

Reykjavík, 13.09.2021

/

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið
Skrifstofa loftslagsmála
Skuggasund 1
101 Reykjavík

Efni: Umsögn um drög að reglugerð um niðurdælingu koldíoxíðs

Vísað er til draga að reglugerð um niðurdælingu koldíoxíðs, sem birt voru í samráðsgátt stjórnarráðsins, 30. ágúst 2021, sbr. mál nr. 166/2021. Eftirfarandi eru athugasemdir Orkuveitu Reykjavíkur og dótturfélaga hennar, Carbfix ohf. og Orku náttúrunnar ohf. (ON), við reglugerðardrögin (hér eftir saman nefnd OR).

Almennt

Föngun og niðurdæling koldíoxíðs í jarðlög neðanjarðar er mikilvægt verkefni í baráttunni gegn loftslagsvánni. Carbfix aðferðin sem þróuð var af OR og samstarfsaðilum við jarðvarmavirkjun ON á Hellisheiði er einstök og sýnir fram á að unnt er að ná skjótum árangri í baráttunni. Líkt og stjórnvöldum er kunnugt um er nú unnið að ýmsum þróunar- og rannsóknarverkefnum þar sem unnið er að því að leiða í ljós hvort og hvernig unnt er að beita aðferðinni í annars konar aðstæðum en til staðar eru á Hellisheiði, s.s. í annars konar bergi, með sjó og svo framvegis. Gildistaka laga og reglugerðar um niðurdælingu sem og tenging niðurdælingar koldíoxíðs hér á landi við ETS kerfið skapar dýrmætan hvata og ýtir undir fjárfestingu og þátttöku í slíkum verkefnum. Það er von OR að Ísland geti með aðferðinni lagt sitt lóð á vogarskálarnar í því samfélagslega alheimsverkefni sem baráttan gegn loftslagsvánni er.

Heilt yfir fagnar OR framkomnum drögum að reglugerð og þeim efnistöfum sem í þeim er að finna. Með lögum nr. 12/2021 um niðurdælingu koldíoxíðs var tilskipun nr. 2009/31/EB um geymslu koltvísýrings í jörðu innleidd með breyttum hætti í íslensk lög m.a. með það fyrir augum að tengja Carbfix aðferðina inn í ETS kerfið þannig að niðurdæling með henni yrði frádráttarbær í loftslagsbókhaldi þeirra aðila sem halda slíkt. Þar sem tilskipunin fjallar um hina hefðbundnu niðurdælingu til geymslu í holrýmum neðanjarðar var það rauður þráður í smíði lagafrumvarpsins sem varð að lögum nr. 12/2021 að gæta þess þó að það yrði sniðið að Carbfix aðferðinni einnig, sem og mögulega fleiri aðferðum sem síðar kynnu að þróast.

Sést þetta m.a. í því hvernig skilgreining hugtaka voru yfirfærð í lögin úr tilskipuninni sbr. t.d. hvernig skilgreining á niðurdælingu er tvíþætt þannig að báðar aðferðir séu þar með viðurkenndar:

Niðurdæling koldíoxíðs til varanlegrar geymslu í jarðlögum er þegar óblönduðu koldíoxíði er dælt niður til geymslu í holrýmum í jarðlögum eða þegar koldíoxíði sem hefur verið bundið í vatni er dælt niður í jarðlög sem steinrenna því.

Svo virðist sem margt í reglugerðardrögunum sem nú liggja fyrir beri þess merki að vera bein yfirfærsla á kröfum sem er að finna í tilskipun nr. 2009/31/EB og sem gerðar eru til hefðbundinnar niðurdælingar til geymslu í holrýmum neðanjarðar. Sumar þeirra geta hins vegar ekki átt við um Carbfix aðferðina sem miðar að niðurdælingu til steinrenningar. Það er mikilvægt að leiðrétta það, þannig að kröfurnar til hvorrar aðferðar um sig séu málefna- legar og eðlilegar að teknu tilliti til þeirra þátta sem mikilvægt er að rýna, vakta og hafa eftirlit með í hvoru tilviki fyrir sig. Í eftirfarandi samantekt er komið inn á þetta þar sem við á auk þess sem OR gerir tillögur að viðbótum ýmist við einstaka greinar og eða við viðauka reglugerðardraganna.

Athugasemdir við einstaka greinar

51. gr. b. skilgreiningar

Fyrir hugtakið *hentug jarðlög til niðurdælingar* vantar númeraðan tölulið en hugtakið er í beinu framhaldi af tölulið nr. 3. Því má ætla að það ætti að vera númer 4 og eftirfarandi númer ættu að uppfærast samhliða því.

Á eftir hugtakinu gufuhvolf í tölulið 4 er að finna sviga sem virðist vera ofaukið. Lagt er til að hann falli brott.

51. gr. c. Könnun á hugsanlegum niðurdælingar[svæði]

Hér telur OR að í greininni sé um ranga hugtaka notkun að ræða og virðist sem hugtök- um laganna hafi verið ruglað saman. Nota ætti hugtakið niðurdælingarsvæði í stað hugtaksins niðurdælingargeymi.

