi ábendingu um hvort bora þurfi nýjar holur til að viðhalda steinrenningu er bent á að í kafla 9.4.2 í umhverfismatsskýrslu kemur fram að vegna óvissu sem sé fyrir hendi um rennslileiðir



og aðskilnað millikerfis og efri grunnvatnslaga, einkum í Jarðhitagarði, er gert ráð fyrir að vöktunarholur verði staðsettar þannig að þær veiti upplýsingar um dreifingu ferilefna og efnastyrks, sérstaklega í átt til vatnsbólís Hellisheiðarvirkjunar í Engidal. Mismunandi möguleikar á staðsetningu niðurdælingar, sem kynntir eru í umhverfismatinu, gefa svigrúm til slíkra breytinga, auk þess sem öll uppbygging mun fara fram í skrefum og mun því jafnframt gefast svigrúm til að vinna úr gögnum og auka skilning á viðbrögðum svæðisins við niðurdælingu CO₂ til geymslu í jarðlögum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur. Fram kemur að gert sé ráð fyrir að ferilefnaprófanir í millikerfinu verði gerðar eftir að niðurdæling hefst í Jarðhitagarði, nánar tiltekið þegar stöðugleika hefur verið náð við fulla afkastagetu. Tíðni prófana verður há fyrstu árin, en lækkar þegar líður frá gangsetningu.

3.1.3 Niðurstaða Skipulagsstofnunar

Fyrir liggur að afmörkun svokallaðs geymslugeymis, þ.e. þess svæðis neðanjarðarþar sem sjálf geymsla koldíoxíðs fer fram, byggir á líkanreikningum. Í framlögðum gögnum kemur fram að fræðileg geymslugeta niðurdælingarsvæðisins fyrir CO₂ sem líkanreikningar taka til sé mjög mikil. Fyrir liggur að geymslugeyminum sem fyrirhugað er að dæla CO₂ niður í er skipt í annars vegar millikerfi og hins vegar svokallað djúpkerfi og eru skil á milli þessara kerfa auk þess sem grunnvatnslagið sem er ofar millikerfinu er aðskilið frá því með þéttara móbergslagi. Alllöng reynsla er komin á niðurdælingu á CO₂ á vegum Carbfix í nokkru magni til geymslu í jörðu á Hellisheiði en fyrirhuguð er dæling á umtalsvert meiru magni á CO₂ til geymslu við þær framkvæmdir sem eru til umfjöllunar í þessu umhverfismati. Niðurstöður líkanreikninga benda til þess að ekki verði um neikvæð áhrif að ræða af fyrirhuguðu magni af CO₂ á geymslugeyminn eða að CO₂ uppleyst í vatni eða á gasformi geti streymt út fyrir millikerfið og upp til yfirborðs. Umhverfisstofnun hefur bent á að ekki liggi fyrir hversu mikið af berginu ummyndast við niðurdælingu og steinrenningu CO₂ og þá möguleg áhrif steinrenningarinnar á lekt bergsins eða poruhlutfall þegar fram líða stundir auk þess sem upplýsingar vanti um hvort bora þurfi nýjar holur umfram þær sem umhverfismatið tiltekur til að viðhalda steinrenningunni. Carbfix hefur bent á að þar sem fræðileg geymslugeta svæðisins sem forðafraeðilíkanið nær til er mjög mikil er nýtingarhlutfall þess porurýmis sem er til staðar þannig mjög lágt og því telji fyrirtækið að lítil hættu sé á að það fyllist vegna ummyndunar bergs við steinrenningu CO₂.

Niðurdæling á yfir 400.000 tonnum á ári sem fyrirhuguð er á Hellisheiði á CO₂ til varanlegrar geymslu í jörðu á Hellisheiði eru framkvæmdir án fordæmis og því er eðli málsins samkvæmt ákveðin óvissa hvernig til tekst og hver geti orðið áhrif á geymslugeyminn hvort sem um er að ræða millikerfið eða djúpkerfið þrátt fyrir þá reynslu sem liggur fyrir af niðurdælingarverkefnum Carbfix og fyrrgreindar niðurstöður líkanreikninga. Ljóst er að nauðsynlegt er að framkvæmdir við niðurdælingu þurfa að fara fram í skrefum þannig að svigrúm gefist til að vinna úr gögnum og auka skilning á viðbrögðum svæðisins við niðurdælingu CO₂ til geymslu í jarðlögum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur. Gera þarf ráð fyrir að í starfsleyfi verði sett ákvæði sem kveða á um tiltekna áfangaskiptingu fyrirhugaðrar niðurdælingar eða að eingöngu verði veitt leyfi fyrir hluta niðurdælingar fyrst um sinn og ákvarðanir um frekari niðurdælingu teknar á grundvelli niðurstaðna úr vöktun.

Skipulagsstofnun leggur áherslu mikilvægi vöktunar og eftirlits en Carbfix hefur sett fram í umhverfismatsskýrslu og viðauka ítarlega vöktunaráætlun niðurdælingar í CO₂ geymslugeyminn sem byggir á á rannsóknnum og rekstrarreynslu niðurdælingar Carbfix á svæðinu sl. áratug. Auk þess fylgir hún tilskipun 2009/31/EC um geymslu koldíoxíðs í jörðu og reglugerð nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu. Þá hefur Carbfix jafnframt sett fram mótvægisáðgerðir ef vöktunarniðurstöður sýna meiri áhrif niðurdælingar CO₂ en spáð var fyrir skv. líkanreikningum. Þær mótvægisáðgerðir eru að mati Skipulagsstofnunar til þess fallnar að að draga úr eða koma í veg fyrir möguleg neikvæð áhrif á geymslugeyminn.



3.2 Grunnvatn

3.2.1 Mat Carbfix

Í umhverfismatsskýrslu kemur fram að mat á áhrifum niðurdælingar á efri grunnvatnslög byggir á skýrslu sérfræðinga Orkuveitu Reykjavíkur um grunnástand geymslusvæðisins, forðafræðilíkani fyrir niðurdælingu á CO₂ í millikerfi og djúpkerfi, ásamt hugsanlegum breytingum sem framkvæmdinni fylgja á geymslusvæði Carbfix á Hellisheiði. Miklar upplýsingar eru til um grunnástand grunnvatns á svæðinu sem nýttar voru til þess að meta hvort niðurdæling CO₂ til geymslu í millikerfi og djúpkerfi geymslusvæðisins á Hellisheiði kynni að hafa áhrif á grunnvatn. Kalt grunnvatn er unnið í miklu magni úr vatnsbólum ON í Engidal sem er einnig varavatnsból fyrir höfuðborgarsvæðið og eru vatnsverndarsvæði skilgreind í kringum vatnsbólið. Djúpboranir í Þrengslum hafa sýnt fram á að efsta grunnvatnslagið er aðskilið frá neðri lögum með þéttara móbergslagi en neðan móbergslagsins er heitara grunnvatnskerfi, þ.e. svokallað millikerfi, sem er síðan aðskilið frá jarðhitageyminum sjálfum eða djúpkerfinu með þéttara þakbergi sem er tilkomið vegna aukinnar háhitaummyndunar. Tekin hafa verið vatnssýni úr vöktunarholum við og í nágrenni Hellisheiðarvirkjunar árlega frá því fyrir gangsetningu virkjunarinnar til að fylgjast með áhrifum starfsemi virkjunarinnar sem felur m.a. í sér losun vökva á yfirborði og í grunnar svelgholur undir ákveðnum kringumstæðum. Þá var skiljuvatni dælt niður í millikerfið í Þrengslum til skemmri tíma frá 2016-2018. Þessi losun hefur áhrif á grunnástand grunnvatns á svæðinu en tengist ekki niðurdælingu Carbfix á CO₂. Ekki hafa komið fram afgerandi vísbendingar um að losun skiljuvatns frá Hellisheiðarvirkjun í grunnvatnslög ofan jarðhitakerfis sé að valda útbreiddri rýrnun á gæðum grunnvatns á svæðinu.

