

Radionuklidų sklaidos iš numatomo Lietuvoje paviršinio radioaktyviųjų atliekų kapinyno vertinimas

1. Galilaukės aikštelė

Raimondas Kilda,

Povilas Poškas,

Valdas Ragaišis

*Lietuvos energetikos institutas,
Branduolinės inžinerijos problemų
laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas
El. paštas: raimond@mail.lei.lt*

Trumpaamžių mažo ir vidutinio aktyvumo radioaktyviųjų atliekų laidojimui Lietuvoje numatyta įrengti paviršinį kapinyną. Jau yra paruošta konceptuali paviršinio kapinyno konstrukcija ir vyksta aikštelės kapinyno statybai parinkimo procesas. Dalyvaujant Lietuvos energetikos instituto specialistams buvo parengta poveikio aplinkai vertinimo ataskaita.

Kapinyno saugos analizė, kurios metu įvertinta potenciali radionuklidų sklaida iš kapinyno vandens keliu bei jos sąlygota gyventojų apšvita, yra vienas poveikio aplinkai vertinimo etapų. Radionuklidų sklaidos analizė atlikta pagal ISAM (abreviatūra iš pavadinimo anglų k.: Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Radioactive Waste Disposal Facilities) metodologiją, rekomenduojamą TATENA (Tarptautinės atominės energijos agentūra) paviršinių kapinynų saugos vertinimams. Atliekant radionuklidų sklaidos vertinimus, atsižvelgta į numatomo kapinyno konceptualią konstrukciją bei geologines-hidrogeologines alternatyvių aikštelių ypatybes.

Straipsnyje pateikiamas glaustas naudotos metodologijos aprašymas, radionuklidų sklaidos iš numatomo kapinyno vertinimai Galilaukės aikštei bei atliktų vertinimų neapibrėžtumų analizė. Po konservatyvių vertinimų gauti rezultatai parodė, kad potencialios radionuklidų sklaidos poveikis neviršija radiacinės saugos apribojimų, nustatytų Lietuvos Respublikos normatyviniuose dokumentuose.

Raktažodžiai: paviršinis kapinynas, Galilaukės aikštelė, radionuklidų sklaida, gyventojų apšvita

1. ĮVADAS

Mažo ir vidutinio aktyvumo radioaktyviųjų atliekų, susidariusių Ignalinos AE eksploatavimo bei eksploatavimo nutraukimo metu, laidojimui Lietuvoje numatoma pastatyti paviršinį kapinyną. 2002 m. buvo paruošta konceptuali paviršinio kapinyno konstrukcija [1].

Kapinyno aikštelės parinkimo metu, atlikus geologinius inžinerinius tyrimus, buvo nustatyta, kad šiaurės rytų Lietuvos teritorija, ypač Ignalinos AE apylinkės, tinkamiausios paviršinio kapinyno statybai. Buvo parinktos trys alternatyvios aikštelės: Galilaukės, Apvardų ir Stabatiškės vietovėse (1 pav.), geriausiai atitinkančios topografinius, geologinius bei hidrogeologinius reikalavimus paviršinio kapinyno statybai. Be minėtų reikalavimų, tyrimų metu buvo išskirti ir tokie palankūs veiksniai, kaip netolimas atstumas iki Ignalinos AE, palyginti palankios socialinės ekonominės sąlygos (mažas apgyvendinimo tankumas, nedidelis žemės panaudojimo ekonominis potencialas). Kapinyno saugos įvertinimas, t. y. potencialios radionuklidų sklaidos analizė ir galimos jonizuojančios spinduliuotės poveikio įvertinimas, parinktoms aikštelėms yra vienas poveikio aplinkai vertinimo etapų.

2. VERTINIMO METODOLOGIJA

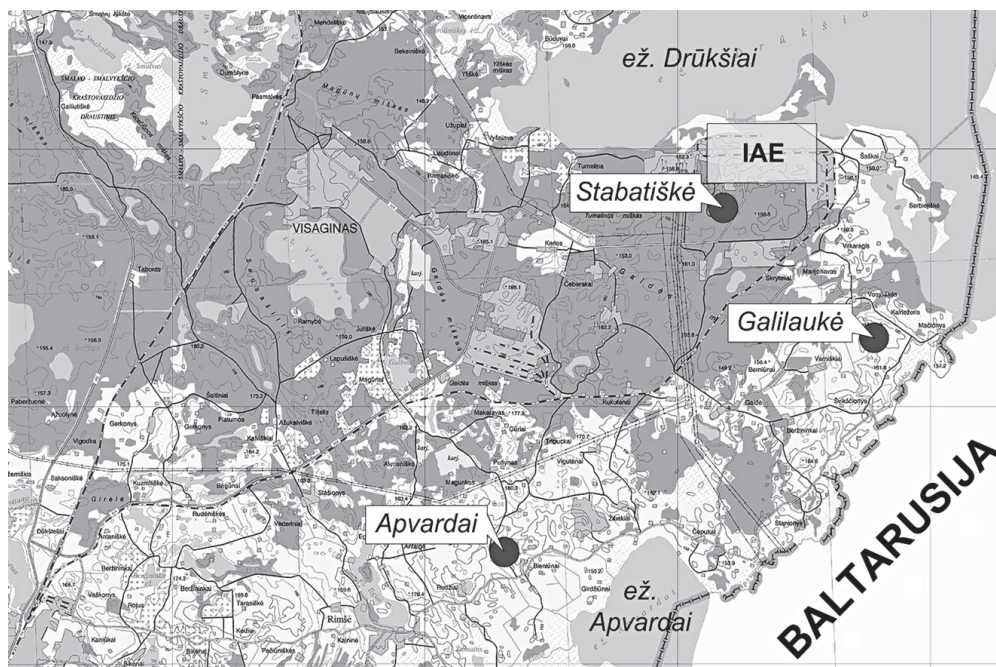
Numatomo kapinyno saugos vertinimas atliktas pagal TATENA parengtą paviršinių radioaktyviųjų atliekų kapinynų saugos vertinimo ISAM metodologiją [2, 3], kuri apima šiuos pagrindinius etapus:

