

ENERGIJOS ERDVĖ

Inžinerinė priežiūra	4
25 procentų dujų pirkimo prievolė	6
Klimato kaita ir CO ₂	10
Durpės – pamirštas kuras	17



KAINA 5 LT



ISSN 2029-3119



Klimato kaita ir CO₂ geologinis saugojimas: perspektyvos Lietuvoje



Habil.m.dr. Saulius Šliaupa
Gamtos tyrimų centro vyriausiasis mokslo darbuotojas
VU Geologijos ir mineralogijos katedros profesorius



Rasa Šliaupienė
Gamtos tyrimų centro jaunesnioji mokslo darbuotoja

Anglies dvideginio išmetimas į atmosferą yra viena aštriausių žmogaus intensyvios gamybinės veiklos ekologinių problemų. Didžiuliai šio cheminio junginio kiekiai išmetami į atmosferą gali sukelti katastrofišką klimato šiltėjimą ir su tuo susijusias skaudžias pasekmes, kurias jaučiame jau

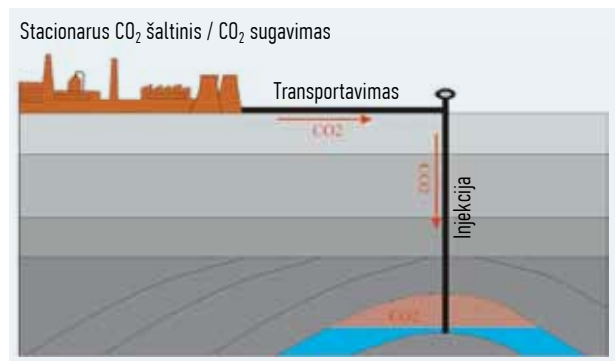
dabar. Per pastaruosius 150 metų anglies dvideginio koncentracija atmosferoje padidėjo beveik trečdaliu, daugiau – dėl kuro deginimo. Tiesa, negalime vienareikšmiškai teigti, jog XX a. fiksuotas 0,4-0,6°C klimato atšilimas susijęs išimtinai su žmogaus veikla, čia gali veikti ir gamtiniai procesai. Tačiau negalima ignoruoti fakto, kad per paskutinius 250 metų į atmosferą buvo išmesta 227 mlrd.t anglies. Maždaug pusė šio žmonijos sukulto pertekliaus kiekio yra sugerama augmenijos ir ištirpsta okeanuose. Likusi jo dalis kaupiasi atmosferoje, įtakodamas klimato kaitą, kadangi CO₂ yra šiltnamio dujos, kurios sulaiko dalį saulės šilumos, taip skatindamos Žemės paviršiaus įšilimą. Štai kodėl yra būtini skubūs radikalūs veiksmai, siekiant sustabdyti CO₂ koncentracijos atmosferoje augimą iki kritinio 450 ppm lygio artimiausiais dešimtmečiais. Mokslininkai ekspertai pripažįsta, kad viršijus šitą lygį, nebus galima išvengti dramatiškų pasekmių. 2013 m. vasarį CO₂ koncentracija

atmosferoje pasiekė 396,8 ppm, o metinis prieaugis per pastarąjį dešimtmetį siekia 2,1 ppm! 2012 m. pasaulyje pasiektas CO₂ emisijų rekordas. Lietuva yra pasirašiusi Kioto protokolą, įpareigojantį mažinti CO₂ emisijas. Tačiau dar didesniu akstinu tampa Europos Sąjungos bendras požūris į problemą. Europos Parlamentas dar 2009 m. išleido direktyvą dėl CO₂ geologinio saugojimo, skatinant šios technologijos diegimą ir saugų naudojimą. Direktyvą Lietuva adaptavo 2012 m.

Grąžinti anglį atgal į žemę

Mūsų pasaulis tapo itin priklausomas nuo iškaskamojo kuro pradėdant 1750-aisiais, prasidėjus pramonės augimui, todėl nieko keisto, kad perėjimas prie klimatą tausojančių energijos šaltinių mūsų visuomenėje užtruks ir kainuos nemažai lėšų. Visų pirma, yra būtina skubiai priimti sprendimus, kurie sumažintų mūsų priklausomybę nuo iškaskamo kuro energijos šaltinių. CO₂ emisijų mažinimo *portfolio* yra gana platus – atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas, energijos gamybos ir naudojimo efektyvumo didinimas, energijos šaltinių, turinčių mažesnę CO₂ priemaišą naudojimas (pvz., skalūninės dujos gerokai sumažina JAV emisijas), natūralių CO₂ talpyklų didinimas (pvz., biologinių). Tačiau šių priemonių įgyvendinimui reikalingas pakankamai ilgas laikas, o problema aštri jau dabar, tad reikalingos technologijos, kurios leistų efektyviai spręsti šį klausimą neatidėliojant, taip laimint laiko atsinaujinančių energijos šaltinių ir kitų ilgalaikių priemonių vystymui.

Vienas iš tokių pasirinkimų – energijos gamybos uždaro ciklo sukūrimas, kuomet iš Žemės gelmių išgauta anglis pirmine gamtinių dujų, naftos ar akmens anglies forma yra grąžinama į Žemę kaip CO₂. Šių dujų saugojimas nėra žmonių išradimas, o plačiai paplitęs gamtinis reiškinys – požeminiai CO₂ telkiniai egzistuoja tūkstančius ir milijonus metų. Tai įrodo, kad geologiniai sluoksniai yra tinkami saugiai ir efektyviai izoliuoti CO₂ itin ilgą laiką.