Fram kemur að Carbfix ráðgeri að semja við Orku náttúrunnar (ON) um afhendingu á allt að 250 L/s af vatni þar sem niðurdælingin krefst vatns til að leysa upp CO₂ og tryggja örugga niðurdælingu. Vatnsöflun er tengd framkvæmd á vegum ON og er fyrirtækið jafnframt ábyrgt fyrir að þær framkvæmdir hafi hlotið viðeigandi málsmeðferð hvað varðar umhverfismats- og leyfisferli.

Fram kemur að áhrifasvæði framkvæmdarinnar á yfirborði nái yfir jarðhitagarð ON, Húsmúla, Sleggjubæisdal, Þrengsli og niðurdælingarsvæði ON við Gráuhnúka. Svæðið er allt utan skilgreindra vatnsverndarsvæða en mengun vegna óhapps í Jarðhitagarði á framkvæmdatíma niðurdælingar gæti mögulega borist í vatnsbólið í Engidal. Þetta gæti t.d. verið vegna olíuleka frá tækjum við borun niðurdælingarhola eða við uppsetningu tækja. Ekki er talin hætt á mengun vatns vegna efna sem notuð eru við borunina sjálfa og ekki er talið að niðurdælingin sem slík í djúpkerfi geti haft áhrif á efri grunnvatnslög. Þá er gengið út frá því að niðurdæling í millikerfi eigi hvorki að hafa áhrif á efri grunnvatnslög né á djúpkerfið og að áhrifin einskorðist við vatnið í millikerfinu. Niðurdæling á þetta miklu magni af vatni breytir hins vegar þrýstingsaðstæðum í grunnvatnskerfi og gæti vatn mögulega leitað upp á við ef lekt er ekki nægileg. Niðurstöður líkanreikninga benda þó til þess að niðurdælingarvökvinn muni ekki ná að dreifast til brunnsvæðis vatnsverndarsvæðisins í Engidal. Fram kemur að að niðurstöður líkanreikninga fyrir CO₂ í geymslugeymi séu mjög háðar þeim gildum sem valin eru fyrir t.d. lekt, poruhluta og hlutfall sprungna í berginu. Þar sem þessi gildi eru metin en ekki að fullu þekkt geta líkanreikningar á þessu stigi aldrei gefið fullkomlega áreiðanlegt svar um áhrifasvæði niðurdælingarinnar. Vegna þessarar óvissu er til staðar óvissa um rennslisleiðir og rennslis hraða á svæðinu sem og óvissa um hversu mikill aðskilnaður er á milli millikerfis og efri grunnvatnslaga, sérstaklega í Jarðhitagarði. Því þarf að staðsetja vöktunarholur í efra grunnvatnskerfi og millikerfi þannig að þær gefi skýra sýn á dreifingu ferilefna og efnastyrks, sérstaklega í átt til Engidals. Fjölmargar rannsóknir hafa skoðað leysingu bergs vegna efnahvarfa við CO₂ hlaðið vatn og þá breytingu á efnasamsetningu grunnvatns sem því fylgir. Tilraunaniðurdæling Carbfix á CO₂ og H₂S í millikerfið í Þrengslum árið 2012 sýndi að áhrif frá niðurdælingunni voru ekki merkjanleg í efri grunnvatnslögum. Niðurstöður rannsókna benda til þess að auðgun á snefilefnum og þungmálmum vegna niðurdælingar CO₂ ætti bara að skapa hættu í næsta nærumhverfi



niðurdælingar og ætti því ekki að hafa útbreidd áhrif á vatnsgæði í millikerfinu. Áform Carbfix um niðurdælingu CO₂ á Hellisheiði eru hins vegar af annarri stærðargráðu en tilraunir og rannsóknir sem gerðar hafa verið og því ekki ljóst hve umfangsmikið nærumhverfi niðurdælingar verður. Uppbygging á geymslusvæði Carbfix er áætluð í áföngum og tækifæri gefst til að fylgjast með þróun svæðisins á uppbyggingartíma framkvæmdarinnar, m.a. með því að greina efnastyrk í grunnnum og djúpum vöktunarholum, bæði núverandi og nýjum. Leiði vöktun og uppfærsla á forðafræðilíkani fyrir geymslugeymi í millikerfi í ljós að mengun geti borist frá niðurdælingarholum til vatnsbólsins í Engidal getur þurft að endurskoða áform Carbfix um staðsetningu niðurdælingar til að koma í veg fyrir að það spillist. Mismunandi möguleikar á staðsetningu niðurdælingar, sem kynntir eru í umhverfismatinu, gefa svigrúm til slíkra breytinga, auk þess sem öll uppbygging mun fara fram í skrefum og mun því jafnframt gefast svigrúm til að vinna úr gögnum og auka skilning á viðbrögðum svæðisins við niðurdæling CO₂ til geymslu í jarðlögum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur.

Niðurstaða Carbfix er sú að þegar tekið er tillit til grunnástands, viðmiða, mögulegra umhverfisáhrifa og mótvægisáðgerða á framkvæmdatíma niðurdælingar eru áhrif á grunnvatn á framkvæmda- og rekstrartíma metin óveruleg. Óhapp hefði tímabundin og staðbundin áhrif en með búnaði og viðbragðsaðgerðum er komið í veg fyrir að þau verði alvarleg.

Vöktun og mótvægisáðgerðir

Í köflum 13.1 og 13.2 í umhverfismatsskýrslu er umfjöllun um mótvægisáðgerðir til að draga úr eða bæta fyrir áhrif á grunnvatn vegna niðurdælingar og vöktunar-stýringaráætlun vegna niðurdælingar CO₂ er geymslugeyminn, bæði í djúp- og millikerfi. Mótvægisáðgerðir lúta að réttum viðbrögðum við mengunarslysum vegna olíu frá tækjum, nákvæmu eftirliti með niðurdælingu svo hægt verði að bregðast við ef vísbendingar eru um að niðurstöður séu ekki í takt við það sem líkanareikningar gefa til kynna, m.a. með staðsetningu vöktunarhola og greiningu vatnssýna úr holunum og endurskoðun á staðsetningu niðurdælingar ef í ljós kemur að mengun geti borist frá niðurdælingarholum til vatnsbólsins í Engidal.

3.2.2 Umsagnir um umhverfismatsskýrslu

Í umsögn Umhverfisstofnunar kemur fram að fjalla þurfi um grunnvatnshlotin á framkvæmdasvæðinu sjálfu og nærliggjandi grunnvatnshlot og ástand þeirra. Koma þarf fram hvort það sé mat rekstraraðila að framkvæmdin hafi ekki áhrif á umhverfismarkmið um góða magnstöðu og efnafræðilegt ástand grunnvatnshlotanna. Skýra þarf frá því hvort aðrennslissvæði breytist við aukna vatnstöku, hvort lekt bergsins breytist á þann hátt að það muni hafa áhrif á ástand grunnvatnshlotanna og hvort hætta sé á því að umhverfismarkmiðum um magnstöðu náist ekki. Jafnframt þurfa áhrif á vatnsbólið í Engidal að liggja fyrir. Þá bendir Umhverfisstofnun á að allir forðafræðilegir líkanreikningar tengdir steinrenningu CO₂ gera ráð fyrir að koldíoxíð eigi ekki að geta flætt upp úr millikerfinu og upp í grunnvatnskerfið sem liggur fyrir ofan. Þakbergið (þétt lag sem skilur á milli kerfanna) á millilaginu er þétt móbergslag en ekki eru til rannsóknir sem sýna ótvírætt fram á að móbergslagið nái alla leið inn að Engidal. Umhverfisstofnun telur því að herma þurfi ofangreind atriði betur til að fá betri mynd af áhrifum niðurdælingar í Jarðhitagarði á aðrennslissvæði grunnvatns í Engidal og áhrif niðurdráttar miðað við að ON nýti til fulls vatnstökurétt sinn úr Engidal, þ.e. 2.000 L/s. Mögulega gæti það leitt til þess að dreifa þurfi niðurdælingunni betur um svæðið og takmarka að einhverju leyti niðurdælingu í Jarðhitagarði og þá frekar nota svæðin í Þrengslum og við Gráuhnúka. Stofnunin telur vanta frekara mat á áhrifum aukinnar vatnstöku á grunnvatnshlotin og vatnsból Engidals. Með vísan í töflu 7.1 í umhverfismatsskýrslu um skilgreiningar á vægishugtökum eru áhrif á grunnvatn að mati stofnunarinnar því óviss.