Í 5. gr. tilskipunar 2009/31 er fjallað um könnunarleyfi og þar talað um að könnunarleyfi lúti að öflun nánari upplýsinga vegna vals á geymslusvæði. Við yfirfærslu tilskipunarinnar í lög nr. 12/2021 var afráðið að nota hugtakið niðurdælingarsvæði í stað hugtaksins geymslusvæði sbr. athugasemdir við 1. gr. frumvarpsins. Með hliðsjón af þessu er lagt til að fyrirsögn greinarinnar verði svohljóðandi:

Könnun á hugsanlegu niðurdælingarsvæði

Þá er með vísan til framangreinds lagt til að 1. mgr. verði svohljóðandi:

*Umhverfisstofnun skal við móttöku umsóknar um starfsleyfi til niðurdælingar meta á grundvelli fyrirbyggjandi gagna hvort **frekari** þörf sé á könnun eða hvort nægar upplýsingar liggi fyrir varðandi **hugsanlegt niðurdælingarsvæði**.*

Þá er einnig bent á að við yfirfærslu í framangreind lög var afráðið að nota ekki hugtakið *rúmmál heldur skilgreint svæði innan jarðlaga* og er því lagt til að í stað hugtaksins rúmmál í 2. mgr. verði notast við „*skilgreint svæði innan jarðlaga*“. Þannig verði 2. mgr. svohljóðandi:

*Gerist þörf á könnun skal Umhverfisstofnun gefa út könnunarleyfi til rekstraraðila fyrir **skilgreint svæði innan jarðlaga** til að mögulegt verði að meta fýsileika fyrirhugaðs svæðis til niðurdælingar.*

Í 3. mgr. greinarinnar er fjallað nánar um könnun og þar er m.a. að finna vísun til viðauka XI sem fjallar um viðmið fyrir lýsingu og mat á hugsanlegum niðurdælingargeymi og nærliggjandi svæði. Í fyrri hluta 1. málslíðar er að finna orðalagið *nothæfi jarðmyndunar*. OR leggur hins vegar til að frekar verði notast við hugtökin *fýsileiki jarðlaga*. Þau eru skiljanlegri og meira í samræmi við hefðbundið orðfæri sem sérfræðingar notast við. Þá er það í samræmi við þá hugtakanotkun sem stuðst var við smíði laga nr. 12/2021 í stað þeirra sem notast er við í tilskipun nr. 2009/31. Með þetta í huga leggur OR til að 1. ml. 3. mgr. verði svohljóðandi:

*Með könnun er **fýsileiki jarðlaga** sem niðurdælingarsvæðis ákvarðað með lýsingu og mati á hugsanlegum niðurdælingargeymi og nærliggjandi svæði samkvæmt viðmiðunum sem tilgreindar eru í viðauka XI. við þessa reglugerð.*

Þá bendir OR á að viðmiðin sem vísað er til í 2. ml. 3. mgr. og er að finna í viðauka XI eru tekin beint úr I. viðauka við tilskipun 2009/31. Líkt og áður hefur verið bent á er þar að finna kröfur sem gerðar eru til niðurdælingar til geymslu í holrýmum neðanjarðar. Með þeirri aðferð er um að ræða niðurdælingu hreinu koldíoxíði undir þrýsting í geymi þar sem 1) treyst er á stöndugt þakberg og að niðurdælingarþrýstingur fari ekki yfir brotmörk bergs; 2) stuðst er við jarðeðlisfræðilegar mælingar og líkanagerð þar sem oftast er illa eða ekki gerlegt að taka sýni úr geyminum til að vakta niðurdælingu eða meta hvað verður um koldíoxíð (enda ekki gert ráð fyrir því að það breytist nema mögulega að því marki að hluti þess leysist í vatni).

Framangreind aðferð er hins vegar ólík Carbfix aðferðinni, sem felur í sér niðurdælingu á koldíoxíði leystu í vatni sem dælt er niður og það steinrennist á um tveimur árum. Vöktun á koldíoxíði sem dælt er niður með þeirri aðferð er því önnur enda hægt að byggja mun minna á líkanagerð – og í raun þá aðeins til að styðja við vöktun og niðurdælingu. Fyrst og fremst er hægt að vakta með þeim hætti að taka sýni af niðurdælingarvökvanum og vökvanum í mynduninni, og þannig fylgjast með hvernig hann þróast eftir því sem CO₂ hvarfast við berggrunninn og verður að endanum að steini. Með þetta í huga telur OR mikilvægt að viðmiðin sem tilgreind eru í 1. ml. 3. mgr. 51. gr. c verði tvískipt, þannig að þau taki mið af báðum aðferðum sem hér hefur verið lýst að framan. Þar sem þeirri fyrri er vel lýst í fyrirliggjandi drögum gerir OR tillögu að nýjum viðauka / eða nýjum kafla í þann viðauka sem þar er nefndur þannig að til viðbótar komi viðmið sem taki til niðurdælingar til steinrenningar. Tillagan tekur mið af þeim atriðum sem OR telur nauðsynlegt að lýst sé og séu metin þegar það kemur að því að kanna fýsileika jarðlaga þar sem til álita kemur að dæla niður koldíoxíði til steinrenningar. Tillagan er í fylgiskjali með umsögn þessari.