1 pav. Principinė CO₂ saugojimo sūriame vandeningame sluoksnyje schema

Tarp daugelio kitų priemonių, kurios skubiai turėtų būti įgyvendintos siekiant sušvelninti klimato kaitą, CO₂ sugavimas ir saugojimas (tarptautinis trumpinys – CCS) galėtų atlikti lemiamą vaidmenį, kadangi prisidėtų prie CO₂ sumažinimo 33 proc., kaip yra numatoma ES strategijoje iki 2050 m. Turint omenyje žmonių populiacijos augimą ir energijos poreikių didėjimą besivystančiose šalyse, o taip pat ir didesnių alternatyvių energijos šaltinių trūkumą, artimiausiu laiku iškaskamo kuro naudojimas yra neišvengiamas. Tačiau taikydama CCS metodą, žmonija galėtų progresuoti nekenkdam aplinkai, tuo pat metu sukurdamą prielaidas pasaulinei ekonomikai, pagrįstai atsinaujinančios energijos gamyba.

CO₂ geologinio saugojimo technologinė grandinė

Geologinio anglies dvideginio CCS procesas susideda iš kelių grandžių – (1) dujų sugavimas, (2) transportavimas, (3) injekcija į geologinį sluoksnį ir saugojimas (1 pav.).

CO₂ sugavimas ir separacija. Prieš įpumpuojant į geologinį sluoksnį CO₂, jį reikia išgryninti. Dabar pasaulyje veikia ne viena įmonė, kurioje išmetamos dujos yra

ENGLISH SUMMARY

Climate change and geological disposal of Carbon Dioxide: perspectives in Lithuania

Dr. Saulius Šliaupa
Rasa Šliaupienė

Since 1750s, the start of industry growth, our world became very dependent on fossil fuel, so there is no surprise that a transition to eco-friendly renewable sources of energy in our society will be time and money consuming. First of all, it is necessary to take prompt decisions to reduce our dependence on fossil fuel energy sources. There is a wide range of possibilities to reduce CO₂ emission: the use of renewable sources of energy, the increase of efficiency in energy

production and consumption, the use of energy sources that have smaller carbon footprint (for example, shale gas has significantly reduced CO₂ emissions in the USA), expansion of natural CO₂ storage (for example, biological). Still considerable time needs to be taken for implementation of these methods, although the problem is acute today. That is why technologies which could help tackle this issue effectively and immediately should be applied in order to gain time for the development of renewable sources of energy and other long-term methods.

Among many other methods, which have to be implemented with no time to lose in order to mitigate climate change, CO₂ capture and storage (international abbreviation is CCS) could play a crucial role in decreasing CO₂ emission by 33%, as defined in the EU strategy by 2050. With the growth of a human population, increased energy consumption in developing countries and with the lack of major alternative sources of energy, the use of fossil fuel in the near future is inevitable. Whereas, by applying CCS methods, humankind could achieve progress while preserving the environment and, at the same time, developing a world economy based on renewable sources of energy.

kaupiamos ir vėliau panaudojamos gaminant įvairius produktus (pvz., sausą ledą, vulkanizuotą gumą, polikarbonatus ir pan.). Sugavimas gali būti vykdomas prieš kuro sudeginimą, po sudeginimo, taip pat gali būti vykdomas vadinamasis kuro oksidavimas. Technologijos pasirinkimas priklauso nuo kuro tipo. Žinomi įvairūs separacijos būdai: absorbcija (cheminė ir fizinė), adsorbcija (fizinė ir cheminė), žematemperatūrinė distiliacija, dujų separacijos membranos, mineralizacija ir biomineralizacija. Vertinant CCS grandinės kaštus, ši proceso grandis sudaro apie 90 proc. išlaidų (25-45 eurų 1 t CO₂ priklausomai nuo technologijos ir kuro tipo), tad būtent čia siekiama kuo greitesnio technologijos vystymo progreso mažinant sugavimo sąnaudas.

CO₂ transportavimas. Dažniausiai taršos židiniai yra nutolę nuo potencialių geologinių saugyklų, todėl CO₂ reikia transportuoti. CO₂ gali būti gabenamas laivais arba vamzdynais. Įprastinis plukdymas laivais dabartiniu metu vykdomas tik mažais kiekiais (10 000-15000 m³) pramonės reikmėms. Tuo tarpu talpos, naudojamos suskystintų naftos dujų (LPG) transportavimui, yra taip pat tinkamos ir CO₂ transportuoti. Modernūs LPG laivai turi didesnes nei 200 000 m³ talpas ir yra pajėgūs transportuoti 230 tūkst. t CO₂ (apie 5 proc. metinių emisijų iš stambių Lietuvos stacionarių taršos židinių). Transportavimas vamzdynais plačiai naudojamas naftos kompanijų, kurios CO₂ naudoja siekiant pagerinti naftos išgavimą (trumpinys – EOR). Skaiciuojama apie 3000 km CO₂ vamzdynų, daugiausia JAV. Tai rentabilusis ir pranašesnis būdas, nei gabenimas laivais. CO₂ vamzdynai veikia aukšto slėgio sąlygomis superkritinei CO₂ būklei išlaikyti. CO₂ srauto sudėtis ir grynumas, priklausantys nuo sugavimo proceso, turi žymią įtaką visiems kitiems CO₂ saugojimo aspektams. 100 km transportavimas vamzdynu kainuoja 1-6 eurus 1 t CO₂ (priklauso nuo vamzdyno našumo).

CO₂ injekcija į sluoksnį. Dujos yra įpumpuojamos į tinkamą geologinį sluoksnį. Anglies dvideginis gali būti saugojamas įvairaus tipo geologinėse formacijose – išsekloatuo-tuose dujų ir naftos telkiniuose, sūriuose vandeninguose sluoksniuose, anglies kloduose.

1. Naftos ir dujų telkiniai. Šis tipas turi nemažai privalumų. Svarbiausia - geras geologinis ir geofizinis ištyrimas. Baigus naftos ar dujų eksploataciją, telkiniai gali būti pertvarkyti į CO₂ saugyklas. Išsekintų telkinių panaudojimas CO₂ laidojimui yra pats efektyviausias. Šis metodas duoda ir dvigubą naudą – padidinamas angliavandenilių išgavimas ir izoliuojamas CO₂.