1. Uždavinių formulavimą.
2. Laidojimo sistemos apibūdinimą.
3. Radionuklidų sklaidos scenarijų sudarymą ir pagrindimą.
4. Konceptualių modelių sudarymą.
5. Matematinį modelį ir skaičiavimus.
6. Rezultatų analizę.
7. Patikimumo pagrindimą (neapibrėžtumų analizę).

Nurodytų metodologinių nuostatų buvo laikomasi vertinant galimą radionuklidų sklaidą iš paviršinio kapinyno vandens keliu ir šios sklaidos sąlygotą jonizuojančios spinduliuotės poveikį aplinkos komponentams.

3. UŽDAVINIO FORMULAVIMAS

Uždavinys – išanalizuoti potencialią radionuklidų sklaidą vandens keliu ir įvertinti jos sąlygojamą gyventojų apšvitą. Analizėje



1 pav. Trys alternatyvios aikštelės Ignalinos AE apylinkėse, parinktos paviršinio kapinyno statybai

atsižvelgiama į numatomų laidoti radioaktyviųjų atliekų charakteristikas, konceptualią paviršinio kapinyno konstrukciją bei kapinyno aikštelių geologinius-hidrogeologinius ypatumus.

Radiacinės saugos kriterijus – kritinės grupės nario metinė efektinė apšvitos dozė neturi viršyti apribotosios dozės – 0,2 mSv per metus [4].

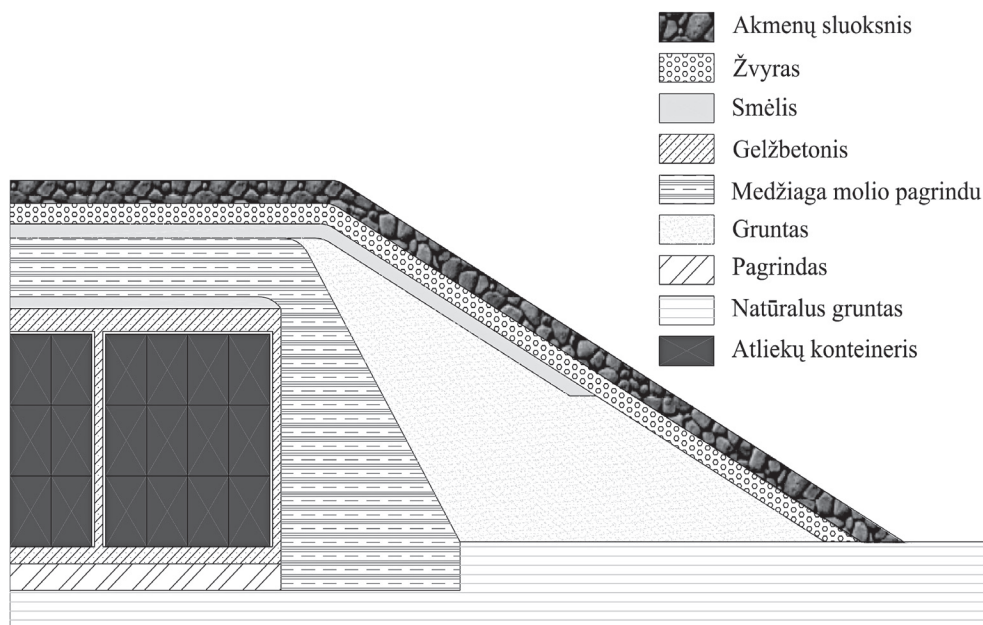
Analizuojamas kapinyno raidos laikotarpis, apimantis kapinyno aktyvią (100 metų) ir pasyvią (200 metų) institucinę priežiūrą bei vėlesnį laikotarpį, kurio metu būtų galimybė ilgaamžiams radionuklidams patekti į aplinką.

4. LAIDOJIMO SISTEMOS APIBŪDINIMAS

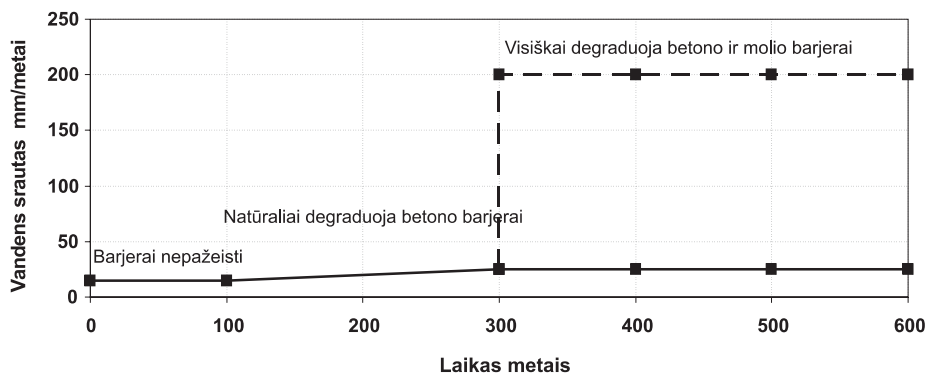
Atliekant radionuklidų sklaidos vertinimus laidojimo sistema yra suskaidoma į tris komponentes: 1) artimą lauką, kuris api-