51. gr. d. Umsókn um starfsleyfi til niðurdælingar

OR leggur til að í stað orðanna „tæknileg færni“ í b. lið verði notuð orðin „**tæknilegt hæfi**“ sem er þjálfa og t.d. í samræmi við orðfæri í útboðsrétti.

Þá leggur OR til að í stað orðsins bráðabirgðaaætlun í j. lið verði notað orðið „**bráðabirgðavöktunaráætlun**“ enda skýrar með því að þar sé átt við vöktunaráætlun sem er samþykkt af Umhverfisstofnun þar sem gerð sé grein fyrir niðurdælingu í samræmi við útgefið starfsleyfi.

51. gr. e. Trygging starfsleyfis til niðurdælingar

OR telur að bæta og einfalda megi orðalag 1. mgr. þannig að það verði skýrara og setningar styttri sem og að það verði samræmt því sem er að finna í 1. mgr. 19. gr. tilskipunar nr. 2009/31. Þannig verði til að mynda talað um að niðurdælingarsvæði falli undir lög um loftslagsmál. Þetta er í samræmi við það orðfæri sem er að finna í 3. mgr. greinarinnar.

Með framagreiðtu í huga leggur OR til að 1. mgr. verði svohljóðandi:

Við framlagningu umsóknar um starfsleyfi til niðurdælingar skal rekstraraðili leggja fram fullnægjandi fjárhagslega tryggingu fyrir því að staðið verði við þær skyldur sem starfsleyfi fylgja. Þar á meðal varðandi lokun og tímabil eftir lokun sem og allar skyldur sem leiða af því að **niðurdælingarsvæði falla undir lög um loftslagsmál, nr. 70/2012.**

Í 2. mgr. 51. gr. er talað um að Umhverfisstofnun sé heimilt að endurskoða trygginguna sem tilgreind er í 1. mgr. greinarinnar. OR bendir á að það er ekki Umhverfisstofnunar að endurskoða tryggingar heldur fellur það í hlut lögaðila sem vátryggingartaka í samstarfi við sitt vátryggingarfélag. Eðlilegra væri hins vegar að nota orðalag í þá veru að Umhverfisstofnun sé heimilt að endurskoða kröfur til fjárhæðar framlagðrar tryggingar eða kalla eftir endurskoðun hennar í samræmi við breytingar á áhættu og svo framvegis. Með þetta í huga leggur OR til að 3. mgr. verði svohljóðandi:

Umhverfisstofnun er heimilt að endurskoða þær kröfur sem hún gerir til fjárhæðar framlagðrar tryggingar með hliðsjón af áhættu af völdum leka og áætluðum kostnaði vegna allra skyldna samkvæmt starfsleyfi til niðurdælingar og vegna þess að niðurdælingarsvæði fellur undir lög um loftslagsmál, nr. 70/2012.

51. gr. f. Skilyrði og útgáfa starfsleyfis til niðurdælingar

OR bendir á að mörg þeirra atriða sem talin eru upp í 1. mgr. 51. gr. f taka mið af hefðbundinni niðurdælingu til geymslu í holrýmum. Þannig sé t.a.m í b. lið talað um vökvafræðilega einingu en það er vökvafræðilega tengt gropurými þar sem unnt er að mæla þrýstingssamband í gropum með tæknilegum aðferðum og sem takmarkast af flæðistálmum, s.s. misgengjum, saltstólpum eða þéttum berglögum eða takmarkast af því að jarðmyndunin þynnist út eða nær upp til yfirborðs jarðar. Um er að ræða atriði sem tekið er til skoðunar við mat á hefðbundinni niðurdælingu til geymslu í holrýmum en í þeim tilvikum er eðli málsins samkvæmt ekki hægt að rýna inn í rýmið sem koldíoxíði er dælt inn enda skapast þá hætta á að það sleppi út. Auk þess eru slíkar myndanir einangraðar, enda er treyst á aflokun þeirra með þétu þakbergi og þarf því að mæla þrýsting til að leggja mat á öryggi og stöðu niðurdælingar. Með þetta í huga telur OR eðlilegt að við b. lið bætist atriði sem geti tekið til niðurdælingar til steinrenningar og að það skuli skoðað. Er því lagt til að b.liður verði svohljóðandi:

b. nákvæma staðsetningu og afmörkun niðurdælingarsvæðis og -geymis auk upplýsinga um vökvafræðilega einingu eða vökvafræðilega tengd svæði,

Þá leggur OR til að c. liður taki breytingum þar sem mismunandi skilyrði eiga við um hefðbundna niðurdælingu í setlög þar sem tryggja þarf að þrýstimörk séu innan brotmarka bergs og því ekki hætta á að þakberg rofni og niðurdælingu á uppleystu koldíoxíði til steinrenningar þar sem tryggja þarf hámarksflæði og -þrýsting með tilliti til skálftahættu - og verði svohljóðandi:

c. skilyrði niðurdælingarinnar, heildarmagn koldíoxíðs sem heimilt er að geyma varanlega í jörðu, hámarksþrýstings niðurdælingar og auk þess þrýstimörk vatnsgeymis og hámarksþrýstings niðurdælingar fyrir varanlega geymslu koldíoxíðs, og hámarksvatnsborðshækkun í niðurdælingarsvæði auk hámarksflæðis fyrir niðurdælingu til steinrenningar.