Í svörum Carbfix kemur fram að ekki sé gert ráð fyrir aukinni upptekt úr vatnsbólum ON í Engidal vegna niðurdælingarverkefna Carbfix á Hellisheiði. Niðurstaða mats á umhverfisáhrifum er að CO₂ helst aflokað í djúpkerfi og millikerfi og mun ekki berast í efri grunnvatnskerfi. Því er ekki talið að framkvæmdin muni hafa áhrif á magnstöðu grunnvatnshlotanna, Selvogsstraums 1 (104-290-G), Lyngdalsheiði (104-305-G) og Elliðaárstraums 2 (104-257-G), umhverfismarkmið munu haldast og vatnsgæði munu ekki rýrna. Því eru ekki taldar líkur á því að áhrif framkvæmdarinnar á vatnshlot verði þau að vatnshlotið nái ekki umhverfismarkmiði sínu um góða magnstöðu og efnafræðilegt ástand. Varðandi vatnsnotkun þá bendir Carbfix á að ef vatnsvinnsla ON breytist í Engidal og fer í hámarksvinnslu samkvæmt gildandi nýtingarleyfi, þarf að uppfæra líkanreikninga fyrir niðurdælingarsviðsmyndir CO₂ í millikerfi, sem Carbfix gerir ráð fyrir að verði gert. Varðandi ábendingu Umhverfisstofnunar um að mögulega gætu nýir líkanreikningar leitt til þess að dreifa þurfi niðurdælingunni betur um svæðið er bent á að uppbygging á geymslusvæði Carbfix er áætluð í áföngum og því gefst tækifæri til að fylgjast með þróun svæðisins á uppbyggingartíma framkvæmdarinnar, m.a. með því að greina efnastyrk í grunnnum og djúpum vöktunarholum, bæði núverandi og nýjum. Þá bendir fyrirtækið á að vegna óvissu sem er fyrir hendi um rennislisleiðir og aðskilnað millikerfis og efri grunnvatnslaga, einkum í Jarðhitagarði, er gert ráð fyrir að vöktunarholur verði staðsettar þannig að þær veiti upplýsingar um dreifingu ferilefna og efnastyrks, sérstaklega í átt til vatnsbóls Hellisheiðarvirkjunar í Engidal. Að öðru leyti vísar fyrirtækið til umfjöllunar í umhverfismatskýrslu.

Veðurstofa Íslands bendir á að í ljósi þess að vatnsbólið í Engidal er varavatsnból höfuðborgarsvæðisins sé jafnvel minnsta óvissa um ástand grunnvatns sem gegnir svo veigamiklu hlutverki fyrir landsmenn ekki ásættanleg. Afar mikilvægt er að tryggja að vatnsbólið raskist ekki með tilliti til magnstöðu og eðlisefnafræðilega eiginleika og að gott ástand vatnsbólins sé tryggt til lengri tíma. Þá er mikilvægt að fram komi með skýrari hætti hver sé uppruni, eiginleiki og efnasamsetning þess efnis sem stefnt er að bundið verði í jarðlögum. Ef um aðflutninga væri að ræða þá þyrfti að setja fram viðeigandi gæðamörk með hliðsjón af mögulegum styrk allra efna sem gætu skilað sér í umhverfi og grunnvatn. Veðurstofan telur að gera þurfi skýrari grein fyrir fjölda og staðsetningu vöktunar á efnafræðilegu og magnstöðulegu ástandi. Stofnunin teldi styrk að því að vakta einnig efnafræðilegt ástand á svæðinu milli vatnstökusvæðis og framkvæmdasvæðis og þannig sé mögulegt að grípa það álag sem gæti farið aðrar leiðir t.d. vegna sprungulektar auk þess sem mögulega gæti borist milli jarðlaga þar sem millikerfi nær undir vatnsverndarsvæði. Þá bendir stofnunin á að kalt grunnvatn er unnið í miklu magni úr vatnsbólum ON í Engidal, í dag eru um 900 L/s nýttir en nýtingarleyfi fyrir 2.000 L/s upptekt er í gildi. Æskilegt er að fram komi hversu stór hluti af viðbótarvatnsupptöku vegna fyrirhugaðra framkvæmda er áætlað að komi úr vatnsbólunni í Engidal.

Í svörum Carbfix kemur fram að varðandi mat á áhrifum niðurdælingar CO₂ í millikerfi á grunnvatnskerfi og vatnsveitu, að allar sviðsmyndir sýni að tryggt verði að geymsla CO₂ takmarkist við millikerfið og berist ekki í grunnvatnskerfið eða að áhrif niðurdælingar í millikerfi nái til efra grunnvatnskerfis á brunnsvæði vatnsverndarsvæðis í Engidal eftir 30 ára niðurdælingu. Carbfix bendir á að niðurdæling Carbfix er ávallt í samstarfi við tiltekinn rekstraraðila sem sér um föngun og, eftir því sem við á, hreinsun á CO₂ og flytur það um lagnir að niðurdælingarholum þar sem Carbfix tekur við því. Fyrirtækið mun sækja um starfsleyfi til geymslu á CO₂ í jarðlögum til Umhverfisstofnunar í samræmi við 33. gr. c. laga nr. 7/1998 hollustuhætti og mengunarvarnir og 6. gr. reglugerðar nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu, þar sem meðal annars verður sett skilyrði um samsetningu koldíoxíðstraumsins. Með öðrum orðum þá mun Carbfix ekki geta tekið við CO₂ frá þriðja aðila til niðurdælingar sem ekki uppfyllir kröfur um samsetningu koldíoxíðstraums eins og þær eru settar fram í starfsleyfi.

Carbfix tekur undir ábendingar Veðurstofnunar um mikilvægi vöktunar í ljósi óvissu um rennislisstefnu grunnvatns og vegna nálægðar fyrirhugaðs geymslusvæðis Carbfix við



vatnsverndarsvæði vatnsbólís Hellisheiðarvirkjunar í Engidal. Í umhverfismatsskýrslu er sýnd staðsetning nýrra vöktunarhola á milli fyrirhugaðra niðurdælingarhola við lofthreinsiver í Jarðhitagarði og vatnsbólísins í Engidal. Að öðru leyti er vísað til umfjöllunar í umhverfismatsskýrslu og viðauka 4.

Carbfix bendir á að ekki er gert ráð fyrir aukinni upptekt úr vatnsbólum ON í Engidal vegna niðurdælingarverkefna Carbfix. Í umhverfismatsskýrslu kemur fram að vatnsöflun sé tengd framkvæmdum á vegum ON sem er jafnframt ábyrgt fyrir að hún hafi hlotið viðeigandi málsmeðferð hvað varðar umhverfismats- og leyfisferli. Í umhverfismatsskýrslunni er jafnframt greint frá núverandi vatnsöflunarkostum sem gætu komið til greina í niðurdælingarverkefnum Carbfix og að ákvörðun verði tekin í hverju verkefni fyrir sig. Um er að ræða: 1. Vatn frá kæliturnum Hellisheiðarvirkjunar 2. Vatnsöflunarholur KH-03 og KH-17 í Sleggjubeinsdal 3. Vatnsöflunarhola HK-24 í Þrengslum, ásamt mögulega nýrri vatnstökuholu á sama svæði 4. Hringrásun úr vöktunarholum úr millikerfi.