ma kapinyną, t. y. palaidotas radioaktyviuosius atliekas, kapinyno rūsius ir juos supančius inžinerinius barjerus; 2) tolimą lauką, kuris apima aeracijos zoną (grunto (biriųjų uolienu) sluoksniai nuo žemės paviršiaus iki gruntinio vandens paviršiaus) ir vandeningą horizontą (visiškai prisisotinusi vandeniu grunto sluoksnio dalis žemiau aeracijos zonos); 3) biosferą, kuri apima paviršinius vandenį, atmosferą, florą, fauną bei žmones.

Numatytiems laidoti paviršiniame kapinyne sucementuotoms atliekoms (panaudotų jonų pakaitos dervos, perlitas ir nuosėdos) būdingi šie radionuklidai: trumpaamžiai, silpnai sorbuojami ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs ; trumpaamžis stipriai sorbuojamas ^{241}Pu ; ilgaamžiai silpnai sorbuojami ^{14}C , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{129}I ir ilgaamžiai stipriai sorbuojami ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{241}Am , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu . Įvertintas bendras cementuotų atliekų aktyvumas yra apie $1,1 \times 10^9$ MBq.



2 pav. Kapinyno inžineriniai barjerai



3 pav. Vandens srautos per kapiną kaita analizuojamų kapinyno inžinerinių barjerų raidos scenarijų atvejais (ištinė linija – normalios kapinyno raidos atveju, trūki linija – inžinerinių barjerų degradavimo atveju)

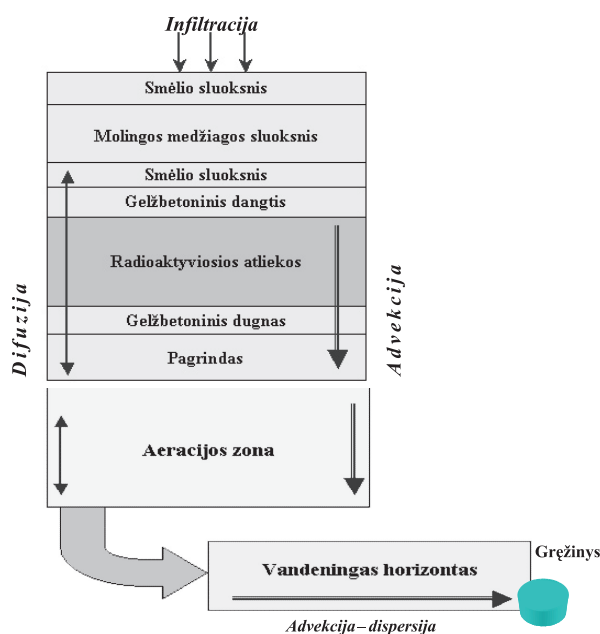
Kapinyno inžineriniai barjerai parodyti 2 pav. Inžinerinių barjerų parametrų reikšmės, naudotos vertinant radionuklidų sklaidą, yra pateiktos [5]. Pagal savo hidraulines savybes lemiamą įtaką vandens infiltracijai į kapiną turėtų medžiagos molio pagrindu sluoksnis (filtracijos koeficientas 10^{-10} m/s [5]). Numatoma, jog visas kapinynas bus sudarytas iš 50 rūšių, kuriuose tilps apie 100 tūkst. m³ radioaktyviųjų atliekų.

Atlikti tyrimai [6] parodė, jog aeracijos zonoje vyrauja priemolis, vandeningame horizonte – smėlis. Aeracijos zonos Galilaukės aikštelėje storis – 30 m, poringumas – 0,25, filtracijos koeficientas – 1×10^{-7} m/s. Vandeningo horizonto parametrai Galilaukės aikštelėje yra šie: storis – 10 m, poringumas – 0,3, vandens srautos greitis $\sim 2 \times 10^{-7}$ m/s.

Galilaukės aikštei vertinama kritinės grupės nario apšvita, galima dėl vandens vartojimo iš gręžinio, įrengto 150 m nuo kapinyno (ties tvora, juosiančia kapinyno teritoriją), kurio vanduo galėtų būti užterštas dėl potencialios radionuklidų sklaidos iš kapinyno.

5. RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS SCENARIJAI

Scenarijai gali būti sudaromi ir atrenkami keliais būdais [2]: a) analizuojant svarbių procesų bei įvykių, galinčių turėti įtaką paviršinio kapinyno raišai, sąrašą, b) panaudojant apibendrintus



4 pav. Radionuklidų sklaidos laidavimo sistemos komponentės konceptualus modelis

scenarijus, sudarytus ir išanalizuotus panašioms paviršiniams kapinyams, arba c) taikant formalią procedūrą. Radionuklidų sklaidos iš paviršinio kapinyno, įrengto alternatyviose aikštelėse, vertinimui scenarijai buvo parinkti taikant formalią procedūrą, kuri sudaryta iš šių pagrindinių žingsnių:

1. Analizuojama radioaktyviųjų atliekų laidavimo sistema suskaidoma į pagrindines komponentes.
2. Apibrėžiamos būdingos komponentių būsenos.
3. Iš būsenų derinių (kombinacijų) yra sudaromi scenarijai.