Þá þarf að leiðrétta beygingu orða í f. lið og leggur OR til að hann verði svohljóðandi:

f. kröfu um að tilkynna skuli Umhverfisstofnun ef fram kemur leki eða frávik, samþykkt áætlun um ráðstafanir til úrbóta og skyldu til að framkvæma ráðstafanir til úrbóta ef fram kemur leki eða frávik,

51. gr. h. Vöktun

Í 51. gr. er fjallað um vöktun rekstraraðila. Orðfæri greinarinnar miðar við niðurdælingu til geymslu í holrýmum neðanjarðar, þá er orðalag í sumum tilvikum ekki fyllilega í samræmi við það sem valið var að nota í lögum um niðurdælingu (t.d. um að nota orðið áreiðanleika í stað heilleika). Til að koma til móts við þessi sjónarmið og til að tryggja að vöktun með niðurdælingu til steinrenningar sé sambærileg því sem við á um niðurdælingu til geymslu í holrýmum neðanjarðar leggur OR til að 1. mgr. verði svohljóðandi:

Rekstraraðili skal vakta niðurdælingarbúnað, niðurdælingargeymi, (þ.m.t. ef unnt er slóða koldíoxíðs eða rennislisleiðum kolsýrða niðurdælingarvökvans) og nærliggjandi svæði, ef við á, og m.a.:

- a. **Að uppfæra líkanareikninga með raungögnum fyrir betri upplýsingar um slóða koldíoxíðs eða rennislisleiðir niðurdælingarvökvans**
- b. að greina frávik,
- c. að greina flæði koldíoxíðs, þ.e. hreyfingu koldíoxíðs innan niðurdælingargeymis **eða rennslis niðurdælingarvökvans**,
- d. að greina leka koldíoxíðs,
- e. að greina umtalsverð, skaðleg áhrif á nærliggjandi svæði, einkum áhrif á drykkjarvatn og á fólk eða á notendur nærliggjandi lífhvolfs,
- f. að meta árangur allra ráðstafana til úrbóta sem gerðar eru, sbr. 2. mgr. 56. gr. og 2. mgr. 58. gr.,
- g. að uppfæra mat á öryggi og **áreiðanleika** niðurdælingargeymis, til lengri og skemmri tíma, þ.m.t. mat á því hvort koldíoxíð sem hefur verið dælt niður, sé fullkomlega og varanlega aflokað **eða steinrunnið**.

Í c. lið hér að framan er lögð til viðbót þar sem núverandi tillaga getur ekki tekið til koldíoxíðs sem dælt hefur verið niður með Carbfix aðferðinni þar sem hreyfing koldíoxíðs kemur ekki til álita þar sem það er að fullu leyst í vatni þegar því er dælt niður. Í g. lið er lagt að orðið áreiðanleiki sé notað frekar en heilleiki og að til viðbótar í lokin komi „eða steinrunnið“ þar sem þar samræmist orðfærinu sem notast er við í lögum nr. 12/2021.

51. gr. i. Skýrslugjöf rekstraraðila.

Athygli vekur að í 1. málslíð er talað um upplýsingagjöf eigi sjaldnar en einu sinni á ári á með ákvæði 33. gr. e í lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir segir að rekstraraðili skuli skila vöktunarskýrslu til Umhverfisstofnunar *einu sinni á ári*. Það er spurning hvort þarna megi aðlaga orðalag reglugerðarinnar að því sem segir í lögnum.

51. gr. l. Lokun niðurdælingarsvæðis.

Í 51. gr. l er fjallað um lokun niðurdælingarsvæðis og t.d. í 2. mgr. tilgreind ábyrgð rekstraraðila á að innsigla niðurdælingarsvæði. Um er að ræða þýðingu á enska hugtakinu „seal“ en það er hugtak sem notast er við þegar um er að ræða innsiglu á niðurdælingargeymi, þegar dælt hefur verið niður í holrými neðanjarðar sem í kjölfarið þarf að innsigla til að tryggja að niðurdælt koldíoxíðs sleppi ekki aftur út. Slíkt kemur ekki til álita þegar um að ræða niðurdælingu til steinrenningar. Með hliðsjón af þessu leggur OR til að 2. mál. 2. mgr. verði svohljóðandi:

*Rekstraraðili ber einnig ábyrgð á að innsigla niðurdælingarsvæði **eigi slíkt við** og að fjarlægja niðurdælingarbúnað.*

51. gr. m. Flutningur ábyrgðar.

Í a. lið 1. mgr. 51. gr. m. er lagt til að bætt verði orðunum „eða steinrunnið“ í lok málsliðarins sem er í samræmi við orðalag 1. töl. 1. mgr. 33. gr. laga um hollustuhætti og mengunarvarnir. Þannig verði a. liður 1. mgr. svohljóðandi:

*öll tiltæk gögn benda til þess að koldíoxíð sem hefur verið dælt niður til varanlegrar geymslu eða steinrenningar sé fullkomlega og varanlega aflokað **eða steinrunnið***

Þá er lagt til að d. liður verði svohljóðandi til að endurspegla að það er ekki í öllum tilvikum sem innsigliun á sér stað þegar um niðurdælingu koldíoxíðs er að ræða:

*niðurdælingarsvæði hafi verið innsiglað **þar sem það á við** og niðurdælingarbúnaður fjarlægður.*