Í umsögn Heilbrigðiseftirlits Suðurlands er undirstrikað mikilvægi þess að framkvæmdaraðili fari í einu og öllu eftir framlögðum áætlunum um mótvægisáðgerðir og vöktun til að minnka líkur á neikvæðum áhrifum niðurdælingar og geymslu CO₂ í bæði milli- og djúpkerfum á grunnvatn á geymslusvæðinu.

3.2.3 Niðurstaða Skipulagsstofnunar

Fyrir liggur að miklar upplýsingar eru til um grunnástand grunnvatns á Hellisheiðarsvæðinu í tengslum við rekstur Hellisheiðarvirkjunar og hafa þessar upplýsingar verið notaðar til að meta hvort niðurdæling CO₂ til geymslu í millikerfi og djúpkerfi geymslusvæðisins á Hellisheiði hafi áhrif á grunnvatn. Áhrifasvæði fyrirhugaðra framkvæmda er allt utan skilgreindra vatnsverndarsvæða og niðurstöður djúpborana benda til að efsta grunnvatnslagið sé aðskilið frá neðri lögum með þéttara móbergslagi og því ekki talið að niðurdælingin geti haft áhrif á það grunnvatnslag. Þá eru niðurdælingarholur fódraðar frá efstu grunnvatnslögum, bæði holur sem verða boraðar í millikerfi sem fyrirbyggjandi holur í djúpkerfi. Hins vegar getur niðurdæling á þetta miklu magni af vatni breytt þrýstingsáðstæðum í grunnvatnskerfi og gæti vatn mögulega leitað upp á við ef lekt er ekki nægileg. Niðurstöður líkanreikninga benda þó til þess að niðurdælingarvökvinn muni ekki ná að dreifast til brunnsvæðis vatnsverndarsvæðisins í Engidal. Ljóst er þó að líkanreikningar geta ekki gefið fullkomlega áreiðanlegt svar um áhrifasvæði niðurdælingarinnar og óvissa er um rennslisleiðir og rennlishraða á svæðinu. Þá liggur fyrir að mengun vegna óhapps í Jarðhitagarði á framkvæmdatíma gæti mögulega borist til brunnsvæðis vatnsbólísins. Umhverfisstofnun hefur bent á að en ekki eru til rannsóknir sem sýna ótvírætt fram á að hið þetta móbergslag nái alla leið inn að Engidal og Veðurstofan hefur bent á að vatnsbólíð í Engidal er varavatnsból höfuðborgarsvæðisins og að jafnvel minnsta óvissa um ástand grunnvatns sem gegnir svo veigamiklu hlutverki fyrir landsmenn sé ekki ásættanleg.

Ljóst er að fyrirhuguð áform Carbfix eru að allt annarri stærðargráðu en þær tilraunir sem fram hafa farið til þessa á Hellisheiði með niðurdælingu CO₂. Því leggur Skipulagsstofnun áherslu á að öll uppbygging á framkvæmdasvæðinu fari fram í áföngum, eins og fyrirtækið gerir ráð fyrir, að farið verði hægt í sakirnar þannig að svigrúm gefist til að vinna úr gögnum, m.a. að greina efnastyrk í grunnnum og djúpum vöktunarholum, bæði núverandi og nýjum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur. Skipulagsstofnun bendir á að grunnvatn er auðlind sem ber að vernda eins ómengaða og kostur er og tekur stofnunin undir með Veðurstofunni að ekki væri ásættanlegt að vatnsbólíð í Engidal myndi á einhvern hátt spillast. Stofnunin tekur undir þá óvissu sem Carbfix bendir á í framlögðum gögnum um mögulegt áhrifasvæði fyrirhugaðra framkvæmda m.t.t. hugsanlegrar mengunar grunnvatns, rennslisleiðir og rennlishraða innan svæðisins. Í ljósi þeirrar óvissu sem kemur fram hér að framan er ljóst að vöktunar- og viðbragðsáætlun sem tekur til hugsanlegra áhrifa fyrirhugaðrar niðurdælingar á grunnvatn er lykilatriði. Í köflum 9.4.3, 13.1 og



13.2 í umhverfismatsskýrslu er ítarleg umfjöllun um vöktun og mótvægisáðgerðir og tekur Skipulagsstofnun undir þá vöktunar- og viðbragðsáætlun sem þar er sett fram sem og þær aðgerðir til mótvægis. Lögð er sérstök áhersla á að staðsetja þurfi vöktunarholur í efra grunnvatnskerfi og millikerfi þannig að þær gefi skýra sýn á dreifingu ferilefna og efnastyrks, sérstaklega í átt til Engidals. Ennfremur að ef vöktun og uppfærsla á forðafræðilíkani fyrir geymslugeymi í millikerfi leiðir í ljós að mengun geti borist frá niðurdælingarholum til vatnsbólsins í Engidal mun Carbfix þurfa að endurskoða áform um staðsetningu niðurdælingar til að koma í veg fyrir neikvæð áhrif á vatnsból. Verði vart við áhrif á grunnvatn önnur en niðurstaða umhverfismats gefur til kynna þarf að gera ráðstafanir til úrbóta sem byggja á fyrrnefndum áætlunum. Carbfix hefur lagt til að útfæra þurfi ráðstafanir í skrefum eftir alvarleika. Í fyrsta skrefi er stuðst við frekari vöktun, sem lýst er í vöktunaráætlun. Í framhaldi eru gerðar breytingar á rekstrarlegum þáttum (t.d. þrýstingi eða flæði) á meðan orsök leka er könnuð. Sé orsök óþekkt er niðurdæling stöðvuð tímabundið og niðurdælingarhola skoðuð og hugsanlega gert við hana. Sé viðgerð útilokuð gæti reynst nauðsynlegt að loka holunni og færa niðurdælingu í aðrar holur, eða bora nýja.

Veðurstofan benti á í umsögn sinni að mikilvægt sé að fram komi með skýrari hætti hver sé uppruni, eiginleiki og efnasamsetning þess efnis sem stefnt er að bundið verði í jarðlögum. Skipulagsstofnun telur að ljóst sé að Carbfix muni ekki geta tekið við CO₂ frá þriðja aðila til niðurdælingar sem ekki uppfyllir kröfur um samsetningu koldíoxíðstraums þar sem skilyrði um samsetningu straumsins eru settar fram í starfsleyfi.

Umhverfisstofnun hefur bent á að að ekki liggja fyrir hvaða áhrif fyrirhugaðar framkvæmdir kunna að hafa á ástand grunnvatnshlota og hvort hætta sé á því að umhverfismarkmiðum um magnstöðu og gott efnafræðilegt ástand náist ekki, sbr. lög nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Skipulagsstofnun telur að vöktun muni leiða í ljós hvort að framkvæmdin komi til með að hafa áhrif á magnstöðu grunnvatnshlotanna, Selvogsstraums 1 (104-290-G), Lyngdalsheiði (104-305-G) og Elliðaárstraums 2 (104-257-G) og hvort að umhverfismarkmið munu haldast og vatnsgæði ekki rýrna og til hvaða ráðstafana þurfi þá að grípa. Á grundvelli fyrirbyggjandi gagna telur Skipulagsstofnun þó ólíklegt að niðurdæling í millikerfi og djúperki komi til með að hafa áhrif á grunnvatnshlot ofan millikerfis.