Atliekant saugos analizę laidavimo sistema buvo suskaidyta į tris komponentes: artimą lauką (atliekos, atliekų patalpavimo rūšiai ir inžineriniai barjerai), tolimą lauką (aeracijos zona ir vandeningas horizontas) ir biosferą.

Galimos artimojo lauko srities būsenos:

– *nepakitusi*: t. y. kai projektinės inžinerinių barjerų savybės išlieka nepakitusios. Šiuo atveju, dėl nepralaidžių inžinerinių barjerų, vanduo į kapiną visiškai nepatektų, tačiau konservatyviai priimama, kad per kapiną gali tekėti minimalus vandens srautas, kurio dydį sąlygotų kapinyno konstrukcijos ir inžinerinių barjerų savybės (labiausiai – molingos medžiagos sluoksnis);

– *natūraliai degraduojanti*: dėl natūralaus betono barjerų senėjimo, pastariesiems degraduojant, atsiradusi vandens infiltracija tolygiai didėtų iki tam tikro dydžio, kurį sąlygotų molio barjero filtracijos koeficientas;

– *visiškai degradavusi*: inžineriniai barjerai (ir betono, ir molio) visiškai suirę ir neberibotų vandens srautos per kapiną. Infiltracijos reikšmę lemtų vietinės gamtinės sąlygos, t. y. kritulių, patenkančių į kapiną, kiekis.

Iš šių būsenų, sąlygojančių vandens srautos, pratekančio per kapiną, dydį, sudaryti du scenarijai: kapinyno *normalios raidos scenarijus* ir *inžinerinių barjerų degradavimo scenarijus* (3 pav.).

Tolimo lauko ir biosferos komponentės laikomos stabiliomis per visą kapinyno raidos laikotarpį. Šioms komponentėms nėra priskirta jokių alternatyvių būsenų.

Poveikio aplinkai vertinimo ataskaitoje [5] buvo pagrįstas 300 m spindulio sanitarinės apsaugos zonos, kurioje yra ribojama ūkinė veikla, dydis. Vertinant radionuklidų sklaidą konservatyviai priimta, kad pasklidę iš vieno rūšio radionuklidai patenka į gręžinį, įrengtą 150 m atstumu nuo kapinyno.

6. KONCEPTUALUS MODELIS

Sudarytas radionuklidų sklaidos per inžinerinius ir natūralius barjerus konceptualus modelis parodytas 4 pav.: dėl kritulių

infiltracijos išplauti iš atliekų pakuočių radionuklidai difuzijos-advekcijos būdu yra pernešami per kapinyno inžinerinius barjerus (kapinyno dugną) į aeracijos zoną ir jos porose esančiu vandeniu patenka į vandeningą horizontą. Vandeningame horizonte esančiu gruntiniu vandeniu radionuklidai sklinda dėl jame vyraujančių advekcijos-dispersijos procesų. Galiausiai radionuklidai pasiekia biosferą, kurioje, patekę į geriamojo vandens gręžinį, tampa potencialiu gyventojų apšvitęs šaltiniu.

7. MATEMATINIS MODELIS IR SKAIČIAVIMAI

Radionuklidų sklaida kapinyne ir aeracijos zonoje buvo vertinama panaudojant vienmačio advekcinio-difuzinio pernešimo lygtį, kurios išraiškoje yra hidrodinaminę dispersiją, sorbcijos bei radioaktyviojo skilimo procesus įvertinantys nariai.

Radionuklidų sklaida vandeningame horizonte buvo vertinama sprendžiant vienmačio advekcinio pernešimo lygtį, kurioje atsižvelgiama į hidrodinaminę dispersiją, sorbcijos bei radioaktyviojo skilimo procesus.

Kritulių infiltracijos per kapinyno inžinerinius barjerus ir rūšio užpildymo vandeniu (įsotinimo) dinamika nebuvo vertinama. Konservatyviai priimta, kad, uždarius kapinyną, radioaktyviųjų atliekų pakuočių ir užpildo (medžiaga, kuria užpildomos laidojimo metu tarp pakuočių susidariusios tuštumos) poros yra visiškai užpildytos vandeniu. Paviršiniame kapinyne imobilizuotų (suceментuotų) atliekų matrica yra svarbus inžinerinis barjeras, kurio fizinės ir cheminės savybės nulemia radionuklidų išsiskyrimą į juos supančią aplinką. Radionuklidų sklaidos vertinimuose radio-

nuklidų išsiskyrimas iš atliekų matricos nebuvo modeliuojamas. Šiame darbe į radionuklidų tirpumą ribojančius fizinius-cheminius procesus nebuvo atsižvelgta, konservatyviai priimant, kad radionuklidai yra visai ištirpę porų vandenyje ir tolygiai pasiskirstę rūsyje. Taip pat laikoma, kad yra nusistovėjusi pusiausvyra tarp radionuklidų koncentracijų skystoje (vandenyje) ir kietoje (absorbuojančioje medžiagoje) fazėse, o drėgmės kiekis, difuzijos, hidrodinaminės dispersijos ir sorbcijos koeficientai – pastovūs.

Vienmatis radionuklidų pernešimas kapinyno rūsyje ir aeracijos zonoje buvo modeliuojamas kompiuterine programa DUST [7], kurioje advekcinio-difuzinio pernešimo lygtis yra sprendžiama baigtinių skirtumų metodu. Radionuklidų sklaida vandeningame horizonte buvo modeliuojama kompiuterine programa GWSCREEN [8], kurioje advekcinio pernešimo lygtis yra sprendžiama pusiau analitiniu būdu.