Í 2. mgr. 51. gr. m er fjallað um skýrslugerð og tilgreint efnislegt innihald hennar. Í a. lið er bein yfirfærsla úr tilskipun 2009/31. Að ákveðnu leyti er hægt í tilviki niðurdælingar til steinrenningar að nota líkanareikninga sem uppfærðir eru með beinum gögnum úr niðurdælingu. Hins vegar er einnig hægt að notast við önnur gögn sem sýna með óyggjandi hætti að hvörfun er að eiga sér stað. Með þetta í huga leggur OR til að a. liður verði svohljóðandi:

*samræmi milli raunhegðunar þess koldíoxíðs, sem dælt er niður, og hegðunar þess samkvæmt líkani eða **vöktunargögn sem sýna fram á að koldíoxíð í niðurdælingarvökva sé að hvarfast við jarðlög.***

Lagt er til að í lokamálslið 3. mgr. komi eftirfarandi viðbót „þar sem það á við“ og að málsliðurinn verði svohljóðandi:

*Í drögum að ákvörðun skal tilgreina aðferð við ákvörðun á því hvort skilyrði, sem um getur í d-lið 1. mgr., hafi verið uppfyllt, sem og kröfur um að niðurdælingarsvæði hafi verið innsiglað **þar sem það á við** og brottflutning niðurdælingarbúnaðar.*

Lagt er til að 6. mgr. verði svohljóðandi til að endurspegla t.d. að leki geti ekki orðið eftir að niðurdælingu með aðferð sem miðar að steinrenningu hefur verið hætt ef dælt er niður uppleystu koldíoxíði. Með það í huga er lagt til að 6. mgr. verði svohljóðandi:

*Eftir flutning ábyrgðar skal kerfisbundnu eftirliti, hætt og draga má úr vöktun að því marki að leki eða umtalsverð frávik verði þó enn greinanleg **hafi þau atriði ekki þegar verið útilokuð. Hafi leki eða umtalsverð frávik ekki verið útilokuð og greinast við vöktun skal hún aukin eins og þarf til að unnt sé að meta stærð vandans og árangur þeirra ráðstafana sem gerðar eru til úrbóta.***

Lagt er til að 8. mgr. verði svohljóðandi sbr. 33. gr. g í lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir og fyrri athugasemdir um sömu atriði hér að framan:

*Ef niðurdælingarsvæði hefur verið lokað samkvæmt c-lið 1. mgr. 51. gr. l. skal litið svo á að flutningur á ábyrgð hafi átt sér stað ef og þegar öll tiltæk gögn benda til þess að það koldíoxíð sem hefur verið dælt niður sé fullkomlega og varanlega aflokað **eða steinrunnið** og niðurdælingarsvæði hefur verið innsiglað **þar sem það á við** og niðurdælingarbúnaður fjarlægður.*

Tillaga OR að viðmiðum fyrir lýsingu og mat á hugsanlegum niðurdælingarsvæði og nærliggjandi svæði og fyrir gerð og uppfærslu vöktunaráætlunar og fyrir vöktun eftir lokun

Sem fyrr segir leggur OR til að í viðaukar XI og XII verði tvískiptir þannig að hvor hluti þeirra taki til annars vegar niðurdælingar til steinrenningar og hins vegar niðurdælingar til geymslu í holrýmum neðanjarðar. Með það huga fylgir með umsögn þessari tillaga í fylgiskjali að köflum inn í framangreinda viðauka sem taka mið af fyrrgreindu aðferðinni,

þ.e. niðurdælingu til steinrenningar. Verði fallist á það þarf að uppfæra fyrirsagnir og mögulega millitilvísanir í reglugerðardrögunum.

Hér að framan hefur OR gert grein fyrir athugasemdum sínum við framkomin drög að reglugerð um niðurdælingu koldíoxíðs. Vakni spurningar eða óski umhverfis- og auðlindaráðuneytið frekari upplýsinga veitir undirrituð fúslega frekari upplýsingar.

Virðingarfyllst,



Íris Lind Sæmundsdóttir
Lögmaður

Fylgiskjal með umsögn OR, dags. 13. september 2021, við drög að reglugerð um niðurdælingu koldíoxíðs

XI. viðauki. Tillaga að viðbót sem tekur mið af notkun aðferðar sem miðar að niðurdælingu til steinrenningar.

Viðmiðanir, sem um getur í 3. mgr. 51. gr. c., og eiga við um niðurdælingu til steinrenningar, fyrir lýsingu og mat á hugsanlegu niðurdælingarsvæði og nærliggjandi svæði.

1. Gagnaöflun fyrir niðurdælingu

Safna skal nægum gögnum til að gera æstætt rúmmálslíkan af niðurdælingarsvæði í þrívídd, einnig nærliggjandi svæði, þ.m.t. vökvafraðilega tengd svæði. Gögnin skulu ná yfir a.m.k. eftirfarandi eðliseinkenni niðurdælingarsvæðis:

- a) jarðfræði,
- b) vatnajarðfræði (einkum hvort á svæðinu sé grunnvatn sem er ætlað til neyslu),
- c) eðliseiginleika (*e. petrophysical properties*) bergmyndunar,
- d) bergefnafræði (leysni- og sundrunarhraða bergs),
- e) efnafræði vökvans í mynduninni, bæði í niðurdælingarholum og öðrum holum á svæðinu,
- e) sprungur á yfirborði,
- f) jarðskjálftavirkni,
- g) náttúrulegt flæði CO₂ um yfirborð,
- h) gögn úr borholum á svæðinu ef einhverjar eru.