Fyrir liggur að að Carbfix hyggst semja við Orku náttúrunnar (ON) um afhendingu á allt að 250 L/s af vatni þar sem niðurdælingin krefst vatns til að leysa upp CO₂ og að ON hefur nýtingaleyfi fyrir vatnstöku í Engidal fyrir Hellisheiðarvirkjun upp að 2000 L/s en að meðaltali er vinnslan 900 L/s og er ekki gert ráð fyrir aukinni upptekt úr vatnsbólum ON í Engidal vegna fyrirhugaðrar niðurdælingar. Umhverfisstofnun hefur bent á að fá þurfi betri mynd af áhrifum niðurdælingar í Jarðhitagarði á aðrennslissvæði grunnvatns í Engidal og áhrif niðurdráttar miðað við að ON nýti til fulls vatnstökurétt sinn úr vatnsbólunni í Engidal. Þar sem líkanreikningar gera ráð fyrir 900 L/s þá kallar aukning á vatnstöku á vegum ON á uppfærslu líkanreikninga fyrir niðurdælingarsviðsmyndir CO₂ í millikerfi.

Í ljósi þess sem rakið er hér að framan telur Skipulagsstofnun ljóst að fyrir hendi sé talsverð óvissa um áhrif fyrirhugaðra framkvæmda við niðurdælingu á CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði á grunnvatn. Því leggur stofnunin ríka áherslu á vöktun og eftirlit og að farið verði hægt í uppbyggingu og framkvæmd niðurdælingar og að ákvæði um áfangaskiptingu verði sett í starfsleyfi Umhverfisstofnunar auk ákvæða um vöktun og mótvægisáðgerðir eða að eingöngu verði veitt leyfi fyrir hluta niðurdælingar fyrst um sinn og ákvarðanir um frekari niðurdælingu teknar á grundvelli niðurstaðna úr vöktun. Þá telur Skipulagsstofnun sérstaklega mikilvægt að vöktun á mögulegum áhrifum á vatnsbólunni við Engidal verði fullnægjandi og að við veitingu starfsleyfis verði tekin afstaða til fjölda vöktunarhola og staðsetningar þeirra.



3.3 Jarðskjálftavirkni

3.3.1 Mat Carbfix

Í umhverfismatsskýrslu kemur fram að ÍSOR hafi unnið frummat á jarðskjálftahættu með hliðsjón af reglum Orkustofnunar um viðbúnað og viðbrögð við jarðskjálftavá vegna losunar á vökva í jörðu um borholur (nr. OS-2016-R01-01) sem gildi fyrir nýtingaraðila jarðhita. Lagt var mat á það hversu líklegt er að jarðskjálftavirkni fylgi annars vegar viðbót á CO₂ í núverandi niðurdælingu í djúpkerfi í Húsmúla og hins vegar niðurdælingu í nýjar, grynri holur í millikerfi í Jarðhitagarði og iii) niðurdælingu í nýjar, grynri holur í millikerfi á núverandi borsvæðum, þ.e. í Sleggjubeinsdal, Húsmúla, Þrengslum og við Gráuhnúka. Athugunarsvæði tengt frummati á jarðskjálftahættu vegna fyrirhugaðrar framkvæmdar miðast því við áhrifasvæðið neðanjarðar.

Fram kemur að nýjustu og nákvæmstu jarðskjálftagögnin af Hengilssvæðinu sýni greinilega að jarðskjálftavirknin sem talin sé örvuð á helstu vinnslu- og niðurdælingarsvæðunum er töluvert grynri en sú virkni sem talin er stafa af náttúrulegum orsökum, eða á 1-3 km dýpi. Áhrif jarðhitavinnslu fyrir Hellisheiðarvirkjun á jarðskjálftavirkni á Hellisheiði hefur fyrst og fremst orðið vart í Hverahlíð og virðist einskorðast við gufupúða sem hafi myndast eftir að vinnsla hófst árið 2016. Áhrif niðurdælingar affallsvatns frá Hellisheiðarvirkjun á jarðskjálftavirkni á Hellisheiði hefur aðallega gætt vegna niðurdælingar á Húsmúlasvæðinu en vísbendingar eru um að niðurdæling í Húsmúla sé búin að losa um mestu mismunaspennuna, og að nokkurs konar vökva- og þrýstijafnvægi sé að komast á. Árið 2014 var CO₂ í fyrsta skipti leyst upp í niðurdælingarvatni í Húsmúla, en sú breyting á efnasamsetningu vökvans olli ekki aukningu í jarðskjálftavirkni.

Fram kemur að gögn frá gervitunglamælingum sýni að grunn niðurdæling geti orsakað staðbundna aflögun. Í samræmi við ábendingar ÍSOR mun Carbfix fylgjast með landhæðarbreytingum og aflögun á áhrifasvæði niðurdælingar CO₂ á Hellisheiði með gervitunglamælingum (InSAR). Fyrirhuguð framkvæmd felur í sér niðurdælingu á CO₂ hlöðnu vatni niður í geymslugeymi millikerfis annars vegar, og í djúpkerfi hins vegar en eins og fram kom hér að framan getur niðurdæling vökva í jörðu leitt til örvaðrar jarðskjálftavirkni þegar vatnið streymir frá niðurdælingarholum út í jarðlög. Niðurdæling í djúpkerfi á geymslusvæðinu verður eingöngu niðurdæling á CO₂ og H₂S frá núverandi og nýrri hreinsistöð ON við Hellisheiðarvirkjun og felur ekki í sér niðurdælingu á auknum massa vatns. Breytingin felur aðeins í sér að meira gas (CO₂ og H₂S) er leyst í affallsvatni frá virkjuninni sem þegar er dælt niður í sömu holur við Húsmúla og notaðar eru í dag. Niðurstöður úr fyrrnefndu frummati ÍSOR á jarðskjálftahættu fyrir aukið magn af uppleystu CO₂ í núverandi niðurdælingu í djúpkerfi Húsmúla, eru, skv. reglum Orkustofnunar, að svæðið falli áfram undir 3. lið í 4. gr. reglnanna, þ.e. að hætta sé á finnanlegri jarðskjálftavirkni. Carbfix mun hafa virkt eftirlit með mögulegri jarðskjálftavirkni í samstarfi við ON vegna niðurdælingar í djúpkerfi auk þess sem ON fylgir verklagi við niðurdælingu til að lágmarka hættu á örvaðri skjálftavirkni. Allt vatn sem er dælt niður og CO₂ og H₂S verður leyst í fellur undir niðurdælingarverkefni ON í Húsmúla. Það er talið mun líklegra til að leiða til örvaðrar jarðskjálftavirkni en niðurdæling Carbfix sem leggur eingöngu til gasið.

Í ljósi fyrirliggjandi gagna er niðurstaða frummats ÍSOR fyrir niðurdælingu í nýjar, grynri holur í millikerfi í Jarðhitagarði, skv. reglum Orkustofnunar (nr. OS-2016-R01-01), að svæðið falli undir 2. lið í 4 gr. reglnanna, þ.e. að hætta á finnanlegri jarðskjálftavirkni sé óveruleg. Almennt er ekki talið að grunn niðurdæling í millikerfi á jarðhitasvæðum valdi örvaðri jarðskjálftavirkni, enda sé ekki beint þrýstisamband á milli millikerfisins og jarðhitakerfisins, þar sem bergspenna er hærri og jarðskorpan er nógu sterk til að brotna í jarðskjálfta. Í samræmi við ráðleggingar ÍSOR verður niðurdæling í millikerfi aukin í litlum skrefum, þ.e. streymið aukið smátt og smátt á nokkrum klukkustundum eða dögum og fylgst vel með jarðskjálftavirkni á áhrifasvæði niðurdælingar neðanjarðar við eftirfarandi aðstæður: a) þegar boranir hefjast, b) þegar niðurdæling hefst. og c) þegar magn niðurdælingar er aukið.