2. Saugojimas sūriuose vandeninguose horizontuose. Gilūs Žemės sluoksniai talpina sūrų vandenį, mažai tinkamą praktiniam panaudojimui. Tad čia galima kaupti ir saugoti didžiulius CO₂ kiekius. Ši technologija laikoma pagrindine dėl milžiniškų tokių saugyklų apimčių. Būtina sąlyga – patikima CO₂ sankaupos izoliacija, pvz., struktūriniuose sluoksnio išlankstymuose (pakilumose).

3. Akmens anglies klodai. Akmens anglies klodai talpina didžiulius metano dujų, absorbuotų ant anglies paviršiaus, kiekius. Metanas išgaunamas mažinant slėgį, dažniausia

išpumpuojant požeminį vandenį. Alternatyvus metodas – anglies dvideginio injekcija į sluoksnį. CO₂ absorbcinė galia yra dvigubai didesnė nei metano, tad jis keičia metaną ir yra surišamas akmens anglies sluoksnyje. Tai yra perspektyvus metodas, duodantis dvigubą efektą: palaidojamas CO₂ ir gaunama naudinga žaliava – metanas.

Saugojimo kaštai sudaro tik nedidelę CCS grandinės dalį – apie 2 eurus 1 t. CO₂ 1 km gylio vandeningame sluoksnyje sausumoje ir 5 eurus jūroje.

Geologinės saugyklos pasaulyje

Dauguma CCS tiriamųjų programų vykdoma Europoje, JAV, Kanadoje, Australijoje, Kinijoje. Nuo 1990 m. daug žinių buvo sukaupta vykdant didelio masto demonstracinius objektus, kai CO₂ yra talpinamas gelmėse. Tuo tarpu tėra tik keli komercinės paskirties objektai (be minėtų gausių naftos telkinių, kur naudojamas CO₂). Tai *Sleipner* saugykla Norvegijoje (apie 1 Mt/per metus nuo 1996 m.), *Weyburn* saugykla Kanadoje (apie 1,8 Mt/per metus nuo 2000 m.) ir *In Salah* saugykla Alžyre (apie 1 Mt/per metus nuo 2004 m.). Europoje šiuo metu vykdomi 12 demonstracinių projektų.

Saugojimo geologiniame sluoksnyje saugumas ir patikimumas

Kalbant apie CO₂ geologinį saugojimą dažnai klausiama – ar tai saugu? Ar dujos gali išsiveržti iš saugyklos į paviršių ir paveikti aplinką, tame tarp ir žmogaus sveikatą?

CO₂ mes įkvepiame visą laiką. Tačiau žmogaus sveikatai jis pavojingas tada, kai jo koncentracija yra itin didelė, viršijanti 5000 ppm (5 proc.). Dar didesnė koncentracija gali būti mirties priežastimi, tačiau tai įmanoma tik uždaros patalpos sąlygomis. Jei CO₂ nuteka atviroje vietovėje, jis greitai išsklaidomas. Gamtoje nemažai žmonių gyvena vietovėse su kasdienine gamtinių dujų emanacija. Pavyzdžiui, *Ciampino* vietovėje Italijoje, netoli Romos, namai stovi tik 30 m nuo dujų išėjimo gamtinės angos, CO₂ koncentracija dirvoje siekia 90 proc., o į atmosferą kasdien išmetama apie 7 tonos CO₂. Vietiniai gyventojai nekreipia dėmesio į perspėjimus nemiegoti pusrūsiuose ir gerai vėdinti namus.

Galima įtaka ekosistemoms priklauso nuo to, kur yra saugojimo vieta – sausuminėje dalyje ar jūroje. Jūrinėse ekosistemose pagrindinė CO₂ nuotėkio pasekmė yra vandens pH rodiklio sumažėjimas ir su tuo susijusi įtaka jūros dugno faunai ir florai.

Galimas poveikis sausumoje:

Augalija – padidėjusi CO₂ koncentracija dirvos dujose gali pagerinti augalų tręšimą ir padidinti tam tikrų rūšių augimą, tačiau didesnės CO₂ koncentracijos yra pavojingos kai kuriems augalams.

Požeminio vandens kokybė – cheminė gruntinio vandens sudėtis gali pasikeisti dėl CO₂, kadangi vanduo tampa

rūgštesnis ir kai kurie cheminiai elementai gali būti atpalaiduojami iš talpinančių uolienų.

Uolienos vientisumas – požeminio vandens rūgštėjimas gali įtakoti uolienos tirpimą, struktūrinio vientisumo sumažėjimą ir karstinių tuštumų formavimąsi. Toks poveikis atsiranda tik itin specifinėmis geologinėmis ir hidrogeologinėmis sąlygomis.