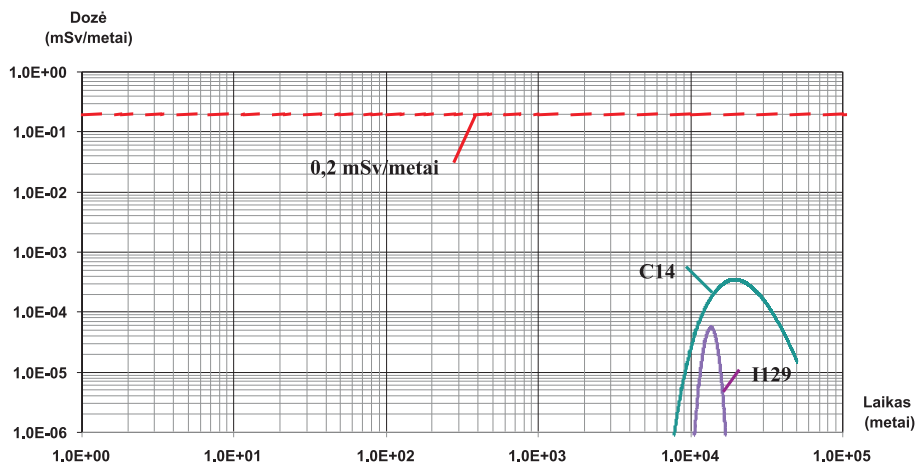
8. RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS VERTINIMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

8.1. Kapinyno normalios raidos scenarijus

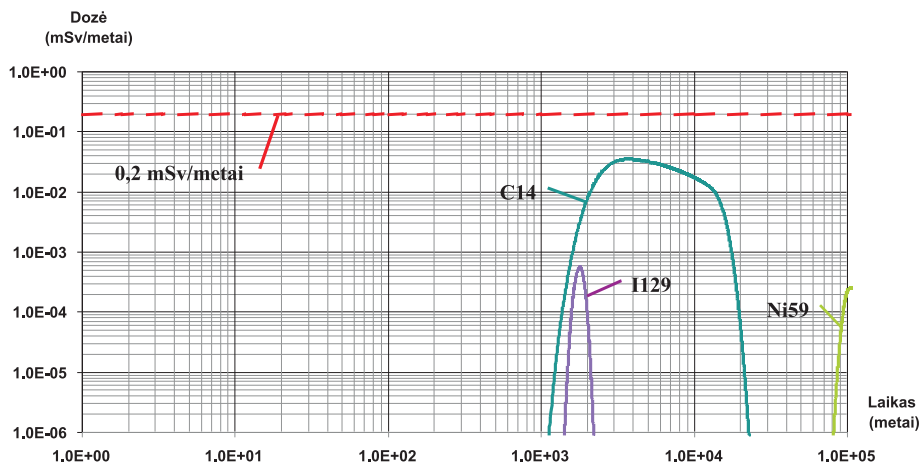
Išanalizavus atliekose esančių 18 radionuklidų sklaidą kapinyno zonoje bei geosferoje, nustatyta, kad tik 12 iš jų vandeningame horizonte esančiu gruntiniu vandeniu pasiektų biosferos zoną. Gręžinio nepasiektų trumpaamžis silpnai sorbuojamas ^{90}Sr radionuklidas, trumpaamžiai stipriai sorbuojami ^{137}Cs ir ^{241}Pu radionuklidai, o iš ilgaamžių – ^{63}Ni , ^{238}Pu bei ^{241}Am radionuklidai.

Kapinyno natūralios raidos scenarijaus atveju (5 pav.), potencialiai didžiausią apšvitą sąlygotų ^{14}C radionuklidas. ^{14}C yra

5 pav. Radionuklidų sklaidos sąlygotų efektyvių dozių kaita Galilaukės aikštei kapinyno normalios raidos scenarijaus atveju ir jų palyginimas su metine apribotąja 0,2 mSv doze



6 pav. Radionuklidų sklaidos sąlygotų efektyvių dozių kaita Galilaukės aikštei kapinyno inžinerinių barjerų degradavimo scenarijaus atveju ir jų palyginimas su metine apribotąja 0,2 mSv doze



ilgaamžis (pusėjimo trukmė – 5730 metų), silpnai sorbuojamas radionuklidas, todėl jo srautas išlieka žymus ir po kelių tūkstančių metų (maksimali apšvitos dozės reikšmė pasiekama praėjus 12–18 tūkst. metų po kapinyno uždarymo). Šiuo atveju tikėtina metinė apšvitos dozė būtų nereikšmingo dydžio (dviem eilėm mažesnė), palyginus su metine apribotąja doze (0,2 mSv per metus). Kitų radionuklidų sąlygojama apšvita yra dar mažesnė.

8.2. Inžinerinių barjerų degradavimo scenarijus

Išanalizavus atliekose esančių 18 radionuklidų sklaidą kapinyno zonoje bei geosferoje, nustatyta, kad tik 12 iš jų gruntiniu vandeniu pasiektų biosferos zoną. Gręžinio nepasiektų trumpaamžis silpnai sorbuojamas ^{90}Sr radionuklidas, trumpaamžiai stipriai sorbuojami ^{137}Cs ir ^{241}Pu radionuklidai, o iš ilgaamžių – ^{63}Ni , ^{238}Pu bei ^{241}Am radionuklidai.