Vöktun og mótvægisáðgerðir

Í köflum 10.4.2 og 13.2 í umhverfismatskýrslu er ítarleg umfjöllun um vöktun og mótvægisáðgerðir sem snúa að því að draga úr eða bæta fyrir áhrif örvaðrar jarðskjálftavirkni vegna niðurdælingar CO₂ í millikerfi og djúpkerfi. M.a. er hætta á örvaðri skjálftavirkni vegna niðurdælingar CO₂ á Hellisheiði lágmarkuð með því að stýra rennslisraða í niðurdælingarholur. Unnið verður eftir sama verklagi og ON gerir varðandi niðurdælingu í samræmi við reglur Orkustofnunar. Gert er ráð fyrir áframhaldandi vöktun jarðskjálfta á Hellisheiðarsvæðinu í samstarfi við Orku náttúrunnar með núverandi jarðskjálftamælanetum ON/ÍSOR og VÍ. Gert ráð fyrir að bæta við einum jarðskjálftamæli á vestanverðu svæðinu, þ.e. vestur af Jarðhitagarði. Með því móti verður hægt að greina með vissu hvort örvuð jarðskjálftavirkni tengist niðurdælingarverkefnum Carbfix.

3.3.2 Umsagnir um umhverfismatskýrslu

Í umsögn Heilbrigðiseftirlits Suðurlands er undirstrikað mikilvægi þess að framkvæmdaraðili fari í einu og öllu eftir framlögðum áætlunum um mótvægisáðgerðir og vöktun til að halda mögulegum neikvæðum áhrifum örvaðrar jarðskjálftavirkni í lágmarki, sérstaklega við niðurdælingu í djúpkerfið.

Hveragerðisbær áréttar mikilvægi vöktunar og að gripið verði til mótvægisáðgerða ef neikvæðra áhrifa niðurdælingar CO₂ og H₂S gætir á grunnvatn og jarðskjálftavirkni í og við Hveragerðisbæ.

Carbfix tekur undir þessar ábendingar um mikilvægi vöktunar og mótvægisáðgerða hvað varðar möguleg áhrif á jarðskjálftavirkni.

Í umsögn Umhverfisstofnunar er bent á mikilvægi vöktunar á jarðskjálftavirkni og að ef aukinnar skjálftavirkni verði vart við aukinn gasþrýsting í niðurdælingarvökva í Húsmúla og vegna niðurdælingar í millikerfið, þar sem litlar líkur eru taldar á áhrifum af jarðskjálftavirkni, bendir stofnunin á að endurskoða þurfi þær aðferðir sem beitt er við niðurdælingu á svæðinu.

Í svörum Carbfix er tekið undir mikilvægi vöktunar og bent er á að árið 2014 var CO₂ í fyrsta skipti leyst upp í niðurdælingarvatni í Húsmúla, en sú breyting á efnasamsetningu vökvans olli ekki aukningu í jarðskjálftavirkni. Því eru ekki taldar líkur á því að aukið gasmagn í niðurdælingarvökva í djúpkerfi leiði til örvaðrar skjálftavirkni. Fyrirtækið telur að eins og staðan er í dag séu ekki forsendur fyrir endurskoðun fyrirhugaðra aðferða við niðurdælingu CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði en bent er á að gert sé ráð fyrir að vöktunaráætlunin verði uppfærð þegar ástæða þykir til, minnst fimmta hvert ár.

3.3.3 Niðurstaða Skipulagsstofnunar

Fyrir liggur að fyrirhugaðar framkvæmdir Carbfix, í tilfelli niðurdælingar í djúpkerfi, fela ekki í sér niðurdælingu á auknum massa vatns miðað við núverandi aðstæður en einungis að meira magn CO₂ og H₂S er leyst í affallsvatni frá virkjuninni sem þegar er dælt niður í núverandi niðurdælingarholur við Húsmúla. Þá liggur fyrir að unnið var frummat á jarðskjálftahættu þar sem lagt var mat á hversu líklegt er að jarðskjálftavirkni fylgi annars vegar fyrirnefndri viðbót á CO₂ í núverandi niðurdælingu í djúpkerfi í Húsmúla og hins vegar niðurdælingu í nýjar, grynri holur í millikerfi. Ljóst er að niðurdæling affallsvatns á Húsmúlasvæðinu í djúpkerfi frá Hellisheiðarvirkjun hefur leitt til örvaðrar jarðskjálftavirkni og jarðskjálftar hafa fundist í byggð, m.a. í Hveragerði. Niðurstöður úr ofangreindu frummati gefa til kynna að áfram verður til staðar hætta á finnanlegri jarðskjálftavirkni við niðurdælingu í djúpkerfi, burtséð frá því magni CO₂ sem Carbfix hyggst dæla niður uppleyst í affallsvatninu. Hins vegar benda niðurstöður frummatsins til að hætta á finnanlegri jarðskjálftavirkni í grynri holur í millikerfi sé óveruleg. Skipulagsstofnun telur ljóst að til staðar er ákveðin óvissa um hvort að jarðskjálftavirkni kunni að örvast við fyrirhugaða niðurdælingu bæði í djúpkerfi og millikerfi en í millikerfið hefur ekki verið dælt niður vökva í neinu mæli áður. Stofnunin tekur undir nauðsyn þess að niðurdæling í millikerfi verði aukin í litlum skrefum, rennslisraða í niðurdælingarholur verði stýrt, eins og Carbfix fyrirhugar, og að unnið verði eftir sama verklagi og



ON gerir varðandi niðurdælingu í samræmi við reglur Orkustofnunar. Í umsögnum hefur verið lögð áhersla á mikilvægi vöktunar, sem Carbfix hefur tekið undir og hefur fyrirtækið sett fram ítarlega vöktunar- og viðbragðsáætlun í umhverfismatsskýrslu sem að mati Skipulagsstofnunar er lykilatriði og þarf að gera ráð fyrir að ákvæði um vöktun, viðbrögð og mótvægisaðgerðir, sem snýr að hugsanlegri jarðskjálftavirkni, verði sett í starfsleyfi.

3.4 Loftslag

3.4.1 Mat Carbfix

Í umhverfismatsskýrslu kemur fram að í nýjustu skýrslu Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar sé fjallað um að bæði sé óhjákvæmilegt að koma í veg fyrir losun, m.a. með því að 1) fanga CO₂ úr útblæstri og koma þannig í veg fyrir áhrif þess á loftslagið og jafnframt ná kolefnishlutleysi og 2) fanga CO₂ sem þegar hefur verið losað út í lofthjúpinn. Kolefnisföngun og -förgun eru hluti af þeim aðgerðum sem skilgreindar eru í skýrslunni og er í langflestum sviðsmyndum gert er ráð fyrir kolefnishlutleysi, þvert á geira. Í aðgerðaáætlun íslenskra stjórnvalda er gert ráð fyrir að nýta föngun og förgun CO₂ sem aðgerð til þess að draga úr losun CO₂ frá jarðvarmavirkjunum og stóriðjufyrirtækjum á Íslandi. Með niðurdælingu CO₂ í djúpkerfi geymslsvæðis Carbfix mun verða stuðlað að föngun nær alls CO₂ úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar og geymslu þess í jörðu. Þannig verður komið í veg fyrir áhrif losunar CO₂ frá virkjuninni í andrúmsloft á loftslag. Þá verða samtals allt að 59.000 tonn/ári af CO₂ fjarlægð úr andrúmslofti með tilkomu lofthreinsivera Orca og Mammoth og dælt niður til geymslu í jarðlögum. Sú niðurdæling á CO₂ kemur þannig í veg fyrir gróðurhúsaáhrif og hefur jákvæð áhrif á loftslag. Það sama á við með niðurdælingu á allt að 300.000 tonnum/ári frá nýjum aðilum. Þegar tekið er tillit til grunnástands, viðmiða og mögulegra umhverfisáhrifa vegna niðurdælingar Carbfix á CO₂ á Hellisheiði á loftslag, eru áhrifin metin verulega jákvæð.