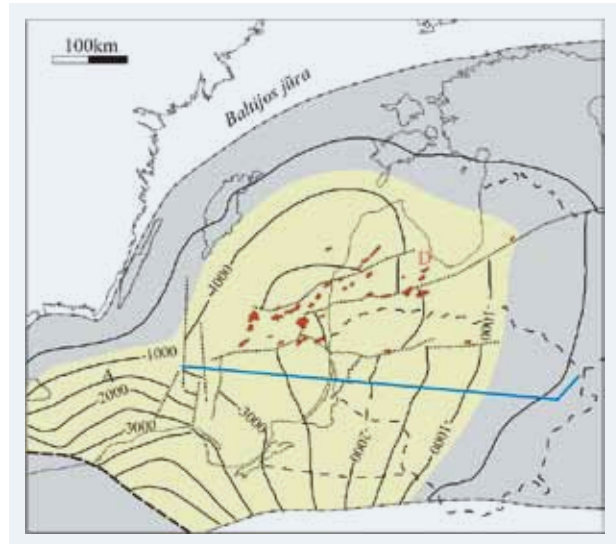
Dujų nutekėjimas galimas arba dėl žmogaus sukeltų priežasčių (pvz., nesandarūs gilieji gręžiniai) arba dėl gamtinių sąlygų (lūžiai). Eksploatuojami ir nebenaudojami gręžiniai gali būti migracijos keliais, jie turi tiesioginį ryšį tarp paviršiaus ir saugyklos. Ne visi gręžiniai išgręžti, naudojant tas pačias technologijas, o naujesni gręžiniai daugumoje yra saugesni už senesnius. Nuotėkis išilgai gamtinių lūžių, kurių gali būti dengiančiose uolienose, yra daug sudėtingesnis ir mažai kontroliuojamas. Tad rengiant saugyklą būtina atlikti labai detalius tyrimus vengiant komplikuojančių struktūrų. Nors nuotėkio galimybė yra itin maža, susiję procesai ir potencialiai galimi efektai turi būti suvokiami pilna apimtimi, siekiant parinkti, suprojektuoti ir eksploatuoti pačias saugiausias CO₂ saugojimui vietas.

Geologinių procesų kontrolė

Monitoringo atlikimas galimose saugojimo vietose yra labai svarbi sąlyga. Tiek pradinės aplinkos būklės monitoringas, tiek vėlesnis vietovės stebėjimas yra svarbi saugyklos vystymo ir naudojimo dalis, ypač atsižvelgiant į Europos Sąjungos CCS direktyvoje paskelbtus kontrolės reikalavimus. Įvairios monitoringo technologijos yra vystomos demonstraciniuose ir tyrimų projektuose. Tarp jų yra metodai, kuriais CO₂ stebimas tiesiogiai, ir tokie, kur matuojama dujų įtaka uolienoms, vandeniui, aplinkai. Tiesioginiams metodams priklauso giliųjų gręžinių vandens analizė ir dujų koncentracijos dirvoje bei atmosferoje matavimai. Netiesioginius metodus sudaro geofiziniai tyrimai, slėgio pasikeitimo gręžiniuose kontrolė ir pH pokytis požeminiame vandenyje.

Lietuvos ir gretimų šalių CO₂ geologinio saugojimo potencialas

Lietuvos CO₂ geologinio saugojimo potencialo tyrimai vykdomi jau nuo 2005 m. Lietuva yra stambioje geologinėje struktūroje, vadinamoje Baltijos sedimentaciniu baseinu. Jis gerokai viršija šalies ribas, apimdamas gretimų šalių teritorijas (Latvija, Estija, Kaliningrado sritis, Lenkija, Baltijos jūra) (2 pav.). Tai labai sena įduba, užpildyta nuosėdinių uolienų sluoksniais, primindama tortą. Žemės pluta pradėjo sistemiškai grimzti prieš daugiau kaip 500 mln. m. Tas grimzdimas tęsiasi iki naujausio geologinio laikotarpio, jį žymi jaunos Baltijos jūros įduba, kurios prigimtis yra dalinai tektoninė (grimzdimas) ir erozinė (ledynų „ekskavatoriaus“ veikla). Per milijonus metų susikauė labai skirtingos sudėties sluoksniai. Vieni sluoksniai skiriami kaip vandeningi, kiti – vandenspariniai (vandeniui nelaidūs). Būtent vandeningi sluoksniai, kuriuose yra sūrus nenaudojamas

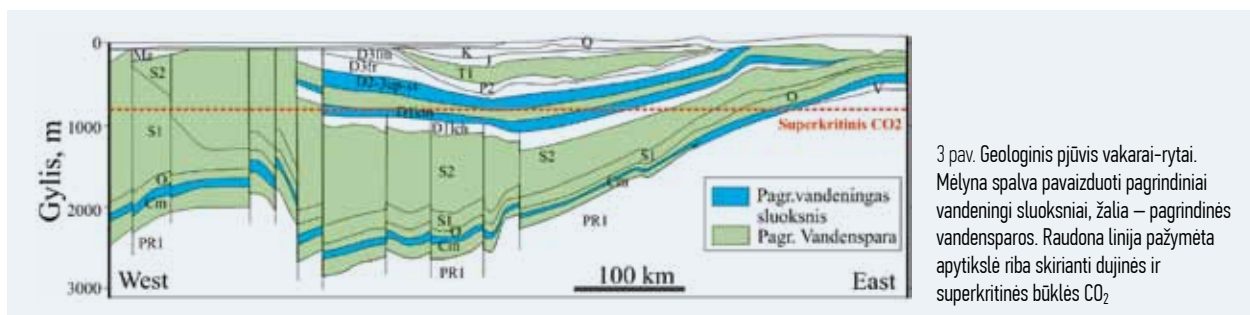


2 pav. Kambro nuogulų gylis (izolinijos, m). Paveikslėlyje parodyti pagrindiniai lūžiai (taškinės linijos). Geltona spalva žymimas plotas, kur CO₂ yra superkritinės būklės, t.y. perspektyvus. Melyna linija rodo geologinio profilio (žr. žemiau) liniją

vanduo yra tyrimų objektas, tyrinėjant CO₂ geologinio saugojimo galimybes. Vieno ar kito vandeningo sluoksnio perspektyvas lemia keli pagrindiniai faktoriai – (1) sluoksnis turi būti pakankamai storas ir gerų kolektorinių savybių (didelis poringumas ir skvarbumas), (2) jis turi slūgsoti pakankamai giliai, t.y. temperatūra ir slėgis turi atitikti superkritinės CO₂ būklės sąlygas (~800 m gylis, 31°C temperatūra), (3) sluoksnis turi būti gerai izoliuotas nuo aukščiau slūgsančių geriamo vandens sluoksnių, (4) jame turi būti stambios gaudyklės (pvz., struktūrinės pakilumos, kuriose CO₂ būdamas lengvesnis už vandenį, galės kauptis, panašiai į požeminę gamtinių dujų saugyklą).