Barjerų degradavimo scenarijaus atveju (6 pav.) potenciali apšvita pasiektų maksimalias reikšmes – iki 0,036 mSv per metus – apytiksliai per 3200–4000 metų po kapinyno uždarymo. Didžiausia būtų ilgaamžio ir silpnai sorbuojamo ^{14}C radionuklido įtaka. Jo sąlygojama apšvita būtų apie 5 kartus mažesnė už metinę apribotąją dozę – 0,2 mSv per metus.

9. NEAPIBRĖŽTUMŲ ANALIZĖ

Neapibrėžtumai, turintys įtaką poveikio vertinimams, skirstomi [2] į šias pagrindines kategorijas:

1) *scenarijų neapibrėžtumai* – tai neapibrėžtumai, susiję su laidojimo sistemos numatomos raidos netikslumais;

2) *modelių neapibrėžtumai*, kurie susiję su priimamais realių procesų ir savybių supaprastinimais konceptualių modelių sudarymo metu bei modeliavimui naudojamos programinės įrangos ir matematinių modelių skirtumais;

3) *parametrų neapibrėžtumai*, kurie susiję su vertinimuose naudojamų parametrų reikšmių atitikimu nagrinėjami aplinkai.

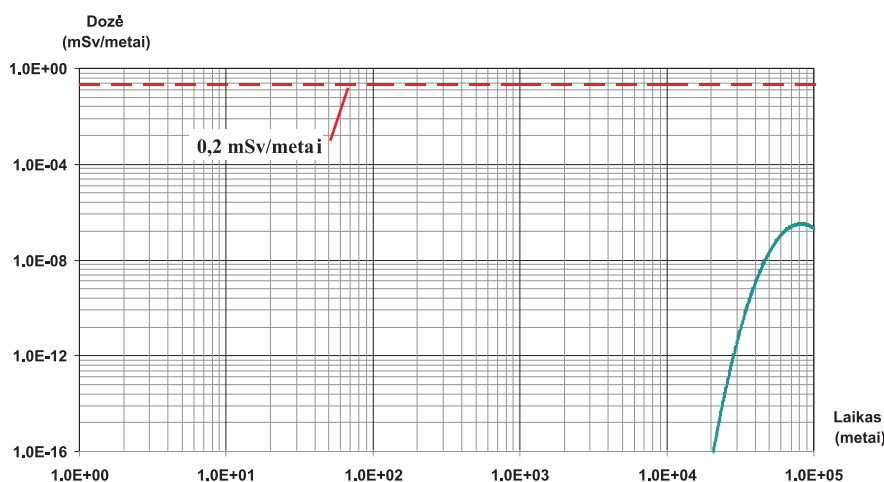
Šiame straipsnyje pateikiami Galilaukės aikštelei analizuoti scenarijų ir modelių neapibrėžtumai, dažniausiai turintys didžiausią įtaką vertinimo rezultatams.

9.1. Scenarijų neapibrėžtumai

Buvo analizuojami du kapinyno galimos evoliucijos scenarijai – kapinyno normalios raidos ir kapinyno inžinerinių barjerų

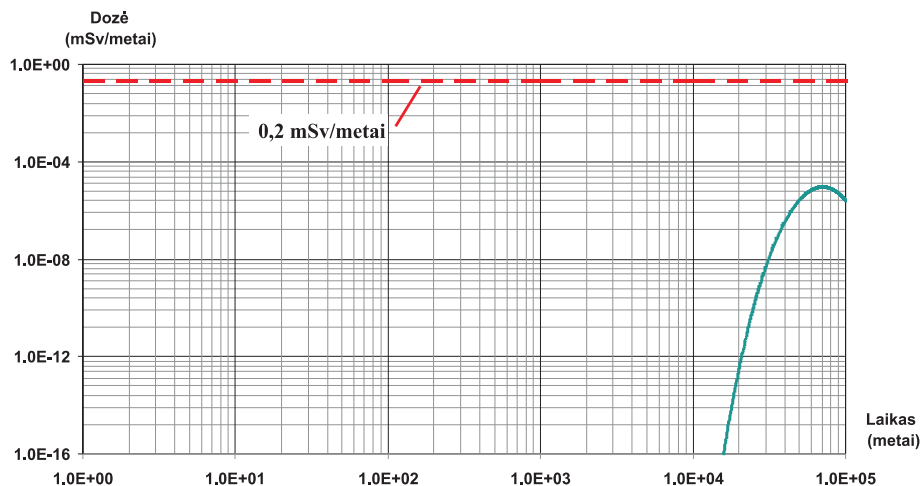
degradavimo scenarijai. Abu scenarijai konservatyviai vertina natūralią betoninių barjerų degradaciją. Priimama, kad per 300 metų šie barjerai visiškai suyra ir neberiboja vandens tekėjimo per kapinyną. Kapinyno inžinerinių barjerų degradavimo scenarijaus atveju papildomai įvertinama tai, kad pasibaigus numatomos institucinės priežiūros laikotarpiui, dėl neprognozuojamų gamtinių reiškinių ar žmogaus veiklos kapinyno inžineriniai barjerai gali būti visiškai suardyti anksčiau, nei jie suirtų (degraduotų) veikiami natūralių gamtinių procesų. Šio scenarijaus atveju gauti radionuklidų sklaidos vertinimo rezultatai atspindi po 300 metų po kapinyno uždarymo visiškai suardyto kapinyno poveikį aplinkai, nedetalizuojant priešasčių, galėjusių paveikti kapinyno inžinerinius barjerus. Kapinyno raidos neapibrėžtumų įtaka įvertintoms dozėms matyti palyginus 5 ir 6 pav. Kaip matyti, maksimalios dozių reikšmės gali skirtis keliasdešimt kartų, tačiau apribotosios dozės reikšmė nėra viršijama.