3.4.2 Umsagnir við umhverfismatsskýrslu

Í umsögn Veðurstofu Íslands er bent á að skýrslunni komi ekki fram hver sé styrkur þungmálma í andrúmslofti og áhrif vegna niðurdælingar á efnasamsetningu andrúmslofts. Mikilvægt sé að gerð verði grein fyrir þeim efnum sem á að mæla að jafnaði, núverandi styrk þeirra, breytingum á styrk þeirra á rekstrartíma Hellisheiðarvirkjunar og áhrifum niðurdælingar. Gera verði grein fyrir styrk þungmálma í andrúmslofti, áhrifum niðurdælingar á styrk þeirra sem og mögulegri aukningu í styrk þungmálma.

Í svörum Carbfix er bent á að fyrirtækið stundi ekki föngun á CO₂ hvorki úr andrúmslofti né frá annarri starfsemi á Hellisheiði. Ekki er talinn grundvöllur fyrir því að gera grein fyrir styrk þungmálma í andrúmslofti, áhrifum niðurdælingar á styrk þeirra sem og mögulegri aukningu í styrk þungmálma vegna niðurdælingar. Bent er á að í umhverfismatsskýrslu sé gerð grein fyrir viðbrögðum ef vöktun sýnir meiri áhrif en var spáð og/eða ef var verður við leka til yfirborðs. Gert er ráð fyrir að vöktunaráætlun, viðmiðunarmörk og viðbragðsferli verði útfærð nánar ef við á í samráði við Umhverfisstofnun við starfsleyfisgerð.

3.4.3 Niðurstaða Skipulagsstofnunar

Skipulagsstofnun telur að fyrir liggja að fyrirhuguð niðurdæling á CO₂ komi almennt til með að hafa jákvæð áhrif á loftslag. Með fyrirhuguðum framkvæmdum gefst kostur á að koma nær öllu CO₂ sem og H₂S frá Hellisheiðarvirkjun til varanlegrar geymslu í jörðu í stað þess að veita þessum lofttegundum út í andrúmsloftið. Þá mun, ef vel tekst til, verða unnt að farga CO₂ í umtalsverðu magni sem er þá ein að þeim aðgerðum sem hægt væri að horfa til og þróa áfram og kemur að góðum notum í baráttu við að draga úr magni gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu.



4 Skipulag og leyfi

Fyrirhugaðra framkvæmda er ekki getið í Aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss 2020-2036 og skoða ætti hvort starfsemi Carbfix á Hellisheiði falli að gildandi aðalskipulagi samhliða því sem gera þarf breytingu á deiliskipulagi Hellisheiðarvirkjunar.

Fyrirhugaðar framkvæmdir eru háðar framkvæmdaleyfi Sveitarfélagsins Ölfuss, samkvæmt skipulagslögum og reglugerð um framkvæmdaleyfi og byggingarleyfi byggingarfulltrúa Sveitarfélagsins Ölfuss, samkvæmt lögum um mannvirki og byggingarreglugerð. Starfsemin er háð starfsleyfi Umhverfisstofnunar skv. lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir og reglugerð nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu. Einnig þarf starfsemin losunarleyfi frá Umhverfisstofnun skv. lögum nr. 70/2012 um loftslagsmál. Þá þarf starfsleyfi Heilbrigðiseftirlits Suðurlands skv. reglugerð um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit.

5 Niðurstaða

Í samræmi við 16. gr. reglugerðar nr. 1381/2021 hefur Skipulagsstofnun farið yfir umhverfismatsskýrslu Carbfix um framkvæmd sem lögð var fram samkvæmt 23. laga um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021. Skipulagsstofnun telur að umhverfismatsskýrslan uppfylli skilyrði laga um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021.

Í umhverfismatsskýrslu framkvæmdaraðila eru kynnt áform um niðurdælingu á rúmlega 400.000 tonnum á ári af CO₂ og 11.000 tonnum af H₂S sem verður uppleyst í vatni til varanlegrar geymslu í jarðlögum á skilgreindu svæði á Hellisheiði.

Sú framkvæmd sem er til umfjöllunar og mats í þessu umhverfismati er förgun/niðurdæling á CO₂ og í minna mæli H₂S. Ljóst er að förgun og flutningur CO₂ að fyrirhuguðum niðurdælingasvæðum eru framkvæmdir sem eru forsenda fyrir framkvæmdum Carbfix sem gerð er grein fyrir í umhverfismatsskýrslunni en ekki er lagt mat á samlegðaráhrif með þeim framkvæmdum. Skipulagsstofnun bendir á að í áformum Carbfix um að taka við allt að 300.000 tonnum á ári af CO₂ til niðurdælingar frá nýjum aðilum er innifalin mikil óvissa, hvort sem um er að ræða flutning á CO₂ erlendis frá eða innan lands eða hvort reist verði ný lofthreinsiver á Hellisheiðarsvæðinu. Stofnunin bendir á að slíkar framkvæmdir við förgun og flutning geta þurft að hljóta málsmeðferð skv. ákvæðum laga nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.

Geymslugeymir

Niðurdæling á yfir 400.000 tonnum á ári sem fyrirhuguð er á Hellisheiði á CO₂ til varanlegrar geymslu í jörðu á Hellisheiði eru framkvæmdir án fordæmis og því er eðli málsins samkvæmt ákveðin óvissa hvernig til tekst og hver geti orðið áhrif á geymslugeyminn hvort sem um er að ræða millikerfið eða djúpkkerfið þrátt fyrir þá reynslu sem liggur fyrir af niðurdælingarverkefnum Carbfix og niðurstöður líkanreikninga. Ljóst er að nauðsynlegt er að framkvæmdir við niðurdælingu þarf að fara fram í skrefum þannig að svigrúm gefist til að vinna úr gögnum og auka skilning á viðbrögðum svæðisins við niðurdælingu CO₂ til geymslu í jarðlögum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur. Gera þarf ráð fyrir að í starfsleyfi verði sett ákvæði sem kveða á um tiltekna áfangaskiptingu fyrirhugaðrar niðurdælingar eða að fyrst um sinn verði einungis veitt leyfi fyrir hluta af því heildarmagni sem gert er ráð fyrir í umhverfismati. Skipulagsstofnun leggur áherslu mikilvægi vöktunar og eftirlits en Carbfix hefur sett fram í umhverfismatsskýrslu og viðauka ítarlega vöktunaráætlun niðurdælingar CO₂ í geymslugeyminn sem byggir á á rannsóknnum og rekstrarreynslu niðurdælingar Carbfix á svæðinu sl. áratug. Auk þess fylgir hún tilskipun 2009/31/EC um geymslu koldíoxíðs í jörðu og reglugerð nr. 1430/2022 um geymslu koldíoxíðs í jörðu. Þá hefur Carbfix jafnframt sett fram mótvægisáðgerðir ef vöktunarniðurstöður sýna meiri



áhrif niðurdælingar CO₂ en spáð var fyrir skv. líkanreikningum. Þær mótvægisáðgerðir eru að mati Skipulagsstofnunar til þess fallnar að að draga úr eða koma í veg fyrir möguleg neikvæð áhrif á geymslugeyminn.