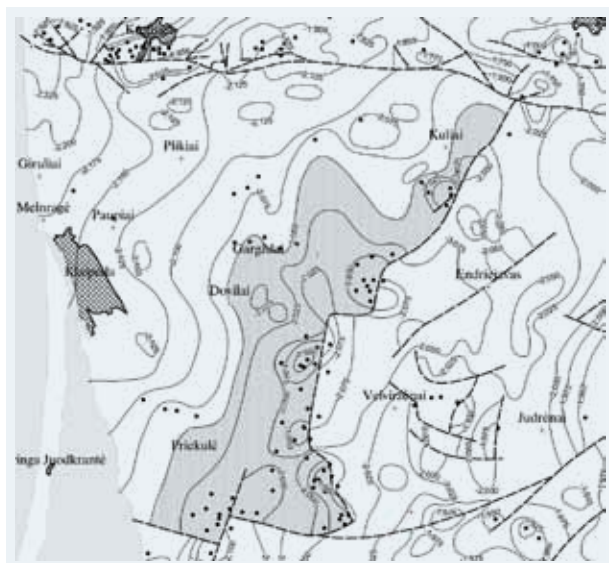
Baltijos sedimentaciniame baseine yra keli stambūs bei gausesni smulkūs vandeningi sluoksniai. Stambiausi yra kambro, apatinio ir vidurinio-viršutinio devono kolektoriai (2 pav.). Geologiniai duomenys rodo, kad visi trys sluoksniai tam tikruose plotuose atitinka slėgio-temperatūros sąlygas, yra gerai geologiškai izoliuoti. Tuo tarpu gaudyklių įvertinimas parodė, kad du viršutiniai sluoksniai neturi bent kiek stambesnių pakilumų (gaudyklių), kuriose būtų galima laikyti CO₂ sandaigas. Struktūrų amplitudės ir plotas yra maži, tokios struktūros gali talpinti tik labai nedidelius CO₂ kiekius, nesiekiančius net 100 tūkst. t. dujų. Tad, nežiūrint kitų labai palankių parametų šie sluoksniai yra išbraukti iš potencialių geologinių formacijų sąrašo.

Vienintelis sluoksnis, kuris tenkina visas aukščiau minėtas sąlygas yra pats seniausias kambro sluoksnis. Jis patyrė intensyviausias tektonines deformacijas, kurios pasireiškė dar prieš klostantis dviem likusiems minėtiems vandeningiems sluoksniams. Kambro sluoksnis yra ir plačiausiai paplitęs Baltijos regione (2 pav.). Šio amžiaus uolienos randamos Lietuvoje, Latvijoje, Estijoje, Baltarusijoje, Kaliningrado srityje, Lenkijoje, Baltijos jūroje. Vandeningą sluoksnį sudaro



3 pav. Geologinis pjūvis vakarai-rytai. Mėlyna spalva pavaizduoti pagrindiniai vandeningi sluoksniai, žalia – pagrindinės vandensparos. Raudona linija pažymėta apytikslė riba skirianti dujines ir superkritines būklės CO₂

kvarco smiltainiai susiklostę sekloje jūroje. Jų storis siekia 40-70 m, gylis kinta nuo atodangų Estijoje iki kelių kilometrų vakaruose (2,3 pav.), temperatūra vietomis siekia 90-100°C. Kambro kolektorius yra gerai izoliuotas nuo geriamo vandens sluoksnių – juos skiria 1-2 km nuosėdinių sluoksnių storinė. Pagal šiuos parametrus buvo išskirtas perspektyvus CO₂ geologiniam saugojimui 225 tūkst. km² plotas (2 pav.). Į jį patenka ir vakarinė Lietuvos teritorijos pusė. Tad pagrindinis klausimas, vertinant CO₂ geologinio saugojimo perspektyvas, yra geologinių gaudyklų (struktūrinių pakilimų) dydis. Minimalus reikalaujamas saugojamo CO₂ kiekis – 1 mln.t. Deja, pagal šį parametą visos struktūros, išskirtos kambro sluoksnyje Lietuvos teritorijoje yra per mažos, tad netinkamos saugojimui. Tik dvi struktūrinės pakilumos, t.y. Syderių (Telšių rajonas) ir Vaškų (Pasvalio rajonas) gaudyklės (2 pav.) viršija šią ribą ir siekia, atitinkamai, 20 ir 8 mln.t. CO₂. Lietuvos didžiųjų įmonių išmetamų CO₂ kiekis yra apie 4,5 mln.t., tad šios struktūros potencialiai galėtų padengti apie 6 metų emisijas. Tai - nedidelis kiekis. Be to, Syderių struktūra yra numatyta gamtinių dujų požeminės saugyklos įrengimui, o Vaškų struktūros saugumu dėl ribojančių lūžių buvo suabejota. Todėl Lietuvos teritorija vertinama kaip praktiškai netinkama CO₂ geologiniam saugojimui.



4 pav. Kambro kraigo struktūrinis žemėlapis. Parodyti kraigo gyliai (izolinijos, m) ir lūžiai (štrichuotė). Taškai – gilieji gręžiniai. Pilka spalva apibrėžia uždang Gargždų volo kontūrą.