Vertinant radionuklidų sklaidą per aeracijos zoną buvo priimta, kad iš kapinyno rūsio išsiskyrę radionuklidai vandens srautu pernešami vertikaliai žemyn iki artimiausio gruntinio vandens horizonto. Galilaukės aikštelėje aeracijos zona yra santykinai didelė (30 m storio) ir reali radionuklidų sklaida gali vykti keliomis kryptimis. Dalis radionuklidų bus pernešami žemyn iki artimiausio gruntinio vandens horizonto. O kita jų dalis gali būti pernešama aeracijos zonoje galimos horizontalios vandens tėkmės komponentės ir patekti į arti kapinyno esančių gyventojų vandens gręžinius ar šalia esančius paviršinio vandens telkinius taip ir nepasiekę gruntinio vandens horizonto. Galimos horizontalios vandens tėkmės komponentės įtakos radionuklidų sklaidai įvertinti Galilaukės aikštelės aeracijos zonoje buvo išanalizuotas papildomas scenarijus. Konservatyviai priimta, kad visi iš kapinyno rūsio išsiskyrę radionuklidai nepasiekia vandeningo horizonto ir yra pernešami tik aeracijos zona. Radionuklidais užterštas vanduo patenka į šalia kapinyno tvoros (už 150 m nuo kapinyno rūsių) įrengtą gręžinį. Didžiausią įtaką turinčio ^{14}C radionuklido sklaidos sąlygotų efektyvių dozių kaita Galilaukės aikštelei pagal normalios raidos ir inžinerinių barjerų degradacijos scenarijus parodyta 7 ir 8 pav. Normalios raidos scenarijaus atveju galima maksimali apšvita būtų, praėjus apie 80 tūkst. metų po kapinyno uždarymo ir siektų apie $3,3 \times 10^{-7}$ mSv per metus. Barjerų degradacijos scenarijaus atveju galima maksimali apšvita būtų praėjus apie 70 tūkst. metų po kapinyno



7 pav. ^{14}C radionuklido sklaidos sąlygotų efektyvių dozių kaita Galilaukės aikštelei normalios raidos scenarijaus atveju, kai sklaida aeracijos zonoje vyksta tik horizontalia kryptimi

8 pav. ^{14}C radionuklido sklaidos sąlygotų efektinių dozių kaita Galilaukės aikštelei barjeru degradavimo scenarijaus atveju, kai sklaida aeracijos zonoje vyksta tik horizontalia kryptimi



uždarymo ir siektų apie $9,1 \times 10^{-6}$ mSv per metus. Radionuklidų sklaidos tik horizontalia kryptimi aeracijos zonoje scenarijaus atveju potencialios dozės yra daug (keliasdešimt kartų) mažesnės, negu anksčiau vertinto tik vertikalios radionuklidų sklaidos aeracijos zonoje iki artimiausio gruntinio vandens horizonto scenarijaus atveju (palyginimui žr. 5 ir 6 pav.).

Taigi galima konstatuoti, jog radionuklidų sklaidos vertinimo scenarijus, kai daroma prielaida, kad radionuklidai pernešami tik vertikaliai žemyn į vandeningą horizontą, yra konservatyvus scenarijus.

9.2. Modelių neapibrėžtumai

Vertinant galimus radionuklidų sklaidos matematinio modelio ir juose vartojamų parametrų neapibrėžtumus, pažymėtinas prielaidų, kuriomis buvo remiamasi sudarant matematinius modelius, konservatyvumas:

- konservatyviai buvo vertintas palaidotų radioaktyviųjų atliekų aktyvumas: priimtas pradinis atliekų aktyvumas, kuris būtų kapinyno eksploatavimo pradžioje, o ne kapinyno uždarymo metu;
- radioaktyviųjų atliekų pakuotė, kaip papildomas radionuklidų sklaidą ribojantis barjeras, nevertinta;
- nevertinta kritulių infiltracijos per kapinyno barjerus ir kapinyno užpildymo vandeniu (išotrinimo) dinamika, nors darbe [1] pateikti vertinimai rodo, kad kapinyno išotrinimas vandeniu gali trukti kelis šimtus metų;
- nevertintas radionuklidų išplovimo iš atliekų matricos procesas, t. y. priimta, kad radionuklidai iš karto išsiskiria į porų vandenį;
- nevertinti radionuklidų tirpumą ribojantys fiziniai-cheminiai procesai;
- aeracijos zonoje ir vandeningame horizonte vertinta tik vienmatė (išilginė) dispersija, neatsižvelgiant į galimą radionuklidų tūrinio aktyvumo vandenyje sumažėjimą dėl skersinės dispersijos;
- geosferos sluoksnių filtracijos koeficientų reikšmės parinktos konservatyviai, nors atlikti laboratoriniai matavimai rodo, kad filtracijos koeficientų reikšmės gali būti gerokai (apie 10 kartų) mažesnės [5];
- radionuklidų koncentracijos vertintos gręžinyje, kuris įrengtas prie pat kapinyno aikštelės ribos (150 m nuo kapinyno

rūsių), nors numatomos sanitarinės apsaugos zonos ribos bus didesnės (ne mažiau kaip 300 m).

Dėl vertinimuose priimtų prielaidų konservatyvumo, radionuklidų sklaidos iš kapinyno rezultatai taip pat laikytini konservatyviais (sklaida pervertinta). Radionuklidų sklaidos pervertinimas sąlygoja ir galimo jų poveikio aplinkai (jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitos) pervertinimą.