Eftirfarandi einkenni nágrennis niðurdælingargeymis skulu skráð:

- h) þau svæði umhverfis niðurdælingarsvæði sem gætu haft áhrif á niðurdælingu koldíoxíðs
- i) dreifing íbúa á svæði yfir niðurdælingarsvæði,
- j) nálægð við verðmætar náttúruauðlindir (þ.m.t. sérstaklega svæði á Evrópuneti verndarsvæða, samkvæmt tilskipun 79/409/EBE frá 2. apríl 1979 um verndun villtra fugla ⁽¹⁾ og tilskipun ráðsins 92/43/EBE frá 21. maí 1992 um vernd náttúrulegra búsvæða og villtra plantna og dýra ⁽²⁾, grunnvatn og vetniskolefni),
- k) starfsemi í kringum niðurdælingarsvæði og hugsanlegar víxlverkanir við þá starfsemi (t.d. jarðvarmafræðilega notkun veita og notkun grunnvatnsforða),
- l) nálægð við hugsanlega koldíoxíðuppsprettu eða -uppsprettur, (þ.m.t. mat á heildarmagni koldíoxíðs sem hugsanlega er tiltækt til niðurdælingar við efnahagslega hagstæð skilyrði) og fullnægjandi flutninganet,

- m) mat á skjálftahættu.

2. Bygging á þvííðu æstæðu líkani

Með gögnunum, sem safnað var fyrir niðurdælingu skal gera þrívítt, æstætt, jarðfræðilegt líkan eða sett slíkra líkana af áformuðu niðurdælingarsvæði og vökvafraðilega tengdum svæðum, og nota til þess tölvugerða geymisherma. Æstæða, jarðfræðilega líkanið eða líkónin skulu lýsa eiginleikum niðurdælingargeymis með tilliti til:

- a) jarðfræðilegrar byggingar niðurdælingarsvæðisins,
- b) jarðfræðilegra, jarðefnafræðilegra og flæðislegra eiginleika niðurdælingarsvæðisins (jarðlagaskipan, ummyndunarstig, lekt) og jarðmyndana umhverfis,
- c) lýsinga á eiginleikum sprunga séu þær til staðar,
- d) flatarmál og dýptarbil niðurdælingarsvæðis,
- f) lekt jarðlaga og flæði grunnvatns við grunnástand,
- g) allra annarra viðeigandi eiginleika.

3. Prófun niðurdælingarsvæðis

Áður en eiginleg niðurdæling hefst er niðurdælingarsvæðið prófað. Vatni eða CO₂ leystu í vatni er dælt í niðurdælingarholur ásamt ferilefnum og er gögnum safnað á meðan prófun stendur. Lýsing og mat á viðbrögðum niðurdælingarsvæðis við prófun skal byggt á gögnum sem safnað er á meðan niðurdælingu stendur.

- a) endurkoma ferilefnis í nærliggjandi holum til að skilgreina flæðiseiginleika niðurdælingarsvæðisins og hraða og umfang steinrenningar CO₂ ef við á
- b) breytingar á aðalefnum, snefilefnum og gasinnihaldi vökvans í nærliggjandi vöktunarholum til að kvarða leysni- og sundrunarhraða bergmyndunarinnar í líkanareikningum og meta hraða og umfang steinrennigar CO₂ á niðurdælingarsvæðinu ef við á,
- c) skjálftagögn á meðan niðurdælingu stendur til að kanna viðbrögð niðurdælingarsvæðisins við niðurdælingu,
- d) flæði CO₂ um yfirborð ef um CO₂ niðurdælingu er að ræða til að staðfesta að niðurdælingarkerfi séu rétt rekin.

Gögn notuð til að kvarða líkanareikninga og besta niðurdælingar- og vöktunaráætlanir og endurmeta alla óvissuþætti í tengslum við líkanið sjálft.

4. Bygging á tímaháðu líkani

Með gögnunum, sem safnað var á meðan tilraunaniðurdælingu skal gera tímaháð líkans sem samanstendur af hermum á niðurdælingu koldíoxíðs í niðurdælingarsvæði á margvíslegum tímabreytum með því að nota þrívíða, æstæða jarðfræðilega líkanið eða líkónin í tölvugerða herminum af niðurdælingargeymi.

Eftirfarandi þættir skulu a.m.k. teknir til athugunar við mat á viðbrögðum niðurdælingarsvæðis:

- a) mögulegur hraði niðurdælingar ásamt eiginleikum koldíoxíðstraums og vatns,
- b) skilvirkni líkans af samtengdum ferlum (þ.e. hvernig mismunandi, stök áhrif víxlverka í herminum eða hermum),
- c) hvarfgjörn efnaferli (þ.e. hvernig líkanið hermir efnahvörf milli koldíoxíðs, sem dælt er niður, við steinefni í niðurdælingargeyminum),
- d) geymishermirinn sem er notaður (hugsanlega þarf að gera margar hermanir til að sannreyna tiltekna niðurstöður),
- e) hermum á stuttum og löngum tímabilum (til að sýna fram á afdrif og hegðun koldíoxíðs yfir ár og áratugi).