Vertintinas alternatyvius variantas, kuris, tačiau, yra gerokai rizikingesnis geologinio saugumo požiūriu. Vakaruose Lietuvoje kambro sluoksnyje yra surasta keliolika naftos telkinių. Pietinė jų grupė yra susijusi su Gargždų volu (4 pav.). Rytuose ir pietuose jis remiasi į stambią Gargždų lūžių zoną. Šiame vole galima būtų patalpinti labai didelius CO₂ kiekius kambro vandeningame sluoksnyje, tačiau pagrindinė rizika siejama su minėta lūžių zona. Kol kas diskutuojama dėl jos laidumo dujų išteklėjimui. Norint įsitikinti lūžių uždaru, reikėtų atlikti labai daug geologinio stebėjimo darbų. Be to, vole yra gausu senų giliųjų gręžinių, kurių sandarumą taip pat reikėtų patikrinti. Tad šiuo metu vargu ar galime rimtai nagrinėti šį scenarijų, nors anksčiau ar vėliau prie jo greičiausia bus grįžta.

Apibendrinant bendrą Lietuvos geologinę situaciją, turime pripažinti, kad saugojimas sūriuose vandeninguose sluoksniuose Lietuvoje nėra CO₂ emisijų mažinimo išeitis, todėl reikalingi kiti sprendimai.

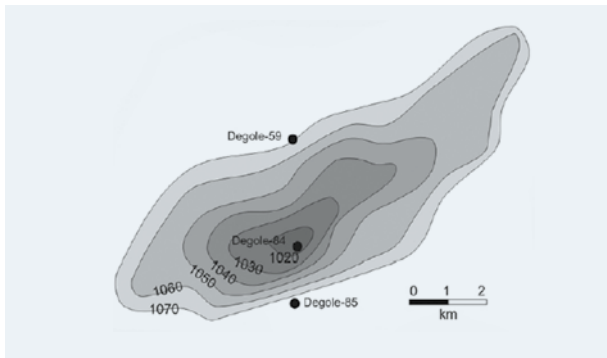
Kaimynų pagalba

Vienas iš galimų sprendimo būdų yra CO₂ sugavimas Lietuvos stambiuose stacionariuose CO₂ emisijos židiniuose (pvz., Akmens cementas, Mažeikių nafta) ir dujų transportavimas į kitas šalis. Galimi du scenarijai – artimasis ir tolimesis.

Artimo transportavimo scenarijus

Kaip minėta, be Lietuvos, yra nemažai valstybių, kurių teritorijos yra Baltijos sedimentaciniame baseine. Detalūs pastarųjų metų tyrimai parodė, kad realiomis geologinėmis perspektyvomis pasižymi tik viena šalis – Latvija. Galimai perspektyvi ir Švedijos Baltijos jūros teritorija, geologiniai duomenys kol kas dar tik renkami.

Sausuminėje Latvijos dalyje buvo išskirta 15 struktūrų (gaudyklių), kurių CO₂ saugojimo potencialas viršija 1 mln.t. (2, 5 pav.). Keliolika struktūrų išskirta ir Baltijos šelfinėje dalyje. Kaip ir Lietuvoje, perspektyvi geologinė formacija yra kambro sūrus vandeningas sluoksnis, kurio storis čia yra 40-60 m, gylis – kiek didesnis nei 1 km. Atskirų struktūrų sausumoje saugojimo potencialas kinta nuo 2 mln.t. (Usmos pakiluma) iki 132 mln.t. (Blidenės dviguba pakiluma). Bendras sausumos struktūrų potencialas įvertintas 400 mln.t.CO₂. Panašiai vertinamas ir jūros struktūrų potencialas. Didžiausia E6 struktūra gali talpinti net iki 600 mln. t CO₂. Tad šalies bendras saugojimo potencialas viršija 800 mln.t. Tai atitinka 400 metų šalies CO₂ išmetimų



5 pav. Degolės struktūra kambro sluoksnyje (Latvija). Pakiluma yra apie 12 km ilgio ir 4 km pločio, 50 m amplitudės. Struktūros saugojimo potencialas yra 21 mln. t CO₂

iš šalies stambių emisijos židinių! Tokios apimtys skatintų tarpvalstybinę CO₂ geologinio saugojimo iniciatyvą, kai greitima šalis transportuoja ir saugo dujas kitos šalies teritorijoje (6 pav.). Be abejo – už tam tikrą mokestį. Pavyzdžiui, didžiausi CO₂ teršėjai „Mažeikių nafta“ ir „Akmenės cementas“ yra nutolę tik kelias dešimtis kilometrų nuo stambių struktūrų Kalvenėje, Luku, Duku, Blidenėje (pati stambiausia Latvijoje). Šios pakilumos gali talpinti ir saugoti CO₂ dujas, išmetamas per kelias dešimtis metų.

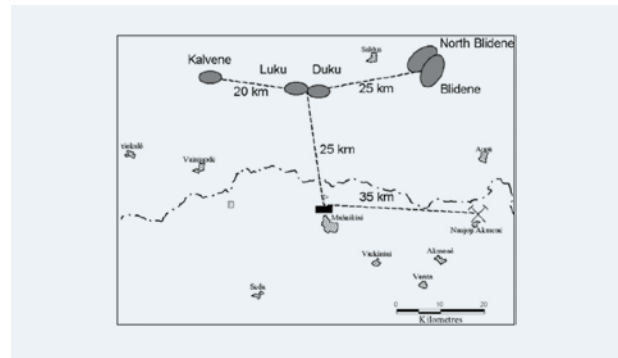
Nežiūrint labai palankių geologinių sąlygų, toks scenarijus taip pat traktuojamas su didele dalimi pesimizmo. Šiuo metu Latvijos vyriausybė neigiamai žiūri ne tik į tarpvalstybinį bendradarbiavimą CO₂ dujų saugojimo klausimais, bet ir savo šalies CCS grandinės steigimą. Tą lemia kelios priežastys – susirūpinimas ekologija, finansinė našta (CCS gerokai padidina išlaidas įmonėse, kurios taiko šią technologiją), teisinė aplinka (skirtingai nuo kitų Europos šalių, Latvijos geologinių išteklių teisinis pagrindas yra artimas JAV, kur gamtos turtai priklauso žemės savininkui).