10. IŠVADOS

Potencialios radionuklidų sklaidos vandens keliu iš numatomo paviršinio radioaktyviųjų atliekų kapinyno Galilaukės aikštelėje analizė parodė, kad įvertintos metinės efektinės dozės būtų mažesnės nei apribotoji dozė (0,2 mSv per metus): keliasdešimt kartų mažesnės normalios kapinyno raidos atveju ir kelis kartus mažesnės inžinerinių barjerų degradavimo atveju.

Neapibrėžtumų analizė parodė, kad dėl analizuotų scenarijų ir naudotų modelių konservatyvumo analizės rezultatai laikytini konservatyviais, t. y. radionuklidų tūrinio aktyvumo gruntiniame vandenyje ir kritinės grupės narių apšvitos dozių reikšmės yra pervertintos.

Gauta 2007 01 16

Priimta 2007 03 20

Literatūra

1. Reference Design for a Near Surface Repository for Low and Intermediate-Level Short Lived Radioactive Waste in Lithuania. SKB-SWECO International-Westinghouse Atom Joint Venture, LT NSR Final Project Report, 2002.
2. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Results of a co-ordinated research project. Vol. 1: Review and enhancement of safety assessment approaches and tools. IAEA, Vienna, 2004.
3. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Results of a co-ordinated research project. Vol. 2: Test cases. IAEA, Vienna, 2004.
4. Lietuvos higienos norma HN 87:2002 „Radiacinė sauga branduolinės energetikos objektuose“ // Žinios. 2003. Nr. 15-624.

5. Paviršinio radioaktyviųjų atliekų kapinyno įrengimo poveikio aplinkai vertinimo ataskaita. VĮ RATA užsakymu parengta LEI, GGI. Išleista LEI, 2005.
6. Preliminariai parinktų aikštelių trumpaamžių mažo ir vidutinio radioaktyvumo atliekų kapinynui aplinkos kompleksiniai tyrimai. I dalis. Vilnius: GGI, 2004.
7. Sullivan T. M. Disposal Unit Source Term (DUST). Data Input Guide. US Nuclear Regulatory Commission Report NUREG/CR-6041, Brookhaven National Laboratory Report BNL-NUREG-52375. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973, 1993.
8. Rood A. S. GWSCREEN: A Semi-Analytical Model for Assessment of Groundwater Pathway From Surface or Buried Contamination. Theory and User's Manual, Version 2.0. EGG-GEO-10797, Revision 2. Idaho National Engineering Laboratory, 1994.

Raimondas Kilda, Povilas Poškas, Valdas Ragaišis

ASSESSMENT OF RADIONUCLIDE MIGRATION FROM THE NEAR-SURFACE REPOSITORY PLANNED IN LITHUANIA

1. GALILAUKĖ SITE

Summary

Lithuania plans construction of a near-surface repository for disposal of short-lived low- and intermediate-level waste. The reference design of the repository has been drawn. The process of site selection is in progress. The environmental impact assessment report was prepared with the assistance of experts from the Lithuanian Energy Institute.

The potential releases of radionuclides from water and potential human exposure are within the scope of environmental impact assessment. The assessments have been performed following the ISAM (abbreviation of Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Radioactive Waste Disposal Facilities) methodology recommended by the International Atomic Energy Agency for safety assessments of near-surface disposal facilities. The conceptual design of a near-surface repository as well as the peculiarities of geological and hydro-geological environment relevant to each candidate site were taken into account.

The paper presents a brief description of the methodology used for the assessments, the results of estimations of potential radionuclide migration for the Galilaukė site and the uncertainty analysis of the assessment. It is demonstrated that the conservatively estimated impact of potential radionuclide migration from the planned repository is below the dose constrain established by the Lithuanian regulations.

Key words: near-surface repository, Galilaukė site, radionuclide migration, public exposure

Раймондас Килда, Повилас Пошкас, Валдас Рагайшис

ОЦЕНКА ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПЛАНИРУЕМОГО В ЛИТВЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО МОГИЛЬНИКА ДЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

1. ПЛОЩАДКА ГАЛИЛАУКЕ

Резюме

Для захоронения короткоживущих радиоактивных отходов низкой и средней активности в Литве намечено строительство приповерхностного могильника. Уже подготовлена концептуальная конструкция могильника. Идёт процесс выбора площадки для строительства могильника. При участии специалистов Литовского энергетического института был подготовлен отчёт по оценке воздействия на окружающую среду.

Оценка потенциального переноса радионуклидов из могильника водяным путём и последующего возможного облучения жителей является одной из составных частей оценки воздействия на окружающую среду. Оценки выполнены по методите ISAM (аббревиатура из английского названия: Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Radioactive Waste Disposal Facilities), которую рекомендует МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) для анализа безопасности приповерхностных могильников. При оценке переноса радионуклидов были приняты во внимание как концептуальная конструкция могильника, так и геологические и гидрогеологические свойства площадок.

В настоящей статье даны краткое описание методологии, которая была применена для анализа, оценки потенциальной миграции радионуклидов из планируемого приповерхностного могильника для площадки Галилауке, а также анализ неопределённостей выполненных оценок. Консервативные оценки показали, что воздействие от потенциальной миграции радионуклидов из могильника будет ниже ограничений радиологической безопасности, установленных нормативными документами Литовской Республики.

Ключевые слова: приповерхностный могильник, площадка Галилауке, перенос радионуклидов, облучение населения