Tímaháða líkanið skal veita innsýn í:

- f) Niðurdælingarhraða og uppsöfnuðu, niðurdældu magni með tíma,
- g) Flæði niðurdælingarvökva,
- h) Breytingar á efnafræði vatns (t.d. pH og magn leystra efna) í jarðmyndun og þau efnahvörf sem af henni leiðir (t.d. steindaleyting og -myndun)
- s) Sprunguhreyfingar og jarðskjálftavirkni ef einhver er

5. Rekstur niðurdælingarsvæðis

Lýsing og mat á viðbrögðum niðurdælingarsvæðis á meðan rekstri stendur skal byggt á gögnum sem safnað er á rekstrartímanum:

- a) endurkoma ferilefnis í nærliggjandi holum til að fylgjast með mögulegum breytingum á flæðiseiginleikum niðurdælingarsvæðisins og hraða og umfang steinrenningar CO₂ á niðurdælingarsvæðinu
- b) breytingar á aðalefnum, snefilefnum og gasinnihaldi vökvans í nærliggjandi vöktunarholum til að kvarða leysni- og sundrunarhraða bergmyndunarinnar í líkanareikningum og meta hraða og umfang steinrenningar CO₂ á niðurdælingarsvæðinu,
- c) skjálftagögn á meðan niðurdælingu stendur til að kanna viðbrögð niðurdælingarsvæðisins við niðurdælingu,
- d) flæði CO₂ um yfirborð ef um CO₂ niðurdælingu er að ræða til að staðfesta að niðurdælingarkerfi séu rétt rekin.

6. Endurkvörðun æstæðs og tímaháðs líkans

Gögn sem safnað er á rekstrartímanum eru reglulega notuð til að kvarða líkanareikninga og besta niðurdælingar- og vöktunarátlanir og endurmeta alla óvissuþætti í tengslum við líkanið sjálft.

7. Lýsing á næmi hermana

Gera skal margar hermanir til að skilgreina næmi mats gagnvart forsendum vegna einstakra þátta. Hermun skal byggð á því að þáttum er breytt í æstæða jarðfræðilíkaninu eða -líkönunum, og hraðatengdri virkni og forsendum er breytt í tímaháðu líkangerðinni. Tekið skal tillit til allrar marktækrar næmi í áhættumati.

8. Áhættumat

Eftirfarandi þættir eru m.a. hluti af áhættumatinu:

3.3.1. Hættulýsing

Hættulýsing skal gerð með því að lýsa möguleikum á leka á niðurdælingarsvæðinu eins og sýnt er fram á með tímaháða líkaninu og öryggislýsingunni hér að framan. Í henni skal felast umfjöllun um m.a.:

- a) hugsanlegar lekaleiðir,
- b) hugsanlegt umfang lekaatburða í tilgreindum lekaleiðum (flæðishraði),
- c) mikilvæga þætti sem hafa áhrif á hugsanlegan leka (t.d. hámarksþrýsting í niðurdælingarholum, hámarkshraða niðurdælingar, hitastig, næmi gagnvart mismunandi forsendum í æstæða jarðfræðilíkaninu eða -líkönunum),
- d) afleidd áhrif niðurdælingar/varanlegrar geymslu koldíoxíðs, þ.m.t. tilfærsla vatns í jarðmynduninni og ný efni sem verða til við niðurdælingu á koldíoxíði,
- e) alla aðra þætti sem gætu verið hættulegir heilbrigði manna eða umhverfinu (t.d. byggingar sem tengjast verkefninu).

Hættulýsing skal ná yfir allt svið hugsanlegra rekstrarskilyrða í þeim tilgangi að prófa öryggi niðurdælingargeymis.

3.3.2. Mat á váhrifum sem er byggt á lýsingu á umhverfi og dreifingu og athafnalífi íbúa yfir niðurdælingargeymi og á hugsanlegri hegðun og afdrifum koldíoxíðs sem lekur eftir hugsanlegum lekaleiðum sem eru tilgreindar á þrepi 3.3.1.

3.3.3. Mat á áhrifum sem er byggt á næmi tiltekinna dýrategunda, líffélaga eða búsvæða sem tengjast hugsanlegum lekaatburðum sem eru tilgreindir á þrepi 3.3.1. Í því skulu felast, ef við á, váhrif af hækkuðum styrk koldíoxíðs í lífhvolfinu (þ.m.t. jarðvegur, set í sjó og vatn við botn (köfnun, koldíoxíðshækkun) og lækkað pH í þessu umhverfi af völdum leka koldíoxíðs). Það skal einnig fela í sér mat á áhrifum frá öðrum efnum sem gætu ferðast samferða koldíoxíðsstraumi í hugsanlegum lekaatburðum (annaðhvort óhreinindi sem eru í niðurdælingarstráumnum, ný efni

sem kunna að myndast við geymslu eða efni sem kunna að leysast úr jarðlögum). Þessi áhrif skulu athuguð með tilliti til mismunandi tíma- og staðsetningar í samhengi við mismunandi stærðir lekaatburða.