Tolimo transportavimo scenarijus

Didžiausios Europos geologinės gaudyklės yra Šiaurės jūros regione (Norvegija, Jungtinė Karalystė, mažiau – Danija, Olandija). Šios šalys labai aktyviai vysto CCS technologiją. Pagrindinė priežastis – turimos saugojimo apimtys tenkina ne tik tų šalių emisijos apimtį, bet gali padengti ir daugelio Europos šalių, tame tarpe ir Lietuvos, poreikius. Šalia ekologinio akstino, čia akivaizdus šalių-saugotojų ekonominės naudos siekimas. Kaip rodo JAV patirtis, CO₂ tolimas perdavimas šimtais kilometrų iš vienos vietos į kitą vamzdynais nėra nei technologinė, nei ekologinė problema, tad jį galima diegti ir Europoje. Vamzdynų scenarijaus sąlyginį pigumą lemia tai, kad saugojimo išteklių neturi dauguma Baltijos regiono šalių, ypačiai Suomija, Estija, Švedija, tad transportavimo sistema turėtų būti vieninga. Be to, neatmetamas transportavimas laivais, panašiai kaip dabar planuojamas suskystintų dujų terminalas Klaipėdoje.

CO₂ ir ekonominė nauda

CO₂ naftos pramonėje naudojama jau 40 m. stimuliuojant naftos išgavimą. Kartu su vandeniu šios dujos gerokai



6 pav. Artimojo CO₂ transportavimo per valstybinę sieną vienas iš scenarijų

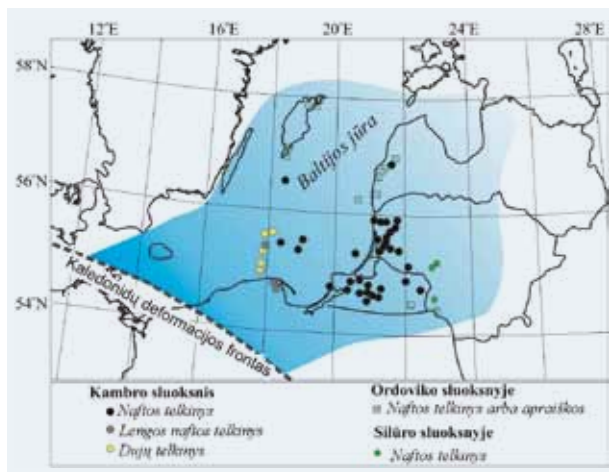
padidina naftos išgavimą telkinyje. Ši technologija, vadinama EOR, daugiausia naudojama JAV. Dėl šios priežasties yra statomi vamzdynai, besitęsiantys šimtus kilometrų, kad patiekti CO₂ iš šaltinio (dažniausiai gamtinio, rečiau separuoto iš gamtinių dujų) į naftingą regioną. Europoje komercine apimtimi ji jau seniai taikoma Vengrijoje (gamtiniai CO₂ šaltiniai).

Lietuvoje bei kitose Baltijos regiono valstybėse yra surasta kelios dešimtys naftos telkinių, Lenkijos šelfe taip pat rasta gamtinių dujų (7 pav.). Surasti telkiniai yra klasifikuojami kaip maži. Lietuvoje jie eksploatuojami nuo 1990-ųjų. Pagrindiniai telkiniai randami kambro smiltainiuose.

EOR technologija gali duoti žymią ekonominę naudą, vystant naftos telkinius, juo labiau, kad dauguma telkinių yra arti išsekimo ir CO₂ panaudojimas galėtų prailginti jų „gyvenimą“. Tuo tarpu CO₂ emisijos požiūriu ši technologija nėra praktiškas problemos sprendimas. Skaičiavimai rodo, kad visuose Lietuvos telkiniuose galima saugoti tik 5-6 mln.t. CO₂ – tai kiek daugiau, nei vienerių metų emisijos iš stambių stacionarių šaltinių apimtį. Tad CO₂ panaudojimo klausimas lieka pačių naftos kompanijų prerogatyva ir EOR taikymo Lietuvoje lemiamas faktorius bus ekonominis atsipirkimas (EOR reikalauja nemažai papildomų investicijų). Visuotinai pripažįstama, kad EOR geologinės sąlygos Europoje gerokai nusileidžia JAV sąlygoms, tai paaiškina EOR sąstingį Europoje iki šiol. Nėra šios sąlygos išskirtinės ir Lietuvoje.

CO₂ saugojimo alternatyvios technologijos

Ne tik Lietuva neturi kiek žymesnių CO₂ geologinio saugojimo galimybių. Kitos šalys dėl geologinės specifikos taip pat neturi sąlygų požeminiams dujų saugojimui. Ryškiausi tokių šalių pavyzdžiai – Švedija ir ypačiai Suomija – čia kristalinio pamato uolienos („granitai“) atsidengia paviršiuje, jas dengia tik plonas nuosėdinių uolienų sluoksnis. Visgi šios šalys nenuleidžia rankų. CO₂ geologiniam saugojimui galima panaudoti ne tik vandeningus ar anglies sluoksnius, bet ir specifinės sudėties kristalines uolienas. Paraleliai saugojimui giliuose sluoksniuose jau kelis dešimtmečius vystoma alternatyvi CO₂ karbonizacijos technologija. Ji remiasi principu, kad kai kurios uolienos gali reaguoti su