Grunnvatn

Niðurstöður djúpborana benda til að efsta grunnvatnslagið sé aðskilið frá neðri lögum með þéttara móbergslagi og því ekki talið að niðurdælingin geti haft áhrif á það grunnvatnslag, m.a. að niðurdælingarvökvinn muni ekki ná að dreifast til brunnsvæðis vatnsverndarsvæðisins í Engidal. Hins vegar getur niðurdæling á þetta miklu magni af vatni breytt þrýstingsaðstæðum í grunnvatnskerfi og gæti vatn mögulega leitað upp á við ef lekt er ekki nægileg en ljóst er að fyrirhuguð áform Carbfix eru að allt annarri stærðargráðu en þær tilraunir sem fram hafa farið til þessa á Hellisheiði með niðurdælingu CO₂ og líkanreikningar geta ekki gefið fullkomlega áreiðanlegt svar um áhrifasvæði niðurdælingarinnar og óvissa er um rennslisleiðir og rennslishraða á svæðinu. Því leggur Skipulagsstofnun áherslu á að öll uppbygging á framkvæmdasvæðinu fari fram í áföngum, eins og fyrirtækið gerir ráð fyrir, að farið verði hægt í sakirnar þannig að svigrúm gefist til að vinna úr gögnum, m.a. að greina efnastyrk í grunnnum og djúpum vöktunarholum, bæði núverandi og nýjum áður en til umfangsmikillar niðurdælingar kemur. Skipulagsstofnun bendir á að grunnvatn er auðlind sem ber að vernda eins ómengaða og kostur er og tekur stofnunin undir með Veðurstofnunni að ekki væri ásættanlegt að vatnsbólíð í Engidal myndi á einhvern hátt spillast. Stofnunin tekur undir þá óvissu sem Carbfix bendir á í framlögðum gögnum um mögulegt áhrifasvæði fyrirhugaðra framkvæmda m.t.t. hugsanlegrar mengunar grunnvatns, rennslisleiðir og rennslishraða innan svæðisins. Í ljósi þeirrar óvissu sem kemur fram hér að framan er ljóst að vöktunar- og viðbragðsáætlun sem tekur til hugsanlegra áhrifa fyrirhugaðrar niðurdælingar á grunnvatn er lykilatriði. Í umhverfismatsskýrslu er ítarleg umfjöllun um vöktun og mótvægisáðgerðir og tekur Skipulagsstofnun undir þá vöktunar- og viðbragðsáætlun sem og áðgerðir til mótvægis sem þar eru settar fram.

Skipulagsstofnun telur að ljóst sé að Carbfix muni ekki geta tekið við CO₂ frá þriðja aðila til niðurdælingar sem ekki uppfyllir kröfur um samsetningu koldíoxíðstraums þar sem skilyrði um samsetningu straumsins verða sett fram í starfsleyfi.

Þá telur Skipulagsstofnun að vöktun muni leiða í ljós hvort að framkvæmdin komi til með að hafa áhrif á magnstöðu grunnvatnshlota á áhrifasvæði og hvort að umhverfismarkmið munu haldast og vatnsgæði ekki rýrna og til hvaða ráðstafana þurfi þá að grípa.

Carbfix gerir ráð að semja við ON um afhendingu á vatni til niðurdælingar en fyrir liggur að ekki er gert ráð fyrir aukinni upptekt úr vatnsbólum ON í Engidal vegna fyrirhugaðrar niðurdælingar. Vatnsöflun er því tengd framkvæmd á vegum ON sem er jafnframt ábyrgt fyrir að vatnsöflun hafi hlotið viðeigandi málsmeðferð hvað varðar umhverfismats- og leyfisferli. Fyrir liggur að í mati á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði á árunum 2003-2004 var gert ráð fyrir að fyrir fullbúna virkjun væri áætluð ferskvatnspörf um 2000 l/s sem kæmi úr vatnsbólum í Engidal og ON hefur nýtingarleyfi fyrir því magni.

Í ljósi þess sem rakið er hér að framan telur Skipulagsstofnun ljóst að fyrir hendi sé talsverð óvissa um áhrif fyrirhugaðra framkvæmda við niðurdælingu á CO₂ til geymslu í jörðu á Hellisheiði á grunnvatn. Því leggur stofnunin ríka áherslu á vöktun og eftirlit og að ákvæði um áfangaskiptingu verði sett í starfsleyfi Umhverfisstofnunar auk ákvæða um vöktun og mótvægisáðgerðir eða að fyrst um sinn verði einungis veitt leyfi fyrir hluta af því heildarmagni sem gert er ráð fyrir í umhverfismatinu.

Jarðskjálftavirkni

Fyrir liggur frummat á jarðskjálftahættu um líkindi þess að jarðskjálftavirkni fylgi annars vegar viðbót á CO₂ í núverandi niðurdælingu í djúpkerfi í Húsmúla og hins vegar niðurdælingu í nýjar,



grynnri holur í millikerfi. Niðurstöður gefa til kynna að áfram verður til staðar hætta á finnanlegri jarðskjálftavirkni við niðurdælingu í djúpkerfi, burtséð frá því magni CO₂ sem Carbfix hyggst dæla niður uppleyst í affallsvatninu. Hins vegar benda niðurstöður frummatsins til að hætta á finnanlegri jarðskjálftavirkni í grynnri holur í millikerfi sé óveruleg. Skipulagsstofnun telur ljóst að til staðar sé ákveðin óvissa um hvort að jarðskjálftavirkni kunni að örvast við fyrirhugaða niðurdælingu bæði í djúpkerfi og millikerfi en í millikerfið hefur ekki verið dælt niður vökva í neinu mæli áður. Stofnunin tekur undir nauðsyn þess að niðurdæling í millikerfi verði aukin í litlum skrefum, rennslishraða í niðurdælingarholur verði stýrt, eins og Carbfix fyrirhugar, og að unnið verði eftir sama verklagi og ON gerir varðandi núverandi niðurdælingu í samræmi við reglur Orkustofnunar. Í umsögnum hefur verið lögð áhersla á mikilvægi vöktunar, sem Carbfix hefur tekið undir og hefur fyrirtækið sett fram ítarlega vöktunar- og viðbragðsáætlun í umhverfismatsskýrslu sem að mati Skipulagsstofnunar er lykilatriði og þarf að gera ráð fyrir að ákvæði um vöktun, viðbrögð og mótvægisáðgerðir, sem snýr að hugsanlegri jarðskjálftavirkni, verði sett í starfsleyfi.

Loftslag

Skipulagsstofnun telur að fyrir liggi að fyrirhuguð niðurdæling á CO₂ komi almennt til með að hafa jákvæð áhrif á loftslag. Með fyrirhuguðum framkvæmdum gefst kostur á að koma nær öllu CO₂ sem og H₂S frá Hellsheiðarvirkjun til varanlegrar geymslu í jörðu í stað þess að veita þessum lofttegundum út í andrúmsloftið. Þá mun, ef vel tekst til, verða unnt að farga CO₂ í umtalsverðu magni sem er þá ein að þeim aðgerðum sem hægt væri að horfa til og þróa áfram og kemur að góðum notum í baráttu við að draga úr magni gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu.

Brennisteinsvetni

Í umhverfismatsskýrslu er ekki fjallað sérstaklega um mögulega hættu á að H₂S berist í andrúmsloft vegna framkvæmdarinnar en í miklum styrk getur H₂S verið hættulegt heilsu fólks. Í upplýsingum sem bárust frá Carbfix eftir kynningartíma umhverfismatsskýrslu segir að það sé auðveldara að leysa H₂S í bergi en CO₂ og að H₂S bindist bergi mun hraðar en CO₂. Það sé því lítil hætta á að H₂S sleppi úr geyminum. Helst sé hætt við leka við niðurdælingarholur en til staðar séu ýmsar öryggisráðstafanir og vöktun auk þess sem starfsfólk sé þjálfað í að umgangast H₂S. Framkvæmdin sé til þess fallin að draga úr styrk H₂S í andrúmslofti.

Að mati Skipulagsstofnunar er afar ólíklegt að almenningi stafi hætta af framkvæmdinni vegna mögulegrar losunar H₂S. Helst stafar hætta að starfsfólki á svæðinu en með viðeigandi öryggisráðstöfunum er hægt að lágmarka þá hættu.

Reykjavík. 9. júní 2023

Egill Þórarinnsson

Jakob Gunnarsson

202211063