- 3.3.4. Áhættulýsing sem skal samanstanda af mati á öryggi og heilleika niðurdælingarsvæðisins til styttri og lengri tíma, þ.m.t. mat á áhættu á leka við fyrirhuguð notkunarskilyrði, og mat á verstu hugsanlegu heilbrigðis- og umhverfisáhrifum. Áhættulýsingin skal byggjast á hættu-, váhrifa- og áhrifamati. Í henni skal felast mat á þeim upptökum óvissu sem greind voru í lýsingar- og matsþreppunum fyrir niðurdælingarsvæði og, ef unnt er, lýsing á möguleikum á að draga úr óvissu.

XII. VIÐAUKI

Viðmiðanir, sem eiga við um niðurdælingu til steinrenningar, fyrir gerð og uppfærslu vöktunaráætlunar sem um getur í 2. mgr. 51. gr. h. og fyrir vöktun á tímabilinu eftir lokun.

1. Gerð og uppfærsla vöktunaráætlunar

Vöktunaráætlunin, sem um getur í 51. gr. h., skal gerð samkvæmt áhættumatsgreiningunni, sem fram fer á 3. þrepi í XI. viðauka, og uppfærð samkvæmt eftirfarandi viðmiðunum með það fyrir augun að uppfylla kröfurnar um vöktun sem kveðið er á um í 1. mgr. 51. gr. h.:

- 1.1. Gerð áætlunarinnar.

Í vöktunaráætluninni skulu koma fram einstök atriði vöktunar í aðaláföngum verkefnisins, þ.m.t. vöktun við grunnástand, niðurdælingu og á tímabili eftir lokun. Tilgreina skal eftirfarandi fyrir hvern áfanga:

- a) þætti sem eru vaktaðir,
- b) vöktunartækni, sem er notuð, og rökstuðning fyrir vali á henni,
- c) vöktunarstaði og grunnforsendur fyrir dreifingu sýnatökustaða,
- d) vöktunartíðni og grunnforsendur fyrir dreifingu sýnatöku í tíma.

Þættirnir, sem eru vaktaðir, eru valdir með hliðsjón af því að uppfylla markmið vöktunarinnar. Í áætluninni skal þó alltaf felast samfelld eða ósamfelld vöktun á eftirfarandi þáttum:

- e) losun koldíoxíðs vegna leka frá niðurdælingarbúnaði,
- f) rúmtaks- eða massaflæði koldíoxíðs og vatns í niðurdælingarholu,
- g) þrýstingi og hitastigi koldíoxíðs og vatns við holutopp niðurdælingarholu (til ákvörðunar á massaflæði ef koldíoxíðsflæði er mælt með rúmtaksmæli),
- h) efnasamsetningu niðurdælingarvatni og -gasi,
- i) efnasamsetningu vatns í niðurdælingarsvæðinu

Byggja skal val á vöktunartækni á bestu starfsvenjum sem eru fyrir hendi þegar hún er hönnuð. Taka skal eftirfarandi kosti til íhugunar og nota þegar við á:

- j) tækni sem getur numið flæði koldíoxíðs um yfirborð,

- k) Sýnataka og efnagreining vatns úr vöktunarholum í tengslum við niðurdælingu
- l) Sýnataka og efnagreiningar vatns úr vöktunarholum sem ná niður í grunnvatn á niðurdælingarsvæði

1.2. Uppfærsla áætlunar.

Taka skal saman gögn sem er safnað með vöktuninni og þau túlkuð. Bera skal mæliniðurstöðurnar saman við hegðunina sem spáð var fyrir um í þeirri tímaháðu hermun á þrívíðri hegðun þrýstings og rúmmáls og mettnarhegðun sem fram fór í tengslum við öryggislýsinguna skv. 3. þrepi í XI. viðauka.

Ef mæld hegðun vîkur umtalsvert frá hegðun sem spáð var fyrir um skal endurvarða þrívíða líkanið svo að það sé í samræmi við mældu hegðunina. Byggja skal endurkvörðun á gögnunum sem fást með vöktunaráætluninni og, ef nauðsyn krefur, viðbótargögnum til að styrkja tiltrú á forsendum endurkvörðunarinnar.

2. og 3. þrep XI. viðauka skulu endurtekin með endurvarðaða, þrívíða líkaninu eða líkönunum til að framleiða nýjar hættusviðsmyndir og flæðishraða og til að endurskoða og uppfæra áhættumatið.

Ef samanburður við rannsóknarsöguleg gögn eða endurkvörðun líkana verður til þess að ný upptök koldíoxíðs, lekaleiðir og flæðishraði koldíoxíðs eða umtalsverð mælifrávîk frá fyrra mati greinast skal uppfæra vöktunaráætlun í samræmi við það.

2. Vöktun á tímabili eftir lokun.

Vöktun á tímabili eftir lokun skal byggjast á gögnum sem var safnað á meðan niðurdælingu stóð og eftir að henni lauk og voru notaðar til líkanagerðar við framkvæmd vöktunaráætlunar, sem um getur í 2. mgr. 51. gr. h., og í lið 1.2. þessa viðauka. Hún skal einkum þjóna þeim tilgangi að veita upplýsingar sem þörf er á vegna ákvörðunar skv. 1. mgr. 51. gr. m.