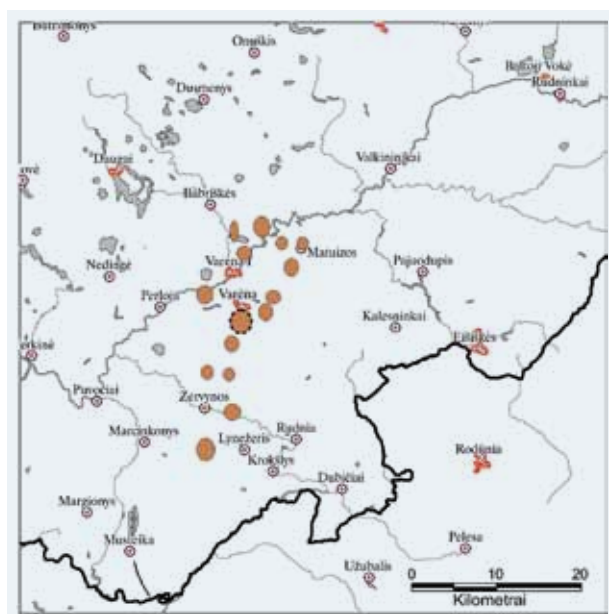


7 pav. Naftos telkiniai Baltijos regione. Melsva spalva parodytas Baltijos sedimentacinis baseinas

CO₂, taip nukenksminant emisijas. Labiausiai reaktyvios yra ultrabazinės sudėties kristalinės uolienos. Plačiausiai pasaulyje paplitęs tokių uolienų tipas – serpentinitai. Jie taip pat randami ir Baltijos regiono kristaliniame pamate.

Uoliena yra sumalama, kaitinama, apdorojama reagentu ir reaguojama su CO₂ dujomis. Reakcijos produktas yra magnezitas – jis ne tik nekenksmingas sveikatai ir aplinkai, bet ir turi nemažą paklausą rinkoje kaip naudinga iškaskena.

Vykdamas geležies rūdos paieškas Varėnos rajone kelių šimtų metrų gylyje buvo surastas ne vienas magnetito telkinys, susijęs su serpentinitais (8 pav.). Didžiausias telkinys rastas Varėnos miesto paribyje, jo kraigas yra apie 360 m gylyje. Nežiūrint labai aukštos geležies rūdos telkinių kokybės, jų įsisavinimas buvo atidėtas neapibrėžtai ateičiai.



8 pav. Geležies rūdos telkiniai Varėnos rajono kristaliniame pamate

Pagrindinė priežastis – abejotinas ekonominis efektas. Taip pat kilo nemažai ekologinių klausimų. Tuo tarpu geležies rūdos eksploatacija, kombinuojant ją su serpentinito išgavimu, gerokai padidintų projekto ekonominį ir ekologinį efektą. Be to, derinant su geležies išgavimu sumažėtų išlaidos serpentinito išgavimui ir malimui (tai – dalis geležies išgavimo grandinės).

Pagrindinis šios technologijos stabdis – proceso brangumas. Teoriniai-eksperimentiniai tyrimai vykdomi Lietuvoje, aktyviai ši technologija vystoma Suomijoje ir kitose šalyse. Tikėtina, kad ateityje bus atrasti reikalingi technologiniai sprendimai ir šis metodas taps pramoniniu. Vertinant Lietuvos perspektyvas, vien tik Varėnos telkinio serpentinitai galėtų užtikrinti saugų CO₂ geologinį saugojimą keliems šimtams metų emisijų (~500 mln.t.).

Apibendrinimai

Geologinis saugojimas laikomas viena iš efektyvių technologijų artimiausiu metu žymiai mažinant CO₂ emisijas. Ji traktuojama kaip pereinamas laikotarpis, būtinas sukurti modernesnes ekonomiškai efektyvias technologijas, panaudojant atsinaujinančius energijos šaltinius, didinant energetinį efektyvumą ir pan. Ši idėja ypač aktyviai palaikoma Europos Sąjungoje. Visgi užsitęsusi ekonominė krizė, šios technologijos galimybės vertinamos vis kritiškiau. Pagrindinė priežastis – įtaka ekonominiams energijos gamybos rodikliams. CCS grandinės steigimas didina energijos kaštus apie 30 proc., ypač dėl papildomų kuro sąnaudų. Todėl vargu, ar ši technologija bus diegiama mažiau ekonomiškai išvystytose šalyse, kaip Kinija, Indija. Rusija laikosi akivaizdžiai priešiškos nuostatos CCS technologijos diegimo klausimu. Šis metodas taip pat neranda palaikymo ir žaliųjų partijose, daugiausia dėl to, kad jis leidžia pratęsti iškaskamo kuro naudojimą, nors dažniausiai nurodomas šios technologijos aplinkosauginis aspektas. Ekonominio skatinimo sistemos nebuvimas gerokai stabdo Europos ir kitų šalių tyrimų iniciatyvas. CO₂ taršos rinkos kaina per pastaruosius metus nukrito iki 6-8 eurų už toną. Tuo tarpu CO₂ tonos geologinio saugojimo kaina yra keleriopai didesnė (40-50 eurų vandeningame sūriame sluoksnyje). Esant tokioms sąlygoms mažai tikėtinas žymesnis postūmis kuriant CCS sistemą. Tačiau reikia turėti omenyje ir politinius svertus, kurie gali pakeisti situaciją.

Lietuvos teritorija turi labai ribotas geologines galimybes gelmėse saugoti CO₂. Visgi, geologinio saugojimo problema nesumažėja, kadangi ateities sprendimai labai priklausys nuo bendros Europos Sąjungos šalių pozicijos šiuo klausimu. Tokiu atveju realiausias kelias – artimas (mažiau tikėtina) arba tolimas (realusis) CO₂ transportavimas į regionines geologines saugyklas. Baltijos regiono mokslininkai šiuo metu deda pastangas bendros koncepcijos formulavimui, geologinių sprendimų paieškoms. Patraukli sprendimo alternatyva Lietuvai – serpentinitų karbonizacija, kuri yra labai draugiška aplinkai ir suteikia didžiulės saugojimo apimtį, tačiau efektyvūs technologiniai sprendimai dar nėra surasti.